

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO.**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA.**

**CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA  
EVALUAR ÁNGULOS DE LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTHER**

**POR:**

**MORA ANDRADE EDGAR ALEJANDRO**

**Proyecto de Grado como requisito para la obtención del Título**

**de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.**

**2004**

## **CERTIFICACIÓN.**

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Mora Andrade Edgar Alejandro como requerimiento parcial a la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

---

Ing. Guillermo Trujillo J.

Director del Proyecto de Grado.

Latacunga, 20 de Agosto del 2004

## **DEDICATORIA**

A Dios que ha sido mi compañero en mi destino y mi futuro; a mis padres, pilares fundamentales de mi vida; a mi hermana que aún en la distancia supo apoyarme. A mis tíos Gonzalo y Zoili. A mis primos Paúl y Maria José que son como mis hermanos, a la personita que cambio mi vida con sus consejos y me ayudaron en los momentos difíciles para poder culminar este sueño, dedico a mi amigo Guillermo y su familia que fueron parte de este sueño. A la vida que es grande y me ha dado una alegría más para compartir a todos.

**Edgar Alejandro Mora Andrade.**

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo dar mis más sinceros agradecimientos a Dios, a mis Padres, a mi hermana, porque supieron apoyarme en las buenas y en las malas sin escatimar esfuerzos y quienes me guiaron para hacer de mí un hombre de bien. También al I.T.S.A., a mis profesores y mi Director de Proyecto el Sr. Ing. Trujillo Guillermo por haberme dotado de sus conocimientos y las herramientas necesarias para la terminación de este proyecto de Grado.

**Edgar Alejandro Mora Andrade.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen.....	1
Introducción.....	2
Definición del Problema.....	2
Objetivos.....	2
Justificación y Alcance.....	3

## MARCO TEÓRICO

### CAPÍTULO I.

1.1 Principios de una hélice .....	4
1.1.1 Fuerza aerodinámica.....	4
1.1.2 Fundamentos de una hélice .....	6
1.1.2.1 Hélice de paso fijo.....	7
1.1.2.2 Hélices de paso ajustable en tierra.....	9
1.1.2.3 Hélices de paso variable.....	9
1.1.2.3.1 Hélices de velocidad constante .....	11
1.1.2.3.2 Hélice controlada a mano.....	11
1.1.3 Partes de la hélice.....	13
1.1.4 Términos relacionados con la hélice.....	15
1.1.5 Funcionamiento de la hélice.....	16
1.1.6 Hélice Hartzell.....	19
1.1.7 Conclusiones del subcapítulo.....	21
1.2 Daños más comunes producidos la hélices .....	22
1.2.1 Esfuerzos de una hélice.....	23

1.3 Requerimientos básicos de inspección para las hélices.....	24
1.3.1 Inspección diaria.....	24
1.3.2 Inspección periódica.....	25
1.4 Tipos de banco de prueba para calibrar hélices .....	25
1.4.1 Banco de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo.....	25
1.4.2 Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices.....	26
1.4.3 Banco de pruebas para inspeccionar el control de ángulos de hélice y fugas.....	27

## **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

### **CAPÍTULO II**

2.1 Identificación de Alternativas.....	28
2.2 Estudio Técnico.....	28
2.2.1 Primera Alternativa.....	28
2.2.2 Segunda Alternativa.....	30
2.3 Estudio de Factibilidad.....	31
2.3.1 Primera Alternativa.....	31
2.3.2 Segunda Alternativa.....	32
2.4 Parámetros de Evaluación.....	33
2.5 Selección de la Mejor Alternativa.....	37
2.6 Determinación de Requerimientos Técnicos.....	37

## **CONSTRUCCIÓN**

### **CAPÍTULO III**

3.1 Partes del banco de prueba.....	39
3.2 Diagramas de proceso.....	45
3.3 Diagrama de ensamblaje.....	46
3.4 Pruebas de funcionamiento.....	47
3.5 Procedimientos de operación.....	48

## **ELABORACIÓN DE MANUALES**

### **CAPÍTULO IV**

4.1 Descripción de Manuales.....	53
4.2 Tipos de Manuales.....	53
4.3 Manual de Operación.....	54
4.4 Manual de Mantenimiento.....	56
4.4 Pruebas de Funcionamiento.....	57
4.5 Formatos de registro .....	58

## **ESTUDIO ECONÓMICO**

### **CAPÍTULO V**

5.1 Presupuesto.....	62
5.2 Análisis Económico.....	62

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CAPÍTULO VI

6.1 Conclusiones.....66

6.2 Recomendaciones.....66

## BIBLIOGRAFÍA

## GLOSARIO

## PLANOS: PLANO GENERAL

## ANEXOS



## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1 Fuerzas que actúan en un perfil aerodinámico.....	4
Figura 1.2 Fuerzas que actúan en un aeroplano.....	6
Figura 1.3 Acoplamientos de hélice de paso fijo .....	9
Figura 1.4 Hélice de paso variable.....	10
Figura 1.5 Hélice .....	13
Figura 1.6 Forma aerodinámica de una pala .....	14
Figura 1.7 Paso efectivo y paso geométrico.....	15
Figura 1.8 Ángulos de la hélice .....	17
Figura 1.9 Perfiles y ángulos de incidencia.....	17
Figura 1.10 Banco de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo.....	25
Figura 1.11 Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices...26	
Figura 1.12 Banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER y fugas.....	27
Figura 2.1 Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices ...29	
Figura 2.2 Banco de pruebas para inspeccionar ángulos de la hélice y fugas.....	30
Figura 3.1 Esquema general del banco de prueba.....	38
Figura 3.2 Estructura del banco.....	39
Figura 3.3. Depósito Hidráulico .....	40
Figura 3.4 Bomba manual .....	41
Figura 3.5 Filtro .....	41
Figura 3.6. Manómetro .....	42
Figura 3.7. Llaves de paso .....	42

Figura 3.8 Eje del banco .....	43
Figura 3.9 Diagrama Hidráulico .....	43
Figura 3.10 Herramientas utilizadas en el montaje de la hélice en el banco....	44
Figura 3.11 Banco para evaluar los ángulos de la hélice HARTZELL.....	47
Figura 3.12 Procedimiento a de operación del banco .....	48
Figura 3.13 Hélice en posición de bandera.....	49
Figura 3.14 Hélice en ángulo de 27° o paso fino .....	50
Figura 3.15.a Hélice en ángulo de 17 ° o paso alto.....	50
Figura 3.15.b Hélice en ángulo de 17° o paso alto.....	51
Figura 3.16.a Hélice en ángulo de -15° o paso de reversa.....	51
Figura 3.16.b Hélice en ángulo de -15° o paso de reversa.....	52

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 2.1: Matriz de Evaluación.....	36
Tabla 2.2: Matriz de Decisión.....	37
Tabla 3.1: Diagrama de proceso de la estructura del banco de pruebas... ..	45
Tabla 4.1: Tabla de procedimiento y código.....	53
Tabla 5.1: Lista de materiales.....	63
Tabla 5.2: Mano de obra.....	64
Tabla 5.3: Costo de otros gastos.....	64
Tabla 5.4: Costo total del proyecto.....	64

## **LISTADO DE ANEXOS**

ANEXO A: CERTIFICACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR LOS ANGULOS DE UNA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTHER OTORGADO POR EL COTRAN.

ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA HÉLICE HARTZELL DEL AVIÓN TWIN OTHER.

## RESUMEN

Este Proyecto de Grado surge, de la necesidad de construir un banco de pruebas para determinar el funcionamiento de las hélices, en vista de que los alumnos del ITSA tenían como deficiencia la experimentación práctica en el mantenimiento y calibración de estos elementos, los mismos que son principales en ciertos tipos de aeronaves.

Luego de hacer un análisis de posibles alternativas de construcción, se decidió construir un banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER (Hélice HARTZELL) cuyo funcionamiento es hidráulico y además nos permitirá apreciar si el conjunto de mecanismos que conforma una hélice también tiene fugas.

Construida la máquina, se le sometió a pruebas de funcionamiento a lo cual la misma se desempeñó satisfactoriamente.

Posteriormente se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento con los estándares de seguridad y eficiencia que se debe tener cuando se trabaja en el campo de la aviación.

Este documento junto con el banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice proporcionará a los señores instructores académicos y a los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, plasmar sus conocimientos teóricos que los instructores académicos impartan en clases, y luego llevarlos a la práctica .

# INTRODUCCIÓN

## **Planteamiento del Problema:**

En la Carrera de Mecánica Aeronáutica, dentro de su macrocurrículo, cuenta con la materia de Hélices, pero los estudiantes del Instituto han visto un obstáculo muy grande en el proceso de aprendizaje ya que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico no dispone de maquinaria y laboratorio para determinar los daños más comunes y el proceso de reparación y mantenimiento que se debe realizar a las hélices que utilizan los aviones pequeños que funcionan bajo esta modalidad. Bajo estas circunstancias se cree necesario construir un banco de pruebas para hélices el mismo que servirá para evaluar los límites tolerables que deberán tener los ángulos de una hélice.

## **Objetivos:**

### **Objetivo General.**

- Construir un banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice de un avión TWIN OTHER.

### **Objetivos Específicos.**

- Realizar el estudio de las características técnicas de la hélice del avión TWIN OTHER.
- Realizar un estudio del tipo de calibración que se realiza a la hélice.
- Plantear y analizar posibles alternativas de construcción.
- Determinar la utilización de materiales.
- Realizar un estudio y diseño de partes.

- Construir un banco de pruebas.
- Realizar pruebas de funcionamiento de una hélice de un avión TWIN.

### **Justificación.**

La construcción de un banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER, ayudará a los alumnos de las promociones venideras entiendan en forma práctica los conocimientos impartidos en las aulas.

### **Alcance.**

Este proyecto de grado es destinado para brindar en forma técnica, práctica e ilustrativa la formación impartida en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico principalmente en la asignatura de Hélices.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES.

### 1.1 PRINCIPIOS DE UNA HÉLICE

#### 1.1.1. Fuerza Aerodinámica

Una fuerza aerodinámica es generada cuando una corriente de aire fluye sobre y por debajo de un perfil. El punto donde esta corriente se divide se lo denomina "punto de impacto". Ahora bien, ¿A qué se denomina fuerza aerodinámica?. **Fuerza aerodinámica** es la resultante de dos fuerzas que desempeñan un papel importantísimo, estas son, la sustentación y la resistencia al avance.

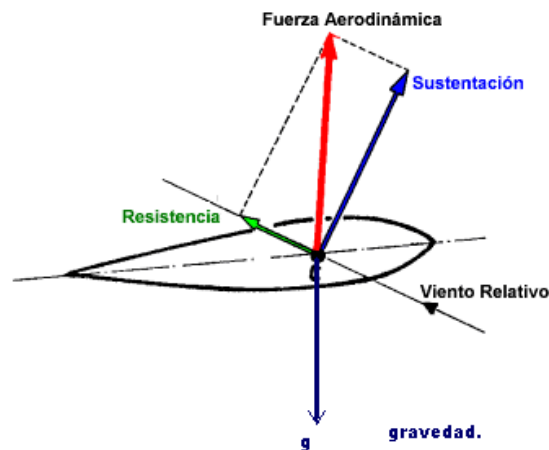


Figura 1.1. Fuerzas que actúan en un perfil aerodinámico

Una presión muy alta se genera en el punto de impacto. Normalmente el área de alta presión se localiza en la porción más baja del perfil, dependiendo del ángulo de ataque. Esta área de alta presión contribuye a las fuerzas producidas por la pala.

La forma del perfil genera baja presión sobre el mismo de acuerdo al Principio de Bernoulli. La diferencia de presión entre la parte superior del perfil (extrados) y la inferior (intrados) es bastante pequeña, alrededor del 1 %, pero aplicada a lo largo de la pala de un rotor es bastante significativa.

La  **fuerza total aerodinámica** , algunas veces llamada  **fuerza resultante** , como ya se enunció, puede ser dividida en dos componentes, que son la sustentación y la resistencia. La sustentación actúa en forma perpendicular al viento relativo. La resistencia es la fuerza que se opone al movimiento de un cuerpo (perfil) en el aire.

Al moverse el aeroplano dentro del aire, la resistencia que éste crea sobre él, y que por su componente vertical equilibra el peso, tiene siempre una cierta componente en dirección opuesta a aquella en que el aeroplano se mueve con relación al aire; es decir, que el viento relativo que al marchar recibe el aeroplano siempre tiene tendencia a arrastrarle con él, y para que esto no suceda es necesario dotar al aeroplano de una fuerza que le impulse en la dirección de su movimiento y que sea igual y contraria a la resistencia al avance que experimenta en el aire.

Esta fuerza,  **H** , de propulsión, que ha de ser igual a la resistencia al avance del aeroplano,  **R** , aplicada a un cuerpo que se mueve en su dirección con la velocidad  $v$ , representará una potencia útil  **$P_u = Hv$** , que habrá de proporcionar un motor instalado en el aeroplano.

Ocurre pensar si no se obtendría un ahorro de propulsión, y, por tanto, en potencia del motor, haciendo que la fuerza  **H** , en vez de actuar en la dirección del movimiento, estuviese algo inclinada hacia arriba, puesto que de este modo ayudaría a la sustentación del peso del aeroplano, y, efectivamente, para un cierto ángulo de elevación de la propulsión  **H**  con relación a la horizontal, que es igual al que forma la resistencia del aire,  **R** , con la vertical, se obtiene la mínima potencia necesaria en el motor.



El sistema motopropulsor necesario para suministrar la potencia útil representada por el vuelo del aeroplano y para obtener de esta potencia una fuerza que compense la resistencia al avance, constará, por tanto, de dos partes: el motor y el propulsor.

El motor ha de reunir las condiciones de tener la mayor potencia másica, o sea, la mayor potencia por unidad de peso, cantidad inversa a la de su peso por caballo; pequeño consumo por unidad de trabajo, que se mide en gramos por caballo hora, seguridad de funcionamiento; escaso volumen; y otras menos importantes.

La potencia desarrollada por el motor multiplicada por el tiempo que está en funcionamiento representa un trabajo, o sea, una cantidad de energía que hay que sacar de un depósito o acumulador de ella que se transporte en el aeroplano.

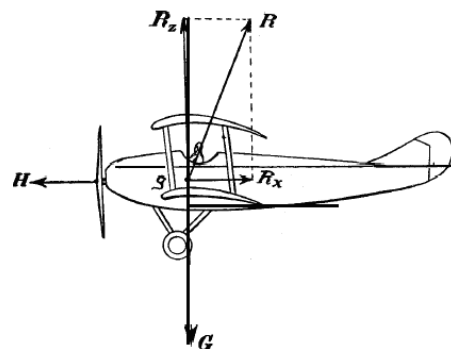


Figura 1.2. Fuerzas que actúan en un aeroplano

### 1.1.2. Fundamentos de Hélices

Una hélice es un modelo de atornillamiento en el aire al igual que un destornillador y el tornillo atraviesa la madera la hélice gira a través de un eje y permite que el avión se desplace hacia delante las fuerzas aerodinámicas es por la cual un avión puede sustentarse y por lo tanto moverse hacia delante por medio de la hélice la cual tiene los mismos fundamentos de un plano aerodinámico así se explicará lo que es la fuerza aerodinámica.

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).

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.

Aunque en principio las hélices se construyeron de madera, actualmente se fabrican con materiales más ligeros y resistentes. El empleo de hélices como elemento propulsor en aviación ha decaído por la progresiva utilización de la propulsión por turbinas de gas, cada vez más potentes, ligeras, y con consumos más ajustados. No obstante, aunque la propulsión por hélice es poco utilizada en aviación comercial, su uso está generalizado en aviones ligeros.

Las hélices se pueden clasificar por su paso o cambio de ángulo; las más comunes son:

- Hélice de paso fijo
- Hélice ajustable en tierra
- Hélice de paso variable

#### **1.1.2.1. Hélices de paso fijo**

Antiguamente los aviones tenían motores de bajo rendimiento y se diseñaron hélices sencillas cuyo ángulo de pala no podía ser modificado para una mayor eficiencia, era utilizado para todas las fases de vuelo despegue, ascenso, crucero y aterrizaje desde luego que lo apropiado era tener un ángulo de paso para cada una de estas fases los fabricantes al verse limitados decidieron

elaborar una hélice que con un ángulo de termino medio es decir que su eficiencia no se pierda en ninguna de las fases y su rendimiento sea normal.

Por lo general, los motores de pistón están conectados a una hélice de paso fijo o de velocidad constante. Las hélices de paso fijo están atornilladas directamente al cigüeñal del motor, por lo que siempre giran a la misma velocidad que éste. Una hélice de paso fijo es similar a una caja de cambios de una sola velocidad. Esta configuración compensa su falta de eficacia con una gran sencillez de funcionamiento.

Las hélices de velocidad constante tienen un regulador que ajusta el ángulo de las palas para mantener las RPM seleccionadas. Este tipo de hélice utiliza más eficazmente la potencia del motor. A bajas velocidades, cuando se requiere la máxima potencia (por ejemplo, durante el despegue), con el controlador de la hélice se seleccionan las RPM máximas o "máximo incremento" y las palas de la hélice chocan con el aire en un ángulo pequeño. Durante el vuelo a velocidad de crucero podrá ajustar las RPM a un nivel más bajo y las palas tomarán un mayor volumen de aire al girar a menor velocidad.

En este tipo de hélices, 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.

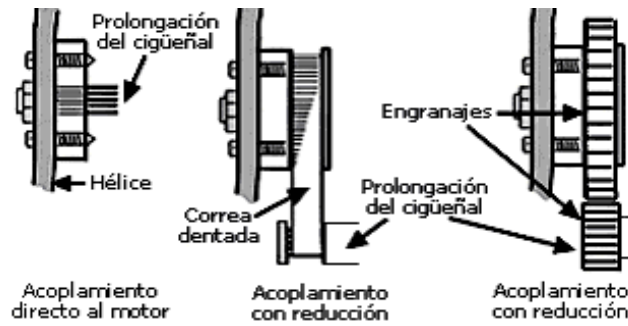


Figura 1.3. Acoplamientos de hélice de paso fijo

## Regulación de la potencia

Con una hélice de paso fijo, regular la potencia es sencillo. Las RPM y la potencia aumentarán al empujar el acelerador. Por el contrario, si tira de él, las RPM disminuirán. No obstante, observe que al aumentar la velocidad aerodinámica, también tienden a subir las RPM. Una hélice de velocidad constante complica ligeramente la regulación de la potencia. Las RPM se ajustan con el mando de la hélice. Al ajustar la potencia con una hélice de velocidad constante, recuerde estas reglas básicas para evitar la sobre fatiga del motor.

### 1.1.2.2. Hélices de paso ajustable en tierra

Estas hélices son similares que las hélices de paso fijo por que no pueden modificarse el ángulo en vuelo pero es mucho más adaptable ya que el personal calificado de mantenimiento puede hacer cualquier cambio o modificación del ángulo en tierra dentro de las especificaciones que da el fabricante.

### 1.1.2.3. Hélices de paso variable

Este tipo de hélices son las más utilizadas en aviones mucho mas grandes y potentes se los ha dividido en dos grupos: hélice controlada a mano y la hélice de velocidad constante como acotación diríamos que estos dos tipos de hélices tienen el control de cambio de ángulo en vuelo.

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.

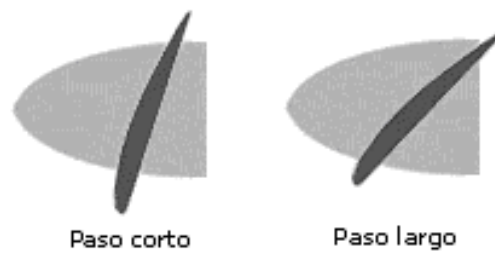


Figura 1.4. Hélice de paso variable

Para entender como funciona el paso variable, se parte 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 (1ª, 2ª) 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...).

#### **1.1.2.3.1. Hélice de Velocidad constante**

Es una hélice de paso variable, cuyo paso se regula de forma automática, manteniendo fija la velocidad de giro de la hélice, con independencia de los cambios de potencia en el motor. Estas hélices tienen un regulador que ajusta el paso de las palas para mantener las revoluciones seleccionadas por el piloto, utilizando más eficazmente la potencia del motor para cualquier régimen de vuelo.

#### **1.1.2.3.2. Hélice controlada a mano**

En este caso el piloto controla el cambio de ángulo en cada una de las fases de vuelo es decir para el despegue al colocar en posición la válvula o el interruptor que actúa el mecanismo cambio de paso y escoge un ángulo de paso bajo este ángulo da alto rendimiento de potencia del motor y RPM para la aceleración rápida tan pronto se eleva cambia las palas a un paso de ángulo

mayor para el ascenso y cuando alcanza la altura de crucero voltea la palas a un ángulo todavía mayor.

Como desventaja se diría que el piloto tiene que estar pendiente del ángulo para evitar la excesiva sobrecarga o exceso de velocidad del motor.

La hélice controlada manualmente puede ser modificada a una hélice de velocidad constante implementando un gobernador en el lugar de la válvula o interruptor es la única diferencia que puede existir entre estas dos clases de hélices las hélices de paso variable se sub-clasifican con la operación de algunos dispositivos de cambio de paso y pueden ser hidráulicos, eléctricos o mecánicos para el cambio de paso hidráulico se necesita una presión de un fluido en este caso es utilizado el aceite, para la operación eléctrica se necesita de un motor, y para la operación mecánica se necesita una fuente de energía mecánica.

### **Puesta en bandera**

La mayoría de aviones bimotores y multimotores tienen el sistema de puesta en paso de bandera que permite detener la combinación de la hélice y el motor durante el vuelo es una norma de seguridad en el vuelo y es utilizada por lo general cuando existen problemas en la hélice o el motor durante el vuelo

Una hélice puesta en paso de bandera se voltea en relación al viento en una posición aerodinámica en esta posición no ofrece una resistencia al avance del avión desde luego los aviones monomotores no poseen este sistema ya que si se detiene el motor no pueden seguir en vuelo.

Algunos aviones permiten que se coloquen las palas en un ángulo plano o neutral esta acción permite que el avión tenga un frenado o empuje del avión hacia atrás y se lo conoce como frenado aerodinámico esto permite que aviones de gran tamaño puedan aterrizar en pistas cortas al igual que economiza el desgaste de los frenos de las ruedas.

### 1.1.3. Partes de la hélice

La hélice esta compuesta de dos partes importantes: el cubo y las palas las mismas que están sujetas dentro del cubo. El eje no conforma parte de la hélice este es parte del motor. Además las hélices están compuestas por el barril y el gobernador.

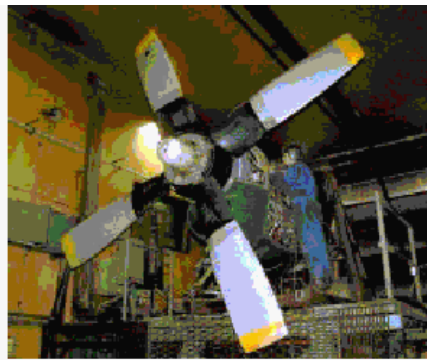


Figura 1.5. Hélice

#### Palas

Generalmente se le nombra a toda la hélice como pala pero su nombre específico es aspa. El aspa es una superficie aerodinámica que proporciona la fuerza de avance esta fuerza es llamada empuje por el movimiento hacia delante.

El empuje es importante ya que es la fuerza inicial antes que se pueda sustentar el avión.

Las palas mas grandes son hechas de acero o de aluminio, de igual manera los materiales utilizados para aviones pequeños pueden ser de madera laminada o también de material fenólico. La forma y los tipos de palas no tienen mucha variación.

La pala tiene una forma aerodinámica tiene divisiones llamadas estaciones las estaciones están a 6 pulgadas la una de la otra no están indicadas físicamente en la superficie de la pala el personal de mantenimiento las marca por efecto de reparación o inspección existe un estación de referencia la cual esta marcada con una franja de dimensiones establecidas en el lado del empuje.





Figura 1.6. Forma aerodinámica de una pala

Esta estación de referencia está usualmente en el punto 42, 54 o 72 pulgadas que se toma la lectura de los ángulos de las palas con el transportador.

### **Cubo**

El cubo y la mayoría de los componentes que conforman el mismo son hechos en acero tienen estrías internas que corresponden con las estrías externas del eje de la hélice que van aseguradas por una tuerca de retención a las superficies externas y están hechas de acero para resistir la corrosión de los conductos hidráulicos que conectan las unidades de torsión y el acumulador.

### **Barril**

El barril se compone de 2 piezas elaboradas de acero que dentro de este lleva algunos implementos de sujeción y retención que forman parte del barril. Se concluiría que el barril se divide en 2 partes mientras que el cubo es una sola pieza.

### **Gobernador**

Es el que se encarga de enviar aceite a presión a un lado del pistón de la cúpula de la hélice y este es llamado gobernador de acción sencilla. El gobernador que es capaz de enviar presión de aceite a los dos lados de la cúpula es llamado gobernador de doble acción.

#### 1.1.4. Términos relacionados con la hélice

##### Eje de rotación

Es una línea axial imaginaria alrededor de la cual gira la hélice.

##### Plano de rotación

Es el plano en el cual gira la hélice es perpendicular al eje de rotación.

##### Recorrido de la hélice

Es la relación entre puntos iguales de todas las palas y su habilidad para girar en el mismo plano paralelo al plano de rotación.

##### Ángulo de la pala

Es el ángulo entre la cuerda de la pala y el plano de rotación también se le conoce como el ángulo plano o ángulo de paso geométrico.

##### Paso

Es la distancia de recorrido de la hélice.

##### Paso geométrico

Es la distancia hacia adelante que se movería en una revolución si estuviera pasando a través de un medio sólido.

##### Paso efectivo.

Es la distancia real hacia adelante que la hélice recorre en una revolución la hélice da vueltas en el aire un gas en vez de moverse en un sólido hay una cantidad de resbalamiento por consecuencia de esto la eficiencia nunca alcanza el 100% .



Figura 1.7. Paso efectivo y paso geométrico.

**Resbalamiento**

Es la distancia perdida o la diferencia que hay entre el paso geométrico y el paso efectivo.

**Trayecto de la hélice**

Es una línea imaginaria que representa el trayecto real de la pala.

**Angulo efectivo**

Es el ángulo formado entre el trayecto de la hélice y el plano de rotación.

**Angulo de ataque**

Es el ángulo formado entre el trayecto de la hélice y la cuerda de la pala algunas de las veces es llamado el bocado.

**1.1.5. 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 1.8. Ángulos de la hélice

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.

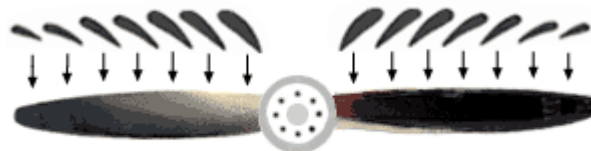


Fig.3.2.3 - Perfiles y ángulos de incidencia.

Figura 1.9. Perfiles y ángulos de incidencia

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 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.

La densidad del aire es un factor que interviene en el rendimiento tanto de la hélice como del motor: a mayor densidad mayor rendimiento. Puesto que la densidad disminuye con la altura, a mayor altura menor rendimiento de la hélice y del motor.

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.

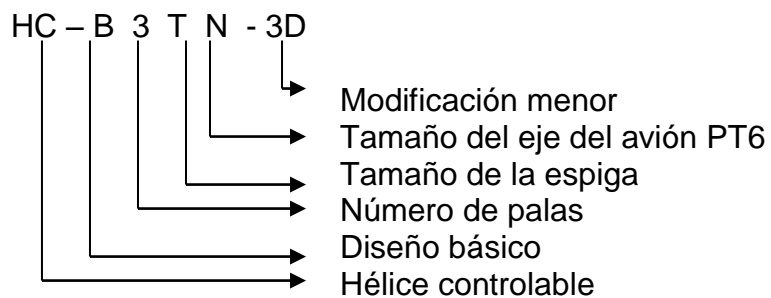
Es obvio que el resbalamiento de la hélice es igual a la diferencia entre ambos pasos.

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.

### 1.1.6 Hélice Hartzell

Nombre de la hélice :	HARTZELL
Diámetro de la hélice:	8 pies 6 pulgadas
Peso:	135 libras
Modelo:	HC- B3TN-3D

### DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE LA HÉLICE HARTZELL



### Ángulos

Bandera 87°

Paso bajo 17°

Paso alto 27°

Reversa -15°

RPM necesarias para el decolaje 2200 ± 25

Relación de rotación es de 15 a 1 es decir la rotación de la turbina es de 15 giros y la de la hélice es de un giro.

La presión de trabajo del gobernador es de 380PSI ±10

### Gobernador

El gobernador esta ubicado en la parte frontal del motor su funcionamiento es similar a una bomba que eleva la presión inicial del motor que es de 80 PSI a 380PSI ±10 y su finalidad es de mantener constante la velocidad de la hélice y si existe alguna falla la hélice se coloca automáticamente en bandera.

**Paso bajo**

Es el ángulo efectivo de palas para impulsar al avión es decir el primer impulso para que el avión rompa la ley de la inercia

**Paso alto**

Es el ángulo con el que el avión vuela (vuelo Crucero)

**Reversa**

Es el ángulo negativo que se utiliza en el aterrizaje del avión una vez colocada la hélice en este ángulo ayuda como un freno para pistas de corto alcance y el aeroplano pueda detenerse en menor distancia.

La hélice HARTZELL se compone de 3 partes principales que son:

- Cruceta
- Cúpula
- Palas

**Cruceta**

Su finalidad es la recibir o alojar las 3 palas de la hélice y en la raíz van sujetas con las abrazaderas y por medio de un brazo y un pin se acoplan directamente al cilindro y cuando recibe presión de aceite cambia el ángulo de la hélice.

**Cúpula**

Es la parte delantera que consiste de en 1 pistón y un cilindro por la parte interna existe 1 resorte el cual se comprime cuando recibe la presión de aceite del gobernador cuando la presión de aceite no se suficiente los resortes no se extienden y la hélice regresa al embanderamiento.

**Palas**

Es una superficie aerodinámica que tiene la misma forma de un perfil alar y se atornilla en la masa de aire para formar el avance de la aeronave

### 1.1.7 Conclusiones del subcapítulo

- La hélice está formada por un número variable de palas que giran alrededor de un eje produciendo una fuerza propulsora.
- Cada pala es un conjunto de perfiles aerodinámicos que cambian progresivamente su ángulo de incidencia desde la raíz hasta el extremo de la hélice.
- Estos perfiles están sujetos a las mismas leyes y principios que otros perfiles aerodinámicos, tal como el ala.
- Las hélices son movidas por motores de pistón o turbina. El acoplamiento de la hélice al motor puede ser directo o bien mediante mecanismos reductores.
- La "torsión" dada a la hélice tiene como principal objetivo producir de forma uniforme la fuerza que acelera la masa de aire.
- Las puntas de la hélice tienen mayor velocidad que la parte central.
- La proximidad a la velocidad del sonido en el giro de la hélice produce una gran disminución en su rendimiento. Esto limita su diámetro y la velocidad de rotación.
- Se llama paso al ángulo que forma la cuerda de los perfiles de las palas con el plano de rotación de la hélice.
- Las hélices se clasifican básicamente en hélices de paso fijo y hélices de paso variable.
- Como su propio nombre indica, una hélice de paso fijo es aquella cuyo paso es único para todos los regímenes de vuelo; no es modificable por el piloto. Este tipo de hélice compensa su falta de eficacia con una gran sencillez de funcionamiento.
- Una hélice de paso variable posibilita al piloto ajustar el paso de la hélice a las distintas condiciones de vuelo. El ajuste se realiza con una palanca que, habitualmente, permite seleccionar un paso dentro de un rango, entre un paso mínimo y un paso máximo.
- El paso corto provoca menos resistencia y permite el mejor desarrollo de la potencia del motor, más r.p.m.. Este paso incrementa el rendimiento en despegue y ascenso, pero no es adecuado para régimen de crucero.



- El paso largo implica mayor resistencia y menor desarrollo de la potencia del motor, menos r.p.m., pero mueve una masa de aire mayor. Es el utilizado en régimen de crucero y no es eficaz en despegue y ascenso.
- Los pasos de la hélice son como las marchas de la caja de cambios de un automóvil: marchas cortas (paso corto) para arrancar y subir cuestas empinadas; marchas largas (paso largo) para autopistas.
- Una hélice de velocidad constante, es una hélice de paso variable que mantiene su velocidad constante con independencia de los cambios de potencia del motor.
- Paso geométrico es la distancia horizontal teórica que avanza una hélice en una revolución, y paso efectivo es la distancia real.
- Un factor muy importante en el rendimiento del motor y de la hélice es la densidad del aire: a mayor densidad mayor rendimiento. Como la densidad disminuye con la altura, a mayor altura menor rendimiento de la hélice y del motor.

## **1.2. DAÑOS MÁS COMUNES PRODUCIDOS EN LAS HÉLICES.**

Los daños más comunes son:

- Picaduras por objetos extraños
- Esfuerzos de la hélice
  - Vibración
  - Oscilación

Los daños mas comunes producidos en las hélices son las picaduras por objetos extraños que se encuentran en las pistas cada una de las palas de la hélice tiene características que deben ser iguales entre si para que no produzca un des-balanceo entre toda la hélice y como resultado de esto la vibración.

Con mas frecuencia la picadura de la hélice se produce en pistas que son lastradas o en su defecto en pistas de asfalto que tienes objetos extraños en la superficie, llamamos objeto extraño o trozos de metal, tornillos, tuercas, etc. que han sido olvidados en la plataforma de circulación de las aeronaves.

Cuando la aeronave aterriza tiende a levantar el lastre de la pista al impactar estos objetos extraños y con la velocidad de la hélice se producen hundimientos y el material de la hélice se desprende afectando las características técnicas de cada pala produciendo vibraciones.

### **1.2.1. Esfuerzos de una hélice**

#### **Vibración de la hélice**

La vibración de la hélice puede causar fallas como rajaduras en las muescas, rajaduras en las palas este tipo de daño se lo puede prevenir con una inspección periódica y cuidadosa además podemos señalar que existen varios instrumentos especiales y de diferentes clases para descubrir las rajaduras por medio de cualesquiera de los ensayos no destructivos existentes el problema es que mucha de las veces los instrumentos necesarios no pueden estar a la disposición de los mecánicos en la pista.

La vibración también puede existir en el avión causada por una hélice no balanceada es decir los materiales con los que esta hecha la hélice no se encuentran perfectamente distribuidos otra de las causas para que se produzca vibración en las hélices cuando hay pernos flojos o tuercas mal ajustadas o en su defecto los pesos de balanceo se encuentran mal distribuidos

La posible formación de hielo en las palas también es causa para que exista vibración y des-balance aerodinámico el resultado es que una o varias palas de la hélice se encuentre fuera de trayectoria

#### **Oscilación**

La oscilación u ondulación de la hélice es producida en vuelos a altas velocidades en picada o en el decolaje para este defecto la corrección tiene que ser realizada por el piloto debe volar a menor velocidad o a un mayor ángulo de ataque.

Se puede producir oscilación por el des-balanceo de los ángulos entre hélices es decir que si se tiene 3 palas de una hélice puede ser que una de estas palas esté dando un ángulo diferente a las 2 palas restantes o en su defecto que todas las palas de la hélice tengan distinto ángulo.

### **Baja de presión hidráulica**

Con la baja de presión hidráulica la hélice tiende automáticamente a colocarse en la posición de bandera es decir que el perfil aerodinámico de la hélice no ofrecerá resistencia al avance del aeroplano.

La baja de presión hidráulica es detectada en la cabina en el instrumento de presión de aceite y se puede dar por 3 causas:

- Fugas de aceite hidráulico es decir empaques o sellos rotos.
- Cuando existe baja potencia del motor (descalibración en la compresión del motor).
- Por bajas RPM (revoluciones por minuto) los giros de la hélice no alcanza el porcentaje optimo de 15 a 1, es decir 15 giros de la turbina y 1 giro de la hélice

## **1.3. REQUERIMIENTOS BÁSICOS DE INSPECCIÓN PARA LAS HÉLICES.**

### **1.3.1. Inspección Diaria.**

Realizada antes y después de cada vuelo; es un chequeo visual que implica la revisión de los siguientes aspectos:

- Pérdida de material en la hélice
- Golpes o hendiduras
- Dobladuras y rajaduras
- Inspección de corrosión
- Inspección de acumulación de grasas o fluidos.

### **1.3.2. Inspección Periódica.**

Realizada en función de los manuales de procedimientos y órdenes técnicas. Necesariamente se tiene que hacer una remoción de la hélice , inspeccionar todo su conjunto mecánico y sistemas que permiten su funcionamiento para determinar ciertos desperfectos y / o fugas del algún líquido hidráulico o grasas.

Una vez corregido el daño, se procede nuevamente a montar la hélice en el avión con los torques y seguros recomendados por el fabricante.

Por último se inspecciona el sistema en sí, así como su instalación eléctrica para después colocar los seguros del mecanismo

### **1.4. TIPOS DE BANCOS DE PRUEBAS PARA CALIBRAR HÉLICES.**

Los tipos de bancos de pruebas que se han podido investigar para calibrar hélices son:

- Banco de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo
- Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices.
- Banco de pruebas para inspeccionar control de ángulos de hélice y fugas.

A continuación se presenta las fotos de cada uno de los bancos enunciados:

#### **1.4.1. Banco de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo**



Figura 1.10. Banco de pruebas para calibrar flojedad de palas y cubo

Este banco de pruebas sirve principalmente para determinar si los componentes y mecanismos que conforman las palas y el cubo están flojos.

Para inspección de flojedad del cubo sobre el eje se realiza el siguiente procedimiento:

- Colocar en una plataforma o un banco para alcanzar la hélice fácilmente , con las 2 manos agarrar el cubo y empujar sobre el eje hacia atrás y hacia delante.
- Si el cubo se mueve sobre el eje, hay que buscar la causa y corregirla.
- No hay que confundir cierta cantidad de juego producida por los engranajes de reducción, debido a una condición normal del cubo

### **Flojedad en palas**

Para examinar la flojedad de las palas se debe proceder de la siguiente manera:

- Girar la hélice hasta que la pala a examinarse este en forma perpendicular
- Cerca de la estación 42" coloque la mano en el borde de ataque, y otra en el borde de salida, trate de girar la pala en el cubo
- No se confunda con el juego normal en las palas en hélices de paso variable, con una condición anormal.

#### **1.4.2. Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices**



Figura 1.11. Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices

El banco de prueba para inspeccionar el balanceo de las hélices permitirá a la misma mediante un equilibrio y alineación, determinar si la hélice tiene desbalanceo lo que permitirá aumentar vibraciones perjudiciales al momento del decolaje y vuelo.

#### **1.4.3. Banco de pruebas para evaluar ángulos de hélice del avión TWIN OTHER y fugas**



Figura 1.12. Banco de pruebas para evaluar ángulos de hélice del avión TWIN OTHER y fugas

Este banco de pruebas ayuda en el chequeo de fugas de aceite hidráulico y que todos sus componentes internos estén en correcto funcionamiento, además ayuda a observar que las palas de la hélice tengan el giro deseado y el ángulo exacto.

Este banco de pruebas reemplaza en el funcionamiento al gobernador el cual su función es de elevar la presión existente del avión y realizar en cambio de ángulo de las hélices en el vuelo

## **CAPÍTULO II**

### **ESTUDIO DE ALTERNATIVAS**

#### **2.1 IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

Para este proyecto se ha planteado 2 alternativas las mismas que se enuncian a continuación:

- Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices
- Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER.

#### **2.2 ESTUDIO TÉCNICO.**

##### **2.2.1 Primera Alternativa.**

La primera alternativa trata sobre la construcción de un Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices que consta de:

1. Mitad inferior de la caja de almacenamiento del juego de accesorios.
2. Bloque de soporte auxiliar.
3. Conjunto de la hélice.
4. Eje de balanceo.
5. Conjunto de contrapesos.

6. Amortiguador hidráulico.
7. Acoplamiento y desconexión rápida y cable de suspensión
8. Contrapeso ajustable
9. Caballete de trabajo

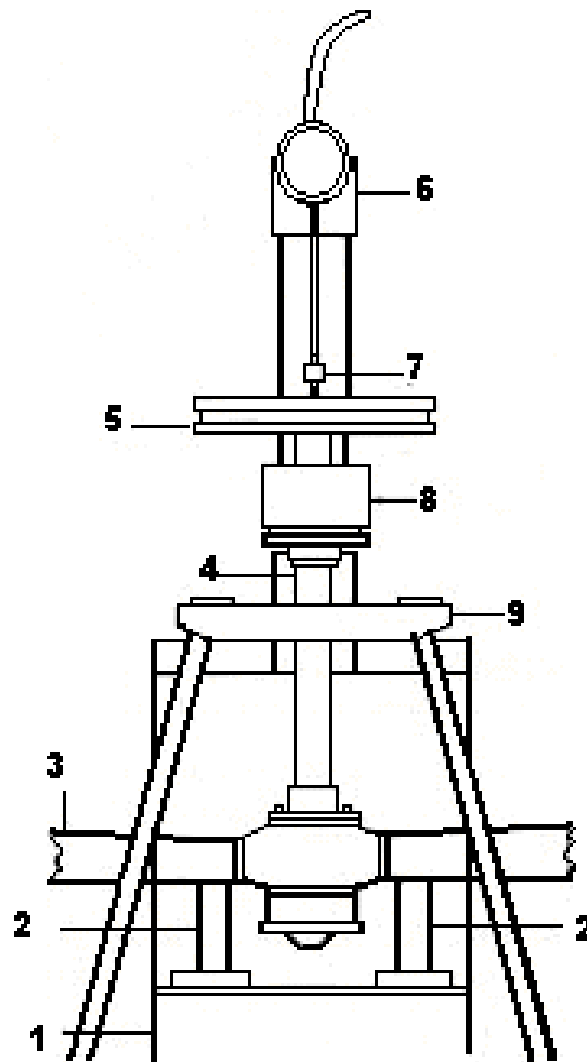


Figura 2.1 Banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices

Este banco de pruebas, además de permitir el balance de la hélice, para evitar en funcionamiento posibles vibraciones y por ende pérdida de eficiencia



aerodinámica, permitirá a través del balanceo, determinar si el juego de palas se encuentran en la posición y ángulo correcto determinado por el fabricante.

### 2.2.2 Segunda Alternativa.

La segunda alternativa trata sobre la construcción del banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER; consta de:

1. Estructura soporte.
2. Bomba hidráulica.
3. Depósito.
4. Filtro.
5. Cañerías.
6. Llave de paso.
7. Eje alojador de la hélice.



Figura 2.2 Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice TWIN OTHER

Este banco de comprobación de ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER, funciona hidráulicamente y permite verificar el giro correcto de los diferentes ángulos a la cual funciona una hélice. Gracias a la presión hidráulica suministrada al sistema del banco se podrá también verificar si en los diferentes mecanismos que conforma la hélice en su conjunto y principalmente en la cúpula existen fugas lo que implicaría que a lo mejor los empaques y sellos están en mal estado o mal colocados.

## **2.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.**

En el estudio de factibilidad se debe tomar en cuenta las ventajas y desventajas de cada alternativa para determinar cuál sería la mejor y analizar requerimientos técnicos de la misma.

### **2.3.1 Primera Alternativa.**

Construcción de un banco de pruebas para inspeccionar el balanceo de las hélices.

#### **Ventajas.**

- Su función principal es la de determinar el balanceo de la hélice.
- Su operación es sencilla.
- Este banco se puede movilizar a cualquier lugar en donde se requiera.
- Su funcionamiento es mecánico

## **Desventajas.**

- Costo elevado.
- Dificultad en variar los ángulos sin descompensar el balanceo.
- El mantenimiento es muy complicado y necesita de instrumentos de calibración de alta precisión.

## **2.3.2 Segunda Alternativa.**

Construcción de un banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER y fugas.

## **Ventajas.**

- Menor costo que la alternativa anterior.
- Operación sencilla del banco.
- Mantenimiento sencillo.
- La verificación de los ángulos de alto, bajo y reversa son más visibles y sencillos de apreciar.
- Es aplicable para verificar otros tipos de hélices.

## **Desventajas.**

- Obligatoriamente tiene que estar debidamente empotrado para evitar problemas de estabilidad.
- Su funcionamiento es hidráulico.

## **2.4 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN**

Para elegir la mejor alternativa se toma en cuenta las ventajas y desventajas que presentan y la opción que tenga mayor calificación será la elegida para posteriormente ser construida.

Los parámetros de evaluación tendrán un factor de importancia o ponderación llamado X y su valor estará comprendido entre cero y diez, de tal manera que las alternativas serán evaluadas en función de ciertos parámetros y aquella que obtenga el valor más alto en su calificación será seleccionada para la construcción.

Los tres factores a considerar dentro de los parámetros de selección son:  
Técnico, Económico y Ergonómico:

### **Factor Técnico:**

- Accesibilidad.
- Seguridad.

- Proceso de Construcción.
- Didáctico.
- Materiales.
- Facilidad de Operación y Control.
- Fiabilidad.
- Mantenimiento.

### **Factor Económico**

- Costo de implementación y operación.
- Costo de fabricación

### **Factor Ergonómico**

- Tamaño y forma

Cada uno de estos parámetros se define de la siguiente manera:

- **Accesibilidad.-** Se refiere a los procesos de montaje y desmontaje, así como la facilidad de acceso de sus partes en el momento de la operación y mantenimiento. Tendrá un valor de 8.
- **Seguridad.-** Es necesario para desarrollar el trabajo de mantenimiento en la hélice de manera segura y con un buen ambiente de trabajo. Tiene un valor de 6.

- **Proceso de Construcción.-** Es importante contar con un taller bien equipado en cuanto a variedad de herramientas, para construir las partes de la máquina y su ensamblaje, además evaluará la complejidad de construcción de cada una de los componentes del banco de comprobación. Tiene un valor de 8.
  
- **Didáctico.-** Se refiere a la capacidad que el equipo brinda al estudiante para entender de una manera rápida el proceso que explica el banco de comprobación. Tiene un valor de 6.
  
- **Materiales.-** Analiza las características, el tipo de material más adecuado y que sea de fácil adquisición para la construcción del banco. Tiene un valor de 8.
  
- **Facilidad de Operación y Control.-** Trata acerca de la sencillez de operación y control. Tiene un valor de 7.
  
- **Fiabilidad.-** Las alternativas a elegir deben tener un funcionamiento satisfactorio por lo que es un factor muy importante. Tiene un valor de 8.
  
- **Mantenimiento.-** La facilidad que se puede adquirir los repuestos en el mercado local para establecer un adecuado funcionamiento para que el equipo cumpla con su objetivo. Tiene un valor 5.

- **Costo de fabricación.-** Implica el costo de los componentes que involucra a cada alternativa. Tiene un valor de 7.
  
- **Costo de implementación y operación.-** Busca la opción más económica en el consumo de energía durante su operación. Tiene un valor de 6.
  
- **Tamaño y forma.-** Tanto el tamaño que es el espacio físico que ocupará la maqueta y su forma física y estética. Tiene un valor de 2

Tabla 2.1: Matriz de Evaluación

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	X	ALTERNATIVAS	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Accesibilidad	8	6	5
Seguridad	6	4	6
Proceso de Construcción	8	5	6
Materiales	8	6	6
Facilidad de Operación y Control	7	6	6
Didáctico	6	7	7
Fiabilidad	8	6	7
Mantenimiento	8	6	7
Costo de fabricación	7	4	7
Costo de Implementación	6	4	4
Forma y Tamaño	2	4	4

Tabla 2.2: Matriz de Decisión

PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
Accesibilidad	48	40
Seguridad	24	36
Proceso de Construcción	40	48
Materiales	48	48
Facilidad de Operación y Control	42	42
Didáctico	42	42
Fiabilidad	48	56
Mantenimiento	48	56
Costo de fabricación	28	49
Costo de Implementación	24	24
Forma y Tamaño	8	8
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	<b>449</b>

## 2.5 SELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Realizado el estudio técnico, económico y ergonómico de las alternativas en base de parámetros de evaluación, se ha decidido que la segunda alternativa es la más adecuada.

## 2.6 DETERMINACIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

El requerimiento más importante es que a través de su funcionamiento hidráulico permita apreciar la variación de los ángulos de la hélice.



## CAPÍTULO III

### CONSTRUCCIÓN

La construcción del proyecto fue realizado por partes para facilitar la construcción utilizando los mejores recursos y optimizando el tiempo. A continuación se presenta las partes principales del banco de prueba:

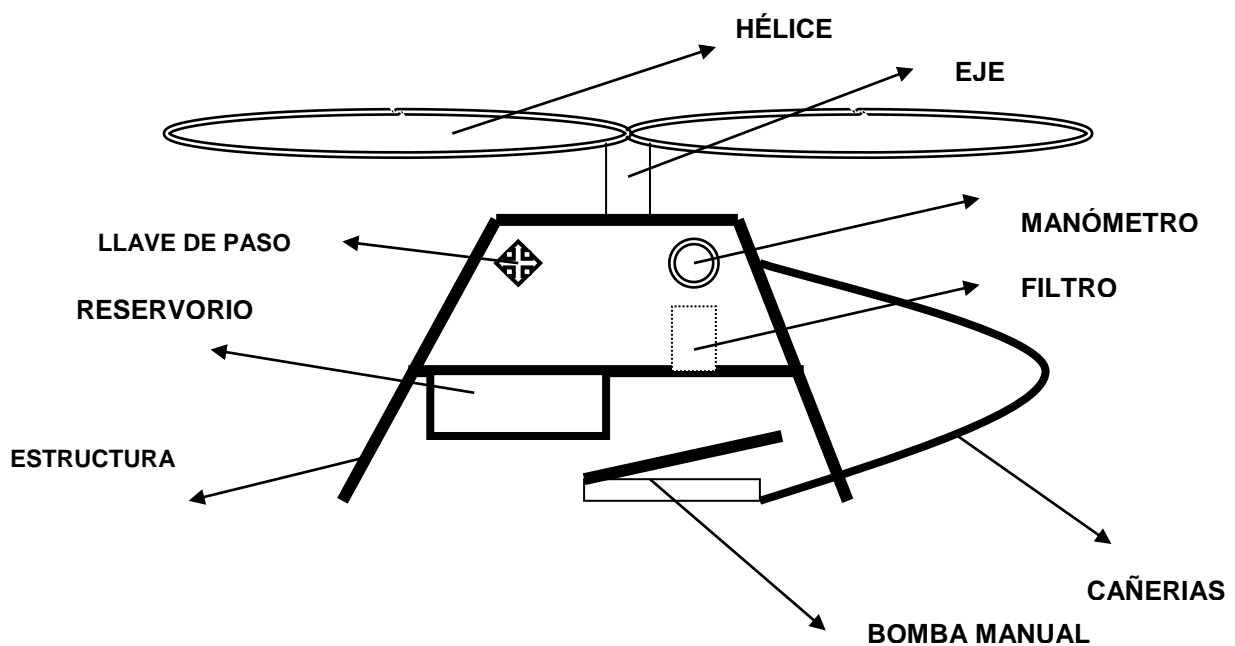


Figura 3.1 Esquema General del Banco de Prueba

Las dimensiones generales del banco de pruebas son:

Alto: 75 cm,  
Ancho: 46,5 cm  
Profundidad: 50 cm.

### 3.1. PARTES DEL BANCO DE PRUEBA

Las partes principales son: Estructura, Depósito, Bomba manual, Filtro, Manómetro, llave de paso de fluido hidráulico, cañerías y accesorios.

#### **Estructura**

La estructura del banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER, debe ser construida de manera que permita una adecuada estabilidad en el banco al momento de soportar el peso de 135 lbs de la Hélice HARTZELL.

Además permitirá alojar a todos los componentes y accesorios hidráulicos del que está compuesto el banco.

Está construido en forma piramidal truncada con tubo estructural de 2 pulgadas de diámetro y 2 mm. de espesor. Soldada con electrodos E6011 y E6013 lo que asegurará la resistencia de la misma según el peso a la que está diseñada.

Existen también ciertos elementos estructurales menores que son de ángulo ½ plg de lado de.



Figura 3.2. Estructura del banco

## Depósito Hidráulico

El depósito del aceite hidráulico se puede definir como el lugar donde se almacena cualquier tipo de fluido; todo el contenido de este depósito servirá para la alimentación del sistema que se requiera en forma cíclica. Su capacidad neta es de un galón de aceite hidráulico y en la parte superior del depósito tiene una tapa por donde se suministrará de fluido al banco.

Está hecho de acero inoxidable de 2 mm. de espesor y sus dimensiones son:

Diámetro del reservorio: 6 plg.

Longitud total del reservorio: 13.5 plg.



Figura 3.3. Depósito Hidráulico

## Bomba manual

Es un mecanismo que absorbe o succiona un fluido desde el depósito hacia el sistema hidráulico del banco, generando al mismo una presión de trabajo de 60 a 200 psi, que permitirá que el sistema alimentado de fluido trabaje adecuadamente.

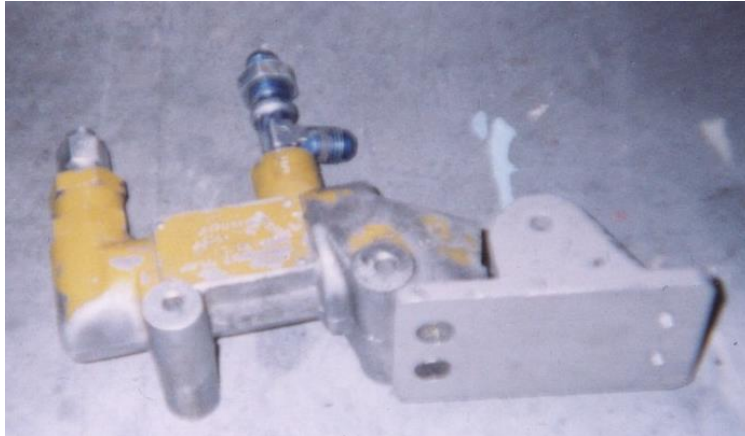


Figura 3.4. Bomba manual

### **Filtro**

Es un implemento el cual actúa en forma de colador o cernidor de impurezas para que el fluido del sistema se mantenga limpio y no influya en la operación de la máquina se debe revisar el filtro luego de un tiempo determinado y realizar una limpieza en forma apropiada.



Figura 3.5. Filtro

### **Manómetro**

El manómetro proporciona marcaciones en PSI (libras sobre pulgada cuadrada). Es un instrumento de medición de presiones y permitirá, siempre y cuando esté calibrado, determinar adecuadamente si una determinada presión

dentro de un proceso se mantiene o varía según límites permisibles que den las órdenes técnicas o el manual de operación y mantenimiento del fabricante. Su rango está establecido de 0 a 200 psi.



Figura 3.6. Manómetro

### Llave de paso

Sirve como una válvula uni-direccional de paso de fluido, ayuda a retener el fluido según nuestra conveniencia o retornar el fluido para la verificación de los ángulos de pala de nuestra hélice.



Figura 3.7. Llave de paso

### Cañerías

Permiten el paso del líquido hidráulico a través del sistema para que el banco de comprobación funcione, son de dos materiales: caucho y aluminio. Las cañerías de aluminio tienen un diámetro de 3/8 plg, mientras que la de caucho tiene un diámetro de 1/4 plg.

## Eje

La función principal del eje es la de alojar y acoplar el eje de la hélice . Tiene una forma determinada en función del diámetro y forma del eje de la hélice siendo su diámetro exterior de 200 mm. El material del eje es de acero AISI 1045. Es necesario indicar que este elemento no se construyó sino se adquirió de un eje del motor dado de baja en el COTRAN.



Figura3.8. Eje del banco

## Diagrama Hidráulico

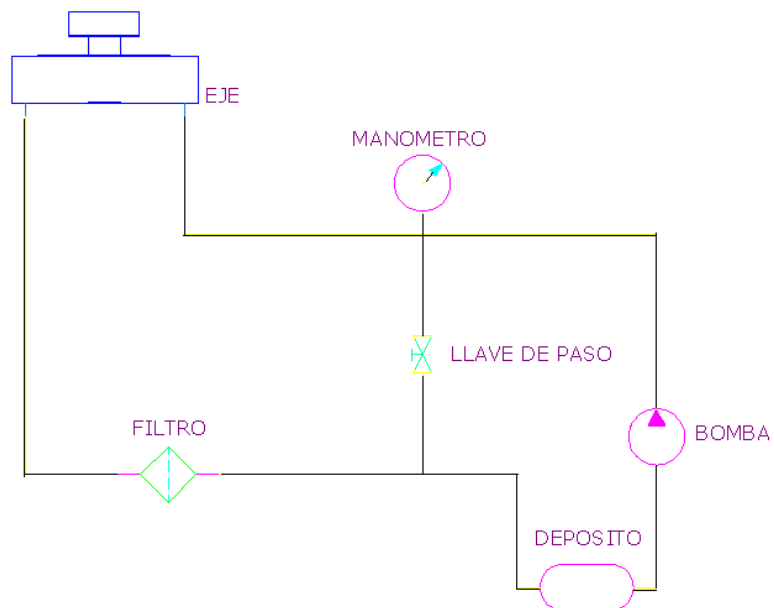


Figura 3.9. Diagrama Hidráulico

### **Líquido Hidráulico (EPSON 2380)**

Este tipo de aceite se utiliza en aviones comerciales y militares es de tipo mineral, a continuación se enunciará algunas ventajas de la utilización de este aceite :

- No es corrosivo
- Resistente a las altas temperaturas
- Permite la refrigeración del conjunto de la hélice así como su lubricación de partes móviles como engranajes, cilindro, resortes,

### **Herramientas utilizadas**

Las herramientas utilizadas dentro del proceso de comprobación de las hélices al momento del montaje y desmontaje de la misma son:

- Palanca de extensión con copa estrellada de 5/8 plg.
- Llave de boca de 7/16 plg.
- Santiago



Figura 3.10. Herramientas utilizadas en el montaje de la hélice en el banco

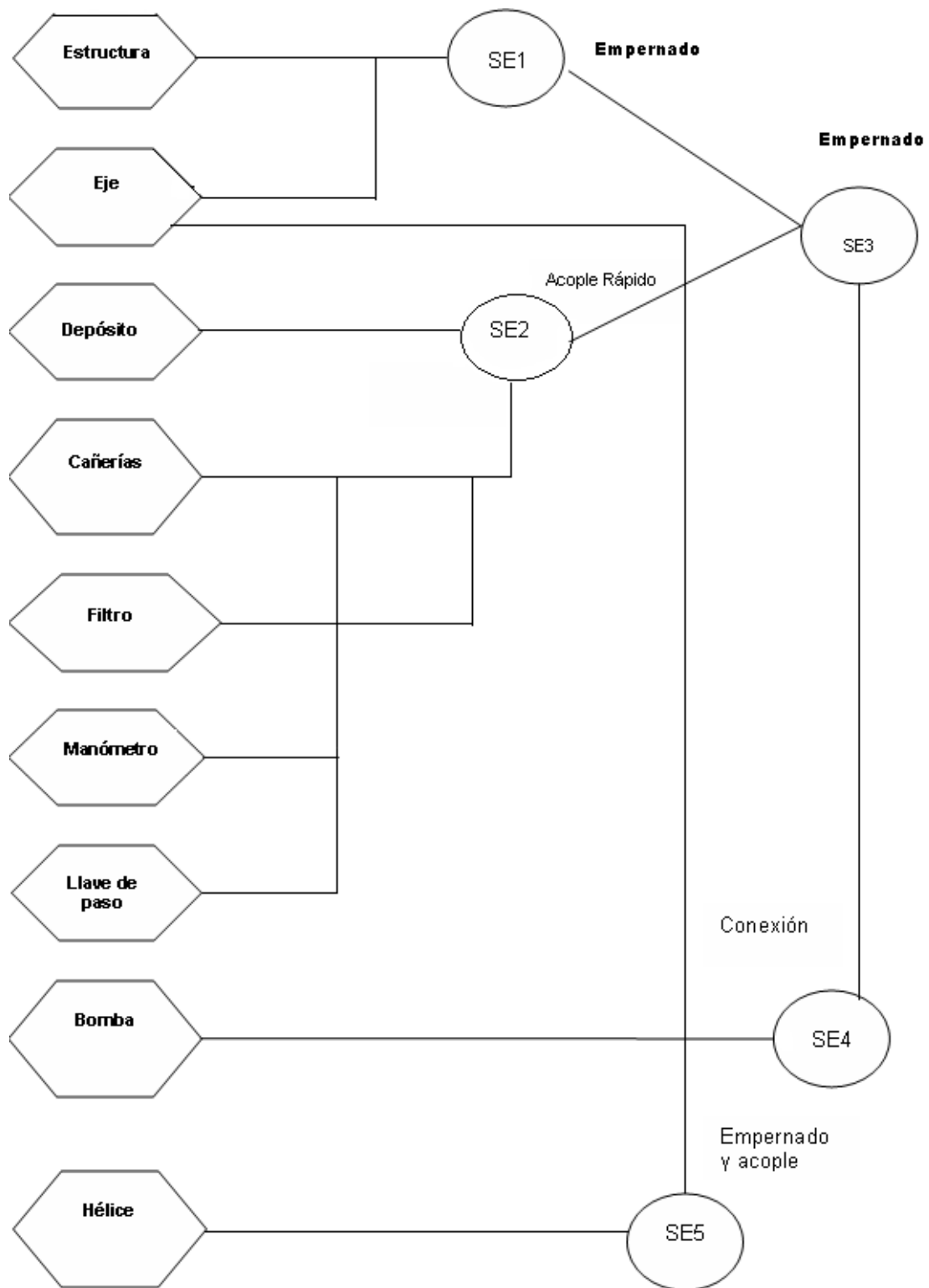
### 3.2. DIAGRAMA DE PROCESO

Tabla 3.1. Diagrama de proceso de la estructura del banco de pruebas

<b>DIAGRAMA DE PROCESO DE LA ESTRUCTURA DEL BANCO DE PRUEBAS</b>							
<b>AUTOR:</b>	<b>EDGAR A. MORA ANDRADE</b>						
<b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b>							
<b>MATERIA PRIMA</b>	Tubo estructural de 2 plg. de diámetro y 2 mm de espesor						
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>SIMBOLO</b>				<b>TIEMPO minutos</b>	<b>DISTANCIA metros</b>	<b>METODO RECOMENDADO</b>
Corte del tubo según medidas	O	⇒	D	□	▽	<b>85</b>	
Llevar al taller de soldadura	O	⇒	D	□	▽	<b>10</b>	
Soldar estructura con E6011	O	⇒	D	□	▽	<b>50</b>	
Retirar incrustaciones	O	⇒	D	□	▽	<b>15</b>	
Limar uniones y aristas vivas	O	⇒	D	□	▽	<b>40</b>	
Inspección de uniones	O	⇒	D	□	▽	<b>10</b>	
Preparar pintura amarilla	O	⇒	D	□	▽	<b>25</b>	
Prender el compresor	O	⇒	D	□	▽	<b>7</b>	
Pintar la estructura	O	⇒	D	□	▽	<b>35</b>	
Secar la pintura	O	⇒	D	□	▽	<b>120</b>	<b>5</b>
Inspección final	O	⇒	D	□	▽	<b>15</b>	
<b>TOTAL</b>						<b>412</b>	



### 3. 3 Diagrama de Ensamble



### 3.4. Pruebas de funcionamiento.

Una vez realizado el ensamble del banco de pruebas, se procedió a inspeccionar cada una de las partes del mismo con el fin de evitar que existan fugas hidráulicas principalmente; pudiendo observar que el banco no arrojó ninguna fuga dentro de los tres días después de ensamblado.

A continuación se presenta el banco para evaluar los ángulo de la hélice del avión TWIN OTHER.



Figura 3.11. Banco para evaluar los ángulos de la hélice HARTZELL

En el anexo A, se presenta una carta de Certificación otorgada por el COTRAN en la cual confirma la condición operable al 100% de su trabajo del banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER.

### 3.5. Procedimientos de operación

Es importante describir y destacar los procedimientos de operación de una manera detallada en vista de que los mismos permitirán una operación y maniobrabilidad del banco de la manera más óptima posible con el fin de aumentar el tiempo de vida útil de esta máquina.

A continuación se detalla el procedimiento paso a paso de una manera gráfica.

a.- Ubicar en una buena posición el banco de pruebas.



Figura 3.12. Procedimiento a de operación del banco

b.- Montar la Hélice Hartzell en el eje del banco

c.- Revisar que los pernos se acoplen exactamente en los orificios del eje.

d.- Ajustar los pernos con la Palanca de extensión con copa estrellada de 5/8 plg.

- e.- Revisar si el sistema hidráulico posee la cantidad de aceite.
- f.- Revisar que la llave de paso esté en posición cerrada
- g.- Empezar a elevar la presión
- h.- Verificar que la hélice se encuentre en posición de bandera.



Figura 3.13. Hélice en posición de bandera

- i.- Verificar que las palas no estén flojas o tengan demasiado juego.
- j.- Verificar que la hélice no tenga fugas al momento de inclinar la hélice al ángulo de 27°.

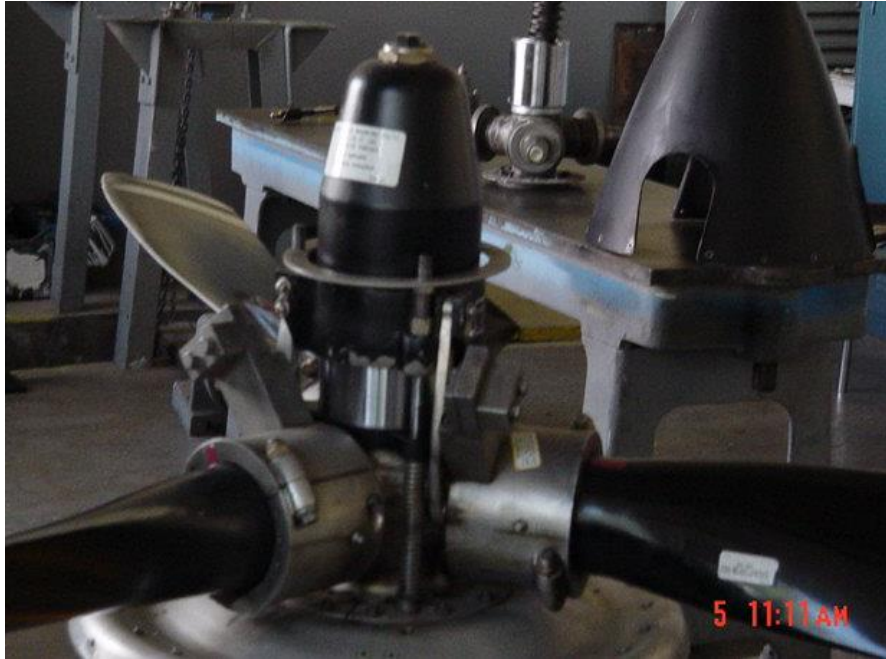


Figura 3.14. Hélice en ángulo de  $27^\circ$  o paso fino

k.- Verificar que la hélice no tenga fugas al momento de inclinar el ángulo de las palas a  $17^\circ$  o paso alto.



Figura 3.15.a. Hélice en ángulo de  $17^\circ$  o paso alto



Figura 3.15.b. Hélice en ángulo de  $17^\circ$  o paso alto

- I.- Verificar que la hélice no tenga fugas al momento de inclinar el ángulo de las palas a  $-15^\circ$  o posición de reversa.



Figura 3.16.a. Hélice en ángulo de  $-15^\circ$  o paso de reversa



Figura 3.16.b. Hélice en ángulo de  $-15^\circ$  o paso de reversa

- m.- Anotar los datos obtenidos en el formato de registro para obtener un informe final.
- n.- Abrir la llave de paso para que el líquido hidráulico retorne al depósito y la hélice retorne a la posición en bandera u original.
- o.- Retirar la hélice del banco de pruebas
- p.- Colocar la hélice HARTZELL en el soporte móvil de la hélice.

## CAPÍTULO IV

### ELABORACIÓN DE MANUALES

#### 4.1 Descripción de Manuales

Se elaboran estos manuales para poder tener una buena operación del banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER y realizar su respectivo mantenimiento y así evitar daños en el mismo.

#### 4.2 Tipos de Manuales

A continuación se proporciona los manuales a utilizar:


- Manual de Operación.
- Manual de Mantenimiento.
- Pruebas de Funcionamiento
- Registros de Operación, Mantenimiento y Daños


Tabla 4.1. Tabla de procedimiento y código

<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>Manual de operación</b>	<b>BEAHATO-EM-P1</b>
<b>Manual de mantenimiento</b>	<b>BEAHATO-EM-P2</b>
<b>Manual de funcionamiento</b>	<b>BEAHATO-EM-P3</b>
<b>Manual de registro</b>	<b>BEAHATO-EM-R1</b>
<b>Manual de registro de mantenimiento</b>	<b>BEAHATO-EM-R2</b>
<b>Manual de registro de funcionamiento</b>	<b>BEAHATO-EM-R3</b>
<b>Manual de registro de daños</b>	<b>BEAHATO-EM-R4</b>



### 4.3 Manual de Operación


	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>		<b>Pág. : 1 de 2</b>	
	<b>OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR ÁNGULOS DE LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTHER</b>			<b>Código:</b> BEAHATO-EM-P1
	<b>Elaborado por:</b> Edgar Alejandro Mora Andrade		<b>Revisión No. : 1</b>	
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G.	<b>Fecha:</b> 2004-07-17	<b>Fecha:</b> 2004-07-17	
<p><b>1. OBJETIVO:</b></p> <p>Documentar el procedimiento para la operación del Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER</p> <p><b>2. ALCANCE:</b></p> <p>Analizar la correcta operación del Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER</p> <p><b>3. PROCEDIMIENTO:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ubicar en una buena posición el banco de pruebas</li> <li>2. Verificar que no existan objetos extraños 2 metros a la redonda.</li> <li>3. Montar la hélice HARTZELL en el eje del banco.</li> <li>4. Revisar que los pernos se acoplen exactamente en los orificios del eje</li> <li>5. Ajustar los 4 pernos con la llave especial de 5/8 plg.</li> <li>6. Revisar si el sistema hidráulico posee la suficiente cantidad de aceite.</li> <li>7. Revisar que la llave de paso esté en la posición cerrada.</li> <li>8. Procedemos con la bomba manual a elevar la presión.</li> <li>9. Verificar que la hélice se encuentre en la posición de bandera.</li> </ol>				

	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>		<b>Pág. : 2 de 2</b>	
	<b>OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR ÁNGULOS DE LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTHER</b>			<b>Código:</b> BEAHATO-EM-P1
	<b>Elaborado por:</b> Edgar Alejandro Mora Andrade		<b>Revisión No. : 1</b>	
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G	<b>Fecha:</b> 2004-07-17	<b>Fecha:</b> 2004-07-17	


10. Verificar que las palas no estén flojas o tengan demasiado juego.
11. Verificar que la hélice no tenga fugas al momento de inclinar el ángulo de las palas a 17°.
12. Verificar que la hélice no tenga fugas al momento de inclinar el ángulo de las palas a 27°
13. Verificar que la hélice no tenga fugas al momento de inclinar el ángulo de las palas a – 15°
14. Anotar los datos obtenidos en el formato de registro para obtener un informe final.
15. Abrir la llave de paso para que el líquido hidráulico retorne al depósito y la hélice vuelva a su posición en bandera “ original”
16. Retirar la hélice del banco de pruebas.
17. Colocar la hélice HARTZELL en el soporte móvil de la hélice.

**4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD** \_\_\_\_\_

#### 4.4 Manual de Mantenimiento

	<b>MANUAL DE PROCEDIMIENTO</b>		Pág. : 1 de 1
	<b>MANTENIMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR ÁNGULOS DE LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTHER</b>		<b>Código:</b> BEAHATO-EM-P2
	<b>Elaborado por:</b> Edgar Alejandro Mora Andrade		<b>Revisión No. :</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Ing. Trujillo G.	<b>Fecha:</b> 2004-07-17	<b>Fecha:</b> 2004-05-17
<p><b>1. OBJETIVO</b> Documentar el procedimiento para el mantenimiento del banco de pruebas para</p> <p><b>2. ALCANCE</b> Dar el correcto mantenimiento del banco de pruebas para evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER y así aumentar su tiempo de vida útil.</p> <p><b>3. PROCEDIMIENTOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Semanalmente hacer una limpieza general del banco de pruebas</li> <li>2. Semanalmente verificar si el banco tiene fugas hidráulicas.</li> <li>3. Semestralmente revisar la estructura del banco de pruebas y lubricar el eje de la hélice</li> <li>4. Anualmente revisar el correcto funcionamiento de los componentes ( cañerías, bomba, filtro, llave de paso y manómetro) y el sistema hidráulico en conjunto.</li> <li>5. Cada 2 años pintar el banco de pruebas.</li> </ol> <p><b>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p>			

#### 4.4 Pruebas de Funcionamiento

	<b>PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO</b>		Pág. : 1 de 1
	<b>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO PARA LA OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR ÁNGULOS DE LA HÉLICE DEL AVIÓN TWIN OTHER</b>		<b>Código:</b> BEAHATO-EM-P3
	Elaborado por: Edgar Alejandro Mora Andrade		<b>Revisión No. : 1</b>
	Aprobado por: Ing. Trujillo G	Fecha: 2004-07-17	<b>Fecha:</b> 2004-05-17
<p><b>1. OBJETIVO</b></p> <p>Realizar las pruebas de funcionamiento para la operación del banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER</p> <p><b>2. ALCANCE</b></p> <p>Analizar el correcto funcionamiento del Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER</p> <p><b>3. PROCEDIMIENTOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cerrar la llave de paso y bombear fluido y luego abrir la llave para verificar el funcionamiento del manómetro.</li> <li>2. Una vez montada la hélice generar una presión de <b>85</b> psi. Para evaluar un ángulo de 27°</li> <li>3. Generar una presión de <b>100</b> psi. Para evaluar un ángulo de 17°.</li> <li>4. Generar una presión de <b>150</b> psi para evaluar un ángulo de -15°</li> <li>5. Abrir la llave de paso para que el fluido regrese al depósito y verificar que la hélice retorne a la posición de embanderamiento es decir a 87°.</li> </ol> <p><b>4.0 FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p>			

#### 4.5 Formatos de Registro.

	<b>REGISTRO</b>		Pág. : 1 de 1																												
	<b>BANCO DE PRUEBAS PARA EVALUAR ÁNGULOS DE LA HÉLICE</b>		<b>Código:</b> BEAHATO-EM-R1																												
	Elaborado por: Edgar Alejandro Mora Andrade		<b>Revisión No. : 1</b>																												
	Aprobado por: Fecha de Inicio de la prueba: Fecha de Finalización de la prueba:																														
<p><b>Pruebas Iniciales:</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Posición</th> <th style="width: 15%;">Angulo</th> <th style="width: 15%;">Presión</th> <th style="width: 20%;">Observaciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Embanderamiento 87°</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Paso alto 27°</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Paso bajo 17°</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Reversa -15°</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Embanderamiento 87°</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <div style="margin-top: 10px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;"><b>TIPO DE HÉLICE:</b></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>MODELO:</b></td> <td></td> </tr> </table> </div> <p style="margin-top: 10px;"><b>Condiciones Ambientales:</b></p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 5px;">     Temperatura: _____ °C.   </div> <p style="margin-top: 10px;"><b>Reporte de Inspección:</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 40px; margin-top: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-top: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-top: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-top: 5px;"></div> <p style="margin-top: 10px;"><b>Compañía de aviación Solicitante:</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 20px; margin-top: 5px;"></div> <p style="margin-top: 20px;"><b>FIRMA DE RESPONSABILIDAD</b> _____</p>				Posición	Angulo	Presión	Observaciones	Embanderamiento 87°				Paso alto 27°				Paso bajo 17°				Reversa -15°				Embanderamiento 87°				<b>TIPO DE HÉLICE:</b>		<b>MODELO:</b>	
Posición	Angulo	Presión	Observaciones																												
Embanderamiento 87°																															
Paso alto 27°																															
Paso bajo 17°																															
Reversa -15°																															
Embanderamiento 87°																															
<b>TIPO DE HÉLICE:</b>																															
<b>MODELO:</b>																															



MECANICA

# REGISTRO

Código:  
BEAHATO-EM-R2

Libro de vida de Mantenimiento del Banco de Pruebas para  
evaluar los ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER

Registro No.:

Hoja : de

No.	Fecha inicio	Fecha finalización	Trabajo Realizado	Material y/o Repuesto Utilizado	Responsable	Observaciones
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				
	/ /	/ /				

\_\_\_\_\_  
Jefe del Taller

	<b>REGISTRO</b>	<b>Código:</b> BEAHATO-EM-R3
	Libro de vida de Funcionamiento del Banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER	<b>Registro No.:</b>

Hoja : de

Fecha	Motivo	Pruebas Realizadas	Horas de Funcionamiento	Novedades/Observaciones
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				
/ /				

\_\_\_\_\_ Responsable





## CAPÍTULO V

### ESTUDIO ECONÓMICO

En este capítulo se detallará el costo de construcción del banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER.

#### 5.1 PRESUPUESTO.

Antes de realizar este proyecto de Grado se realiza un presupuesto estimado, valorado en \$ 500 (Quinientos dólares).

#### 5.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

En la construcción de este proyecto se consideró 3 factores económicos muy importantes como son los siguientes:

1. Materiales y Accesorios.
2. Mano de obra.
3. Otros.

- 1. Materiales y Accesorios.-** Este factor comprende todos aquellos materiales y accesorios hidráulicos requeridos y utilizados para la construcción del banco de pruebas para evaluar ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER.

Tabla 5.1: Lista de materiales del proyecto de Grado.

<b>MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN PROYECTO</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Tubo estructural de 2 plg. de diámetro	10
Cañerías de caucho	15
Cañerías de aluminio	7
Bomba hidráulica manual	75
Filtro	3.5
Reservorio	50
Manómetro	12
Llave de paso	4
Líquido hidráulico	8
Electrodos	2
Lijas	1.5
Pintura y Tiñer	6
Herramientas para ensamblaje	8
Eje de la hélice	45
<b>TOTAL DE MATERIALES</b>	<b>247</b>

- 2. Mano de Obra.-** Comprende la construcción y pintura de la estructura, ensamblaje del sistema hidráulico, etc.

Tabla 5.2: Mano de Obra.

<b>MANO DE OBRA</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Estructura	25
Ensamblaje del sistema hidráulico	30
<b>TOTAL DE MANO DE OBRA</b>	<b>55</b>

- 3. Otros.-** En este literal se analiza el costo de ciertos rubros como: gastos de transportes, impresión de planos, pruebas funcionales, etc.

Tabla 5.3: Costo de Otros Gastos.

<b>COSTO DE OTROS GASTOS</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Otros	50
<b>TOTAL DE OTROS GASTOS</b>	<b>50</b>

Tabla 5.4: Costo Total del Proyecto.

<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	
<b>Detalle</b>	<b>Valor USD</b>
Materiales y Accesorios	247
Mano de Obra	55
Otros	50
<b>Total del Proyecto</b>	<b>352.00</b>

Es necesario mencionar que en el COTRAN, principalmente en el Departamento de Hélices existe un Banco de pruebas similar que realiza el mismo trabajo y presta sus servicios a las compañías de aviación que disponen de aviones con hélices.

Cada comprobación de ángulos de las hélices y fugas, están costando alrededor de 150 USD, por lo que tranquilamente el banco de pruebas construido en poco tiempo podría recuperar su inversión en beneficio del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

La única condicionante sería de proveer de los ejes de las otras hélices al banco construido.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES.

- El banco de pruebas para evaluar las hélices del avión TWIN OTHER, luego de ser sometida a las prácticas y pruebas de funcionamiento cumple con los objetivos que se plantearon al inicio del proyecto.
  
- La selección de la propuesta, se sustenta en el hecho de que las funciones que cumple el banco de comprobación es la más idónea tomando en cuenta que no existieron órdenes técnicas que hablen o refieran sobre trabajos de mantenimiento en lo referente a calibración de ángulos.
  
- El banco de pruebas está diseñado para que funcione en varias versiones de la Hélice HARTZELL o hélices que se acoplen al eje del motor PT-6.

## 6.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda seguir todos los procedimientos de operación de la máquina presentados en este trabajo con el fin de evitar posibles daños en el banco de comprobación.
- Promocionar a las compañías de aviación el servicio y la utilidad que ofrece el banco de comprobación de ángulos de la hélice del avión TWIN OTHER
- Cumplir con una revisión pre y post uso del banco, lo que permitirá alargar la vida útil de la máquina.

## BIBLIOGRAFÍA

- Hartzell company.(1981). Manual de mantenimiento para las hélices Hartzell. EEUU
- Orden Técnica del Manual de Hélices del Avión TWIN OTHER. EEUU.
- IAAFA.(May 1969). Manual de mantenimiento para los niveles de organización de apoyo directo, de apoyo general y de deposito juegos de piezas para balancear hélices. EEUU.
- IAAFA. (AUGUST 1958). Curso de hélices de avión, mantenimiento general y reparaciones. EEUU.
- Programa Operacional Windows Flight Simulador (1995).Principios de Hélices, Hélices de Paso Fijo, Hélices de Paso Variable. EEUU.
- [www.enaer.com.cl/](http://www.enaer.com.cl/)
- <http://www.terra.es/aviones/.htm>
- <http://www.monografias.com/>