

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y ACOPLÉ DEL CONJUNTO DE  
LA HÉLICE PARA EL BANCO DE PRUEBA DE UN MOTOR  
RECIPROCO DEL AVION VOLKSPLANE PARA EL ITSA**

**POR:**

**ELIO ANDRÉS ÁLVAREZ CASTILLO**

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**2011**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. **ELIO ANDRÉS ÁLVAREZ CASTILLO**, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

---

Ing. Félix Manjarrés.

Latacunga, 25 de febrero del 2011

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de graduación está dedicado a DIOS, mi guía espiritual infalible que por medio de su Espíritu Santo en mi ser, me ha llevado a tomar decisiones correctas durante el transcurso de mi vida. A mis amados padres, quienes con su incondicional amor y apoyo han sido los constructores más importantes para mi formación de lo que hoy soy como persona. A mis preciadas hermanas, por brindarme su respeto y cariño, inculcándome siempre que la base de una sociedad es ser una familia. A mis amigos, por su valiosa compañía en los momentos en que he deseado ser escuchado, animado y fortalecido para seguir luchando y consiguiendo las metas propuestas en mi vida.

**Elio Andrés Álvarez Castillo**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a DIOS por darme luz y sabiduría para enfrentar esta vida que cada vez es más difícil.

A mi familia, por darme todo su infinito amor y apoyo para salir adelante en mis metas propuestas.

A todos mis amigos, que con el buen humor y el consejo oportuno me han dado ese toque diferente para sentirme apoyado en las circunstancias adversas que tiene la vida.

**Elio Andrés Álvarez Castillo**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Certificación.....	ii
Dedicatoria .....	iii
Agradecimiento .....	iv
Índice de contenidos .....	v
Indice de tablas .....	vii
Indice de figuras .....	viii
Indice de anexos .....	ix
Resumen.....	x
Summary.....	xi

### CAPÍTULO I EL TEMA

1.1. Introducción.....	1
1.1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación e importancia .....	2
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. General.....	2
1.3.2. Específicos .....	2
1.4. Alcance.....	3
1.4.1. Temporal .....	3
1.4.2. Espacial.....	3
1.4.3. Contenido .....	3
1.4.3.1. Área.....	3
1.4.3.2. Aspecto .....	3

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Teoría Física del movimiento circular y magnitudes generadas.....	4
2.1.1. Movimiento circular .....	4
2.1.2. Posición angular, $q$ .....	4
2.1.3. Velocidad angular, $w$ .....	5
2.2. Velocidad en punta de pala de la hélice .....	6
2.3. Esfuerzos producidos en una hélice.....	6
2.4. Sistema de propulsión por hélices.....	7
2.4.1. Funcionamiento de la hélice.....	8
2.4.1.1. Hélice de paso fijo .....	9
2.4.1.2. Hélice de paso variable .....	10
2.5. Definición genérica de motor.....	13
2.5.1. Definición de motor de combustión interna .....	13
2.5.2. Funcionamiento Teórico del motor de Combustión Interna.....	16
2.5.3. Tiempos del motor.....	16
2.5.3.1. Primer tiempo: Admisión .....	17
2.5.3.2. Segundo tiempo: Compresión .....	17
2.5.3.3. Tercer tiempo Explosión.....	17
2.5.3.4. Cuarto tiempo Escape .....	17
2.6. Fórmulas aplicadas en los motores de Combustión Interna.....	18
2.7. Relación de compresión ( $R_c$ ) .....	19
2.8. Motor Volkswagen 1600 CC.....	20
2.9. Acoples.....	21
2.9. Hélice .....	21
2.10. Aceros .....	22
2.10. Acoples.....	21
2.10.1. Aceros Especiales.....	23
2.10.2. Acero al Carbono 1045.....	23
2.11. Pernos.....	25
2.11.1. Perno Allen m8.....	27
2.11.2. Pernos UNF.....	28
2.12. Frenado de Pernos.....	30

2.13. Teorías de falla.....	30
-----------------------------	----

**CAPÍTULO III**  
**DESARROLLO DEL TEMA**

3.1. Introducción.....	38
3.2. Diseños .....	38
3.3. Análisis del acople de la helice.....	39
3.4. Análisis del acople al volante del motor .....	43
3.5. Motivos por las cuales se realizó el corte de la hélice.....	44
3.6. Estudio Técnico de la herramienta.....	44
3.6.1. Torno.....	44
3.6.2. Fresadora .....	49
3.6.3. Sierra (Herramienta).....	54
3.6.4. Limas.....	56
3.6.5. Calibrador.....	58
3.10.1. Diagrama de proceso de construcción .....	77
3.10.1.1. Digrama de procesos de construccion del acople y balanceo de la helice .....	77
3.10.1.2. Ensamblaje del acople del motor y hélice .....	73
3.11.1. Pruebas de Funcionamiento.....	74
3.11.2. Prueba de Funcionamiento de la Hélice.....	74
3.11.3. Resistencia del Acople .....	75
3.12. Elaboración de Manuales .....	75
3.12.1. Elaboración de Manual de Procedimiento.....	75
3.12.2. Manual de Seguridad .....	76
3.12.3. Manual de Operación .....	76
3.12.4. Manual de Mantenimiento .....	77
3.13. Estudio económico .....	82
3.13.1. Gastos.....	83
3.13.2. Costos Primarios .....	83
3.13.3. Maquinaria, Equipo y Herramientas .....	84

## **CAPÍTULO IV**

4.1. Conclusiones.....	86
4.2. Recomendaciones.....	86
Glosario.....	87
Bibliografía .....	89
Anexos .....	90

## **INDICE DE TABLAS**

### **CAPÍTULO II**

Tabla 2. 1 Identificación de Pernos .....	26
Tabla 2. 2 Símbolos de roscado más comunes.....	28

### **CAPÍTULO III**

Tabla 3. 1 Clasificación de Limas.....	54
Tabla 3. 2 Tipos de Lijas .....	57
Tabla 3. 3 Número de Pasadas con la Escofina.....	68
Tabla 3. 4 Número de pasadas con la Lima.....	69
Tabla 3. 5 Simbología .....	73
Tabla 3. 6 Condiciones generales del Diseño del Acople y Corte de la Hélice. ...	80
Tabla 3. 7 Condiciones Favorables del Funcionamiento de la Hélice .....	81
Tabla 3. 8 Código de Manuales.....	82



## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

Figura 2.1 Posición angular.....	5
Figura 2. 2 Velocidad Angular .....	5
Figura 2. 3 Funcionamiento de la Hélice .....	8
Figura 2. 4 Perfiles y Ángulos de Incidencia .....	9
Figura 2. 5 Acoplamiento de hélices de paso fijo .....	10
Figura 2. 6 Hélices de paso Variable.....	11
Figura 2. 7 Paso Efectivo .....	13
Figura 2. 8 Partes de un Motor.....	16
Figura 2. 9 Funcionamiento de Motor de 4 Tiempos.....	18
Figura 2. 10 Pistón .....	19
Figura 2. 11 Relación de Compresión .....	20
Figura 2. 12 Acople .....	22
Figura 2. 13 Acero.....	25
Figura 2. 14 Perno.....	26
Figura 2. 15 Perno Allen.....	27
Figura 2. 16 Perno UNF .....	29
Figura 2. 17 Elemento con esfuerzos triaxiales.....	32
Figura 2. 18 Teoría de energía de distorsión .....	33
Figura 2. 20 Tres círculos Mohr.....	34
Figura 2. 21 Circula más grande de Mohr para un estado general de esfuerzo...	35

## CAPÍTULO III

Figura 3. 1 Tipo de Acople .....	37
Figura 3. 2 Tipo de Acople .....	37
Figura 3. 3 Hélice Vista Frontal .....	39
Figura 3. 4 Perno.....	41
Figura 3. 5 Torno Mecánico.....	43
Figura 3. 6 Caja de Velocidades y Avances de un Torno Paralelo.....	44
Figura 3. 7 Fresadora .....	47
Figura 3. 8 Ejes de Fresadora .....	48
Figura 3. 9 Estructura de Fresadora.....	48
Figura 3. 10 Fresas Cilíndricas para Diversas Aplicaciones .....	49
Figura 3. 11 Partes de Lima .....	54
Figura 3. 12 Calibrador.....	56
Figura 3. 13 Flexometro .....	58
Figura 3. 14 Llave dinamométrica de salto.....	59
Figura 3. 15 Accesorios para llave de salto dinamométrica .....	60
Figura 3. 16 Llave de Carraca .....	61
Figura 3. 17 Pinza para Frenar.....	62
Figura 3. 18 Machuelos .....	62
Figura 3. 19 Escofina .....	63
Figura 3. 20 Construcción del Acople.....	64
Figura 3. 21 Construcción de Agujeros del Soporte .....	65
Figura 3. 22 Acople .....	65
Figura 3. 23 Zonas de la Pala. ....	68
Figura 3. 24 Fatiga Superficial.....	72

## **INDICE DE ANEXOS**

Anexo A: Anteproyecto del trabajo de graduación.

Anexo B: Anexos del anteproyecto del trabajo de graduación.

Anexo C: Fotos.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación pretende detallar de forma simple clara el diseño y construcción del acople para el motor recíproco Volkswagen 1600 c.c., para lo cual se ha empleado términos comunes y de fácil asimilación.

Se investigó las diferentes hélices que son utilizadas para los motores recíprocos de avionetas Volksplane; siendo, la hélice de dos palas de paso fijo la más idónea para implementarla.

Una vez escogida la hélice a utilizar se procedió a dimensionar el acople que unirá el motor y la hélice. Para esto se realizó estudios, análisis y cálculos del material que debería ser el que soportaría las diferentes cargas y esfuerzos en el funcionamiento de este banco de pruebas.

El acople ya construido y ensamblado en el motor y hélice, se realizó las pruebas que demuestran el correcto funcionamiento de los diferentes componentes antes mencionados.

Se explica además el funcionamiento de la hélice desde un punto de vista aerodinámico y como parte funcional para la refrigeración del motor.

## SUMARY

This graduate work aims to elaborate on a clear, simple design and construction of the dock for the reciprocating Volkswagen 1600 cc engine. For which, it has used common terms and is easy to assimilate.

I investigated the various blades that are used for aircraft engines. Volksplane reciprocal, being the two-blade propeller of a fixed pitch, to implement the most appropriate

Once I had chosen the propeller to use, we proceeded to scale the coupling that will link the engine and propeller. In order to get this we studied, analyzed, and calculated the material that should be the one to bear different variations of stress in the operation of this benchmark.

The coupling is already built and assembled in the engine and propeller. I ran tests that show the right functionality for the different components previously mentioned.

Going further to explain the operation of the propeller from an aerodynamic point of view, and as a functional part of the engine cooling.

## **CAPÍTULO I**

### **EL TEMA**

#### **CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y ACOPLE DEL CONJUNTO DE LA HÉLICE PARA EL BANCO DE PRUEBA DE UN MOTOR RECÍPROCO DEL AVION VOLKSPLANE PARA EL ITSA**

##### **1.1. INTRODUCCIÓN**

###### **1.1.1. Antecedentes**

El ITSA se fundamenta en formar tecnólogos civiles y militares de las distintas ramas de fuerzas armadas y policía, a través de una educación integral en áreas técnicas, científicas y humanísticas, con el fin de aportar al desarrollo del país. Así como, planificar y ejecutar cursos de capacitación y perfeccionamiento en áreas afines de la aeronáutica; para lo cual, la Institución cuenta con personal técnico y administrativo capacitado, gracias a ello, ha alcanzado un prestigio a nivel nacional. Año tras año, este Instituto es punto de encuentro de diversos estudiantes de distintas provincias del país.

Para la estructura y desarrollo del presente proyecto, existe una investigación previa (Anteproyecto) el mismo que tuvo por objetivo “Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores.”, que después de un análisis de los datos obtenidos dio como resultado la propuesta del tema Construcción Del Soporte Y Acople Del Conjunto De La Hélice Para El Banco De Prueba De Un Motor Recíproco Del Avión Volksplane Para El ITSA.

Este trabajo persigue la investigación de acoples y hélices que son utilizados en motores recíprocos, como es el caso de la avioneta Volksplane.

Tomando en cuenta en este proceso de investigación tesis anteriores que tienen relación con este proyecto, no se obtuvieron resultados.

Para mayor información acerca de los antecedentes de este proyecto, estos constan en el anteproyecto que se encuentra en el anexo "A" de este trabajo.

## **1.2. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA**

El presente documento pretende satisfacer necesidades de enseñanza en el campo aeronáutico, ya que proyectos de esta clase elevan el nivel de interés de los futuros tecnólogos.

En otro punto de vista es importante para el Instituto ya que servirá como banco de prueba funcional el mismo que aportará un mejor desarrollo de habilidades técnico-prácticas en los alumnos que están preparándose en esta rama de la aviación.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. General**

Construir el acople del conjunto de la hélice para el banco de prueba de un motor recíproco del avión Volksplane para el ITSA.

### **1.3.2. Específicos**

- Recopilar y ordenar información acerca del acople y hélice.
- Diseñar el acople que deberá ser el que soporte las diferentes cargas y esfuerzos producidos en el funcionamiento del banco de pruebas.

- Evaluar la hélice y acople del motor recíproco para comprobar el buen funcionamiento del mismo.

#### **1.4. ALCANCE**

**1.4.1. Temporal:** En el periodo académico comprendido entre enero del 2010 y enero del 2011.

**1.4.2. Espacial:** Laboratorio de Mecánica Aeronáutica – Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

#### **1.4.3. Contenido:**

- a) Área:** Mecánica Aeronáutica - Motores
- b) Aspecto:** Prácticas Motores



## Capítulo II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Teoría Física del movimiento circular y magnitudes generadas

##### 2.1.1. Movimiento circular

Se define movimiento circular como aquél cuya trayectoria es una circunferencia. Una vez situado el origen  $O$  de ángulos describimos el movimiento circular mediante las siguientes magnitudes.

##### 2.1.2. Posición angular, $\theta$

En el instante  $t$  el móvil se encuentra en el punto  $P$ . Su posición angular viene dada por el ángulo  $\theta$ , que hace el punto  $P$ , el centro de la circunferencia  $C$  y el origen de ángulos  $O$ .

El ángulo  $\theta$ , es el cociente entre la longitud del arco  $s$  y el radio de la circunferencia  $r$ ,  $\theta=s/r$ . La posición angular es el cociente entre dos longitudes y por tanto, no tiene dimensiones.

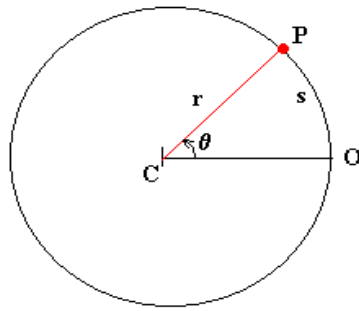


Figura 2.1 Posición angular

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### 2.1.3. Velocidad angular, $w$

En el instante  $t'$  el móvil se encontrará en la posición  $P'$  dada por el ángulo  $q'$ . El móvil se habrá desplazado  $Dq=q' - q$  en el intervalo de tiempo  $Dt=t'-t$  comprendido entre  $t$  y  $t'$ .

Se denomina velocidad angular media al cociente entre el desplazamiento y el tiempo.

$$\langle \omega \rangle = \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \tag{1.1}$$

El movimiento rectilíneo, la velocidad angular en un instante se obtiene calculando la velocidad angular media en un intervalo de tiempo que tiende a cero.

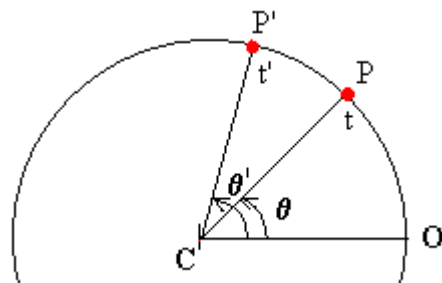


Figura 2. 2 Velocidad Angular

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

## 2.2. Velocidad en punta de pala de la hélice<sup>1</sup>

“Hélices de palas de metal no debe superar los 950 ft/seg (Pies por segundo), ó 289.6 m/s en la punta, mientras que en la rotación. Hélices de madera tienen una velocidad punta de un poco más bajo y debe ser inferior a 850 ft/seg ó 259.1 m/s. Para una hélice de diámetro conocido de la velocidad punta puede determinarse a partir de la velocidad punta de la fórmula =  $\pi \times (\text{rpm}/60) \times \text{diámetro (ft)}$ , se puede conocer fácilmente en diámetro de la hélice conociendo la potencia del motor utilizando la siguiente fórmula de la Proposición de diámetro,  $m = 1,83 \text{ HP}^{1/4}$ , es decir, 1.83 veces la raíz cuarta de la potencia del motor. Por ejemplo, para un motor de 50 caballos de fuerza de la raíz cuarta de 50 es 2,66 multiplicado por 1,83 da un diámetro de 4,87 pies o 58.4 pulgadas. Hay muchas otras consideraciones con respecto a las hélices, sin embargo, lo anterior debe ser utilizado como una guía para la comprensión de los aspectos más técnicos de los puntales de usar y cómo verificar si su selección se reúne los criterios establecidos presentadas por estas ecuaciones.”<sup>2</sup>

$$\text{Velocidad de punta de la pala} = \pi \times \left(\frac{\text{RPM}}{60}\right) \times D(\text{ft}) \quad (1.2)$$

$$\text{Diámetro de hélice}(\text{ft}) = \sqrt[4]{\text{HP}} \times 1.83 \quad (1.3)$$

Coefficiente de velocidad en punto de resonancia

- 950ft/seg (289.56m/s) en hélices de Metal
- 850 ft/seg (259.08m/s) en hélices de madera

Velocidad del sonido

- 343 m/seg

<sup>1</sup> <http://www.pponk.com/HTML%20PAGES/propcalc.html>

<sup>2</sup> <http://www.ahyup.com/ffuc/Dick/>

### 2.3. Esfuerzos producidos en una hélice<sup>3</sup>

Existen tres tipos generales de esfuerzos a los cuales son sometidas a las hélices al girar a alta velocidad. Estos esfuerzos son:

- a) **Dobles:** Son inducidos por la fuerza de empuje. Tratan de doblar la pala hacia adelante mientras el avión es movido en el aire por la hélice. Esfuerzos de doblez son también causados por otros factores como la resistencia del avión por la resistencia del aire, pero estos son de escasa importancia en comparación con los esfuerzos de doblez causados por la fuerza de empuje.
- b) **Extensibles:** Estos son causados por la fuerza centrífuga, que trata siempre de desplazar la pala fuera del cubo. Este resiste dicha tendencia y por esto las palas son “estiradas” un poco.
- c) **Torsión:** Estos esfuerzos son producidos, sobre las palas de la hélice al girar por dos momentos de torsión. Uno de estos esfuerzos es causado por la reacción de aire sobre las palas y es llamado momento de torsión aerodinámico. El otro esfuerzo es causado por la fuerza centrífuga y es llamado momento de torsión centrífugo. Durante la operación normal de la hélice, la fuerza centrífuga trata de hacer girar las palas a un ángulo menor.

### 2.4. Sistema de propulsión por hélices<sup>4</sup>

“La hélice es un dispositivo constituido por un número variable de aspas o palas (2, 3, 4...) Que al girar alrededor de un eje producen una fuerza propulsora. Cada pala está formada por un conjunto de perfiles aerodinámicos que van cambiando progresivamente su ángulo de incidencia desde la raíz hasta el extremo (mayor en la raíz, menor en el extremo).

---

<sup>3</sup> Fundamentos de la hélice del avión, USAF School for Latin America

<sup>4</sup> <http://www.pasionporvolar.com/blog/sistema-de-propulsion-del-avion-helice>

La hélice está acoplada directamente o a través de engranajes o poleas (reductores) al eje de salida de un motor (de pistón o turbina), el cual proporciona el movimiento de rotación.

### 2.4.1. Funcionamiento de la hélice

Los perfiles aerodinámicos que componen una hélice están sujetos a las mismas leyes y principios que cualquier otro perfil aerodinámico, por ejemplo un ala. Cada uno de estos perfiles tiene un ángulo de ataque, respecto al viento relativo de la pala que en este caso es cercano al plano de revolución de la hélice, y un paso (igual al ángulo de incidencia). El giro de la hélice, que es como si se hicieran rotar muchas pequeñas alas, acelera el flujo de aire hacia el borde de salida de cada perfil, a la vez que deflecta este hacia atrás (lo mismo que sucede en un ala). Este proceso da lugar a la aceleración hacia atrás de una gran masa de aire, movimiento que provoca una fuerza de reacción que es la que propulsa el avión hacia adelante.



Figura 2. 3 Funcionamiento de la Hélice

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Las hélices se fabrican con "torsión", cambiando el ángulo de incidencia de forma decreciente desde el eje (mayor ángulo) hasta la punta (menor ángulo). Al girar a mayor velocidad el extremo que la parte más cercana al eje, es necesario compensar esta diferencia para producir una fuerza de forma uniforme. La solución consiste en disminuir este ángulo desde el centro hacia los extremos, de

una forma progresiva, y así la menor velocidad pero mayor ángulo en el centro de la hélice se va igualando con una mayor velocidad pero menor ángulo hacia los extremos. Con esto, se produce una fuerza de forma uniforme a lo largo de toda la hélice, reduciendo las tensiones internas y las vibraciones.

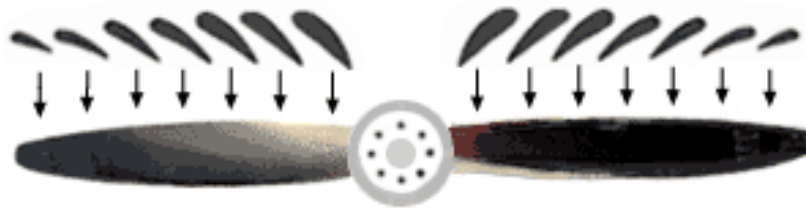


Figura 2. 4 Perfiles y Ángulos de Incidencia

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Un punto crítico en el diseño radica en la velocidad con que giran los extremos, porque si está próxima a la del sonido, se produce una gran disminución en el rendimiento.

Este hecho pone límites al diámetro y las r.p.m. de las hélices, y es por lo que en algunos aviones se intercala un mecanismo reductor basado en engranajes o poleas, entre el eje de salida del motor y la hélice.

La fuerza de propulsión del aeroplano está directamente relacionada con la cantidad de aire que mueve y la velocidad con que lo acelera; depende por tanto del tamaño de la hélice, de su paso, y de su velocidad de giro. Su diseño, forma, número de palas, diámetro, etc. debe ser el adecuado para la gama de velocidades en que puede operar el avión. Una hélice bien diseñada puede dar un rendimiento de hasta 0,9 sobre un ideal de 1.

Las hélices se clasifican básicamente en hélices de paso fijo y hélices de paso variable.

### a) Hélice de paso fijo

En este tipo, el paso está impuesto por el mejor criterio del diseñador del aeroplano y no es modificable por el piloto. Este paso es único para todos los regímenes de vuelo, lo cual restringe y limita su eficacia; una buena hélice para despegues o ascensos no es tan buena para velocidad de crucero, y viceversa. Una hélice de paso fijo es como una caja de cambios con una única velocidad; compensa su falta de eficacia con una gran sencillez de funcionamiento.

En aviones equipados con motores de poca potencia, la hélice suele ser de diámetro reducido, y está fijada directamente como una prolongación del cigüeñal del motor; las r.p.m. de la hélice son las mismas que las del motor. Con motores más potentes, la hélice es más grande para poder absorber la fuerza desarrollada por el motor; en este caso entre la salida del motor y la hélice se suele interponer un mecanismo reductor y las r.p.m. de la hélice difieren de las r.p.m. del motor.

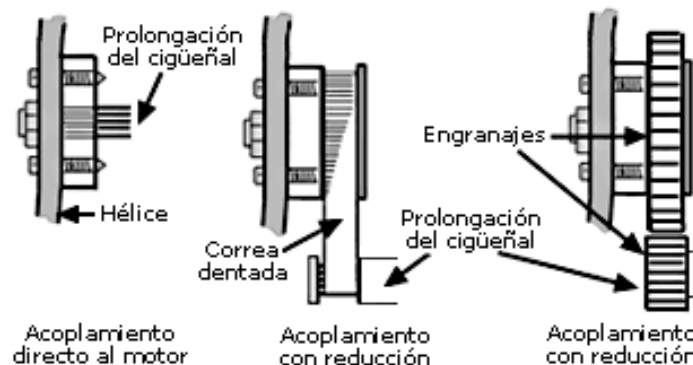


Figura 2. 5 Acoplamiento de hélices de paso fijo

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### b) Hélice de paso variable

Este tipo de hélice, permite al piloto ajustar el paso, acomodándolo a las diferentes fases de vuelo, con lo cual obtiene su rendimiento óptimo en todo momento. El ajuste se realiza mediante la palanca de paso de la hélice, la cual acciona un mecanismo que puede ser mecánico, hidráulico o eléctrico. En

algunos casos, esta palanca solo tiene dos posiciones: paso corto (menor ángulo de las palas) y paso largo (mayor ángulo de las palas), pero lo más común es que pueda seleccionar cualquier paso comprendido entre un máximo y un mínimo.

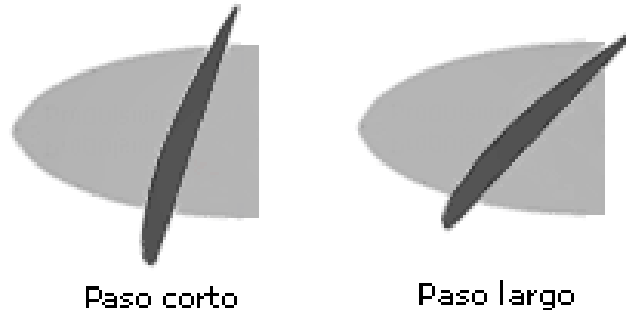


Figura 2. 6 Hélices de paso Variable

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Para entender como funciona el paso variable, partimos de: (1) La mayoría de los motores de combustión interna obtienen su máxima potencia en un punto cercano al máximo de r.p.m. (2) La potencia requerida para volar de forma económica a velocidad de crucero es usualmente menor a la potencia máxima.

El paso corto, implica menor ángulo de ataque de la pala y por tanto menor resistencia inducida, por lo que la hélice puede girar más libre y rápidamente, permitiendo el mejor desarrollo de la potencia del motor. Esto le hace el paso idóneo para maniobras en las que se requiere máxima potencia: despegue y ascenso, aunque no es un paso adecuado para régimen de crucero. Este paso es como las marchas cortas (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>) de la caja de cambios de un automóvil, que se emplean para arrancar o subir cuestas empinadas pero no son eficientes para viajar por autopista. Con estas marchas el motor de un automóvil alcanza rápidamente su máximo de r.p.m., lo mismo que el motor de un avión con paso corto en la hélice.

El paso largo, supone mayor ángulo de ataque y por ello mayor resistencia inducida, lo que conlleva menos r.p.m. en la hélice y peor desarrollo de la potencia del motor, pero a cambio se mueve mayor cantidad de aire. Con este



paso, decrece el rendimiento en despegue y ascenso, pero sin embargo se incrementa la eficiencia en régimen de crucero.

Volviendo al ejemplo de la caja de cambios, este paso es como las marchas largas (4ª, 5ª), que son las más adecuadas para viajar por autopista pero no para arrancar o subir una cuesta empinada. Con estas marchas, el motor del automóvil no desarrolla sus máximas r.p.m., pero se obtiene mejor velocidad con un consumo más económico, exactamente lo mismo que un avión con la hélice puesta en paso largo.

En algunos manuales, se identifica el paso corto con velocidades pequeñas del avión debido a que las maniobras en las cuales está indicado este paso (despegue, ascenso...) implican baja velocidad en el avión. Por la misma razón se identifica el paso largo con altas velocidades (crucero...).

**Notas:** Las hélices modernas, sobre todo aquellas que equipan a aviones bimotores o comerciales, tienen un mecanismo que en caso de fallo de motor permite ponerlas "en bandera", es decir, presentando al viento el perfil de la hélice que ofrece menor resistencia. En algunos aeroplanos equipados con motores muy potentes, es posible invertir el paso de la hélice para ayudar en la frenada y hacer más corta la carrera de aterrizaje.

Se denomina paso geométrico a la distancia horizontal teórica que avanza una hélice en una revolución. Pero como el aire no es un fluido perfecto, la hélice "resbala" y avanza algo menos. Este avance real, se conoce como paso efectivo. Es obvio que el resbalamiento de la hélice es igual a la diferencia entre ambos pasos.



Figura 2. 7 Paso Efectivo

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

La hélice necesita unos cuidados básicos para que no pierda efectividad: mantenerla libre de suciedad, melladuras, grietas,... Cuando se rueda en terrenos no asfaltados, debe hacerse con precaución para evitar que las piedras levantadas por el aire de la hélice la golpeen, pudiendo producirle melladuras o fisuras. Por la misma razón, si la pista es asfaltada pero no así sus accesos o calles de rodaje, conviene realizar la prueba de motores si es posible sobre la pista.

## 2.5. Definición genérica de motor:

Aparato que transforma en trabajo mecánico cualquier otra forma de energía.

### 2.5.1. Definición de motor de combustión interna:

Es una máquina térmica que transforma energía calorífica de un combustible en energía mecánica. Se pueden clasificar según varios aspectos tales como:

Según disposición de los cilindros.

- Motor en V
- Motor en Estrella o Radial
- Motor en W
- Motor en Línea
- Motor Bóxer o de cilindros Opuestos.

### Según el número de Tiempos

- Motor de 2 Tiempos.- Estos motores cumple el ciclo de trabajo en 2 carreras del pistón, es decir, en la primera carrera admite y comprime la mezcla y en la segunda carrera se produce el trabajo y la salida de los gases de escape.
- Motor de 4 Tiempos.- Cumple el ciclo en 4 carreras del pistón, es decir, una por cada etapa del ciclo; admisión, compresión, trabajo y escape.

### Según su combustible

- Motor Gasolina.- El motor de gasolina trabaja admitiendo una mezcla de aire- combustible para después comprimirla, en este punto se emite un chispazo eléctrico para hacer que la mezcla explote y obtengamos trabajo en el pistón.
- Motor Diesel.- En el caso del motor diesel absorbe solamente aire para después comprimirlo con una gran fuerza, de esta manera se eleva su temperatura y presión, en este instante el inyector dispara un chorro de diesel pulverizado que al reaccionar con el aire, produce una combustión en donde se elevará temperaturas y presiones que darán como resultado trabajo en el pistón.

### Según su Tipo de Enfriamiento

- Motores enfriados por Aire.- Son aquellos que utilizan un flujo de aire para refrigerar los cilindros y la cámara de combustión, estos se logran mediante ventiladores o por impacto de aire en el caso de los aviones.
- Motores refrigerados por Agua.- Utilizan un espacio circundante a los cilindros con agua para el enfriamiento de los mismos, se debe aclarar que el agua debe estar circulando y contar con un medio de enfriamiento como un radiador para de esta manera poder disminuir la temperatura de los cilindros.

## Componentes Fijos de un Motor Estándar

- Bloque de cilindros.
- Cabezote.
- Cáster.
- Tapa de Válvulas.
- Múltiple de Admisión.
- Múltiple de Escape.

## Componentes Móviles de un motor Estándar

- Pistón.
- Bulón.
- Biela.
- Cigüeñal.
- Volante.
- Árbol de Levas.
- Taques.
- Varillas Empujadoras.
- Balancines.
- Válvulas.
- Bomba de Aceite.

**Nota:** Dado el caso que se trabajará con un motor recíproco de cilindros opuestos se explicarán móviles y fijas que el motor contiene.

## Componentes Fijos del Motor de Cilindros Opuestos.

- Monoblock.
- 4 Cilindros.
- 2 Cabezotes.
- 2 Tapas de Válvulas.
- Múltiple de Admisión.

## Componentes Móviles del Motor de Cilindros Opuestos.

- Pistón.
- Bulón.
- Biela.
- Cigüeñal.
- Volante.
- Acople.
- Hélice.
- Árbol de Levas.
- Taques.
- Varillas Empujadoras.
- Balancines.
- Válvulas.
- Bomba de Aceite.

### 2.5.2. Funcionamiento Teórico del motor de Combustión Interna.



Figura 2. 8 Partes de un Motor

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### **2.5.3. Tiempos del motor**

El ciclo de combustión es el conjunto de operaciones que se realizan en un cilindro desde que entra la mezcla carburada hasta que son expulsados los gases.

Cuando el ciclo se realiza en cuatro etapas, se dice que el motor es de cuatro tiempos: Admisión, Compresión, Explosión y Escape.

#### **a) Primer tiempo: Admisión**

El pistón comienza un movimiento, descendente, entre el PMS y el PMI. El cigüeñal da media vuelta mientras que el pistón, al estar cerrada la válvula de escape y abierta la de admisión, succiona la mezcla carburada llenando, con ella, el cilindro.

#### **b) Segundo tiempo: Compresión**

El pistón retorna del PMI al PMS, permaneciendo las dos válvulas cerradas, comprime, progresivamente, la mezcla carburada, dando el cigüeñal otra media vuelta.

#### **c) Tercer tiempo: Explosión**

Una vez terminada la compresión salta la chispa de la bujía en el centro de la mezcla, que ha sido fuertemente comprimida, lo que hace que el pistón sea despedido con fuerza a su PMI, dando el cigüeñal otra media vuelta. Este tiempo se denomina de explosión o combustión, y las dos válvulas deben permanecer cerradas.

#### d) Cuarto tiempo: Escape

El pistón vuelve a subir a su PMS y en su camino limpia el cilindro de los gases resultantes del tiempo anterior, dado que la válvula de admisión permanece cerrada y la de expulsión abierta. El cigüeñal da otra media vuelta, cerrando el ciclo.

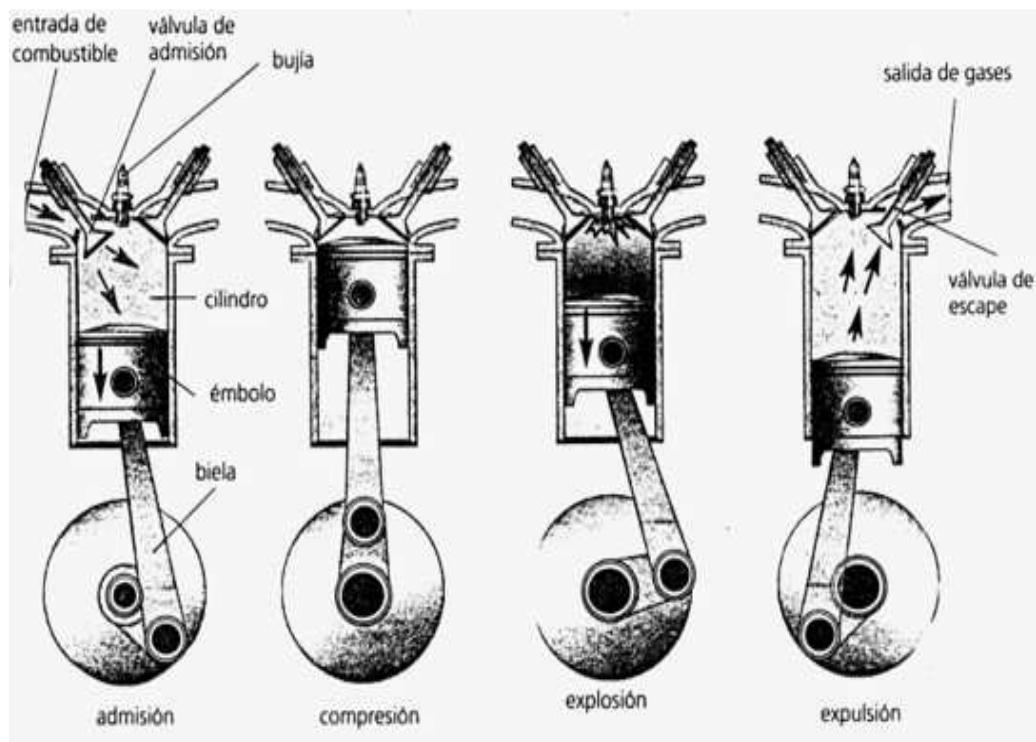


Figura 2. 9 Funcionamiento de Motor de 4 Tiempos

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

## 2.6. Fórmulas aplicadas en los motores de Combustión Interna

Los términos teóricos más importantes a la hora de estudiar un motor son:

- **Punto muerto superior (PMS):** es cuando el pistón en su movimiento alternativo alcanza al punto máximo de altura antes de empezar a bajar.
- **Punto muerto inferior (PMI):** es cuando el pistón en su movimiento alternativo alcanza el punto máximo inferior antes de empezar a subir.

- **Diámetro o calibre (D):** Diámetro interior del cilindro (en mm.)
- **Carrera (C):** Distancia entre el PMS y el PMI (en mm).
- **Cilindrada unitaria (V):** es el volumen que desplaza el pistón del PMI al PMS.
- **Volumen de la cámara de combustión (v):** Volumen comprendido entre la cabeza del pistón en PMS y la culata.

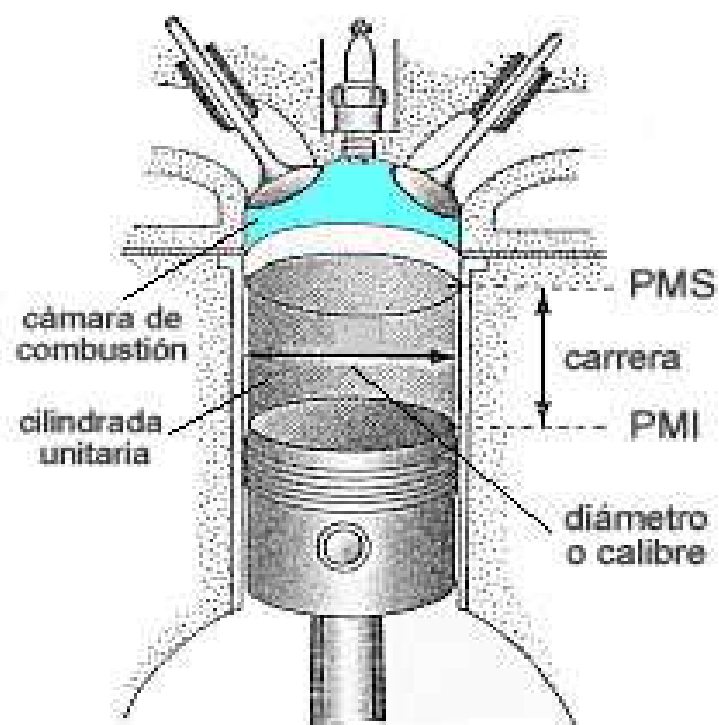


Figura 2. 10 Pistón

. Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

## 2.7. Relación de compresión (Rc)

Relación entre la suma de volúmenes ( $V + v$ ) y el volumen de la cámara de combustión. Este dato se expresa en el formato ejemplo: 10,5/1.



La relación de compresión ( $R_c$ ) es un dato que nos lo da el fabricante no así el volumen de la cámara de combustión ( $v$ ) que lo podemos calcular por medio de la fórmula de la ( $R_c$ ).

La  $R_c$  para motores gasolina viene a ser del orden de 10/1. Con motores turboalimentados desciende este valor.

La  $R_c$  para motores diesel viene a ser del orden de 20/1.

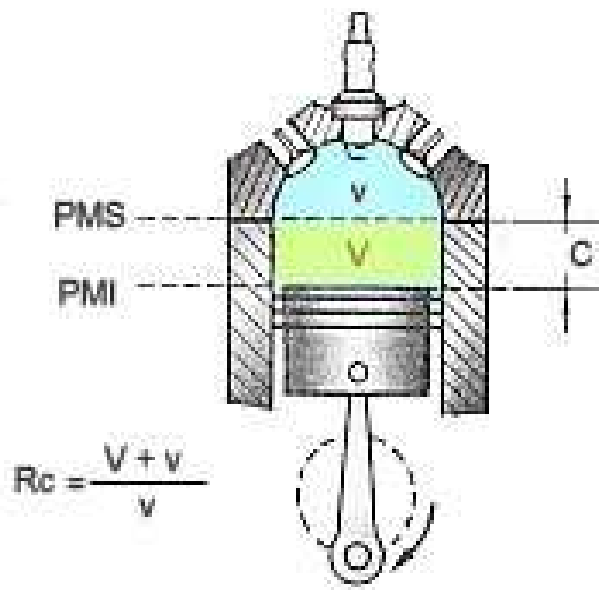


Figura 2. 11 Relación de Compresión

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

([http://www.mecanicavirtual.org/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://www.mecanicavirtual.org/cur_mec_cilindrada.htm))

## 2.8. Motor Volkswagen 1600 CC.<sup>5</sup>

**Volkswagen 1600:** Sedan

**Motor:** 4 cilindros opuestos de 4 tiempos “Bóxer” posterior; árbol de levas central

**Potencia máxima rpm**

50 CV (37 Kw) @ 4600

**Relación de Compresión:** 7,2:1

**Alimentación de combustible:** Carburador Solex H30IC

**Sistema de enfriamiento:** Sistema de enfriamiento por aire

**Caja de cambios:** Manual de 4 velocidades sincronizadas

**Peso total en vacío:** Sedán: 862 kg - 920Kg

**Velocidad Máxima:** 135 km/h

**Aceleración 0–100 km/h:** 20,5 s

**2.9 Hélice.**

MC-CAULEY N/S 152712.

36 libras ó 17 kilos de peso.

2000 N de Empuje.

**2.9. Acoples**

La principal característica de los acoplamientos debido a su misión fundamental es el momento de torsión a transmitir.

Las características importantes de la estructura de los acoplamientos son las dimensiones exteriores, la masa y el momento de inercia respecto al eje de rotación. El tamaño de los acoplamientos es elaborado de acuerdo al diámetro del eje, por el hecho de transmitir un mismo momento de torsión, los ejes se

construyen de diferentes diámetros y materiales para soportar distintos momentos de flexión.

Los acoplamientos son un conjunto autónomo que se unen a los ejes de máquinas por superficies de asiento, cilíndricas o cónicas, por lo que éstos pueden ser normalizados fácilmente.

El desarrollo de las estructuras de conjunto de máquinas, contribuye a la difusión de los acoplamientos. En máquinas de gran responsabilidad los acoplamientos deben calcularse por sus criterios reales de capacidad de trabajo, resistencia a las cargas cíclicas o sobrecargas unitarias, resistencia al desgaste; para tales cálculos es necesario conocer las cargas dinámicas.



Figura 2. 12 Acople

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

## 2.10. Aceros

El acero es una aleación, es decir, un metal mezclado que se logra derritiendo y uniendo diferentes materiales. Actualmente existen más de 2.500 clases de acero estándar en todo el mundo.

Todos ellos están hechos principalmente con lingotes de hierro que, a su vez, están conformados por el elemento hierro, más un tres por ciento de carbón. El lingote de hierro es extraído del hierro mineral en los altos hornos de las fundiciones. Luego es procesado en la acería para obtener un acero con menos del dos por ciento de carbón. Esta baja proporción suaviza el material, haciéndolo más fácil de procesar.

En 1912, científicos del grupo alemán de trabajadores siderúrgicos Krupp, descubrieron accidentalmente cómo fabricar acero a prueba de óxido. También conocido como V2A o acero inoxidable. Este material está compuesto por hierro, cromo y níquel, y se utiliza, por ejemplo, en tecnología médica.

Actualmente, el acero se ha convertido en un material de alta tecnología. Por ejemplo, el acero conocido como HDS (de alta fuerza y ductilidad) hace posible las “zonas de pliegue inteligentes”: la idea es que este material, que se deforma fácilmente, se vuelve más resistente luego de una colisión debido a transformaciones estructurales, por lo que brinda una mayor protección. Las carrocerías de vehículos confeccionadas con este “acero deformante”, no sólo incrementarían la seguridad: también serían particularmente livianas, lo que contribuiría a disminuir el consumo de energía.

### **2.10.1. Aceros Especiales**

Son de distinto tipo entre los cuales está el acero 1045 que es de tipo al carbono.

Los aceros especiales se clasifican en:

- Aceros Bonificados.
- Aceros de Cementación.
- Aceros para Resortes.
- Aceros al Carbono.
- Aceros Refractarios.
- Aceros Inoxidables.
- Aceros Anti abrasivos.

## 2.10.2. Acero al Carbono 1045<sup>6</sup>

**Tipo:** Acero de medio contenido de carbón.

### **Formas y Acabados:**

Barra redonda, cuadrada, hexagonal y solera, laminadas o forjadas en caliente, estiradas en frío y peladas o maquinadas.

Placa laminada caliente.

Anillos forjados.

### **Características:**

El más popular de los aceros al carbón templables es sin duda el 1045. En todo tipo de aplicaciones en donde se requiera soportar esfuerzos por encima de los 600 MPa. (61 kgf/mm<sup>2</sup>), o en el caso de diámetros mayores, en donde se necesite una superficie con dureza media, 30 a 40 Rc, y un centro tenaz. Aunque su maquinabilidad no es muy buena, se mejora con el estirado en frío, además con este acabado se vuelve ideal para flechas, tornillos, etc. de alta resistencia.

### **Aplicaciones:**

Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general, en la elaboración de piezas como ejes y semiejes, cigüeñales, etc. de resistencia media.

Al carbono de alta calidad, de mayor resistencia mecánica que el acero de transmisión, sirve para la fabricación de partes de pequeña sección sometidas a esfuerzos normales tales como ejes, pernos, tuercas, pines, chavetas.

Puede ser modificado para elevar su resistencia a la tracción.

Está compuesto de carbono, silicio y manganeso.

---

<sup>6</sup> [http://www.tudiscovery.com/guia\\_tecnologia/materiales\\_basicos/acero/](http://www.tudiscovery.com/guia_tecnologia/materiales_basicos/acero/)



Figura 2. 13 Acero

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

## 2.11. PERNOS<sup>7</sup>

### **Perno:**

Pieza cilíndrica de metal, con cabeza en un extremo y tuerca o seguro en el otro, que se usa para trabar o afirmar algo.

Se denomina perno o espárrago a una pieza metálica, normalmente de acero o hierro, larga, cilíndrica, semejante a un tornillo pero de mayores dimensiones, con un extremo de cabeza redonda y otro extremo que suele ser roscado. En este extremo se enrosca una chaveta, tuerca, o remache, y permite sujetar una o más piezas en una estructura, por lo general de gran volumen

---

<sup>7</sup> [http://www.sinsopa.com/barcos/diccionario/diccionario\\_definicion\\_perno.asp](http://www.sinsopa.com/barcos/diccionario/diccionario_definicion_perno.asp)

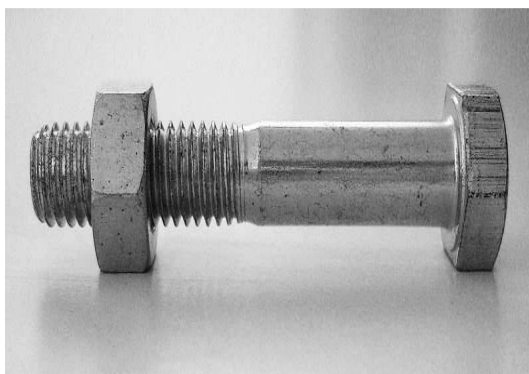


Figura 2. 14 Perno

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### Identificación de Pernos

Tabla 2. 1 Identificación de Pernos

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Grado de Dureza	 SAE 8
Marcas	6 líneas
Material	Acero al carbono templado
Capacidad Tensión Mínima	150 libras por pulgada

### Variaciones del Torque

Apriete que se debe aplicar según el tipo de perno y la condición de lubricación.

### 2.11.1. Perno Allen m8<sup>8</sup>

#### **Material:**

Está fabricado en acero de medio carbono aleado tratado térmicamente. La dureza del perno en pulgadas es SAE GRADO 8. En el perno milimétrico la dureza es DIN CLASE 8.8 y 12.9.

#### **Presentación:**

El perno Allen se encuentra disponible en acero negro y en acero inoxidable, tanto en pulgadas como en milímetros, en rosca gruesa. Se encuentra en las formas de cabeza cilíndrica, cabeza avellanada o cónica.

El prisionero está disponible en acero negro tanto en pulgadas rosca fina y rosca gruesa, como en milímetros rosca gruesa.

#### **Aplicaciones:**

Recomendamos su utilización para aplicaciones industriales y automotrices.



Figura 2. 15 Perno Allen

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

---

<sup>8</sup> [http://www.casadelperno.com/prod\\_perneria\\_allen.html](http://www.casadelperno.com/prod_perneria_allen.html)



## 2.11.2. Pernos UNF

Tabla 2.2 Símbolos de roscado más comunes

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Asociación	Símbolo 1	Símbolo 2
American Petroleum Institute	API	
International Organisation for Standardisation	ISO	
Rosca Americana Unificada paso fino	UNF	NF, SAE
Rosca Americana Unificada paso extrafino	UNEF	NEF

### Características de la rosca estándar americana SAE UNF

Los Estados Unidos tienen su propio sistema de roscas, generalmente llamado el *estándar unificado del hilo de rosca* (UNF), que también se utiliza extensivamente en Canadá y en otros países.

Al menos el 85% de los pernos del mundo se dimensionan según ese estándar, y la mayor selección de los tamaños y de los materiales de tornillos se encuentra regulada por este tipo.

Una versión de este estándar, llamada SAE, fue utilizada en la industria de automóvil americana. El SAE todavía se asocia a las dimensiones en pulgadas, aun cuando la industria del auto de los EE.UU. (y las demás industrias pesadas que confían en el SAE) se han convertido gradualmente a los tornillos métricos ISO desde los años 1970, porque la producción de piezas y la comercialización de productos globales favorecen la estandarización internacional.



Figura 2. 16 Perno UNF

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

## 2.12. Frenado de Pernos

Procedimiento que consiste en la sujeción del alambre alrededor del perno para evitar que durante la operación de la hélice los pernos no estén ajustados y pueda ocasionar una vibración muy alta produciendo accidentes lamentables.

## 2.13. Teorías de falla

Desafortunadamente, no existe una teoría universal de falla para un caso general de las propiedades del material y el estado de esfuerzo. En su lugar, a través de los años se han formulado y probado varias hipótesis, las cuales han conducido a las prácticas aceptadas en la actualidad. Como han sido aceptadas, estas prácticas se caracterizan como teorías tal como lo hace la mayoría de los diseñadores.

El comportamiento del metal estructural se clasifica de manera típica como dúctil o frágil, aunque bajo situaciones especiales, un material considerado normalmente como dúctil puede fallar de una manera frágil.

**Materiales dúctiles** (criterios de fluencia)

- Esfuerzo cortante máximo (ECM)
- Energía de distorsión (ED)
- Mohr Coulomb dúctil (CMD)

## **Materiales frágiles (criterios de fractura)**

- Esfuerzo normal máximo (ENM)
- Mohr Coulomb frágil (CMF)
- Mohr modificada (MM)

Sería útil tener una teoría aceptada universalmente para cada tipo de material, pero por una razón u otra se utilizan todas las anteriores. Posteriormente se darán razones para seleccionar una teoría en particular.

### **a) Teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles**

La teoría del esfuerzo cortante máximo estipula que la fluencia comienza cuando el esfuerzo cortante máximo de cualquier elemento iguala al esfuerzo cortante máximo en una pieza de ensayo a tensión del mismo material cuando esa pieza comienza a fluir. (Teoría del ECM).

Muchas teorías se postulan con base en las consecuencias vistas en las piezas sometidas a tensión. Cuando una tira de un material dúctil se somete a tensión, se forman líneas de desplazamiento (llamadas líneas de Luder) aproximadamente a 45 grados de los ejes de la tira.

Sin embargo, es evidente que la teoría del ECM es un predictor aceptable pero conservador de la falla; y como los ingenieros son conservadores por naturaleza, se usa con bastante frecuencia.

El esfuerzo en tensión simple,

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (2.1)$$

El esfuerzo cortante máximo ocurre a 45 grados de la superficie en tensión con una magnitud de:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{\sigma}{2} \quad (2.2)$$

De manera que el esfuerzo cortante máximo es.

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{2} \quad (2.3)$$

### **b) Teoría de la distorsión para materiales dúctiles**

La teoría de la energía de deformación máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material.

La teoría de la energía de distorsión se origino debido a que se comprob que los materiales dúctiles sometidos a esfuerzos hidrostáticos presentan resistencia a la fluencia que excede en gran medida los valores que resultan del ensayo de tensión simple. Por lo tanto, se postulo que la fluencia no era un fenómeno de tensión o compresión simples, sino más bien, que estaba relacionada de alguna manera con la distorsión angular del elemento esforzado. Para desarrollar la teoría, observe en la figura 2.17, el volumen unitario sometido a cualquier estado de esfuerzos tridimensionales, designado por los esfuerzos  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ . El estado de esfuerzos que se muestra en la figura 2.17 es de tensión hidrostática debida a los esfuerzos  $\sigma_{prom}$  que actúan en cada una de las mismas direcciones principales, como en la figura 2.18 la fórmula de  $\sigma_{prom}$  es:

$$\sigma_{prom} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \quad (2.4)$$

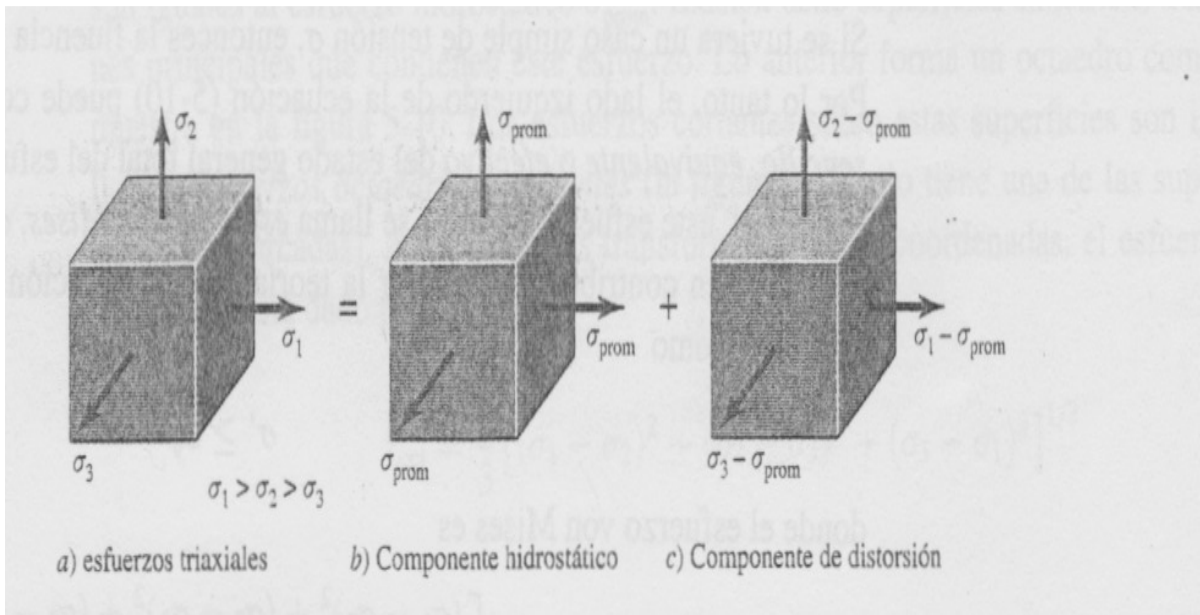


Figura 2. 17 Elemento con esfuerzos triaxiales.

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Por lo general, este esfuerzo efectivo se llama esfuerzo Von Mises,  $\sigma'$ , Así la ecuación de la fluencia, puede escribirse como:

$$\sigma' = \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \quad (2.5)$$

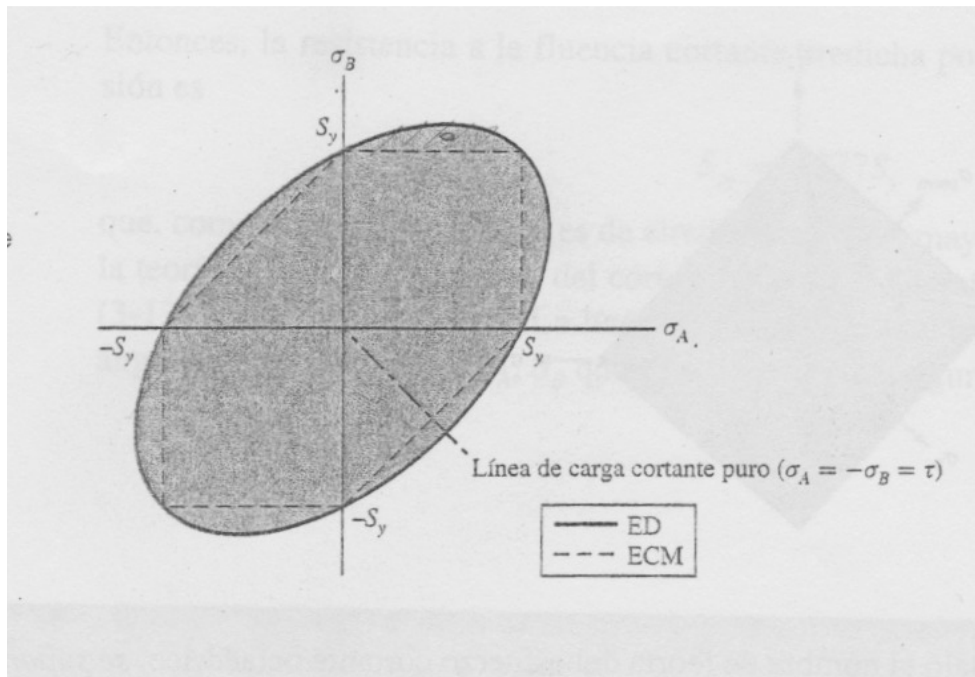


Figura 2. 18 Teoría de energía de distorsión (ED) de estados de esfuerzo plano.

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

La teoría de la energía de deformación también se denomina:

- Teoría de Von Mises- Hencky
- Teoría de la energía de cortante
- Teoría del esfuerzo cortante octaédrico

### c) Teoría de Mohr-Coulomb para materiales dúctiles

La idea de Mohr se basa en tres ensayos “simples”: tensión, compresión y cortante, a la fluencia si el material puede fluir, o a la ruptura.

Si se hacen a un lado las dificultades prácticas, la hipótesis de Mohr consistía en usar los resultados de los ensayos de tensión, compresión y cortante a fin de elaborar los tres círculos de la figura 2.20, con objeto de definir una envolvente de falla, representada como la línea recta ABCDE en la figura, arriba del eje  $\sigma$ . La envolvente de falla no es necesario que sea recta.

Una variación de la teoría de Mohr, llamada la teoría de Mohr – Coulomb, o teoría de la fricción interna, supone que la frontera BCD de la figura 2.20 es recta. Con este supuesto solo son necesarias las resistencias a la tensión y a la compresión. El círculo más grande conecta a  $\sigma_1$  y  $\sigma_3$ , como se muestra en la figura 2.20. Los centros de los círculos de la figura 2.20 son  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$ . Los triángulos  $OB_1C_1$  son similares, por lo tanto:

$$\frac{B_2C_2 - B_1C_1}{OC_2 - OC_1} = \frac{B_3C_3 - B_1C_1}{OC_3 - OC_1} \quad (2.7)$$

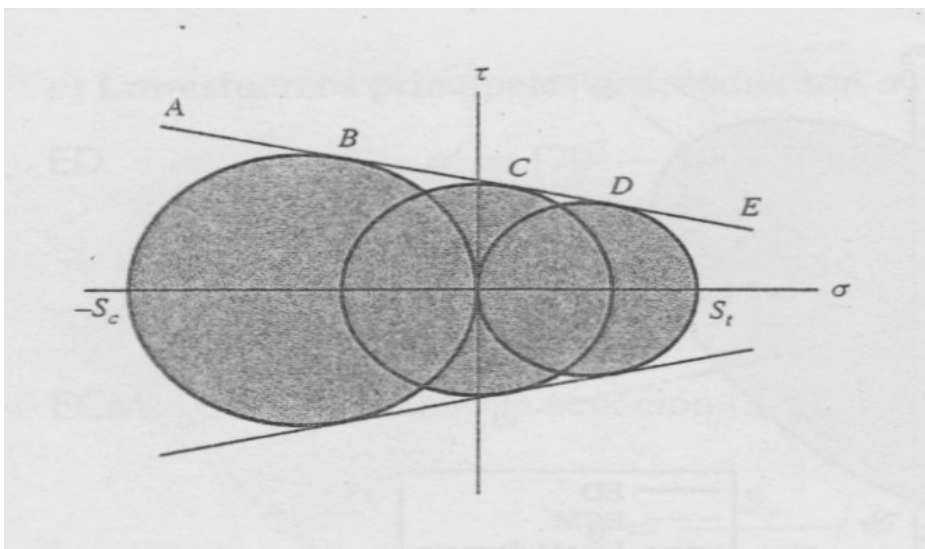


Figura 2. 19 Tres círculos Mohr.

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

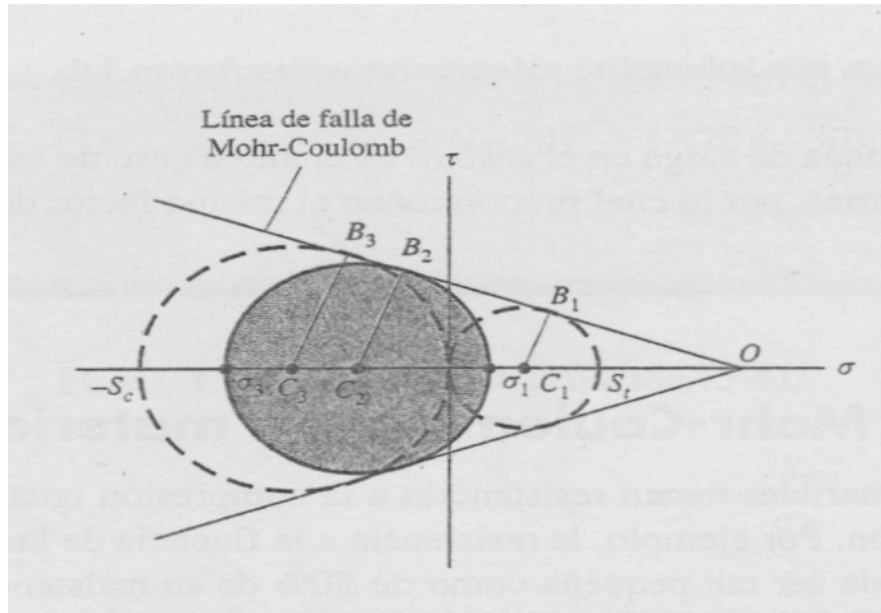


Figura 2. 20 Circula más grande de Mohr para un estado general de esfuerzo

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.



## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1. Introducción**

En este capítulo se detalla la construcción del acople que une el motor y la hélice, además se explica el proceso que se realizó para cortar la hélice.

También se detalla el diseño del acople, visto y dibujado en el software SOLIDWORK, el cual permite una vez obtenido los resultados de cálculos estructurales simular y comprobar que el acero que se utilizó es factible para soportar las diferentes cargas, esfuerzos que produce el motor y la hélice.

Para finalizar se especifica toda la herramienta utilizada en la construcción del acople y corte de la hélice, para posteriormente explicar el procedimiento de balanceo de pala.

### 3.2. Diseños.

Las siguientes imágenes nos darán una idea de los posibles acoples a utilizar



Figura 3. 1 Tipo de Acople

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.



Figura 3. 2 Tipo de Acople

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### 3.3. ANÁLISIS DEL ACOPLE DE LA HÉLICE

Para comprobar que el dimensionamiento de los pernos es correcto, en primer lugar se calcula la aceleración a la que está sometido el sistema, para de esa manera poder calcular el torque que se ejerce sobre la hélice.

$$\omega_o = 900 \text{ rpm} = 94,25 \text{ rad/s}$$

$$\omega_f = 4000 \text{ rpm} = 418,88 \text{ rad/s}$$

Se asume que la velocidad máxima se alcanza a un tiempo de 5 segundos, por tanto la aceleración es:

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_o}{t} = \frac{418,88 - 94,25}{5} = 64,93 \text{ rad/s}^2 \quad (3.1)$$

$$\alpha = 64,93 \text{ rad/s}^2$$

El torque al que está sometido se determina con la siguiente relación.

$$\sum T = I * \alpha \quad (3.2)$$

Donde,

$T$  = Torque

$I$  = Inercia

Se determina la inercia de la hélice del sistema, considerando a esta como una barra rectangular, tal como se indica en la siguiente figura.

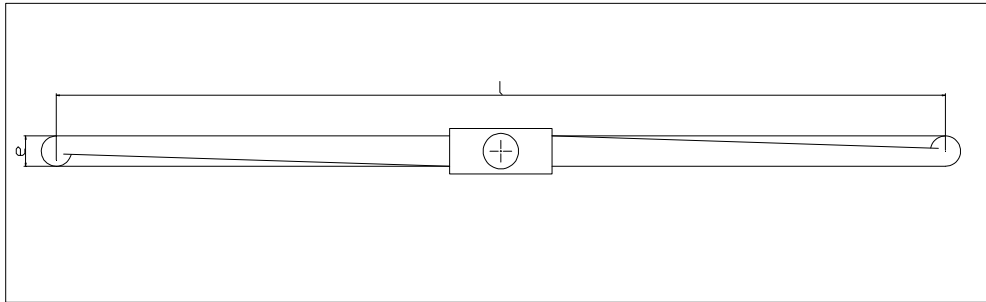


Figura 3. 3 Hélice Vista Frontal

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

$$I = \frac{1}{12} mL^2, \tag{3.3}$$

Donde,

$$m = 17 \text{ Kg}$$

Entonces,

$$I = 2,04 \text{ kg.m}^2$$

$$T = 2,04 * 64,93 = 132,46 \text{ Nm} \tag{3.4}$$

Los pernos de anclaje de la hélice están expuestos a cargas cortantes y de tracción, para ello se calcula estas fuerzas en el caso más crítico, en el que el torque es transmitido.

$$F = \frac{T}{r} = \frac{132,46}{0,0609} = 2175 \text{ N} \tag{3.5}$$

$$\tau = \frac{F}{A}, \tag{3.6}$$

Donde,

$A$  = Área transversal del perno

$$\tau = \frac{2175}{9,15 \times 10^{-5}} = 23,8 \text{ Mpa} \quad (3.7)$$

Conociendo el esfuerzo de fluencia de los pernos se tiene.

$$\sigma_y = 130 \text{ psi} = 896,31 \text{ Mpa}$$

Para el cálculo del esfuerzo de tracción se debe determinar la carga o empuje que se genera por acción de la hélice.

El empuje de la hélice se determina dependiendo de la forma o curvas del alabe y en función de la velocidad de giro de la misma, pero por facilidad se ha considerado una fuerza estimada.

$$F = 2000 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2000}{9,15 \times 10^{-5}} = 42,85 \text{ Mpa} \quad (3.8)$$

Una vez obtenidos el esfuerzo de corte como el de tracción se procede a calcular el factor de seguridad de los pernos con la siguiente relación.

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\tau}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2}} \quad (3.9)$$

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * 23,8}{896,31}\right)^2 + \left(\frac{42,85}{896,31}\right)^2}}$$

$$n = 2.4$$

El valor encontrado significa que los pernos pueden trabajar sin ningún problema, bajo las cargas a las que están expuestos, cumpliendo satisfactoriamente.

Nombre de modelo: Ensamblaje1  
Nombre de estudio: Estudio 1  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.4

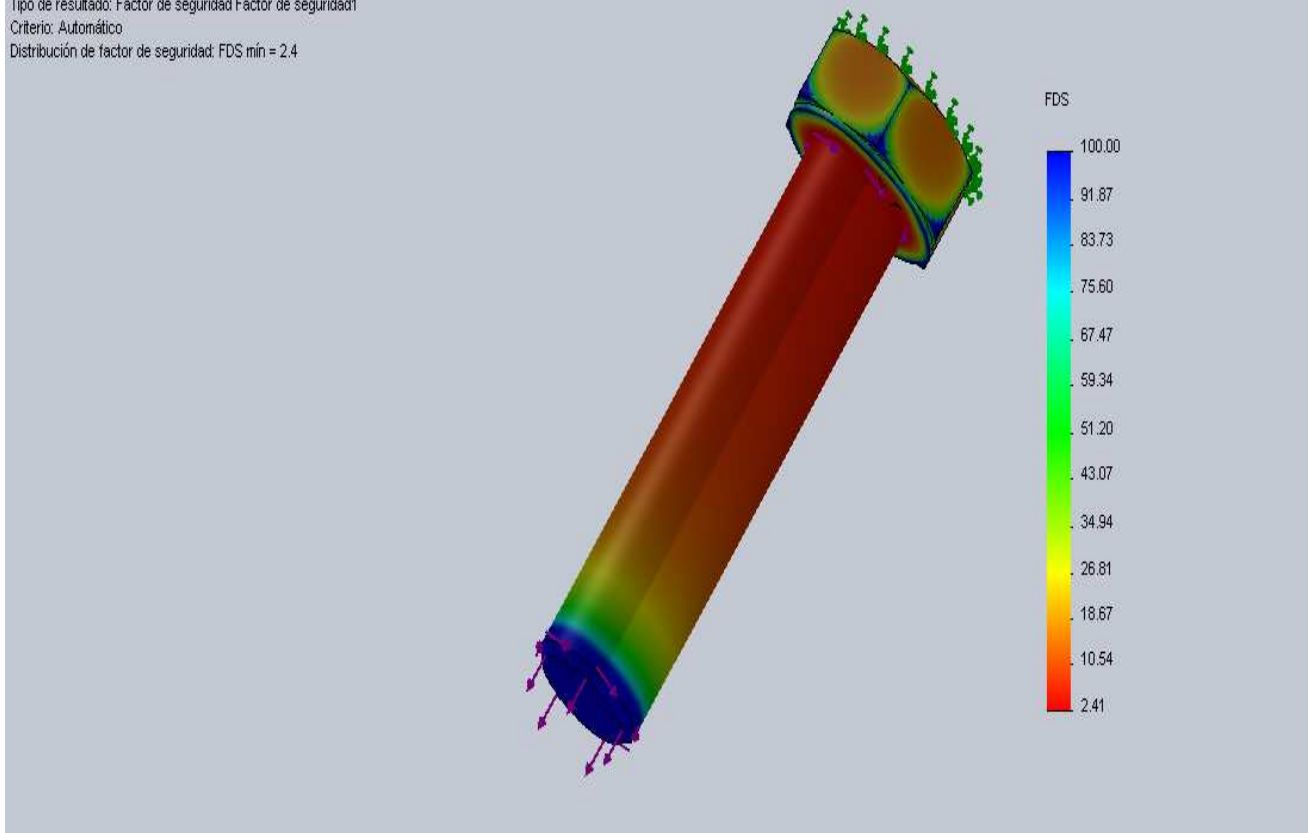


Figura 3. 4 Perno

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### 3.4. Análisis del acople al volante del motor

De igual manera se calcula los esfuerzos de corte, para ello se determina el torsor que se ejerce sobre los pernos exteriores del acople.

$$F = \frac{T}{R} = \frac{132,46}{109 \times 10^{-3}} = 1215,23 \text{ N} \quad (3.10)$$

Los pernos que se emplean tienen las siguientes características

Perno M8, grado 8.8, y área transversal  $36,6 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Conociendo el esfuerzo de fluencia de los pernos se tiene.

$$\sigma_y = 120 \text{ psi} = 634,5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2000}{3,66 \times 10^{-5}} = 54,6 \text{ Mpa} \quad (3.11)$$

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2\tau}{\sigma_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma}{\sigma_y}\right)^2}} \quad (3.12)$$

$$n = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{2 * 33,2}{634,5}\right)^2 + \left(\frac{54,6}{634,5}\right)^2}}$$

$$n = 7,38$$

### 3.5. Motivos por las cuales se realizó el corte de la hélice

**a)** Entre más pequeña es la hélice genera menor empuje, menor velocidad y por lo tanto menor rpms, esta es la razón principal por la cual se cortó la hélice, ya que en sus dimensiones reales iba a sobrecargar la operación del motor recíproco.

**b)** Existía desgaste, fisuras y golpes en las puntas de las palas de la hélice y en estas condiciones al momento de operar la hélice puede ocasionar la fractura de la misma y por ende que no funcione el banco de pruebas.

### 3.6. Estudio Técnico de la herramienta

#### 3.6.1. Torno.



Figura 3. 5 Torno Mecánico

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Se denomina torno a un conjunto de máquinas herramienta que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de chales queda fuera centrada) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas. Desde el inicio de la Revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado.

La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado *charriot* que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma



perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentada.

Actualmente se utilizan en las industrias de mecanizados los siguientes tipos de tornos que dependen de la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y de la envergadura de las piezas.



Figura 3. 6 Caja de Velocidades y Avances de un Torno Paralelo

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

El **torno paralelo** o **mecánico** es el tipo de torno que evolucionó partiendo de los tornos antiguos cuando se le fueron incorporando nuevos equipamientos que lograron convertirlo en una de las máquinas herramientas más importante que han existido. Sin embargo, en la actualidad este tipo de torno está quedando relegado a realizar tareas poco importantes, a utilizarse en los talleres de aprendices y en los talleres de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales.

### Estructura del torno

El torno tiene cinco componentes principales:

- Bancada.
- Cabezal fijo.
- Contrapunto.

- Carros portaherramientas.
- Cabezal giratorio o chuck.

## **Herramientas de torneado**

### **Movimientos de trabajo en la operación de torneado**

**Movimiento de corte:** por lo general se imparte a la pieza que gira rotacionalmente sobre su eje principal. Este movimiento lo imprime un motor eléctrico que transmite su giro al husillo principal mediante un sistema de poleas o engranajes. El husillo principal tiene acoplado a su extremo distintos sistemas de sujeción (platos de garras, pinzas, mandrinos auxiliares u otros), los cuales sujetan la pieza a mecanizar. Los tornos tradicionales tienen una gama fija de velocidades de giro, sin embargo los tornos modernos de Control Numérico la velocidad de giro del cabezal es variable y programable y se adapta a las condiciones óptimas que el mecanizado permite.

### **Revisión de tornos**

**Nivelación:** Se refiere a nivelar la bancada y para ello se utilizará un nivel de precisión.

**Concentricidad del cabezal:** Se realiza con un reloj comparador y haciendo girar el plato a mano, se verifica la concentricidad del cabezal y si falla se ajusta y corrige adecuadamente.

**Comprobación de redondez de las piezas:** Se mecaniza un cilindro a un diámetro aproximado de 100 mm y con un reloj comparador de precisión se verifica la redondez del cilindro.

**Alineación del eje principal:** Se fija en el plato un mandril de unos 300 mm de longitud, se monta un reloj en el carro longitudinal y se verifica si el eje está alineado o desviado.

**Alineación del contrapunto:** Se consigue mecanizando un eje de 300 mm sujeto entre puntos y verificando con un micrómetro de precisión si el eje ha salido cilíndrico o tiene conicidad.

Otras funciones como la precisión de los nonios se realizan de forma más esporádica principalmente cuando se estrena la máquina.

### **Normas de seguridad en el torneado**

Cuando se está trabajando en un torno, hay que observar una serie de requisitos para asegurarse de no tener ningún accidente que pudiese ocasionar cualquier pieza que fuese despedida del plato o la viruta si no sale bien cortada. Para ello la mayoría de tornos tienen una pantalla de protección. Pero también de suma importancia es el **prevenir ser atrapado(a) por el movimiento rotacional** de la máquina, por ejemplo por la ropa o por el cabello largo.

#### **Normas de seguridad**

- 1 Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, etc.
- 2 No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas.
- 3 Utilizar ropa de algodón.
- 4 Utilizar calzado de seguridad.
- 5 Mantener el lugar siempre limpio.
- 6 Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina.
- 7 Es preferible llevar el pelo corto. Si es largo no debe estar suelto sino recogido.
- 8 No vestir joyería, como collares, pulseras o anillos.
- 9 Siempre se deben conocer los controles y funcionamiento del torno. Se debe saber cómo detener su operación.
- 10 Es muy recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor.

### 3.6.2. Fresadora



Figura 3. 7 Fresadora

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Una **fresadora** es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

Debido a la variedad de mecanizados que se pueden realizar en las fresadoras actuales, al amplio número de máquinas diferentes entre sí, tanto en su potencia como en sus características técnicas, a la diversidad de accesorios utilizados y a la necesidad de cumplir especificaciones de calidad rigurosas, la utilización de fresadoras requiere de personal cualificado profesionalmente, ya sea programador, preparador o fresador.

El empleo de estas máquinas, con elementos móviles y cortantes, así como líquidos tóxicos para la refrigeración y lubricación del corte, requiere unas condiciones de trabajo que preserven la seguridad y salud de los trabajadores y eviten daños a las máquinas, a las instalaciones y a los productos finales o semielaborados.

## Movimientos

Ejes posibles en una fresadora.

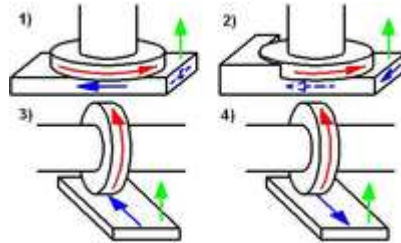


Figura 3. 8 Ejes de Fresadora

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Movimientos básicos de fresado.

1.- Fresado frontal

2.- Fresado frontal y tangencial

3.- Fresado tangencial en oposición.

4.- Fresado tangencial en concordancia. ■ Movimiento de corte. ■ Movimiento de avance. ■ Movimiento de profundidad de pasada.

## Estructura, componentes y características

### Estructura de una fresadora

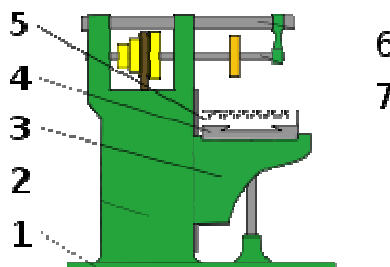


Figura 3. 9 Estructura de Fresadora

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Diagrama de una fresadora horizontal.

1: base. 2: columna. 3: consola. 4: carro transversal. 5: mesa. 6: puente. 7: eje portaherramientas.

## Herramientas



Figura 3. 10 Fresas Cilíndricas para Diversas Aplicaciones

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Las herramientas de corte más utilizadas en una fresadora se denominan fresas, aunque también pueden utilizarse otras herramientas para realizar operaciones diferentes al fresado, como brocas para taladrar o escariadores. Las fresas son herramientas de corte de forma, material y dimensiones muy variadas de acuerdo con el tipo de fresado que se quiera realizar. Una fresa está determinada por su diámetro, su forma, material constituyente, números de labios o dientes que tenga y el sistema de sujeción a la máquina.

## Verificación y puesta a punto

Tanto en su construcción como en el mantenimiento preventivo que de forma periódica deben realizarse a las fresadoras es necesario controlar los siguientes parámetros:

- Cimentación y nivelación. Las fresadoras deben estar sujetas en cimientos que amortigüen de la mejor forma posible las vibraciones, así como que esté correctamente nivelada para asegurar un buen funcionamiento a la

mesa en sus desplazamientos siendo necesario utilizar niveles de precisión.

- Alineación. Mediante el uso de comparadores hay que verificar que la mesa esté totalmente alineada procediendo a su reglaje si se observan desalineaciones.
- Funcionamiento del eje portafresas. Se hace necesario verificar periódicamente con un comparador el posible descentrado del eje portafresas en su movimiento rotatorio.
- Alineación de los puntos del plato divisor y el contrapunto. Utilizando un gramil adecuado se procede a verificar la altura y alineación de estos dos accesorios.
- Comprobación de la precisión de los nonios graduados. Verificar si los desplazamientos reales coinciden con la graduación de los tambores.
- Verificación del juego del eje portafresas en la luneta del carnero. Si existe un juego excesivo es necesario proceder a la sustitución casquillo de bronce de la luneta.

### **Normas de seguridad en el trabajo con fresadoras**

Al manipular una fresadora, hay que observar una serie de requisitos para que las condiciones de trabajo mantengan unos niveles adecuados de seguridad y salud. Los riesgos más frecuentes con este tipo de máquinas son contactos accidentales con la herramienta o con la pieza en movimiento, atrapamientos por los órganos de movimiento de la máquina, proyecciones de la pieza, de la herramienta o de las virutas, dermatitis por contacto con los líquidos refrigerantes y cortes al manipular herramientas o virutas.

Para los riesgos de contacto y atrapamiento deben tomarse medidas como el uso de pantallas protectoras, evitar utilizar ropas holgadas, especialmente en lo que se refiere a mangas anchas o corbatas y, si se trabaja con el pelo largo, llevarlo recogido.

Para los riesgos de proyección de parte o la totalidad de la pieza o de la herramienta, generalmente por su ruptura, deben utilizarse pantallas protectoras y cerrar las puertas antes de la operación.

Para los riesgos de dermatitis y cortes por la manipulación de elementos, deben utilizarse guantes de seguridad. Además, los líquidos de corte deben utilizarse únicamente cuando sean necesarios.

Además, la propia máquina debe disponer de elementos de seguridad, como enclavamientos que eviten la puesta en marcha involuntaria; botones de parada de emergencia de tipo seta estando el resto de pulsadores encastrados y situados fuera de la zona de peligro. Es recomendable que los riesgos sean eliminados tan cerca de su lugar de generación y tan pronto como sea posible, disponiendo de un sistema de aspiración en la zona de corte, pantallas de seguridad y una buena iluminación. Estas máquinas deben estar en un lugar nivelado y limpio para evitar caídas. En las máquinas en las que, una vez tomadas las medidas de protección posibles, persista un riesgo residual, éste debe estar adecuadamente señalizado mediante una señalización normalizada.

### **Normas de seguridad**

- 1 Utilizar equipo de seguridad: gafas de seguridad, caretas, etc.
- 2 No utilizar ropa holgada o muy suelta. Se recomiendan las mangas cortas.
- 3 Utilizar ropa de algodón.
- 4 Utilizar calzado de seguridad



5 Mantener el lugar siempre limpio.

6 Si se mecanizan piezas pesadas utilizar polipastos adecuados para cargar y descargar las piezas de la máquina.

7 Es preferible llevar el pelo corto. Si es largo no debe estar suelto sino recogido.

8 No vestir joyería, como collares o anillos.

9 Siempre se deben conocer los controles y el funcionamiento de la fresadora. Se debe saber cómo detener su funcionamiento en caso de emergencia.

10 Es muy recomendable trabajar en un área bien iluminada que ayude al operador, pero la iluminación no debe ser excesiva para que no cause demasiado resplandor.

### **3.6.3. Sierra (Herramienta)**

La **sierra** es una herramienta que sirve para cortar madera u otros materiales. Consiste en una hoja con el filo dentado y se maneja a mano o por otras fuentes de energía, como vapor, agua o electricidad. Según el material a cortar se utilizan diferentes tipos de hojas de sierra.

#### **El corte**

En cuanto al corte de metales, en un principio se realizaba con el lomo dentado de una lima, evolucionando hasta la forma actual. Al principio se fabricaron en acero al carbono templado, lo que producía una hoja muy quebradiza. Luego se pasó a templar la hoja parcialmente, primero en lomo y más tarde en lomo y dientes, lo que dotaba de cierta flexibilidad a la lima pero no solventaba el problema de la rotura.

Conforme los materiales a cortar fueron avanzando en tecnología, también lo hicieron las hojas de sierra, las cuales pasaron de fabricarse en acero al carbono a fabricarse en acero rápido o de alta velocidad, más conocido por sus siglas en inglés, HSS.

Esto dio lugar a las hojas de sierra para metales con las características que se conocen hoy: una hoja virtualmente irrompible con una alta capacidad de corte, pues llegan a cortar hasta acero inoxidable.

### **Modo de corte**

La forma de cortar también ha evolucionado, siendo las primeras las sierras de movimiento alternativo o de vaivén, originalmente movidas por molinos hidráulicos. Más tarde se accionaron mediante máquinas a vapor y finalmente con electricidad.

La sierra de cinta consiste en una hoja de metal dentada altamente flexible que es cortada y soldada de acuerdo al diámetro de los volantes de la máquina herramienta en la que va a ser usada, produciendo el corte por deslizamiento continuo sobre la pieza a cortar.

Siguió el desarrollo de la hoja de mano en cuanto a componentes, pero hoy en día la ha superado ampliamente, encontrando en el mercado hojas con los dientes compuestos de carburo de tungsteno, capaces de cortar aleaciones de extraordinaria resistencia tales como las superaleaciones empleadas en el campo de la aviación.

### **3.6.4. LIMAS**

La lima es una herramienta de acero al crisol con elevado contenido de carbono y aleación, que tiene dientes paralelos tallados en su cara.

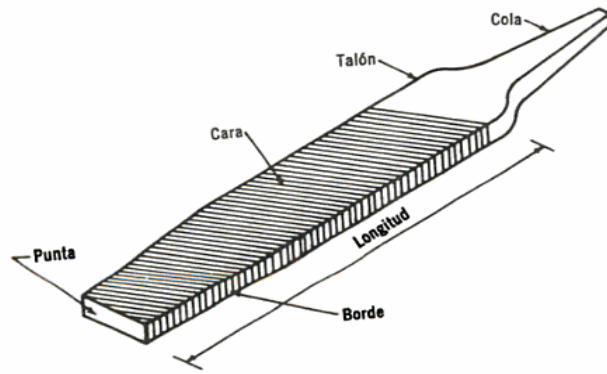


Figura 3. 11 Partes de Lima

Fuente: Investigación de campo.






Elaboración: Andrés Álvarez.

Las limas se clasifican según su forma o sección transversal y según el paso o espacio de los dientes y la naturaleza del corte.

Tabla 3. 1 Clasificación de Limas

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

POR SU FORMA		OBSERVACIONES	POR SU PASO
FIG.	NOMBRE		BASTARDA
	Plana	Bordes convexos, lima de uso general	20 A 25 DIENTES
	cuadrada	Sirve para agrandar ranuras de forma cuadrado o rectangular	POR PULGADA
	redonda	Para agrandar agujeros redondos y limar superficies curvas.	
	Triangular	Para limar ángulos agudos	FINAS 50 A 60 DIENTES
	Media caña	Para limar superficies curvas	POR PULGADA

## Precauciones

- Nunca utilice la lima como palanca o martillo, el material de las limas es tenaz, pero frágil
- Ocupe siempre limas con mango, ya que el vástago podría causar lesiones a las manos
- No toque con las manos la superficie de los dientes, ya que están con grasa los dientes se lubricarían, impidiendo que corten
- Límpiela lima de vez en cuando, para retirar suciedades o virutas que impidan su correcta operación

### 3.6.5. Calibrador

El calibre, también denominado calibrador, cartabón de corredera, pie de rey, pie de metro, pie a coliza o Vernier, es un instrumento para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, desde centímetros hasta fracciones de milímetros ( $1/10$  de milímetro,  $1/20$  de milímetro,  $1/50$  de milímetro). En la escala de las pulgadas tiene divisiones equivalentes a  $1/16$  de pulgada, y, en su nonio, de  $1/128$  de pulgada.

Es un instrumento sumamente delicado y debe manipularse con habilidad, cuidado y delicadeza, con precaución de no rayarlo ni doblarlo (en especial, la coliza de profundidad). Deben evitarse especialmente las limaduras, que pueden alojarse entre sus piezas y provocar daños.

Consta de una "regla" con una escuadra en un extremo, sobre la cual se desliza otra destinada a indicar la medida en una escala. Permite apreciar longitudes de  $1/10$ ,  $1/20$  y  $1/50$  de milímetro utilizando el nonio. Mediante piezas especiales en la parte superior y en su extremo, permite medir dimensiones internas y

profundidades. Posee dos escalas: la inferior milimétrica y la superior en pulgadas.

1. Mordazas para medidas externas.
2. Mordazas para medidas internas.
3. Coliza para medida de profundidades.
4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros.
5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada.
6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido.
7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido.

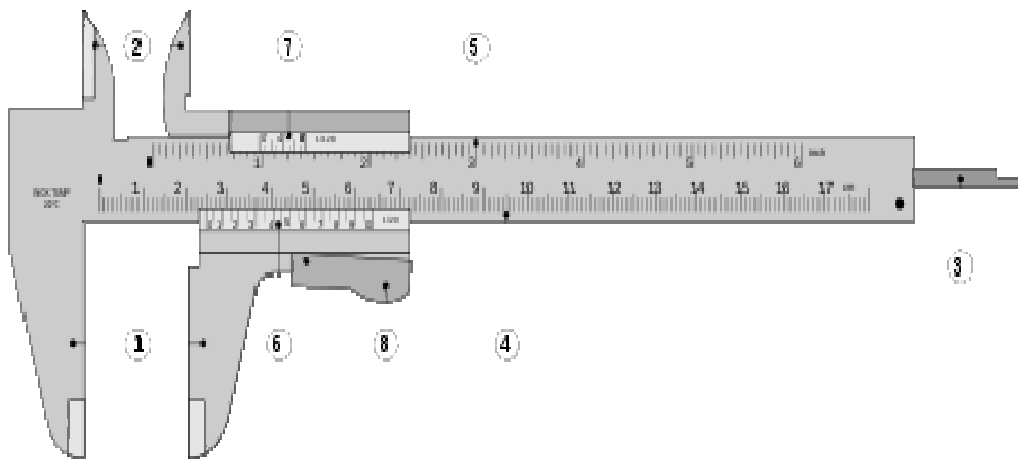


Figura 3. 12 Calibrador

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### 3.6.6. Lijas

Lijar significa alisar, pulir, abrillantar o limpiar algo mediante el frotamiento con un objeto abrasivo, generalmente una lija. El lijado es una tarea fundamental en cualquier trabajo de acabado (pintura, barniz, etc.). Un buen acabado es imposible sin un perfecto lijado.

A continuación veremos los siguientes apartados: las características de las lijas, el lijado a mano y los tipos de lijas, el lijado a máquina y los tipos de lijadoras y por último, las medidas de seguridad al lijar.

### LIJADO A MANO, TIPOS DE LIJAS

El lijado a mano es algo muy común y muchas veces imprescindible en algunos objetos muy intrincados o con formas difíciles. Para lijar a mano podemos utilizar hojas de lija, esponjas lijadoras y lana de acero. También incluiremos las limas y escofinas como un complemento más para lijar.

### 3.6.7. Hojas de Lija

Las hojas de lija para lijar manualmente son generalmente de papel y en algunos casos de tela, siendo mejores éstas últimas en aplicaciones donde necesitemos máxima flexibilidad. Según el número de grano, podemos hacer la siguiente clasificación de las hojas de lija:

Tabla 3. 2 Tipos de Lijas

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

GRANO	TIPO DE LIJA	
de 40 a 50	muy gruesa	
de 60 a 80	gruesa	
de 100 a 120	media	
de 150 a 180	fina	
de 240 a 400	muy fina	

La utilización de las hojas de lija puede ser directa o mediante su fijación a un taco de madera. Para lijar en plano lo mejor es comprar un trozo pequeño de pasamanos de barandilla y fijar la lija a él grapándola por los laterales. Esto nos permitirá cogerlo perfectamente y lijar con eficacia. Para lijar sitios difíciles (molduras, etc.) se suele buscar un trozo de moldura que encaje en el sitio a lijar y se procede como antes (se fija la lija con grapas). También podemos utilizar una esponja lijadora.

### **MEDIDAS DE SEGURIDAD AL LIJAR**

Aunque las lijadoras son máquinas muy seguras, conviene tener en cuenta algunas precauciones. Cuando lijemos tanto manualmente como con lijadora es recomendable protegerse la vista del polvo con gafas adecuadas. Si lijamos con lijadora sin sistema de extracción de polvo o con el taladro, es imprescindible la mascarilla. Además, hay algunas maderas que provocan alergias y constantes estornudos.

La máquina hay que mantenerla perfectamente sujeta con las dos manos durante el lijado. Debemos apagarla (mejor desenchufarla) para un cambio de lija. Por último, no conviene olvidar las medidas de seguridad comunes a todos los aparatos eléctricos (no ponerlos cerca de fuentes de humedad o calor, no tirar del cable, etc.).

#### **3.6.8. Flexómetro**



Figura 3. 13 Flexómetro

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

El flexómetro es un instrumento de medición el cual es coincido con el nombre de cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico. En el exterior de esta carcasa se dispone de un sistema de freno para impedir el enrollado automático de la cinta, y mantener fija alguna medida precisa de esta forma.

Se suelen fabrican en longitudes comprendidas entre uno y cinco metros. La cinta metálica está subdividida en centímetros y milímetros enfrente de escala se encuentra otra escala en pulgadas.

Su flexibilidad y el poco espacio que ocupan lo hacen más interesante que otros sistemas de medición, como reglas o varas de medición.

Debido a esto, es un instrumento de gran utilidad, no sólo para los profesionales técnicos, cualquiera que sea su especialidad (fontaneros, albañiles, electricistas, arqueólogos, etc.), sino también para cualquier persona que precise medir algún objeto en la vida cotidiana.

### **3.6.9. Llave Dinamométrica**

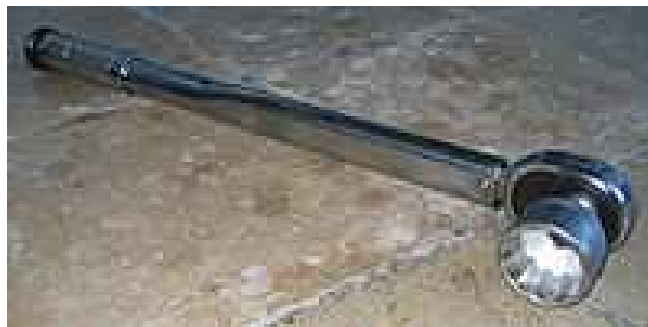


Figura 3. 14 Llave dinamométrica de salto

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

La llave dinamométrica o llave de torsión o torquímetro es una herramienta manual que se utiliza para apretar los tornillos que por sus condiciones de trabajo tienen que llevar un par de apriete muy exacto.



- Hay tornillos que si van poco apretados se van a aflojar causando una avería en la máquina que los incorpora, y si van muy apretados se pueden descabezar y romperse los tornillos por exceso de tensión.
- Para estos casos de apriete de precisión se utilizan las llaves dinamométricas.
- Una llave dinamométrica consisten en una llave fija de vaso que puede ser intercambiable con otras llaves de vaso de otras dimensiones, a la que se acopla un brazo que incorpora un mecanismo en el que se regula el par de apriete, de forma que si se intenta apretar más, salta el mecanismo que lo impide. Nunca se debe reapretar a mano un tornillo que antes haya sido apretado al par adecuado ni utilizar una llave dinamométrica para aflojar tornillos.
- Las pistolas neumáticas de apriete no son llaves dinamométricas aunque lo parecen, porque pueden desajustarse con facilidad.
- llave dinamométrica de salto Contiene un sistema mecánico regulable a través de un nonio, que libera la tensión de la llave cuando se alcanza el par de apriete pre ajustado. Se usa para aplicar un par de apriete determinado de forma repetitiva. Por ejemplo: en las cadenas de montaje, o en piezas unidas con muchos tornillos iguales.



Figura 3. 15 Accesorios para llave de salto dinamométrica

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

### 3.6.10. Llave de carraca



Figura 3. 16 Llave de Carraca

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

La llave de carraca tiene una forma similar a una dinamométrica pero sirven para apretar de una forma más rápida un tornillo o tuerca. Una vez acoplada al tornillo o la tuerca solo ejerce fuerza en un sentido (apretar o aflojar) y al mover en el otro sentido el acoplamiento con la llave gira libre produciendo un sonido de carraqueo que le da nombre a la herramienta. Como no hace falta acoplar y desacoplar la llave en cada porción de giro, se evita esa pérdida de tiempo y se realiza el trabajo mucho más rápido.

Como en la dinamométrica se le adapta una llave de vaso para cada tamaño de tuerca o tornillo y no es necesario tener una llave de carraca para cada medida.

### 3.6.11. Pinza para frenar



Figura 3. 17 Pinza para Frenar

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

La pinza de frenar es una herramienta versátil para ayudarle a frenar con alambre de manera rápida, confiable y consistente. El frenado con alambre es el mejor y más seguro para asegurar broches, bulones, etc. Que es imprescindible que se desprendan. Cualquier tendencia a aflojarse un broche, bulón, etc. Se contrarresta con el tensado del alambre.

### 3.6.12. Machuelos



Figura 3. 18 Machuelos

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Esta herramienta es usada para formar roscas en agujeros, cortando material de las paredes y formando los surcos de la rosca y así poder atornillar o empernar los cuerpos; el roscado se fabrica con un juego de 3 machuelos.

- Cónico.- entra fácilmente en el agujero para dar comienzo a la rosca.
- Semi-cónico.- retira material de manera suave.
- Recto.- Da la medida exacta a la rosca y la deja lista para utilizarse

Para roscar se debe mecanizar el agujero interior conforme a la tabla de roscado. Listo el agujero se coloca el machuelo cónico en forma perpendicular y se lo hace girar lentamente para cortar el material de las paredes del agujero, ya adentro 3 hilos se debe avanzar media de vuelta, retroceder una y repetir el proceso hasta conseguir la profundidad de rosca deseada, después se debe pasar el machuelo semi-cónico y recto.

### 3.6.13. Escofina para aluminio



Figura 3. 19 Escofina

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

La escofina es una herramienta de carpintería usada para perfilar la madera. Consiste de una punta o espiga, una larga barra de acero o vientre, un talón o base y una lengüeta.

Con las escofinas se obtienen rebajes más toscos que con las limas. Son útiles para eliminar con rapidez la madera saliente de las superficies curvas. Existen varios tipos y formas como la semi-circular, la redonda y la plana.

### **3.7. Construcción del Acople.**

A continuación se explica cómo se realizó la construcción del acople para unir la hélice con el motor.

Cabe indicar que se realizó la construcción del acople en base a diseños y cálculos realizados previamente para así poder aplicar y tener un acople ideal para el motor y la hélice

Una vez colocado el acero 1045 en el torno se comenzó a devastar a 150 revoluciones por minuto debido a que el material es muy duro, para de esta manera obtener el acople a la medida de acuerdo a lo que requería los planos.



Figura 3. 20 Construcción del Acople

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Después se continuó maquinando la parte interior del acero para alivianar el peso del acople hasta obtener las medidas exactas que tiene el diseño, para proceder a cortar y dejar el espesor que requería el plano.



Figura 3. 21 Construcción de Agujeros del Soporte

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

A continuación se traslada el acople a la fresadora para trabajar las perforaciones colocando el mismo en el plato divisor y obtener el diámetro requerido del motor (8 mm), cabe indicar que antes de realizar el trabajo que hace esta máquina se coloco el mandril porta broca con la adecuada broca.

Las perforaciones son aquellas que van sujetas al volante del motor, a continuación se hizo las perforaciones de  $\frac{1}{2}$  UNF, son 6 perforaciones roscadas en el soporte para que se ancle la hélice con el soporte, cabe indicar que tiene su respectiva guía incluida en el soporte para que salga centrado entre hélice y soporte.



Figura 3. 22 Acople

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Después se procedió al montaje del acople con los pernos para determinar la dureza y esfuerzo que tiende a sufrir el diseño al encender el motor, con esto se observo que no exista ninguna rosura de la misma.

Cabe indicar que para realizar las operaciones tanto de tornado como de fresado, las deberá realizar personal conocedor de factores que intervienen en el mecanizado en el torno, y que son los siguientes:

- Prestaciones del torno.
- Prestaciones y disponibilidad de herramientas.
- Sujeción de las piezas.
- Tipo de material a mecanizar y sus características de mecanización.
- Uso de refrigerantes.
- Cantidad de piezas a mecanizar.
- Acabado superficial. Rugosidad

Además deberá conocer bien los parámetros tecnológicos del torneado que son:

- Velocidad de corte óptima a que debe realizarse el torneado.
- Avance óptimo del mecanizado.
- Profundidad de pasada.
- Velocidad de giro (RPM) del cabezal.
- Sistema de cambio de herramientas.

A todos estos requisitos deben unirse una correcta interpretación de los planos de las piezas y la técnica de programación que utilice de acuerdo con el equipo que tenga el torno.

Una vez que la fresadora ha sido preparada para un trabajo determinado, el control posterior del trabajo de la máquina suele encargarse a una persona de mayor preparación técnica que debe ocuparse de que la calidad de las piezas mecanizadas se vayan cumpliendo dentro de las calidades de tolerancia y rugosidad exigidas.

Los fresadores de máquinas convencionales son operarios cualificados que se encargan de realizar las operaciones que intervienen en el proceso de mecanización con máquinas herramientas convencionales y especializadas, comprobando piezas y acoplamientos, empleando los equipos, máquinas e instrumentos de medida y verificación necesarios, realizando el mantenimiento de primer nivel y estableciendo los procesos de trabajo, introducción y ajuste de parámetros, siguiendo las instrucciones indicadas en los documentos técnicos, en condiciones de autonomía, calidad y seguridad.

### **3.8. Balanceo de la hélice**

Luego de haber realizado la recopilación de información para determinar la hélice que cumpliría con los requerimientos necesarios para implementarla al banco de pruebas, se pudo determinar que la hélice de aluminio y de paso fijo cumplía con las características antes determinadas.

Después de haber determinado la longitud de la hélice, y debido a que tenía fisuras en todo su perfil alar se realizó el balanceo de la misma para evitar que esta provoque esfuerzos que perjudiquen al funcionamiento del motor (fatigas). Por esta razón se procedió a cortar la hélice 15cm desde las puntas hacia el centro de la hélice, disminuyendo así su longitud.

Primero se procedió hacer un balance previo, para determinar si la hélice necesitaba ser reducida en algunos de los lados para lo que se determinó que no era necesario y que únicamente se tenía que realizar el desbaste de la hélice en toda su zona alar para perder fisuras y de esta manera tener una superficie alar liza. Para lo cual se realizó el siguiente procedimiento:

Primero se procedió a localizar el centro de la hélice para tomar medidas desde este punto hasta las puntas de pala dividiendo así cada pala en zonas en las que se efectuarían el desbaste. Tomando medidas referenciales se dividió la pala en seis de la misma manera se procedió en la otra pala.





Figura 3. 23 Zonas de la Pala.

Fuente: Investigación de campo.

Elaboración: Andrés Álvarez.

Segundo se realizó el desbaste de la superficie alar tanto en la parte superior como la inferior de la pala, con escofina para aluminio la misma que permitía que el desbaste sea más profundo. Tomando en cuenta el mismo número de pasadas que se realizaba en cada zona y de esta manera realizarla en la otra pala. Para lo cual se detalla en el siguiente cuadro el número de desbaste de cada zona.

Tabla 3. 3 Número de Pasadas con la Escofina

<b>Zona desde el centro de la hélice</b>	<b>Pala izquierda Numero de lijadas</b>	<b>Pala derecha Numero de lijadas</b>
Zona 1	50	50
Zona 2	80	80
Zona 3	100	100
Zona 4	120	120
Zona 5	150	150
Zona 6	100	100

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Andrés Álvarez

Tercero, después de haber realizado el desbaste con la escofina se procedió a realizar el desbaste con limas planas y de la misma manera tomando en cuenta el número de veces que se pasó la lima por cada zona. La misma que se detalla en el siguiente cuadro.

Tabla 3. 4 Número de pasadas con la Lima

<b>Zona desde el centro de la hélice</b>	<b>Pala izquierda Número de limadas</b>	<b>Pala derecha Número de limadas</b>
Zona 1	100	100
Zona 2	150	150
Zona 3	100	100
Zona 4	120	120
Zona 5	80	80
Zona 6	50	50

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Andrés Álvarez.

Después de haber culminado con el desbaste de la hélice se procedió a pulir la zona alar y de esta manera tener una capa completamente liza.

Cabe resaltar que el procedimiento de balanceo de la hélice se lo realizó en una mesa de acero y en un lugar libre de corrientes de aire, ya que estos pueden interferir y por ende se puede realizar el balanceo de una manera incorrecta e inexacta.

### **3.9. Fatiga**

La fatiga es una forma de rotura que ocurre en estructuras sometidas a tensiones dinámicas y fluctuantes (puentes, automóviles, aviones, etc.). Su principal peligro es que puede ocurrir a una tensión menor que la resistencia a tracción o el límite elástico para una carga estática, y aparecer sin previo aviso, causando roturas catastróficas. Es un fenómeno muy importante, ya que es la primera causa de rotura de los materiales metálicos (aproximadamente el 90%), aunque también está presente en polímeros (plásticos, composites,) y en cerámicas.

La rotura por fatiga tiene aspecto frágil aún en metales dúctiles, puesto que no hay apenas deformación plástica asociada a la rotura. El proceso consiste en un inicio y posterior propagación de fisuras, que crecen desde un tamaño inicial microscópico hasta un tamaño macroscópico capaz de comprometer la integridad

estructural del material. La superficie de fractura es perpendicular a la dirección del esfuerzo. Aunque es un fenómeno que, sin definición formal, era reconocido desde antiguo, este comportamiento no fue de interés real hasta la Revolución Industrial, cuando, a mediados del siglo XIX comenzaron a producirse roturas en los ejes de las ruedas de los trenes, que pugnaban, por aquel entonces, por imponerse como medio de locomoción.

El proceso de rotura por fatiga se desarrolla a partir del inicio de la grieta y se continúa con su propagación y la rotura final.

### **Rotura**

Al mismo tiempo que la grieta aumenta en anchura, el extremo avanza por continua deformación por cizalla dura hasta que alcanza una configuración enromada. Se alcanza una dimensión crítica de la grieta y se produce la rotura.

La región de una superficie de fractura que se formó durante la etapa II de propagación puede caracterizarse por dos tipos de marcas, denominadas marcas de playa y estrías. Ambas indican la posición del extremo de la grieta en diferentes instantes y tienen el aspecto de crestas concéntricas que se expanden desde los puntos de iniciación. Las marcas de playa son macroscópicas y pueden verse a simple vista. Las marcas de playa y estrías no aparecen en roturas rápidas.

### **Factores que intervienen**

Son diversos los factores que intervienen en un proceso de rotura por fatiga aparte de las tensiones aplicadas. Así pues, el diseño, tratamiento superficial y endurecimiento superficial pueden tener una importancia relativa.

### **Diseño**

El diseño tiene una influencia grande en la rotura de fatiga. Cualquier discontinuidad geométrica actúa como concentradora de tensiones y es por donde puede nuclear la grieta de fatiga. Cuanto más aguda es la discontinuidad, más severa es la concentración de tensiones.

La probabilidad de rotura por fatiga puede ser reducida evitando estas irregularidades estructurales, o sea, realizando modificaciones en el diseño, eliminando cambios bruscos en el contorno que conduzcan a cantos vivos, por ejemplo, exigiendo superficies redondeadas con radios de curvatura grandes.

### **Tratamientos superficiales**

En las operaciones de mecanizado, se producen pequeñas rayas y surcos en la superficie de la pieza por acción del corte. Estas marcas limitan la vida a fatiga pues son pequeñas grietas las cuales son mucho más fáciles de aumentar. Mejorando el acabado superficial mediante pulido aumenta la vida a fatiga.

Uno de los métodos más efectivos de aumentar el rendimiento es mediante esfuerzos residuales de compresión dentro de una capa delgada superficial. Cualquier tensión externa de tracción es parcialmente contrarrestada y reducida en magnitud por el esfuerzo residual de compresión. El efecto neto es que la probabilidad de nucleación de la grieta, y por tanto de rotura por fatiga se reduce. Este proceso se llama «granallado» o «perdigonado». Partículas pequeñas y duras con diámetros del intervalo de 0,1 a 1,0 mm son proyectadas a altas velocidades sobre la superficie a tratar. Esta deformación induce tensiones residuales de compresión

### **Endurecimiento superficial**

Es una técnica por la cual se aumenta tanto la dureza superficial como la vida a fatiga de los aceros aleados. Esto se lleva a cabo mediante procesos de carburación y nitruración, en los cuales un componente es expuesto a una atmósfera rica en carbono o en nitrógeno a temperaturas elevadas. Una capa superficial rica en carbono en nitrógeno es introducida por difusión atómica a partir de la fase gaseosa. Esta capa es normalmente de 1mm de profundidad y es más dura que el material del núcleo. La mejora en las propiedades de fatiga proviene del aumento de dureza dentro de la capa, así como de las tensiones residuales de compresión que se originan en el proceso de cementación y nitruración.

## Influencia del medio

El medio puede afectar el comportamiento a fatiga de los materiales. Hay dos tipos de fatiga por el medio: fatiga térmica y fatiga con corrosión.



Figura 3. 24 Fatiga Superficial

Fuente: Investigación de campo


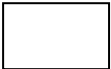
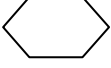

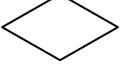
Elaborado por: Andrés Álvarez.

### 3.10. DIAGRAMA DE PROCESOS

Los diagramas de procesos están constituidos por simbología que indica cada uno de los pasos del proceso de construcción de la cabina de mando y soporte del motor.

A continuación se detallan los distintos diagramas de proceso de construcción de cada una de las partes constituyentes a la cabina de mando y soporte del motor.

Tabla 3. 5 Simbología

N	SIMBOLOGIA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección o comprobación
3		Ensamblaje
4		Conector
5		Continua

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Andrés Álvarez.

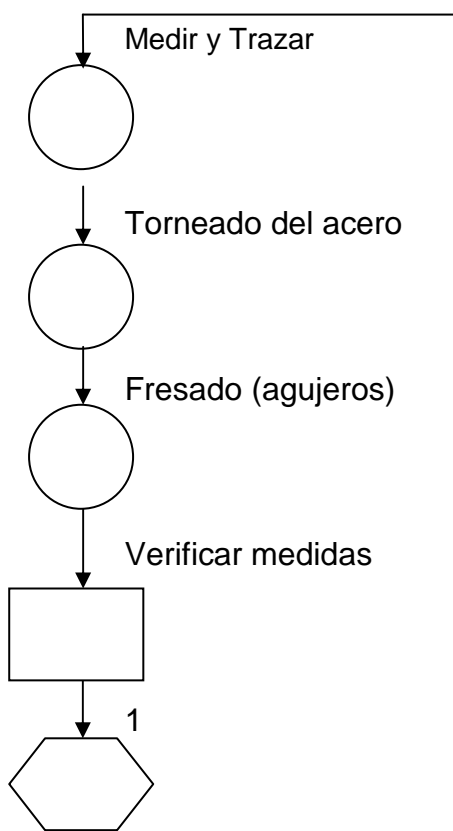
#### 3.10.1. DIAGRAMA DE PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

A continuación se presentan los distintos diagramas de procesos de construcción del acople del motor y balanceo de la hélice cada una de las partes constituyentes al banco de pruebas para el motor Volkswagen del avión Volksplane.

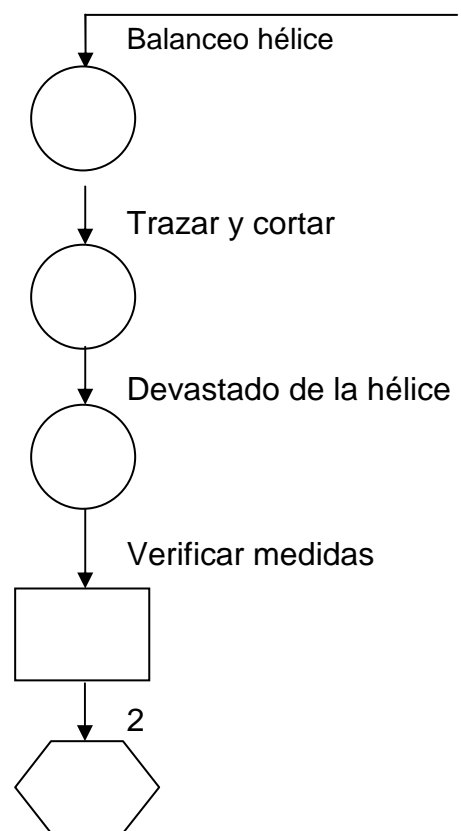
## A. DIGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCION DEL ACOPLE Y BALANCEO DE LA HELICE

**Material:** Acero E-410T molde circular de 111 x 16040cm, hélice aluminio de paso fijo y alambre de freno de 0,75

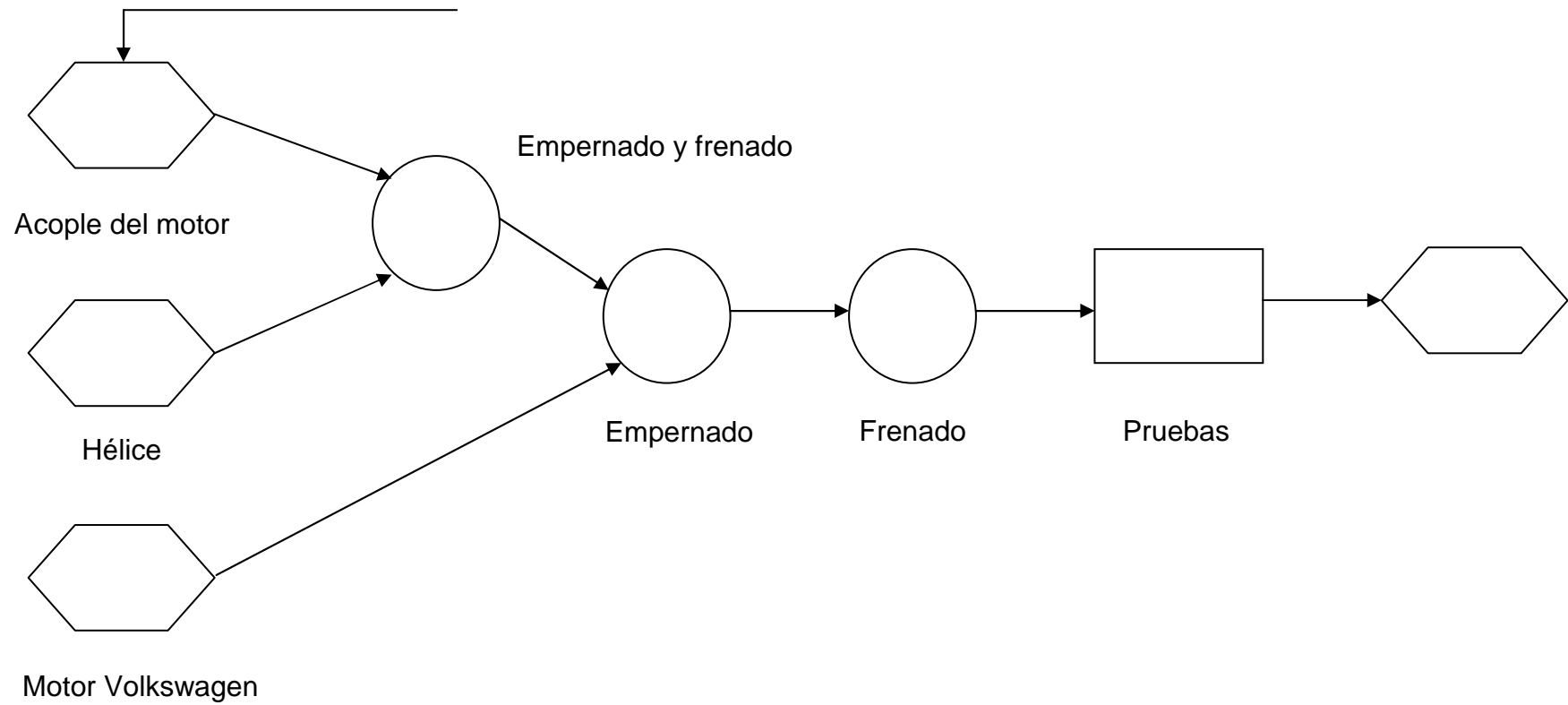
Tornado de Acero E-410T molde circular de 111 x 16040cm



Corte y balanceo de la hélice de aluminio de paso fijo



## B. Ensamblaje del acople del motor y hélice





### 3.11. Pruebas y Análisis de Resultados.

#### 3.11.1. Pruebas de Funcionamiento

Una vez finalizada la etapa de construcción, corte tanto del acople como de la hélice se procedió a realizar pruebas de funcionamiento para comprobar que el material utilizado en el acople y los pernos resisten las cargas, esfuerzos, que producen el funcionamiento tanto del motor como de las palas mismas.

Tabla 3. 6 Condiciones generales del Diseño del Acople y Corte de la Hélice.

<b>ELEMENTOS</b>	<b>CONDICIÓN FAVORABLE</b>	<b>CONDICIÓN NO FAVORABLE</b>
Rigidez del Material	✓	
Resistencia del Material	✓	
Geometría del Material	✓	
Pernos	✓	
Frenado de Pernos	✓	

**Fuente:** Investigación de Campo.

**Elaborado por:** Andrés Álvarez.

#### 3.11.2. Prueba de Funcionamiento de la Hélice.

Para determinar el funcionamiento de la hélice se realizó una operación previa, que consiste en el balanceo, debido a que la misma presentaba fisuras principalmente en las puntas de las palas, es por esto que se esperaba que al momento de encender el motor ya acoplada la hélice tienda a producir vibraciones que puedan ocasionar daños sensibles tanto en la estructura de la hélice produciéndole una debilitación del material, y además producir daños en el motor como por ejemplo una biela, el cárter, etc.

A continuación en la siguiente tabla se explica las condiciones favorables que presentaron la vibración y las rajaduras en la hélice.

Cabe recalcar que la base principal para realizar estas pruebas fueron los cálculos explicados en el capítulo anterior que sustenta que la hélice iba a operar de excelente manera.

Tabla 3. 7 Condiciones Favorables del Funcionamiento de la Hélice

<b>ASPECTOS</b>	<b>CONDICIÓN FAVORABLE</b>	<b>CONDICIÓN NO FAVORABLE</b>
Vibraciones	✓	
Rajaduras	✓	

**Fuente:** Investigación de Campo.

**Elaborador por:** Andrés Álvarez.

### **3.11.3. Resistencia del Acople.**

Para comprobar la resistencia que tiene el acero que fue utilizado en la construcción del acople se investigó todo lo relacionado a la rigidez de este material.

Este acero tiene la capacidad de resistir las cargas y esfuerzos que se producen al momento de estar en contacto con el encendido del motor y en sí, en constante rozamiento con el volante del mismo, además de las revoluciones que la hélice realiza durante la operación del banco de prueba.

También se analizó la resistencia del material que presentan los pernos que unen el volante y acople, presentando excelentes condiciones de resistencia.

Y para finalizar este análisis se realizó el frenado de los pernos ya que estos resisten las cargas y esfuerzos que producen el motor y la hélice.

### **3.12. Elaboración de Manuales.**

#### **3.12.1. Elaboración de Manual de Procedimiento.**

En este capítulo se describen los diferentes procedimientos que debe realizar el operador del acople del conjunto de la hélice para el motor recíproco para su correcta operación, sin poner en riesgo la seguridad del mismo y de las personas que intervienen en el proceso y evitar así un accidente lamentable.

También se indica cómo realizar el mantenimiento y la operación de dicho acople y hélice.

Para esto se ha elaborado los siguientes manuales.

Tabla 3. 8 Código de Manuales.

<b>No.</b>	<b>Manual</b>	<b>Código</b>
1	Seguridad	ITSA-AH-M1
2	Operación	ITSA-AH-M2
3	Mantenimiento	ITSA-AH-M3

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Andrés Álvarez.

#### **3.12.2. Manual de Seguridad.**

El objetivo de este manual es mantener la seguridad del operador del conjunto del acople de la hélice para el motor recíproco, por tal razón se ha procedido a elaborar el mismo.


#### **3.12.3. Manual de Operación.**

Este manual contiene todos los procedimientos que se deben seguir para la operación del conjunto del acople de la hélice y el motor recíproco.

Cabe anotar que no existe dicho manual para el acople de la hélice para el motor recíproco debido a que son componentes que ya están montados en el banco de pruebas, lo que se recomendaría es que cada cierto tiempo de uso se le apague o se baje las revoluciones de la hélice para no tener una sobre carga o sobre temperatura del motor, el mismo que tiene su propio manual de operación.

#### **3.12.4. Manual de Mantenimiento.**

Este manual ayuda a dar un mantenimiento óptimo al equipo para así prolongar la vida útil de los accesorios que cuenta dicho acople y hélice.

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD PARA EL          CONJUNTO DE ACOPLE DE LA HÉLICE          PARA EL MOTOR RECÍPROCO</b>		<b>Pág. 1 de 2</b>
			<b>Código</b>  ITSA-AH-M1
	<b>Elaborado por:</b> Andrés Álvarez		<b>Revisión N°:</b>  001
	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

**1.0.- OBJETIVO:**

Documentar la norma básica de seguridad a seguir previa y durante la operación del conjunto de acople de la hélice del motor recíproco.

**2.0.- ALCANCE:**

Mantener la seguridad del estudiante o docente al operar el conjunto de acople hélice para el motor recíproco.

**3.0.- PROCEDIMIENTO:**


1.- Previo a la operación del conjunto de acople de la hélice, el operador debe cumplir con los procedimientos para el funcionamiento de la hélices de paso fijo y el motor recíproco.

2.- Realizar una inspección visual de todo el sector donde va a ser operado el conjunto de acople de la hélice para el motor recíproco.

3.- Verificar el estado en el que se encuentra el acople, hélice y motor recíproco.

4.- Comprobar que todos sus componentes estén bien sujetos.

5.- Verificar que el lugar donde va a ser operado el conjunto de acople de la hélice esté libre de objetos que al momento de encender el banco de pruebas se introduzcan y puedan causar daños sensibles al mismo.

  <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD PARA EL CONJUNTO DE ACOPLE DE LA HÉLICE PARA EL MOTOR RECIPROCO</b>		<b>Pág. 2 de 2</b>
			<b>Código</b>  ITSA-AH-M1
	<b>Elaborado por:</b> Andrés Álvarez		<b>Revisión Nº:</b>  001
	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>


6- Establecer un área de seguridad para el personal que este observando el funcionamiento de la hélice, además se deberá utilizar los colores que ya son de normas estándar a nivel aeronáutico.

7.- Verificar al momento de encender el banco de pruebas que no existan herramientas de trabajo utilizadas por ejemplo llaves, playos, etc.

8.- En caso de incendios tener al alcance extintores tipo A y C.

9.- Uso de orejeras o tapones al momento de operar el Banco, debido al ruido que produce.

**4.0.- FIRMA DEL RESPONSABLE** \_\_\_\_\_

 <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL          CONJUNTO DE ACOPLE DE LA HÉLICE          PARA EL MOTOR RECÍPROCO</b>		<b>Pág. 1 de 3</b>
			<b>Código</b>  ITSA-AH-M3
	<b>Elaborado por:</b> Andrés Álvarez		<b>Revisión N°:</b>  001
	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

**1.0.- OBJETIVO:**

Documentar el procedimiento de mantenimiento que se debe realizar para prolongar la vida útil de los materiales que componen la estructura del conjunto de acople y hélice para el motor recíproco.

**2.0.- ALCANCE:**

Proporcionar los pasos que se debe seguir el personal para el mantenimiento del acople y hélice del motor recíproco.


**3.0.- PROCEDIMIENTO:**

El mantenimiento debe ser realizado por el personal encargado de la operación del banco de pruebas.

**3.1. Mantenimiento General**

El soporte ha sido diseñado para soportar las cargas y esfuerzos ejercidos tanto como de la hélice como del motor por tal razón es recomendable realizar un mantenimiento preventivo de sus materiales. Los cuales podemos citar:

- 1.- La estructura debe ser limpiada periódicamente antes de proceder a la ejecución del motor y la hélice. Retirando así las capas de polvo. Como también, residuos o materiales que no pertenezcan a la estructura.

  <b>I.T.S.A.</b>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL CONJUNTO DE ACOPLA DE LA HÉLICE PARA EL MOTOR RECÍPROCO</b>		<b>Pág. 2 de 3</b>
			<b>Código</b>  ITSA-AH-M3
	<b>Elaborado por:</b> Andrés Álvarez		<b>Revisión N°:</b>  001
	<b>Aprobado por:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Fecha:</b>

2.- Revisar que no exista rajaduras en la hélice debido al tiempo de uso del banco de pruebas.

3.- Verificar en la estructura del acople y el volante del motor que no empiece a corroerse debido a que son de diferente material y con el uso del mismo puede empezar a deteriorarse.

4.- Verificar la resistencia de los pernos; es decir, que esté, en buenas condiciones para soportar las cargas y esfuerzos a los que son sometidos.

5.- Revisar que el alambre utilizado para el frenado de los pernos esté templado y en buen estado para que realice una buena sujeción de los pernos.

### 3.2.- Mantenimiento por Ciclo

1.- Cada ciclo de funcionamiento de la hélice para evitar rajaduras y producir una debilitación del material revisar las normas de seguridad que se encuentran en el manual.

2.- Cada 10 ciclos de funcionamiento de la hélice revisar que el material tanto del volante del motor como del soporte no comiencen a corroerse.

3.- Si la hélice presenta rajaduras en su estructura, limar tomando en cuenta que el mismo puede debilitarse a tal punto que ya no pueda operar. (ver capítulo III).





**I.T.S.A.**

**MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA EL  
CONJUNTO DE ACOPLE DE LA HÉLICE  
PARA EL MOTOR RECÍPROCO**

**Elaborado por:** Andrés Álvarez

**Aprobado por:**

**Fecha:**

**Pág. 3 de 3**

**Código**

ITSA-AH-M3

**Revisión N°:**

001

**Fecha:**

4.- Realizar pruebas de líquidos penetrantes en el caso de que el acero del acople esté empezando a corroerse, para determinar cuan profundo es el daño y desgaste del material.

**4.0.- FIRMA DEL RESPONSABLE** \_\_\_\_\_

### **3.13. ESTUDIO ECONÓMICO.**

El presupuesto de la elaboración de este proyecto se basó en proformas que se cotizaron para cada uno de los materiales y accesorios que se utilizaron para el mismo, además del estudio de la factibilidad económico financiero que se realizó en el anteproyecto.

#### **3.13.1. Gastos.**

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se tomó en cuenta los siguientes rubros.

- Costo Primario (Material).
- Maquinaria, herramienta y equipo.
- Mano de Obra.
- Costo secundario. (Material Oficina).

### 3.13.2. Costos Primarios.

Comprende el costo detallado de los materiales y accesorios utilizados.

**Tabla 3.8 Costos Primarios.**

<b>No.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>CANT.</b>	<b>PRECIO UNIT. (USD)</b>	<b>SUBTOTAL</b>
1	Acero E-410T	1	150	150
2	Hélice	1	450	450
3	Pernos Allen M8	10	1.25	12.5
4	Pernos UNF	10	1.25	12.5
5	Alambre de Freno	3	3	3
6	Lijas (400)	8	0.36	2.88
7	Lijas (150)	9	0.36	3.24
8	Lijas (600)	8	0.36	2.88
9	Brocas	2	1	2
10	Brocas	6	0.65	3.9
11	Pegamento	1	3	3
			<b>SUBTOTAL</b>	645.9
			<b>12% I.V.A.</b>	77.51
			<b>TOTAL</b>	723.41

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Andrés Álvarez.

### 3.13.3. Maquinaria, Equipo y Herramientas.

Cabe indicar que el costo por el alquiler y utilización de estos elementos, fueron considerados dentro del valor del alquiler total del servicio de taller y representó el pago de USD 200, que fueron reconocidos de manera conjunta con el valor de la mano de obra.

**Tabla No 3.9** Mano de Obra

DETALLE	COSTO
1. Alquiler maquinaria, equipos y herramientas	30 USD
2. Técnico Industrial	170 USD
<b>TOTAL</b>	<b>200 USD</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Andrés Álvarez.

**Tabla No 3.10** Costos Secundarios.

N.	MATERIAL	COSTO
1	Aranceles de Graduación.	296.34
2	Suministro de Oficina.	10
3	Transporte.	20
4	Impresiones e Internet.	30
5	Empastados, Anillados.	25
6	Varios	10
	<b>TOTAL</b>	<b>391.34</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Andrés Álvarez

**Tabla 3.11** Costo Total del Proyecto.

DETALLE	COSTO TOTAL
1. Costo Primario	723.41
2. Maquinaria, Equipos y Herramientas	30
3. Mano de Obra	170
4. Costos Secundarios	391.34
<b>TOTAL</b>	<b>1314.75</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaboración:** Andrés Álvarez.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 CONCLUSIONES:**

- En base a la información recopilada, cálculos, diseños y pruebas realizadas, se logró concretar y realizar la construcción del conjunto de acople para la hélice y el motor recíproco para el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, el cual se encuentra en condiciones estándar de operación.
- En el presente proyecto se modificó la hélice MC-CAULEY para que se adapte al motor recíproco Volkswagen 1600 cc, obteniéndose resultados favorables en la operación del banco de pruebas.

## 4.2 Recomendaciones:

- Se recomienda no poner a funcionar el conjunto de la hélice hasta que no se implemente un sistema de seguridad que proteja tanto al operador como al equipo antes mencionado.
- Se recomienda realizar una actualización semestral para de ésta manera estar acorde a las necesidades del pensum de estudios; por ejemplo la implementación de hélices de paso variable.
- Se sugiere tener conocimientos teóricos y prácticos relacionados con el tema investigado, para de esta manera garantizar su correcto funcionamiento, durabilidad y sobre todo los riesgos que se pueden producir por el mal manejo de este equipo.

## Glosario

**Autor:** Persona natural que realiza la creación intelectual.

**Asignatura:** Cada una de las materias que se enseñan en un centro docente o forman un plan académico de estudios

**Análisis:** Distinción y separación de las partes de un todo hasta llegar a conocer sus principios o elementos

**Bibliográfico:** Perteneciente o relativo a la bibliografía.

Bibliografía Descripción, conocimiento de libros, de sus ediciones, etc.

**Casa:** Establecimiento industrial o mercantil.

**Cátedra:** Empleo y ejercicio del catedrático.

**Confort:** Aquello que produce bienestar y comodidades.

**Distribución:** Puesta a disposición del público, del original o copias de la obra, mediante su venta, arrendamiento, préstamo público o de cualquier otra forma conocida o por conocerse de transferencia de la propiedad, posesión o tenencia de dicho original o copia.

**Docencia:** Práctica y ejercicio del docente.

**Documental:** Que se funda en documento, o se refiere a ellos; que representa, con carácter informativo o didáctico, hechos, escenas, experimentos, etc. Tomados de la realidad

**Eficacia:** Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

**Énfasis:** Fuerza de expresión o de entonación con que se quiere realzar la importancia de lo que se dice o lee.

**Factibilidad:** Cualidad o condición de factible.

**Inducción:** Acción y efecto de inducir.

**Licencia:** Autorización o permiso que concede el titular de los derechos al usuario de la obra u otra producción protegida, para utilizarla en la forma determinada y de conformidad con las condiciones convenidas en el contrato. No transfiere la titularidad de los derechos.

**Mantenimiento:** Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc. Puedan seguir funcionando adecuadamente.

**Método:** Procedimiento que se sigue en las ciencias para hallar la verdad y enseñarla.

**Muestra:** Parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa de él

**Obra:** Toda creación intelectual original, susceptible de ser divulgada o reproducida en cualquier forma, conocida o por conocerse.

**Operatividad:** Capacidad para realizar una función.

**Percepción:** Conocimiento, idea

**Población:** Conjunto de los individuos o cosas sometido a una evaluación estadística mediante muestreo.

**Prestación:** Servicio que proporciona un motor, un instrumento, un vehículo, etc.

**Proyectar:** Idear, trazar o proponer el plan y los medios para la ejecución de algo.

**Síntesis:** Composición de un todo por la reunión de sus partes.

**Tabular:** Expresar valores, magnitudes u otros datos por medio de tablas.

### **Abreviaturas y Siglas**

**AVC:** Aviación

**CIA:** Compañía

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil.

**Ing.:** Ingeniero

**ITSA:** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

**Ltda.:** Limitada

**PSI:** Pound per Square Inch

**RDAC:** Regulación de la Dirección de Aviación Civil

**S.A.:** Sociedad Anónima

**Tec.:** Técnico

**Tlgo.:** Tecnólogo



## **Bibliografía**

- <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cinematica/circular/circular.htm>
- <http://www.pponk.com/HTML%20PAGES/propcalc.html>
- <http://www.pasionporvolar.com/blog/sistema-de-propulsion-del-avion-helice>
- [http://www.mecanicavirtual.org/cur\\_mec\\_cilindrada.htm](http://www.mecanicavirtual.org/cur_mec_cilindrada.htm)
- <http://www.bricotodo.com/lijar.htm>.
- [http://www.sinsopa.com/barcos/diccionario/diccionario\\_definicion\\_perno.as](http://www.sinsopa.com/barcos/diccionario/diccionario_definicion_perno.as)

## **ANEXO A**

### **ANTE - PROYECTO**

#### **EL PROBLEMA**

##### **1.1. Planteamiento del problema**

###### **1.1.1 Contextualización**

Los institutos de formación superior de técnicos y tecnólogos en aviación tienen la labor de formar personas capacitadas para realizar las operaciones de mantenimiento en las distintas aeronaves que poseen las empresas de aviación. El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico localizado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi-Ecuador, es el encargado de la formación de tecnólogos con una duración de 3 años, capaces de desenvolverse en trabajos relacionados con la industria aeronáutica; tiene carreras como: Mecánica (Motores, Estructuras), Electrónica, Telemática y Logística.

Los laboratorios en los que se realizan las prácticas y la instrucción de los estudiantes para la formación de tecnólogos aeronáuticos disponen de suficiente material como unidades didácticas para motores recíprocos y de reacción, material necesario para la práctica de procesos de mantenimiento (motores y accesorios) y la herramienta adecuada.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores consta de dos laboratorios los mismos que poseen: dos motores turbina J65, dos motores T-33, un motor PT-6 sin un banco de soporte y siete motores recíprocos de 3HP, dos motores en corte 2 y 4 cilindros, un banco de prueba para la hélice, el material y las instalaciones necesarias para realizar las prácticas pertinentes a motores; sin embargo, no posee el material necesario para realizar prácticas de motores de combustión interna alternativos, ni procedimientos de arranque, comprobación y corrida de motores y sistemas del mismo.

### **1.1.2. Análisis crítico**

Los estudiantes de la carrera de Mecánica – Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico a lo largo de su formación dentro del mismo reciben materias de especialización tales como: Motores Recíprocos, Motores Turbina, Sistemas Principales del Motor, Unidad Auxiliar de Potencia, Hélices y Rotores e Inspección del Motor, las mismas que en su gran mayoría se basan en enseñanza teórica y en menor medida en la enseñanza práctica que es reforzada por 10 créditos de laboratorio de materias como Lab. Mecánica Básica, Prácticas Tutoriadas Motores Turbina I, II y 720 horas de pasantías en las distintas operadoras de aviación civiles y militares.

En una constante remodelación de los laboratorios de mecánica – motores, se ha tratado de dejar en las mejores condiciones los motores, la herramienta y los equipos que existen dentro del mismo, pero sin embargo no adquieren la funcionalidad que los mismos deberían poseer, ya que los motores no están en condiciones operativas. Por lo cual, el único trabajo que se puede realizar en ellos es de montaje y desmontaje de sus partes y realizar una inspección rápida de cómo se encuentran sus componentes internos. Los laboratorios de mecánica - motores no poseen equipos ni bancos de prueba para motores recíprocos y de reacción, es por esta razón que aun en la mayor parte de materias de instrucción técnica solo se basan en un conocimiento teórico y no práctico o demostrativo que debería ser en donde los estudiantes deberían ser más instruidos.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es la solución más factible para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores recíprocos dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores?

### **1.3. Justificación e importancia**

Esta investigación se realiza con el objetivo de determinar necesidades del laboratorio de la carrera de Mecánica – Motores en cuanto a bancos de prueba de motores, los mismos que serán de gran ayuda para la instrucción y capacitación del personal aeronáutico que el ITSA se encuentra formando.

De la misma manera los docentes que se encuentran capacitando a los estudiantes de la carrera de Mecánica - Motores, tendrán un respaldo para impartir el conocimiento teórico enfocado en lo práctico con mayor facilidad, además de resolver inquietudes que se presentan sobre la ubicación y reconocimiento de los componentes del motor.

En la capacitación e instrucción continua de los estudiantes estos podrán realizar la ejecución de trabajos, inspecciones y un sin número de procedimientos que ayudarán con el aprendizaje práctico de la especialización Mecánica – Motores, adquiriendo de esta manera el manejo y reconocimiento adecuado de las diferentes herramientas así como de los sistemas del motor; es decir, en su totalidad, mejorando el nivel de experiencia laboral.

### **1.4. Objetivos**

#### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores recíprocos dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica – Motores.

#### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Investigar las necesidades que tienen los estudiantes de Mecánica Aeronáutica – Motores en relación al uso de los laboratorios del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

- Realizar la recolección de datos e información necesaria que contribuya a respaldar bibliográficamente a la investigación.
- Presupuestar el costo de la solución más factible y de esta manera llevarla a la implementación contribuyendo con la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.
- Establecer las conclusiones y recomendaciones más factibles para contribuir al desarrollo práctico-técnico de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica del ITSA en lo referente a motores recíprocos de aviación.

### **1.5. Alcance**

**Temporal:** En el período académico comprendido entre septiembre del 2009 y marzo del 2010.

**Espacial:** Laboratorio de Mecánica Aeronáutica – Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

**Contenido:**

**Área:** Mecánica Aeronáutica - Motores

**Aspecto:** Prácticas Motores - Recíprocos

## **MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes**

Los antecedentes que se han obtenido son el resultado de la investigación realizada durante el período Abril-Agosto del 2009 sobre “El nivel de aceptación que tienen los pasantes y tecnólogos civiles de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención motores del ITSA en las empresas nacionales de aviación mayor de la ciudad de Quito” (Grupo investigador 5to A, Pág. 3). De este trabajo se han tomado en cuenta recomendaciones de algunos jefes de mantenimiento y gerentes de las empresas citadas.

En la investigación realizada se demuestra que los gerentes y jefes de mantenimiento están inconformes con el desempeño de pasantes y tecnólogos del ITSA por falta de experiencia en los asuntos prácticos, y por este motivo las empresas se ven en la necesidad de dar capacitación a los pasantes y tecnólogos.

Por parte de los pasantes y tecnólogos, ellos reconocen su falta de experiencia y sugieren que el ITSA debería implementar mejores laboratorios para adquirir los conocimientos prácticos necesarios para la vida laboral.

El trabajo de indagación llega a la conclusión de que el conocimiento práctico obtenido en el ITSA es deficiente ya que se sustenta fundamentalmente en la teoría.

### **2.2. Fundamentación teórica**

#### **Centros de instrucción aeronáutica**

Los centros de entrenamiento aeronáutico en el Ecuador están sujetos a la aprobación, certificación y supervisión de La Dirección de Aviación Civil.

En la parte 142.11 se detalla sobre la aplicación para la emisión o enmienda del Certificado de Centro de Instrucción Aeronáutica y de las especificaciones técnicas de entrenamiento donde cada aplicación para obtener el Certificado de Centro de Instrucción Aeronáutica debe contener lo siguiente:

- “Una descripción de los equipos de entrenamiento (simuladores, laboratorios, equipos audiovisuales, etc.) que el solicitante se propone utilizar”.

Las unidades didácticas deben:

- “Estar disponibles para inspección y evaluación previa a la aprobación”.
- “Estar instalados y en operación en el lugar del centro de entrenamiento propuesto, antes de la emisión de un Certificado de Instrucción Aeronáutica”.

En la parte 142.79 de las RDAG habla sobre el mantenimiento de las facilidades, equipos y materiales:

- “Todo Centro de Instrucción Aeronáutica deberá mantener las facilidades, equipos y material en las mismas condiciones de cantidad y calidad en las cuales fue certificado”.
- “El Centro de Instrucción Aeronáutica, podrá realizar ajustes y mejoras en los equipos de instrucción, previo la autorización de La Dirección General de Aviación Civil”.

## **Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico**

A partir del 4 de julio de 1954 y durante 45 años consecutivos, La Fuerza Aérea Ecuatoriana, primera instancia a través de la escuela de especialidades, después con La Escuela Técnica de La Fuerza Aérea, ha venido cumpliendo con la noble tarea de formar, capacitar y profesionalizar al personal de Aerotécnicos en las diferentes especialidades de aviación.

El 8 de noviembre de 1999, mediante acuerdo ministerial No: 3237 de Ministerio de Educación Pública, Cultura y Deportes, Escuela Técnica de La Fuerza Aérea (ETFA), se transforma en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, constituyéndose en un centro académico de formación superior regido por las leyes y reglamentos correspondientes.

### **Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores**

#### **Objetivo de La Carrera de Mecánica**

Proporcionar al sector público y privado, empresarial e industrial, tecnólogos en el área de mantenimiento mecánico aeronáutico, con capacidad crítica y analítica, para dar solución a los problemas que se presentan en los motores, estructuras y sistemas de aeronaves militares y comerciales, a fin de mejorar la gestión de las empresas de aviación.

#### **Definición de la carrera de Mecánica**

La carrera de Mecánica Aeronáutica con sus menciones en motores y aviones se define como una profesión altamente competitiva y de actualización continua que va de la mano del desarrollo tecnológico de la aeronáutica mundial, para la formación del personal técnico que labora en mantenimiento aeronáutico.



## **Laboratorios para estudio de mecánica aeronáutica**

“Un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente acondicionada para el desarrollo de clases prácticas y otros trabajos relacionados con la enseñanza”.

En el caso del ITSA el laboratorio de Mecánica Aeronáutica cuenta con herramientas y equipos, bancos de transporte de motores e instalaciones eléctricas y neumáticas para el desempeño de las prácticas en los diferentes motores con que el instituto cuenta.

Los motores con los que cuenta el Instituto son: seis motores reacción y siete motores reacción de 3Hp en los que se pueden realizar prácticas de montaje y desmontaje del motor; también consta de cinco motores en corte de reacción y dos motores recíprocos en corte, uno de dos cilindros y otro de cuatro cilindros.

El material didáctico en el Instituto no es escaso, pues se cuenta con varias maquetas, carteles de toda índole y conjuntos de accesorios para una mejor comprensión de los conocimientos teóricos impartidos por el instructor. Pero estos al ser puramente ilustrativos los docentes no pueden enseñar de modo funcional y práctico los diferentes problemas que se presentarían en un equipo completamente operativo.

Bancos de prueba e instrucción en el tema de los motores no existen en el laboratorio, estos serían de gran ayuda para los estudiantes pues podrían realizar procedimientos cotidianos en la aviación y de este modo ganarían conocimientos prácticos.

## Motores Recíprocos

“Los motores de combustión interna alternativos, vulgarmente conocidos como motores de explosión (gasolina) y motores diesel, son motores térmicos en los que los gases resultantes de un proceso de combustión empujan un émbolo o pistón, desplazándolo en el interior de un cilindro y haciendo girar un cigüeñal, obteniendo finalmente un movimiento de rotación”.

Se clasifican por número de ciclos que cumple el motor en:

- “Ciclo de cuatro tiempos, en los que el ciclo termodinámico se completa en cuatro carreras del émbolo y dos vueltas del cigüeñal. En estos motores, la renovación de la carga se controla mediante la apertura y cierre de las válvulas de admisión y escape”.
- “Ciclo de dos tiempos, en donde el ciclo termodinámico se completa en dos carreras del émbolo y una vuelta del cigüeñal. La renovación de la carga se logra por *barrido*, al desplazar la nueva mezcla los gases de la combustión previa, sin la necesidad de válvulas, ya que es ahora el propio émbolo el que con su movimiento descubre las lumbreras de admisión y escape, regulando el proceso”.

## Disposición constructiva

“Las formas comunes de disposición de los cilindros son en V y en línea, con un número de cilindros variable en función de la potencia del motor. También existe la disposición en bóxer ó disposición opuesta, y han existido otras configuraciones, como la disposición en "X", "H", "U" y "W", además del motor en "estrella", y una variante de éste, el motor rotativo (en el cual el cigüeñal permanece fijo y gira el bloque de cilindros entero a su alrededor), muy usado en los inicios de la aviación”.

## **Operaciones con motores recíprocos**

### **En medición:**

- Medición de temperatura de la cabeza de los cilindros.
- Medición del vacío creado por el motor.
- Medición del consumo de combustible.
- Medición de la presión del sistema de lubricación, sistema de combustible.
- Medición de la compresión en los cilindros
- Mediciones eléctricas del sistema de generación

### **En procesos:**

- Localización de los diferentes sistemas del motor.
- Montaje y desmontaje de componentes.
- Mantenimiento preventivo del motor.
- Calibración del salto de la chispa de ignición.
- Cálculos de cilindrada del motor.
- Localización de fugas de aire, lubricante y combustible.
- Detección de fallas en el sistema eléctrico.
- Calibración de válvulas

## PLAN DE INVESTIGACION

### 3.1 Modalidades

El presente proyecto se cimentará en la *investigación de modo documental* porque contará con referencias bibliográficas de sitios del internet y libros de investigación técnica y científica.

Es una *investigación de campo no participante* porque se realizará en los Laboratorios de Mecánica mención Motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### 3.2 Tipos de investigación

El proyecto va a estar fundamentado en un solo *tipo de investigación*, este será el No Experimental, ya que no se realizará un nuevo experimento, ni tampoco se buscará soluciones en las que se aplique los factores experimentales, por el contrario se indagará la conclusión más factible para mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores, partiendo de la investigación realizada y comparada con la información obtenida.

### 3.3 Niveles de investigación

El presente proyecto es una *investigación de nivel descriptivo* porque en primera instancia se realizará el análisis de un tema poco estudiado en el Instituto hasta entenderlo y describirlo. En esta investigación se utilizará la observación inmediata del área y de los elementos que caracterizan al objeto que va a ser investigado; es decir, las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA.

En una segunda instancia de la investigación se dará a conocer las causas por las cuales el nivel técnico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores es deficiente.

Como último paso se realizará una comparación entre los resultados de la investigación y toda la información adquirida.

### **3.4 Universo, población y muestra**

#### **Universo**

El universo se puede definir como la totalidad de los casos del estudio; es decir, en nuestra investigación la generalidad de todos los estudiantes del ITSA que se encuentran actualmente cursando las diferentes carreras.

#### **Población**

La población se define como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para este proyecto, la población es de ciento treinta y ocho personas entre estudiantes del tercero, cuarto, quinto y sexto nivel, de la carrera de mecánica mención motores a partir del período Septiembre 2009 – Febrero 2010.

#### **Muestra**

La muestra se define como el desagregado de la población. El muestreo es la actividad para la selección de la muestra; es un método para juzgar la calidad de un conjunto. Entonces la muestra es solo una parte de la población, la misma que se recopilará a través de una Encuesta.

Una vez determinada la población se extraerá la muestra, para lo cual se aplicará la fórmula con un margen de error estándar admisible del 5%.

**Fórmula:**

$$n = \frac{m}{e^2 (m-1) + 1}$$

$$n = \frac{138}{(0.05)^2 (138-1) + 1}$$

$$n = \frac{138}{(0.0025) (137)+1}$$

$$n = \frac{138}{1.3425}$$

$$n \approx 102.79$$

$$n \approx 103$$

**Simbología:**

**n=** Tamaño de la muestra

**m=** Tamaño de la población

**e=** Error estándar admisible  
(5%)

### 3.5 Recolección de datos

Para lograr reunir la cantidad suficiente de información en este caso se aplicará la técnica de la entrevista al Director, Subdirector y tres docentes de la carrera y una encuesta para los señores estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica mención Motores del ITSA.

### 3.6 Técnicas de Investigación

Las técnicas de investigación que se utilizarán son la entrevista y la encuesta. Con la encuesta se tratará de obtener datos de los estudiantes de mecánica, cuyas opiniones serán fundamentales para el análisis de la información recolectada; para ello, se utilizará un listado de preguntas escritas. La ventaja de la encuesta es su versatilidad o capacidad para recoger datos sobre una amplia gama de necesidades de información para la investigación.

En este proyecto se aplicará la encuesta con dos modalidades de preguntas: abiertas, que dan completa libertad al interrogado para que responda; y cerradas, que limitan las posibilidades de respuestas donde se puede ofrecer dos o más posibilidades.

La entrevista es un reporte verbal de una persona con el fin de obtener información primaria acerca de experiencias a las cuales ha estado expuesta, que generalmente el entrevistado hace cara a cara con el entrevistador. Nuestra entrevista será personal y se presentará estructurada, estará compuesta básicamente por preguntas de tipo abierto o libre para alcanzar una información mucho más profunda.

### **3.7 Análisis e interpretación**

El análisis e interpretación de la información recolectada se basará en estadísticas descriptivas (promedios, desviaciones, rangos, porcentajes, frecuencias), tablas de doble entrada y gráficos.

### **3.8 Conclusiones y recomendaciones**

Las conclusiones y recomendaciones se darán en base a los resultados que se obtendrán del análisis de las encuestas, entrevistas y la observación del laboratorio de la carrera de Mecánica.

## EJECUCIÓN DEL PLAN DE INVESTIGACIÓN

### 4.1 Modalidades

La modalidad que se empleó fue *documental* porque cuenta con referencias bibliográficas de sitios del internet, en las que se consiguió información de las RDAC (Regulaciones de la Dirección de Aviación Civil), con respecto a las Escuelas Técnicas de Aviación; también se encontró información sobre la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención motores, así como también se obtuvo información de un proyecto realizado en el período académico abril – agosto 2009.

Fue una *investigación de laboratorio* porque se realizó una visita a los Laboratorios de Mecánica mención motores del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, para constatar el aspecto físico y el contenido de los mismos que presenta en la actualidad.

### 4.2 Tipos de investigación

El tipo de investigación que se fundamentó durante este proyecto fue del tipo No Experimental, ya que no se realizó un nuevo experimento, ni tampoco se buscó soluciones en las que se aplique los factores experimentales; por el contrario, se indagó la conclusión más factible para mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores, partiendo de la investigación realizada y comparada con la información obtenida.

### 4.3 Niveles de investigación

El presente proyecto fue una *investigación de tipo descriptivo* porque se utilizó la observación inmediata del área y de los elementos que caracterizan al objeto investigado; es decir, se estudió el problema hasta llegar a encontrar posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios.



Se describieron las diferentes causas por las cuales el nivel técnico-práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica es deficiente, es decir, por medio de este nivel se pudo definir las características y condiciones de los laboratorios que posee en la actualidad el Instituto.

Todos los resultados que se obtuvieron durante la investigación más la información que se adquirió por los diferentes mecanismos de la investigación eran necesarios compararlos para obtener las conclusiones y recomendaciones acertadas o acordes al tema que propuso el grupo investigador.

### **4.3 Universo, población y muestra**

#### **Universo**

El universo se puede definir como la totalidad de los casos del estudio, es decir en nuestra investigación la generalidad de todos los estudiantes del ITSA que se encuentran actualmente cursando las diferentes carreras.

#### **Población**

La población fue definida como el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones. Para este proyecto la población es de ciento tres personas entre estudiantes de cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica mención Motores a partir del período septiembre 2009 – febrero 2010.

#### **Muestra**

La muestra fue definida como el desagregado de la población. El muestreo fue la actividad para la selección de la muestra; fue un método para juzgar la calidad de un conjunto. Entonces la muestra fue solo una parte de la población.

Definida la unidad del análisis de la población se extrajo la muestra para lo cual se aplicó la fórmula con un margen de error estándar admisible del 5%.

Una vez conocido el número de la muestra que en este caso fue de ciento tres estudiantes, se procedió a seleccionar a las mismas, tomando en cuenta la selección probabilística aleatoria, dando la oportunidad a toda la población de ser elegida; a los que se les aplicó los instrumentos de investigación para la recolección de información (encuestas y entrevistas) y los resultados obtenidos sirvió para generalizar la información.

#### **4.4 Recolección de datos**

Para lograr reunir la cantidad suficiente de información en este caso se aplicó la técnica de la entrevista al Director, Subdirector y tres docentes de la carrera y una encuesta para los señores estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica mención Motores del ITSA.

#### **4.5 Técnicas de investigación**

Las técnicas de investigación que se utilizó fueron la entrevista y la encuesta.

En este proyecto se aplicó la encuesta con dos modalidades de preguntas: abiertas, que dio completa libertad al interrogado para que responda; y cerradas, que limitó las posibilidades de respuestas donde se puede ofrecer dos o más posibilidades. Se obtuvo datos e información de la muestra de estudiantes en la cual sus opiniones tuvieron mucha importancia.

Las entrevistas fueron de forma personal y estuvieron compuestas básicamente por preguntas de tipo abierto o libre y se alcanzó a obtener información profunda del tema.

## **4.6 Análisis e interpretación**

### **Análisis de la observación de campo**

El análisis realizado sobre la observación directa respecto a los Laboratorios de Motores de la Carrera de Mecánica se puede determinar que los laboratorios constan unidades didácticas tales como: cinco motores reacción, siete motores recíprocos en condiciones operables, tres motores reacción y dos motores recíprocos seccionados, 26 componentes seccionados del motor Rolls Royce, como también 70 carteles ilustrativos de los sistema del motor, dos cuadros de muestra (rulimanes y tipos de manguera), dos maquetas eléctricas demostrativas y un sistema demostrativo del sistema de lubricación. También se puede tomar en cuenta que el espacio físico y la infraestructura están en las mejores condiciones.

**Análisis e interpretación de las entrevistas realizadas a los Señores Director, Subdirector y docentes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención motores.**

#### **Datos Informativos:**

Entrevistado: Ing. Trujillo Guillermo

Cargo que ocupa: Director de la Carrera de Mecánica

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Por experiencia se que conocimientos sin práctica, no hay aprendizaje significativo, esa es la única conclusión que yo les puedo decir.

El aprendizaje se retiene en un 90% siempre y cuando haya práctica, si sólo es teórico un 30% o 20%.

- 2. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Mientras exista un proceso definido se puede desarrollar diferentes actividades como desarmar los motores; como están dados de baja no hay ningún problema, se desarman para adquirir destrezas, ya que en aviación es muy difícil desarmar los motores si no se está autorizado.

- 3. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

En los talleres, principalmente modernizar la flota de motores y rehabilitar ciertas partes de los equipos de apoyo de los motores; necesitamos herramientas y tener los procesos definidos, además necesitamos de personal capacitando para cumplir procesos.

- 4. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Sí, siempre y cuando vayan en coordinación con los procesos para llegar a cumplir un objetivo verdadero.

**Datos informativos:**

Entrevistado: Sgto. Primero Vallejo Castillo William

Cargo que Ocupa: Sub. Director de la Carrera de Mecánica

- 1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Es importante para que los estudiantes puedan hacer sus prácticas y que aprendan destrezas dentro de lo que es la aviación.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que poseen los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Sí, tenemos motores que son el J85, J33, motores PT6, tenemos motores recíprocos.

**3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Prácticas en los motores; montaje y desmontaje de los accesorios de los motores y componentes de los motores para que los estudiantes adquieran destrezas.

**4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

La adquisición de motores modernos, en este caso de un motor JT8D motores actuales y herramientas especiales para ese tipo de motores.

**5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

Influye de modo que el estudiante pierde interés en la materia, tendría más interés con lo práctico de los motores.

**6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Sí, porque los estudiantes adquieren habilidades para su desempeño en las compañías.

**Datos Informativos:**

Entrevistado: Capitán Pablo Donoso

Cargo que ocupa: Profesor de la materia de motores recíprocos

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Tener un Laboratorio de Motores es de gran importancia para la capacitación técnica de los estudiantes puesto que el laboratorio no cuenta con nada para una buena instrucción técnica en lo que se refiere a motores. Por ende, la implementación del laboratorio ayudaría mucho para una mejor enseñanza en el ITSA.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Actualmente el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores tan solo cuenta con motores de 3 HP para la instrucción técnica de los estudiantes.

**3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Con las unidades didácticas que el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica ITSA posee actualmente no se pueden realizar muchas tareas prácticas puesto que tan solo existe un motor seccionado que no funciona de manera eficiente y no es de mucha ayuda para realizar prácticas en el mismo.

**4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Las necesidades más indispensables dentro de los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica son maquetas y partes seccionadas; debe existir un motor en el que todos sus elementos funcionen, además debe contar con repuestos y manuales para poder dar un continuo mantenimiento.

**5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

Influye mucho ya que los estudiantes salen con un alto nivel teórico pero un bajo nivel práctico; esto quiere decir que no tienen la suficiente experiencia para desenvolverse en su campo laboral. Además, al existir componentes reales hace que la capacidad de retención sea mayor.

**6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Si absolutamente por todo lo antes mencionado.

**Datos Informativos:**

Entrevistado: Sub. Primero Marcelo H. Muñoz T.

Cargo que ocupa: Profesor de la materia de inspección de motores

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted, que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Según mi experiencia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica tiene mucha importancia porque el alumno visualiza lo que teóricamente recibe en clase y así tiene una visión más clara y real de lo que es un motor de aviación.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Verdaderamente yo no he visitado los Laboratorios de Mecánica del ITSA y por esa razón desconozco cuales son los unidades didácticas con los que cuenta. Pero una vez que estuve por allí observe que tienen bancos de prueba, pero aparentemente estos ya están pasando de desuso, deberían tener equipos con tecnología más avanzada como los aviones de tercera y cuarta generación.

**3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Las estrategias que pueden desarrollar es de que el banco o la maqueta debe ser en lo posible real para que el alumno vea el proceso real del funcionamiento del motor.

**4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los Laboratorios y Talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Lo más indispensable son maquetas de todos los sistemas que se les da de todo el motor de todas las ATAS y de todos los sistemas que el motor ofrece o que el motor desarrolla para el funcionamiento de todos los sistemas básicos del avión.

**5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**



No tenemos unidades didácticas porque la capacidad de los estudiantes se queda a medias ya que lo mejor ahora es el entrenamiento visual y práctico porque pueden observar como fluyen los elementos, los fluidos y presiones neumáticas; el alumno va estar más real en los conceptos que tiene el motor

**6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Yo pienso que el alumno egresado de aquí es un tecnólogo, es un elemento que ya está a nivel superior, él ya debe saber cómo son todos los funcionamientos tanto del motor como del avión para que no sea tan solo un profesional teórico, sino que sea un elemento real que sabe como en verdad funcionan los sistemas de un motor.

**Datos Informativos:**

Entrevistado:            Tecnólogo Paredes Andrés

Cargo que ocupa:      Profesor de la materia de motores turbina

**1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?**

Es de vital importancia ya que es el nexo directo que tienen los estudiantes para familiarizarse con los materiales, componentes y herramientas aeronáuticos.

**2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?**

Unidades didácticas que conozco son motores jet, motores recíprocos, maquetas de sistemas hidráulicos, carteles y gráficos.

- 3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Se pueden realizar tareas que permitan los elementos existentes actualmente y que en algunos casos creo que no son suficientes para afianzar los conocimientos teóricos.

- 4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree Usted que sean las necesidades más indispensables en los laboratorios y talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?**

Desde mi punto de vista creo esencial la implementación de materiales didácticos operativos y funcionales, sobre todo apegados a la realidad donde los estudiantes puedan realizar tareas de mantenimiento y trabajos más completos similares a los que realizarán en sus futuros puestos de trabajo.

- 5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?**

En que los estudiantes salen con falta de práctica en el manejo de herramientas y órdenes de trabajo que son de uso obligatorio en los puestos de trabajo de aviación civil mundial.

- 6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

Desde luego que serán ayudas sumamente importantes por todas las razones que expuse anteriormente.

## **Análisis de las entrevistas**

Las entrevistas realizadas al Director de carrera y docentes de la Carrera de Mecánica, obtuvo resultados que contribuyen con la investigación, tal es el caso que los entrevistados coinciden en que el Laboratorio de Mecánica en la sección de motores es muy importante para la capacitación y aprendizaje de los estudiantes.

Se da de manifiesto que los entrevistados sí conocen varios elementos de instrucción que existen en el Instituto, aunque difieren en la efectividad que tienen las unidades didácticas en el proceso de enseñanza.

Uno de los puntos más relevantes es que influye en gran medida la falta de unidades didácticas en la preparación profesional de los estudiantes. Es indispensable la implementación de unidades didácticas para la capacitación y el mejoramiento del conocimiento técnico de los estudiantes.

### **Análisis e Interpretación de las encuestas realizadas a los estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.**

## **Encuestas de los estudiantes**

### **PREGUNTA # 1**

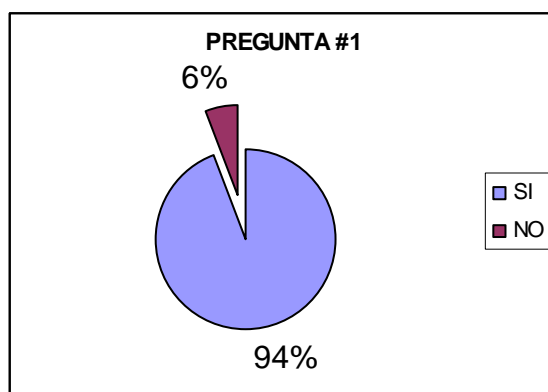
¿Cree Usted que con la implementación de un Banco de Pruebas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores ayudará a mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes en la operación de los motores?

Tabla 1: Tabulación pregunta 1.

VALORACIÓN	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	97	94.17%
NO	6	5.83%
<b>TOTAL</b>	103	100,00%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 1. Pregunta 1

### Análisis e interpretación

Con relación a la pregunta se desprende que 97 personas que corresponden al 94.17% dicen que SI, mientras que apenas 6 personas que corresponden al 5.83% dicen que NO.

De los datos registrados se deduce que un número considerable de personas se encuentran de acuerdo con la implementación de un Banco de Pruebas en los Laboratorios de la Carrera de Mecánica, el mismo que ayudará a mejorar el nivel técnico práctico de los estudiantes en la operación de los motores.

**Nota:** A partir de la siguiente pregunta serán tomadas en cuenta 97 encuestas como el 100%, ya que 6 fueron eliminadas por la pregunta 1.

## PREGUNTA # 2

¿Cuál de las siguientes opciones cree usted que el ITSA necesita para mejorar la enseñanza técnica-práctica de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica en el área de Motores?, Señale una de ellas.

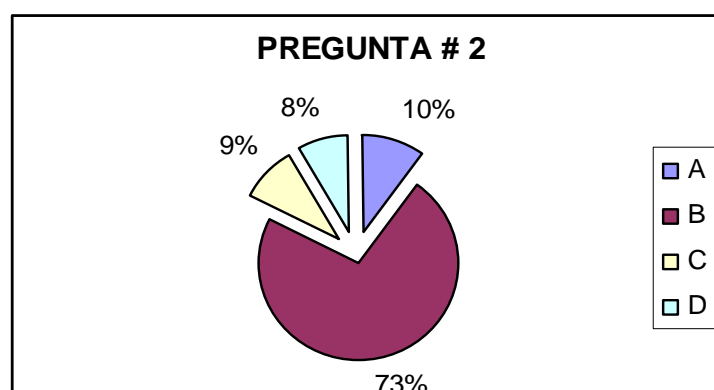
Tabla 2: Tabulación pregunta 2.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
A	10	10,30%
B	70	72,17%
C	9	9,28%
D	8	8,25%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

**Nota:** Siendo el literal d) como pregunta anulada por que tenía dos respuestas.



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 2. Pregunta 2.

## **Análisis e interpretación**

Del 100% de encuestados tenemos que el 73% opinaron que sí es necesario la construcción de un Banco de Pruebas para mejorar la enseñanza técnica-práctica de los estudiantes de la Carrera Mecánica Aeronáutica, el 10% optó por la construcción de la maqueta, el 9% opinó que es necesario un software ilustrativo y un 8 % de los encuestados indicaron dos respuestas, por lo que la pregunta quedó anulada.

### **PREGUNTA # 3**

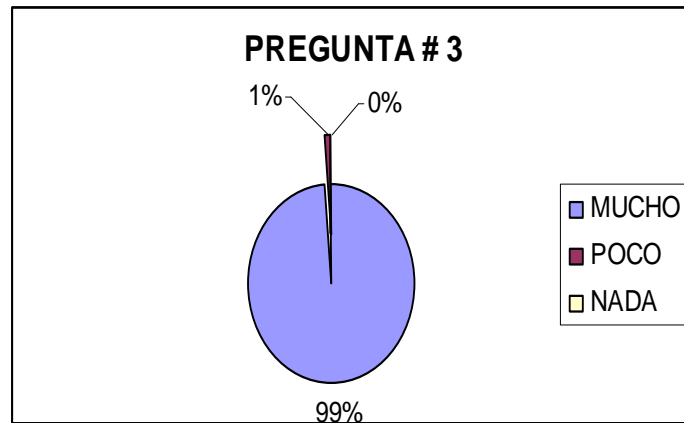
¿En qué medida cree Usted que ayudará el mejoramiento de los laboratorios en su nivel técnico-práctico?

Tabla 3: Tabulación pregunta 3.

<b>VALORACION</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
MUCHO	96	98,96%
POCO	1	1,04%
NADA	0	0,00%
<b>TOTAL</b>	97	100%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 3. Pregunta 3.

### **Análisis e interpretación**

Del 100% de encuestados tenemos como resultado que el 99% piensa que el mejoramiento de los laboratorios ayudará mucho al buen desempeño y nivel técnico-práctico de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica.

Apenas el 1% de los encuestados dice que el mejoramiento de los laboratorios del Instituto ayudará poco en el nivel técnico-práctico de los estudiantes.

### **PREGUNTA # 4**

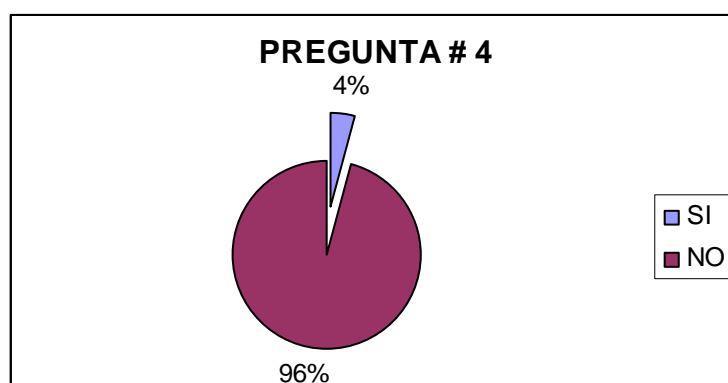
¿Está Usted conforme con los laboratorios actuales que posee el Instituto?

Tabla 4: Tabulación pregunta 4.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	4	4,12%
NO	93	95,88%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 4. Pregunta 4.

### Análisis e interpretación

Del 100% de estudiantes encuestados tenemos que el 4% sí se encuentran conformes con los laboratorios que posee el Instituto en la actualidad, y el 96% de los encuestados no se encuentran en conformidad con los laboratorios actuales del Instituto, ya que la mayoría de estos manifiesta que no cuenta con el material adecuado para su formación como tecnólogos de la carrera de Mecánica Aeronáutica.



## PREGUNTA # 5

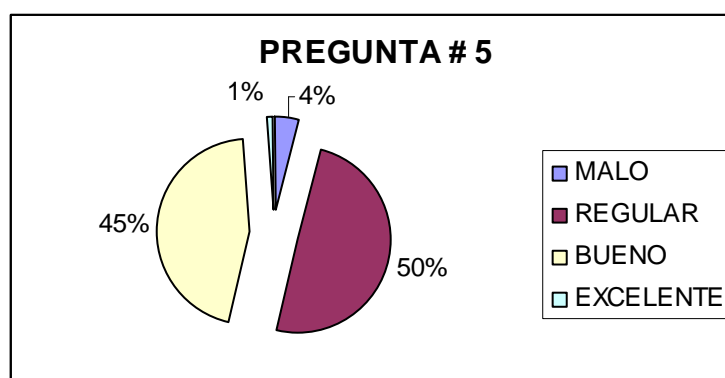
¿Cuál cree Usted que es el nivel técnico-práctico que los estudiantes tienen al egresar del Instituto?

Tabla 5: Tabulación pregunta 5.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MALO	4	4,12%
REGULAR	48	49,48%
BUENO	44	45,36%
EXCELENTE	1	1,04%
TOTAL	97	100%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 5. Pregunta 5.

### **Análisis e interpretación**

Con relación a la pregunta se desprende los siguientes resultados; del 100% de los estudiantes encuestados tenemos que el 4% dice que el nivel técnico-práctico de los estudiantes al egresar del Instituto es malo, el 50% dice que el nivel de los estudiantes al egresar del Instituto es regular, el 45% expresa que el nivel de los egresados es bueno y apenas el 1% de los encuestados dice que el nivel de los egresados del Instituto es excelente.

### **PREGUNTA # 6**

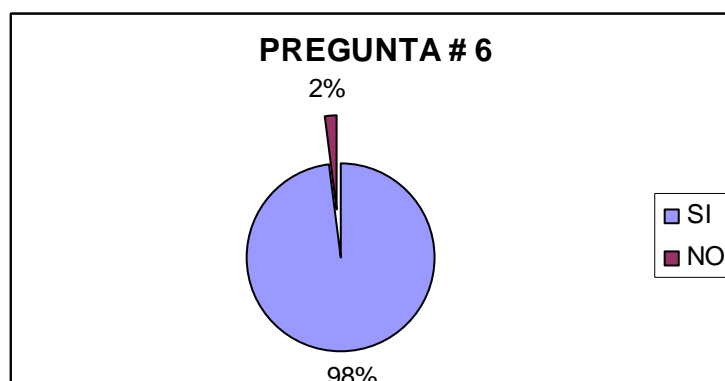
¿Está Usted de acuerdo con la idea de tener Bancos de Pruebas en los que pueda realizar actividades como corrida de motores?

Tabla 6: Tabulación pregunta 6.

<b>VALORACION</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
SI	95	97,93%
NO	2	2,07%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Alumnos de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 6. Pregunta 6.

## **Análisis e interpretación**

Del total de los estudiantes encuestados tenemos como resultado que el 98% de los estudiantes se encuentran de acuerdo con la pregunta; es decir, están de parte de la idea de tener Bancos de Prueba en los que puedan realizar diferentes actividades como corrida de motores y el 2% de los encuestados no se encuentran de acuerdo con la idea de tener Bancos de Prueba en los laboratorios que les permita realizar diferentes actividades en las que pueden ganar experiencia práctica.

### **PREGUNTA # 7**

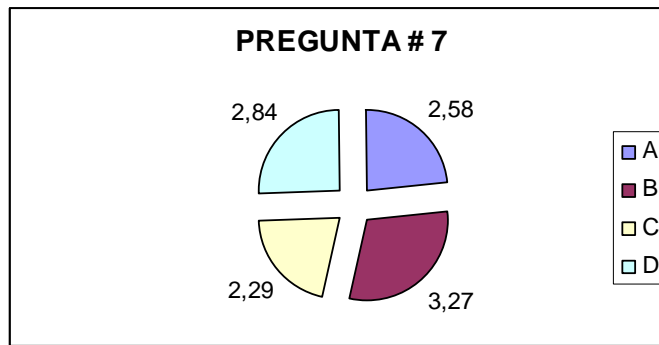
De acuerdo a su criterio ponga el grado de importancia siendo 4 el número de mayor importancia y el 1 el número de menor importancia, los implementos que deberían existir en el laboratorio de mecánica.

Tabla 7. Tabulación pregunta 7.

<b>VALORACION</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>TOTAL</b>	<b>PROMEDIO</b>
A	91	250	2,58
B	91	318	3,27
C	91	222	2,29
D	91	275	2,84
MAL	6		

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 7. Pregunta 7.

### Análisis e interpretación

De acuerdo al criterio de los estudiantes encuestados y después de realizar un promedio de las valoraciones de cada una de las opciones, además de haber excluido las respuestas equivocadas, se obtuvo los siguientes grados de importancia: para las Hélices una importancia de 2.58; Bancos de Motores Recíprocos con Hélices un valor de 3.27; para las Cajas de reducción un valor de 2.29 y los Bancos de motores recíprocos un valor de 2.84, recordando que el número 4 es de mayor importancia y 1 de menor importancia.

### PREGUNTA # 8

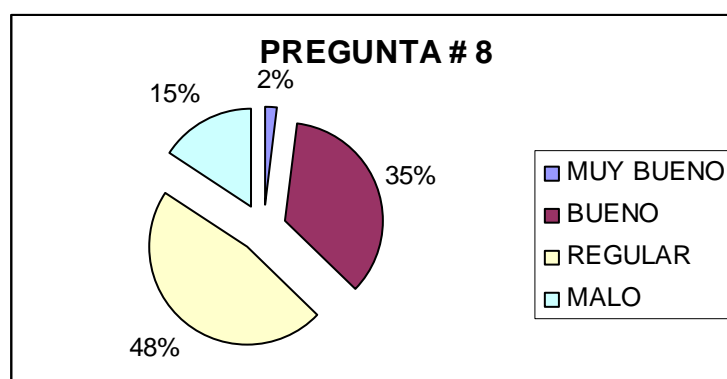
¿Cómo califica el nivel de enseñanza que posee el Instituto en la actualidad en la práctica de un Motor Recíproco con Hélice?

Tabla 8: Tabulación pregunta 8.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MUY BUENO	2	2,06%
BUENO	34	35,05%
REGULAR	46	47,42%
MALO	15	15,47%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 8. Pregunta 8.

### Análisis e interpretación

Del 100% de estudiantes encuestados tenemos que el 2% califica de manera Muy Buena el nivel de enseñanza del Instituto en la práctica de un motor recíproco con hélice, el 15% califica como Malo el nivel de enseñanza, el 35% opina que el nivel de enseñanza actual del Instituto es bueno, pero el 48% de los encuestados que representan la mayoría califica que el nivel de enseñanza del Instituto de la carrera de Mecánica Aeronáutica en la práctica de un motor recíproco con hélice es regular.

## PREGUNTA # 9

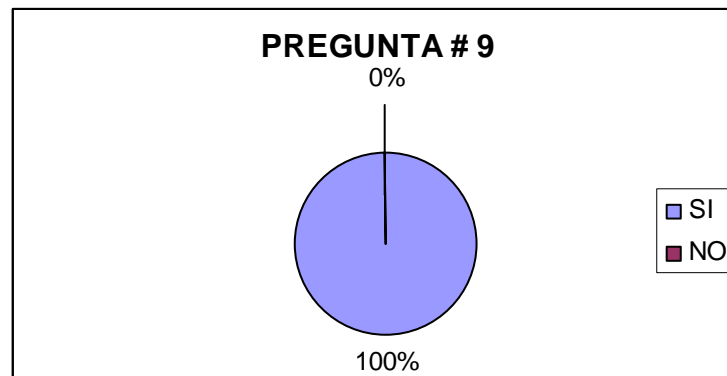
¿Cree Usted que las autoridades del Instituto deberían dar importancia a las necesidades que existen en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?

Tabla 9: Tabulación Pregunta 9

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	97	100%
NO	0	0%
<b>TOTAL</b>	97	100%

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 9

### Análisis e interpretación

Con relación a la pregunta se desprende que 97 estudiantes que corresponde al 100,00% dicen que SI mientras que ningún alumno que corresponden al 0% dicen que NO.

De los datos registrados se deduce que la totalidad de los estudiantes están conformes con que las autoridades deberían dar mucha importancia a las necesidades que existen en los laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención motores.

### PREGUNTA # 10

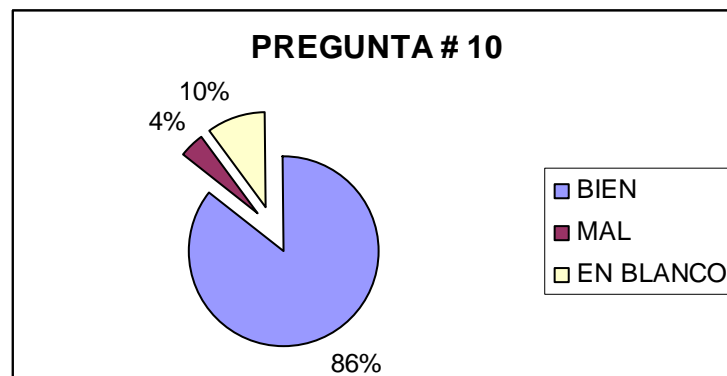
¿Cuáles son los ciclos o fases de funcionamiento de un motor recíproco?

Tabla 10: Tabulación pregunta 10.

VALORACION	FRECUENCIA	PORCENTAJE
BIEN	83	85,56%
MAL	4	4,12%
EN BLANCO	10	10,32%
<b>TOTAL</b>	<b>97</b>	<b>100%</b>

Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador



Fuente: Estudiantes de tercero, cuarto, quinto y sexto nivel de la carrera de Mecánica Aeronáutica

Elaborado por: Grupo investigador

GRAFICO 10. Pregunta 10.

## **Análisis e interpretación**

Del 100% de estudiantes encuestados tenemos que el 4% responde de manera errónea la pregunta, hay que aclarar que en este resultado se tomaron en cuenta las preguntas que estaba incompletas, el 10% de los estudiantes encuestados dejó la pregunta en blanco y el 86% de los estudiantes encuestados, que en este caso representan la mayoría, respondieron de forma correcta.

## **Análisis de las encuestas**

De acuerdo a los resultados que arrojó la encuesta y a un análisis detallado de cada pregunta, el grupo investigador se pudo dar cuenta de las diferentes necesidades que presentan los estudiantes de la carrera de Mecánica mención Motores, de este modo la encuesta fue un punto muy favorable ya que le permite al grupo investigador analizar la solución más factible para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la carrera.

Esta encuesta se realizó de una manera ordenad dividiéndola según los diferentes niveles y paralelos; sin embargo, se presentaron pequeños problemas en los que se pudo ver en un número muy reducido, la inmadurez de algunos estudiantes del grupo de muestreo, que se limitaron a no contestar la encuesta, así como también de llenar de manera errónea algunas de las preguntas de la encuesta aplicada.

## **4.7 Conclusiones y recomendaciones**

### **Conclusiones**

Después de haber concluido con el proceso de investigación realizado al laboratorio de la carrera de Mecánica – Motores, se puede concluir lo siguiente:



- Los laboratorios poseen falencias tanto en el área administrativa como en las unidades didácticas que éste posee. Debido al mal empleo y descuido de los estudiantes, como de la irresponsabilidad de quien está a cargo de la herramienta y el control de los motores.
- No se han implementado manuales de operación para los equipos, herramientas y motores del laboratorio de mecánica. Los mismos que no favorecen a la capacitación técnica de los estudiantes.
- El laboratorio no posee elementos actualizados de acuerdo con el conocimiento teórico que es impartido a los estudiantes en las aulas.
- No existen unidades didácticas en donde se pueda realizar demostraciones funcionales de los diferentes sistemas que poseen los motores recíprocos y reacción.
- El desconocimiento por parte de los estudiantes en lo que respecta al reconocimiento y ubicación real de los elementos, equipos y sistemas del motor.

### **Recomendaciones**

El grupo investigador recomienda al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico Carrera Mecánica Motores, lo siguiente:

- Debe realizarse un inventario de la herramienta y de cada uno de los componentes que poseen los motores que actualmente pernotan en el Laboratorio de Mecánica - Motores y establecer un control más estricto en cuanto al préstamo y manipulación de herramienta y los motores.

- Es conveniente la elaboración de manuales de operación de herramienta, equipos y motores que apoyen con el desenvolvimiento técnico que los estudiantes realizan en el uso de los mismos.
- Se recomienda la adquisición de motores de tercera y cuarta generación como el motor JT8D del avión Boeing 727 que tengan sistemas y equipos acordes con lo impartido en el aula.
- Es de gran importancia la implementación de un banco de prueba de un motor recíproco donde se pueda realizar operaciones y mantenimiento, procesos que van acorde con la capacitación técnica de los estudiantes.
- Se sugiere la construcción de maquetas de los diferentes sistemas del motor, diagramas de ubicación de los distintos elementos, componentes y motores en corte, para el análisis real de cada una de ellas.
- Incentivar a los estudiantes de la carrera de Mecánica - Motores al desarrollo y construcción de Bancos de Prueba que contribuyan con el aprendizaje técnico-práctico en el área de motores.

## **MARCO ADMINISTRATIVO**

### **5.1 Factibilidad**

#### **5.1.1 Técnica**

Este proyecto es técnicamente factible ya que se podrá aplicar los conocimientos aprendidos durante todo el proceso de formación académica en el ITSA.

El diseño y la construcción del soporte para la hélice que se implementará al motor recíproco tendrán operaciones y diagramas relacionados con la resistencia de los materiales para determinar el material que será utilizado en la construcción.

En lo relacionado a la herramienta y maquinaria que se utilizará se cuenta con un taller que está provisto de un torno para dicha construcción.

### **5.1.2 Operacional**

Este proyecto facilitará la comprensión y aprendizaje práctico de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica del ITSA, ya que se tendrá un conocimiento real y palpable de lo aprendido dentro de las aulas, en el taller del Instituto.

La construcción y diseño del soporte de la hélice ayudará con la simulación del trabajo realizado de los motores recíprocos de aviación acoplados con la hélice.

### **5.1.3 Económico**

Este proyecto es económicamente factible debido a que en la adquisición del motor Volkswagen 1600 c.c. se la realizarán por medio de los cuatro estudiantes que conforman dicho proyecto.

En cuanto se refiere al conjunto de la hélice se gestionará con la empresa AIFA para la donación de mencionado conjunto, o, a su vez se diseñará tomando como referencia el conjunto de la hélice de la avioneta Cessna 182.

## **5.2 Recursos**

### **5.2.1 Humano**

**Tutor:**

Tecnólogo Andrés Paredes M.

**Investigador:**

Diseño y construcción del soporte y acople de la hélice al motor recíproco

Andrés Álvarez

**5.2.2 Técnico**

Se utilizará material como:

- Calibrador pie de rey.
- Flexometro.
- Programa de diseño Autocad.
- Internet
- Manuales de procedimientos.
- Torno.
- Computador.

**5.2.3 Material**

- Motor recíproco de 4 cilindros.
- Conjunto de la hélice.
- Tubos de acero.
- Láminas de aluminio.

- Mangueras de presión.
- Pernos.
- Remaches
- Acrílico.
- Pintura

#### 5.2.4 Económico

##### Sistema de la Hélice

Componente	Cantidad	P. Unitario	Precio
Motor 4 cilindros	1	200	<b>200</b>
Placa de acero de ½ pulgada	1	50	<b>50</b>
Hélice	1	500	<b>500</b>
Eje	1	80	<b>80</b>
Cubierta	1	15	<b>15</b>
Varios		80	<b>80</b>
			<b>925</b>

#### 5.3 Denuncia del Tema

Construcción del soporte y acople del conjunto de la hélice para el banco de prueba de un motor recíproco del avión Volksplane para el ITSA.

## **PROPUESTA**

El diseño, construcción del soporte y acople del conjunto de la hélice al motor recíproco Volkswagen 1600 c.c., los cuales sirvan de base para perfeccionar el entendimiento teórico en dicho banco de prueba.

Además este proyecto será como base para futuras propuestas en las cuales se desee profundizar de una manera práctica los diferentes sistemas que permiten el funcionamiento del avión.

### Cronograma de Actividades

	Actividades	Oct				Nov				Dic				Ene				Feb				Mar			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración Cap. I y II	X																							
2	Recolección de Datos		X																						
3	Elaboración Cap. III y IV		X	X																					
4	Análisis y Corrección			X	X																				
5	Entrega del Anteproyecto					X																			
6	Preliminares								X	X															
7	Diseño								X	X															
8	Adquisición de Materiales								X	X	X														
9	Elaboración Cap. I													X	X										
10	Presentación Cap. I															X	X								
11	Construcción soporte d la hélice												X	X											
12	Implementación de la hélice													X	X	X									
13	Elaboración Cap. II															X	X								
14	Presentación Cap. II																X	X							
15	Elaboración Cap. III y IV																X	X	X						
16	Presentación III y IV																X	X							
17	Pruebas y Análisis de Resultados																X	X							
18	Presentación de Documento Final																				X	X			
19	Presentación de Trabajo de Graduación																							X	

## GLOSARIO

**Unidades didácticas:** Es el conjunto sistemático, técnico y evaluable de temas y subtemas de una parte del conocimiento del plan de materia, orientados a complementar el perfil profesional de técnico aeronáutico. (Según RDAC 142.3 Definiciones).

## BIBLIOGRAFIA

- Dr. CARLOS VILLALBA AVILEZ, Metodología de la Investigación Científica, 2da Edición, Sur Editores
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>
- <http://www.itsafae.edu.ec/mecanica.html>.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_combustion\\_interna\\_alternativa](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combustion_interna_alternativa)



## ANEXOS

### Anexo 1



## INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

### Objetivo:

Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los Laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.

### Instrucción

Lea detenidamente y responda según su criterio marcando con una x. Los resultados de esta investigación servirán para proponer sugerencia respecto de la enseñanza técnica a los estudiantes de mecánica motores del ITSA.

### CUESTIONARIO

1. ¿Cree Usted que con la implementación de un Banco de Pruebas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores ayudará a mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de los motores?

SI

NO

Si su respuesta fue afirmativa Usted puede continuar con las siguientes preguntas.

2. ¿Cuál de las siguientes opciones cree Usted que el ITSA necesita para mejorar la enseñanza técnica-práctica de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica en el área de motores?, Señale una de ellas.

a) La construcción de una maqueta didáctica

- b) La construcción de un Banco de Pruebas
- c) Elaboración de un software ilustrativo

3. ¿En qué medida cree Usted que ayudará el mejoramiento de los laboratorios en su nivel técnico-práctico?

Mucho  Poco  Nada

4. ¿Está Usted conforme con los laboratorios actuales que posee el Instituto?

Si  No

Por

qué? \_\_\_\_\_

5. ¿Cuál cree Usted que es el nivel técnico-práctico que los estudiantes tienen al egresar del Instituto?

Malo  Regular  Bueno  Excelente

6. ¿Está Usted de acuerdo con la idea de tener Bancos de Pruebas en los que pueda realizar actividades como corrida de motores?

Si  No

7. De acuerdo a su criterio ponga el grado de importancia siendo 4 el número de mayor importancia y el 1 el número de menor importancia, los implementos que debería existir en el laboratorio de mecánica.

- a) Hélices
- b) Bancos de Motores Recíprocos con Hélices
- c) Cajas de Reducción
- d) Bancos de Motores Recíprocos

8. ¿Cómo califica el nivel de enseñanza que posee el Instituto en la actualidad en la práctica de un Motor Recíproco con Hélice?

Muy Bueno  Bueno  Regular  Malo

9. ¿Cree Usted que las autoridades del Instituto deberían dar importancia a las necesidades que existen en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?

Si

No

10. ¿Cuáles son los ciclos del funcionamiento del motor recíproco?

---

---

---

---

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

## Anexo B



### INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

#### **Objetivo:**

Determinar las posibles soluciones para mejorar el nivel técnico-práctico de los estudiantes en la operación de motores dentro de los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores.

#### **CUESTIONARIO**

1. Según su experiencia ¿Cuál cree Usted que sea la importancia del Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores dentro de la capacitación técnica de los estudiantes del ITSA?
2. Conoce Usted ¿Cuáles son las unidades didácticas que posee los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores?
3. ¿Qué tareas prácticas cree Usted que se pueden desarrollar con las unidades didácticas que actualmente posee el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?
4. Según las respuestas antes mencionadas ¿Cuáles cree usted que sean las necesidades más indispensables en los laboratorios y talleres de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA?
5. ¿De qué manera influye la falta de unidades didácticas en los Laboratorios de Mecánica Aeronáutica mención Motores del ITSA para la capacitación técnica de los estudiantes?

6. Cree Usted que la implementación de unidades didácticas ayudarán al desarrollo profesional de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores

## ANEXO C









## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: Elio Andrés Álvarez Castillo

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 3 de Junio de 1986

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 171709694-3

TELÉFONOS: 022423112 / 084698791

CORREO ELECTRÓNICO: andresiguaralvarez@yahoo.es

DIRECCIÓN: Carapungo 3ra etapa C-2-S-1`



### ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA** : Escuela Quintiliano Sánchez

**SECUNDARIA** : Colegio Particular Colon

**SUPERIOR** : Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico

### TÍTULOS OBTENIDOS

Bachiller en ciencias especialidad: "Físico-Matemático"

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

Prácticas profesionales en área de mantenimiento de línea de vuelo SANKIP.

Prácticas profesionales en área de mantenimiento de línea de vuelo ALA No. 11

Prácticas profesionales en área de mantenimiento de línea de vuelo SAEREO

### CURSOS Y SEMINARIOS

**ITSA.** : Suficiencia en el idioma ingles.

### EXPERIENCIA LABORAL

Prácticas profesionales en área de mantenimiento de línea de vuelo LAN

Ecuador.

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

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

---

**ALVAREZ CASTILLO ELIO ANDRES**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECANICA  
MENCIÓN MOTORES**

---

**ING. GUILLERMO TRUJILLO**

---

Latacunga, 25 de Febrero del 2011

## CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, ALVAREZ CASTILLO ELIO ANDRES, Egresado de la carrera de MECANICA AERONAUTICA Mención MOTORES, en el año 2011, con Cédula de Ciudadanía N° 171709694-3, autor del Trabajo de Graduación **CONSTRUCCIÓN DEL SOPORTE Y ACOPLA DEL CONJUNTO DE LA HÉLICE PARA EL BANCO DE PRUEBA DE UN MOTOR RECIPROCO DEL AVION VOLKSPLANE PARA EL ITSA**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

ALVAREZ CASTILLO ELIO ANDRES

---

Latacunga, 25 de Febrero del 2011

