



# **ESPE**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE TECNÓLOGA EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: “HABILITACIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-  
2RBS COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA UNIDAD DE  
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

**AUTOR: ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra**

**DIRECTOR: TLGO. PROAÑO CHILCAÑAR ALEJANDRO  
DAVID**

**LATACUNGA**

**2016**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación **“HABILITACIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** realizado por la señorita **ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a la señorita **ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra** para que lo sustente públicamente.

**Latacunga, Agosto del 2016**

Atentamente,

---

Tlgo. Alejandro David Proaño Chilcañar  
**DIRECTOR**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra**, con cédula de identidad N° 0942064916 declaro que el trabajo de titulación **“HABILITACIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en mi virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

**Latacunga, Agosto del 2016**

---

ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra

C.I. 0942064916



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca virtual de la Institución el presente trabajo de titulación **“HABILITACIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

**Latacunga, Agosto del 2016**

---

ZAMBRANO CUADRO ARLENA OMayra

C.I. 0942064916

## **DEDICATORIA**

Dedico de manera muy especial este trabajo a mis padres, mis hermanas y primordialmente a Dios los cuales son el cimiento principal para la construcción de mi vida profesional, sentaron en mi las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues su virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

Gracias a Dios por concederme la mejor familia que siempre me ofrecen su apoyo y calidez de su amor en todos los momentos de mi vida.

**ARLENA OMayra Zambrano Cuadro**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE por haberme aceptado a ser parte de ella y abierto las puertas de su seno educativo para estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo en seguir adelante día a día.

Sobre todo agradezco a mi tutor de tesis por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme al desarrollo de la tesis.

Para finalizar agradezco a todas las personas especiales que siempre están a mi lado apoyándome, brindándome su amistad y sobre todo aconsejándome a que cumpla todos mis anhelos.

**ARLENA OMayra Zambrano Cuadro**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	ii
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	iii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iv
<b>DEDICATORIA</b> .....	v
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	vii
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1 ANTECEDENTES .....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
1.4 OBJETIVOS .....	3
1.4.1 Objetivo general .....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
1.5 ALCANCE .....	3
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 SISTEMA PROPULSOR .....	5
2.1.1 Hélice .....	5
2.1.2 Ángulo de la Pala .....	5

2.1.3 Paso variable .....	6
2.1.4 Velocidad constante.....	7
2.2 HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS .....	8
2.2.1 Generalidades de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS .....	8
2.2.2 Características generales .....	8
2.2.3 Especificaciones de la hélice .....	9
2.3 PALAS DE ALUMINIO .....	9
2.4 OPERACIÓN .....	11
2.4.1 Paso de las palas.....	11
2.4.2 Embanderamiento.....	11
2.4.3 Acumulador hidráulico.....	12
2.4.4 Carga de aire .....	12
2.5 SISTEMA ANTI HIELO DE LA HÉLICE .....	13
2.5.1 Componentes del sistema anti hielo .....	13
2.5.2 Componentes eléctricos de sistema anti hielo .....	14
2.6 LIMPIEZA DE LA HÉLICE .....	15
2.6.1 Shot peening (Granallado).....	16
2.6.2 Glass bead peening (Granallado de granos de cristal) .....	16
2.7 MANTENIMIENTO DE LA HÉLICE.....	17
2.7.1 Cuidado de la hélice .....	17
2.7.2 Precauciones generales del equipo .....	17
2.7.3 Daño de la hélice .....	18
2.8 INSPECCIÓN DE LA HÉLICE .....	18
2.8.1 Procedimiento de inspección .....	18
2.9 TIPO DE LUBRICANTE RECOMENDADO .....	19
2.10 COMPONENTES Y PARTES DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS.....	19



2.11 EQUIPO Y HERRAMIENTAS .....	25
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>27</b>
DESARROLLO DEL TEMA .....	27
3.1 PRELIMINARES .....	27
3.1.1 Recepción de la Hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS .....	27
3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	27
3.2.1 Factor técnico .....	27
3.2.2 Factor humano.....	28
3.2.3 Factor económico .....	28
3.3 DESMONTAJE DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS.....	28
3.3.1 Desmontaje de la válvula de aire .....	28
3.3.2 Desmontaje del cilindro.....	29
3.3.3 Desmontaje de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro .....	30
3.3.4 Desmontaje del pistón del cilindro .....	31
3.3.5 Desmontaje del cubo .....	32
3.3.6 Desmontaje del resorte .....	33
3.3.7 Desmontaje de las palas y sus partes .....	35
3.4 LIMPIEZA DE LA HÉLICE .....	37
3.4.1 Materiales de limpieza .....	37
3.4.2 Procedimiento .....	38
3.5 ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE LA HÉLICE Hartzell HC-E2YR-2RBS.....	40
3.6 REPARACIÓN Y HABILITACIÓN DE LA VARILLA DE CAMBIO DE PASO .....	42
3.7 MONTAJE DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS .....	44
3.7.1 Montaje de las palas y sus partes.....	44

3.7.2 Montaje del resorte .....	45
3.7.3 Montaje del cubo.....	46
3.7.4 Montaje del pistón del cilindro .....	48
3.7.5 Montaje de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro.....	49
3.7.6 Montaje del cilindro .....	50
3.7.7 Montaje de la válvula de aire .....	51
3.8 MANUAL DE MANTENIMIENTO .....	52
3.9 ESTUDIO ECONÓMICO.....	56
3.9.1 Análisis económico .....	56
3.9.2 Materiales .....	56
3.9.3 Herramientas y equipos .....	57
3.9.4 Mano de obra.....	57
3.9.5 Otros .....	57
3.9.6 Gastos totales .....	58
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	59
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	59
4.1 Conclusiones .....	59
4.2 Recomendaciones .....	59
<b>ABREVIATURAS</b> .....	60
<b>GLOSARIO</b> .....	61
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Generalidades de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS .....	8
Tabla 2 Especificación de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS .....	9
Tabla 3 Designación del modelo de la pala .....	10
Tabla 4 Especificaciones del vástago de la pala .....	10
Tabla 5 Presión/Temperatura .....	12
Tabla 6 Componentes y partes de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS ....	19
Tabla 7 Equipo y herramientas .....	25
Tabla 8 Estudio de los componentes de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS .....	40
Tabla 9 Costos de materiales .....	56
Tabla 10 Costos de herramientas y equipos .....	57
Tabla 11 Costos de mano de obra.....	57
Tabla 12 Otros gastos .....	57
Tabla 13 Gastos totales de la habilitación de la hélice .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Empuje de la hélice .....	5
Figura 2 Agarre de aire de la hélice.....	6
Figura 3 Paso variable de la hélice.....	6
Figura 4 Cubo de aluminio de la hélice de velocidad constante .....	7
Figura 5 Vástago de la hélice .....	10
Figura 6 Enrutamiento del arnés anti hielo .....	15
Figura 7 Shot peening .....	16
Figura 8 Glass bead peening.....	16
Figura 9 Movimiento correcto e incorrecto de la aeronave .....	17
Figura 10 Partes de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS.....	23
Figura 11 Partes de la pala de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS .....	24
Figura 12 Herramienta de montaje .....	25
Figura 13 Llave con mango en T .....	26
Figura 14 Pernos roscados sin cabeza.....	26
Figura 15 Desmontaje de la válvula de aire.....	29
Figura 16 Desmontaje del cilindro .....	30
Figura 17 Desmontaje de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro .....	31
Figura 18 Remoción de la tuerca del pistón .....	32
Figura 19 Remoción del pistón .....	32
Figura 20 Remoción de los pernos del cubo .....	33
Figura 21 Desmontaje del cubo.....	33
Figura 22 Tapa del retenedor de los resortes .....	34
Figura 23 Remoción del seguro de los resortes con el santiago y su acople.....	34
Figura 24 Desmontaje de los resortes .....	35
Figura 25 Desmontaje de la pala .....	36
Figura 26 Desmontaje de rodamientos, separador de bola, horquillas, bloques de cambio de paso y o-ring.....	36
Figura 27 Desmontaje de la varilla de cambio de paso .....	36
Figura 28 Desmontaje de la hélice con sus partes .....	37

Figura 29 Limpieza de la carrera de rodamientos, rodamientos de bolas y separador de bolas .....	38
Figura 30 Limpieza del cubo.....	39
Figura 31 Limpieza de los pernos del cubo .....	39
Figura 32 Ordenamiento de los componentes limpios.....	40
Figura 33 Varilla de cambio de paso rota .....	42
Figura 34 Varilla de cambio de paso soldada.....	43
Figura 35 Torneado de la varilla de cambio de paso .....	43
Figura 36 Habilitación de la varilla de cambio de paso.....	43
Figura 37 Montaje de las palas al cubo .....	44
Figura 38 Montaje de las carreras y rodamientos de bolas .....	45
Figura 39 Colocación de grasa en los rodamientos de bola .....	45
Figura 40 Cubo y resortes de la hélice .....	46
Figura 41 Montaje del seguro del resorte con el santiago .....	46
Figura 42 Sellador en el cubo.....	47
Figura 43 Montaje del cubo .....	47
Figura 44 Montaje de los pernos largos, cortos, arandelas y pernos del cubo .....	48
Figura 45 Montaje del pistón del cilindro .....	49
Figura 46 Montaje de la unidad de arranque del cilindro.....	50
Figura 47 Montaje del cilindro.....	50
Figura 48 Montaje de la válvula de aire .....	51

## RESUMEN

El presente trabajo de titulación busca rehabilitar una **hélice** accidentada bipala **oleo neumática** de paso variable, la cual se usará en el proceso de formación de tecnólogos en mecánica aeronáutica para la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas-ESPE, para lo cual se indagó información técnica referente al equipo antes mencionado en los manuales Overhaul del fabricante Hartzell para el modelo HC-E2YR-2RBS el mismo que posee el detalle del procedimiento a seguir para el desmantelamiento del equipo y la corrección de las posibles fallas. Una vez familiarizado con esta información se desensambló el equipo para efectuar chequeos a los componentes internos que aseguran la condición y operación del mecanismo de cambio de paso. Siguiendo con el proceso se reemplazaron componentes que no estén en condiciones de operatividad y así no perjudique la **habilitación** del mecanismo de **cambio de paso** de la hélice basándose en los elementos descritos en el manual el mismo que poseía un Catálogo Ilustrado de Partes. Para concluir el proyecto se procedió con la ejecución de pruebas operacionales y adecuación del espacio físico en el que se implementa el equipo, es cual posee un soporte de doble función pues actúa como banco de comprobación al mismo tiempo que soporta el peso de la pala. El cambio de paso involucra la presurización del **acumulador** neumático y la verificación del movimiento de las palas en forma sincronizada, constatando que no existan fugas en el equipo. Este equipo permite complementar las hélices que el laboratorio posee.

### PALABRAS CLAVE

- HÉLICE
- OLEO NEUMÁTICA
- HABILITACIÓN
- ACUMULADOR
- CAMBIO DE PASO

## ABSTRACT

This final job seeks to rehabilitate an injure **propeller, oleo pneumatic** two blades with variable pitch, which will be used in the formation process of the aeronautical mechanics technologists from Unidad de Gestión de Tecnologías from Armed Forces university. It investigated technical information referred the above mentioned equipment in the Overhaul manuals from Hartzell's manufacturers to HC-E2YR-2RBS model, which has the detailed procedure to dismantling of the equipment and the correction of possible failures. Once familiar with this information the equipment was disassembled to carry out checks to internal components that ensure the operation and condition of the pitch change mechanism. Following the process, some components were replaced that were not in operating conditions and in that way, they cannot harm the **habilitation** of the **pitch change** mechanism of the propeller, based on the described elements in the manual which has an illustrated parts catalog. To fulfill the project, operational tests were done and it also proportionated the physical space in which the equipment was implemented. This space has a dual function like: a test bank and support the blade weight. The pitch change involves pressurization of pneumatic **accumulator** and the movement verification of the blades in a synchronize way noting that there are no leaks in the equipment. This equipment allows complementing the propellers that the laboratory has.

### KEYWORDS:

- PROPELLER
- PNEUMATIC OLEO
- HABILITATION
- ACCUMULATOR
- PITCH CHANGE

---

Lic. Diego Granja Peñaherrera

Jefe Sec. Dpto. Lenguas UGT

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **EL TEMA:**

HABILITACIÓN DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS COMO MATERIAL DIDÁCTICO PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.

### **1.1 ANTECEDENTES**

La Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE desde su creación tiene el primordial objetivo de brindar sus servicios académicos superiores a la juventud del país con carreras innovadoras, ofreciendo nuevos campos laborables en la industria aeronáutica, otorgando conocimientos tanto teóricos como prácticos mediante la utilización de herramientas, manuales y adquisición de destrezas que el docente imparte a sus estudiantes; para poder desarrollar su actividad técnica en las diferentes empresas de aviación.

La formación de los tecnólogos de mecánica aeronáutica se basa en los conocimientos impartidos por los docentes acerca del mantenimiento preventivo, correctivo e inspecciones de los diferentes sistemas de las aeronaves de manera teórica como son las investigaciones en internet, libros y uso de manuales, junto con las prácticas desarrolladas en los laboratorios de la Unidad de Gestión de Tecnologías y en las diferentes empresas aeronáuticas que refuerzan el nivel académico.

La Administración Federal de Aviación ofrece algunas pautas y regulaciones relativas al mantenimiento de la hélice, pero muchos procedimientos se deben hacer de acuerdo con las instrucciones del fabricante en particular. Los explotadores de aeronaves y los pilotos pueden inspeccionar visualmente las hélices, pero las actividades de mantenimiento deben ser realizados por personal especializado para que permanezca en condición eficaz y segura.



## **1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La UGT posee laboratorios para la formación de tecnólogos en Mecánica Aeronáutica, en los cuales se realizan prácticas de mantenimiento de la hélice sin embargo existe la necesidad de incrementar los equipos con los que la institución cuenta, puesto que el constante avance de la tecnología propicia que nuevos elementos sean usados en el parque aeronáutico nacional.

La falta de una hélice oleo neumática en los laboratorios de la UGT limita al estudiante a observar y realizar prácticas con una hélice de mecanismo distinto del cambio de paso, lo cual conlleva a que los conocimientos y destrezas no abarquen todas las posibilidades al momento de desarrollar este tipo de mantenimiento en su vida profesional ya que es fundamental que lo teórico sea explicado de forma práctica.

Al no poseer un equipo de estas características los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica no tendrían la oportunidad de aprender de forma práctica otro mecanismo del cambio de paso de la hélice, esto podría conllevar a que al momento de su inserción laboral, se vean perjudicados puesto que la mayoría de las plazas de trabajo emplean equipos propulsados por hélices por tanto al no poseer estas destrezas sus posibilidades de empleo se verán reducidas.

## **1.3 JUSTIFICACIÓN**

La habilitación de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS se destina para ser utilizada como material de instrucción, esta hélice es oleo neumática de velocidad constante que utiliza una carga de aire, resorte y contrapesos para mover las palas de modo que la presión de aceite hacia el pistón hidráulico se opone a los contrapesos, el resorte y carga de aire lo cual permite el cambio de paso de las palas. De manera que se podrá enseñar un método distinto del cambio de paso de la hélice pero con la misma finalidad.

Este proyecto será de beneficio para la formación de los tecnólogos de mecánica aeronáutica para proporcionar conocimiento de la variedad de hélices que aún no posee la UGT, es indispensable que los laboratorios

adquieran esta hélice oleo neumática para complementar el equipamiento de los mismos y así que la enseñanza teórica del cambio de paso de esta hélice sea acompañada de la práctica, adquiriendo destrezas necesarias para el correcto manejo de los equipos o herramientas del campo aeronáutico.

El presente trabajo de investigación tiene como meta ampliar las expectativas de los futuros profesionales en el campo aeronáutico que les permitan desarrollar un alto nivel de destrezas técnicas al realizar su labor en las diferentes áreas del mantenimiento de una aeronave, de tal manera que se puede fortalecer la formación académica implementando las mejores guías y herramientas tecnológicas.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Habilitar la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS mediante la utilización de los manuales de mantenimiento para que sirva como material didáctico en la Unidad de Gestión de Tecnologías.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información técnica del mecanismo que permite el cambio de paso de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS según las especificaciones del fabricante.
- Inspeccionar daños en los componentes que pudieran impedir el cambio de paso de la hélice.
- Habilitar los elementos defectuosos hallados en la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS.

## **1.5 ALCANCE**

El presente proyecto propone habilitar la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS efectuando un análisis de los mecanismos que se ven involucrados en el cambio de paso de la hélice de este equipo para determinar aquellos que

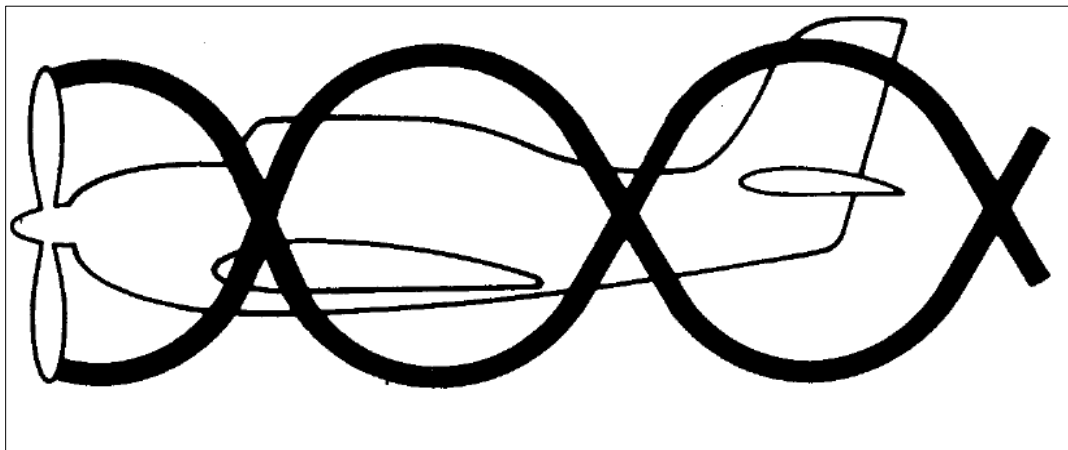
presenten anomalías que impidan su normal funcionamiento; una vez aisladas se pretende hacer el reemplazo de los componentes defectuosos permitiendo así que el equipo quede en condiciones operacionales para que sea de beneficio como material didáctico para los estudiantes de la UGT.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA PROPULSOR

#### 2.1.1 Hélice

La hélice es un mecanismo rotatorio que produce empuje mediante las palas, estas generan aire que proporciona la fuerza necesaria para mover la aeronave.

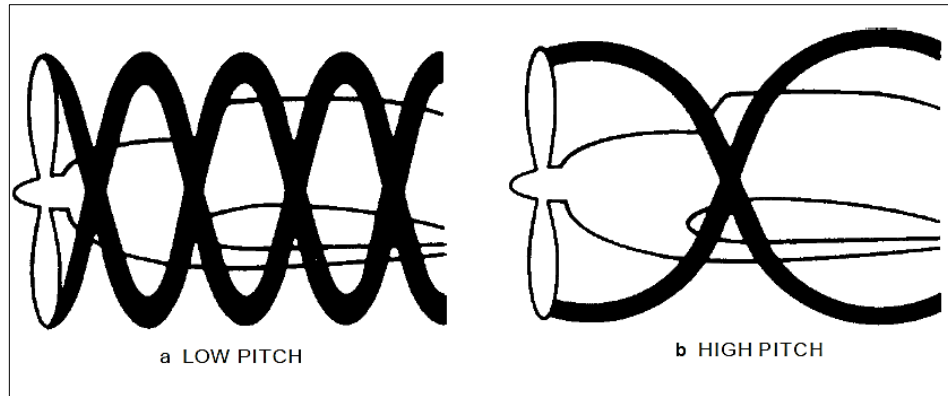


**Figura 1 Empuje de la hélice**

**Fuente:** (Propeller H. , Propeller operation & care for pilots, 1991)

#### 2.1.2 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. La cantidad de agarre de aire que toma cada pala es determinado por el ángulo de la pala. Un bajo o paso fino tiene un pequeño agarre de aire. Un pequeño agarre de aire sería utilizado para el despegue y ascenso. Un alto o paso grueso de la pala lleva un mayor agarre de aire. El paso grueso sería utilizado para la travesía y la velocidad máxima. (Propeller H. , 1991)

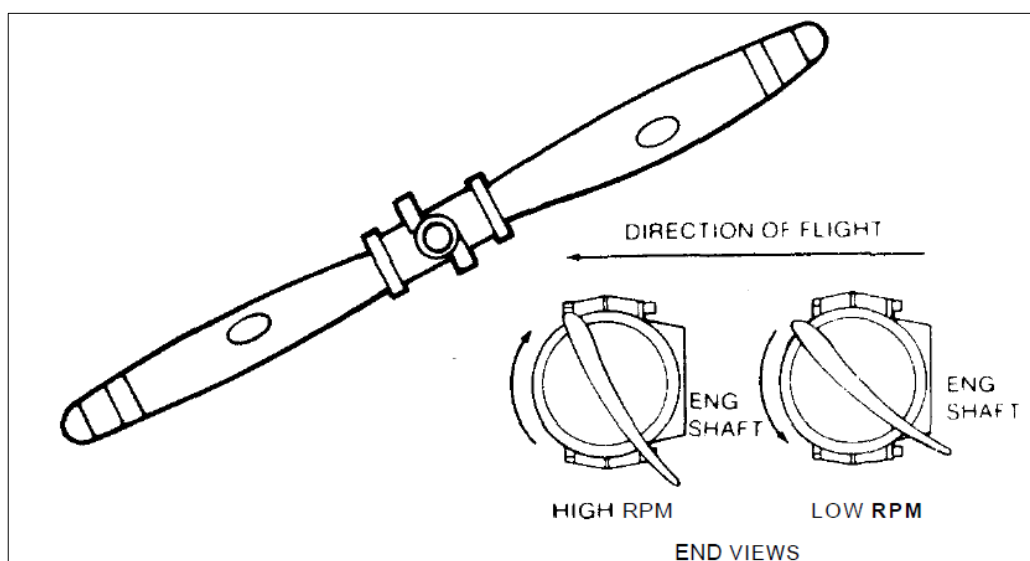


**Figura 2 Agarre de aire de la hélice**

**Fuente:** (Propeller H. , Propeller operation & care for pilots, 1991)

### 2.1.3 Paso variable

Una hélice de paso controlable o variable es una que puede ser cambiada manualmente en vuelo para obtener un rendimiento casi óptimo. Dos posiciones están disponibles: un ajuste alto y bajo de r.p.m. La hélice de paso variable llamada “hidro-selectivo” es controlada manualmente desde la cabina a través de una unidad hidráulica montada en el motor. La fuente de potencia es la presión de aceite del motor y varios ajustes de control manual, que va a cambiar el paso y r.p.m. a cualquier ajuste deseado dentro del rango de cambio de paso de la hélice. (Propeller H. , 1991)



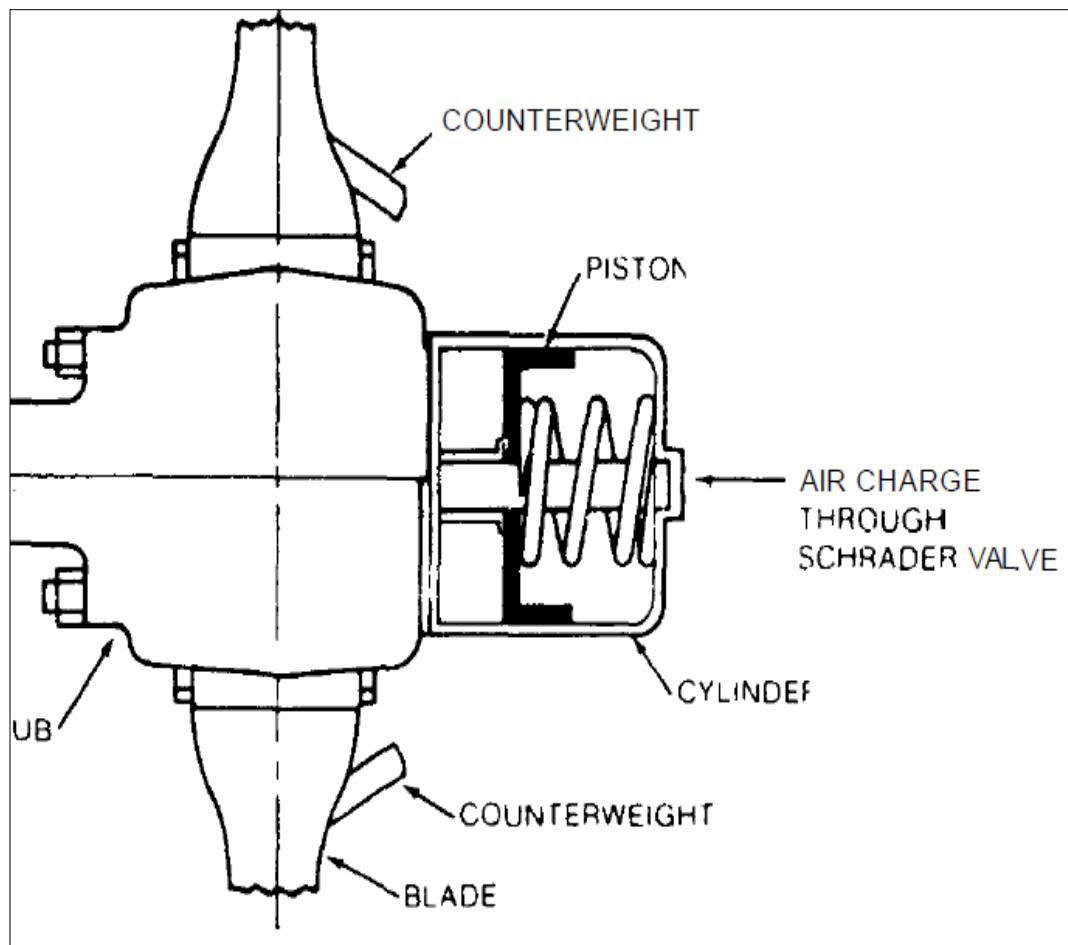
**Figura 3 Paso variable de la hélice**

**Fuente:** (Propeller H. , Propeller operation & care for pilots, 1991)

#### 2.1.4 Velocidad constante

Una hélice de velocidad constante es aquella que cambia automáticamente el paso en vuelo para mantener las r.p.m. constantes. Se proporciona al piloto la ventaja de obtener el máximo rendimiento de la combinación hélice-motor, sobre un rango amplio de condiciones de operación.

En las hélices de velocidad constante, el aceite del motor es usado para regular las r.p.m. El ajuste de r.p.m. deseado es seleccionado por el piloto que establece el gobernador de la hélice para mantener las r.p.m. seleccionadas. El gobernador montado en el motor regula el flujo de aceite hacia y desde la hélice. La hélice controla la velocidad del motor mediante la variación del ángulo de la pala de la hélice. (Propeller H. , 1991)



**Figura 4** Cubo de aluminio de la hélice de velocidad constante

**Fuente:** (Propeller H. , Propeller operation & care for pilots, 1991)

## 2.2 HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS

### 2.2.1 Generalidades de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS

La hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS usa palas compuestas o de aluminio montadas en un cubo de aluminio. El cubo se mantiene unido con pernos y contiene el mecanismo de cambio de paso. El componente de cambio de paso incluye la varilla de cambio de paso, horquilla, bloques de cambio de paso, y perillas de cambio de paso. Esta hélice es baja en peso con simplicidad de diseño y construcción resistente. (Hartzell P. , 1999)

### 2.2.2 Características generales

La siguiente tabla describe la nomenclatura usada para describir la hélice la cual se empleará en el desarrollo del presente trabajo de titulación.

**Tabla 1**

**Generalidades de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS**

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
HC	Hélice controlable
E	Características de diseño básico: cubo extendido
2	Número de palas
Y	Sistema de retención o espiga de la pala
R	Tamaño de eje
2	Características específicas de diseño: velocidad constante, Embanderamiento, presión de aceite a paso bajo, cambio de aire y resorte para Embanderamiento a paso alto, puede tener o no contrapesos para embanderar a paso alto.
RBS	Modificaciones menores

**FUENTE:** (Hartzell P. , Propeller Owner's Manual and Logbook , 1999)

### 2.2.3 Especificaciones de la hélice

Las especificaciones detalladas en la tabla a continuación pertenecen a diferencia de las halladas en la figura 1, a las características técnicas y operacionales de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS que es el equipo a utilizar en el presente trabajo de titulación como guía didáctica para los estudiantes.

**Tabla 2**

#### **Especificación de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
Diámetro de la hélice	77 pulgadas
Modelo de las palas	F8465B-7R
Ángulo de paso bajo	14.5 +- 0.2 grados
Ángulo inicial de bloqueo (startlock)	20.0 +- 1.5 grados
Ángulo alto/ Embanderamiento	80.0 +- 1.0 grados
Reversa	N/A
Potencia	250HP /2575 RPM
Estación de referencia	30

Fuente: (Propeller H. , Application Guide, 1999)

### 2.3 PALAS DE ALUMINIO

Las palas de aluminio son fabricadas desde un fragmento solido de aluminio que se ha forjado y termo tratado antes de la fabricación, estas son aligeradas en peso mediante el vaciado de su raíz a fin de que el cubo de la hélice que las soporta durante la operación requiera una menor resistencia estructural. Las palas de aluminio son usadas en ambas hélices tanto en las de cubo de aluminio como en las de cubo de acero en una variedad de diseños, los cuales requieren el uso de varios modelos de la raíz de la pala de la hélice contando con diferentes métodos de encastre al cubo de la hélice. Es por esta razón que las palas se distinguen según su modelo por el diseño del vástago, el diámetro de la hélice, el tipo de configuración que el



fabricante ha proporcionado y otras características de la pala. (Crespo, 2012)

**Tabla 3**

**Designación del modelo de la pala**

<b>SIMBOLOGÍA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
<b>F</b>	Cambio de mando de paso largo, vástago "Y"
<b>8465</b>	Los primeros dos o tres números indican un diámetro de diseño básico (en pulgadas), los últimos números indican un modelo específico.
<b>B</b>	Bota de eliminación de hielo o anti hielo
<b>-7</b>	Reducción de diámetro desde el diseño básico.
<b>R</b>	Punta redondeada específicamente.

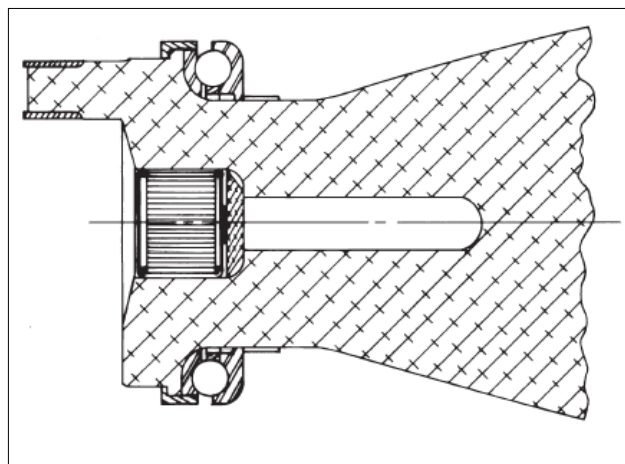
Fuente: (Propeller H. , Aluminum Blade, 1996)

**Tabla 4**

**Especificaciones del vástago de la pala**

<b>VÁSTAGO</b>	<b>TIPO DE CUBO</b>	<b>RETENCIÓN</b>	<b>COJINETE INTERNO</b>	<b>CAMBIO DE PASO</b>
<b>Y</b>	Compacto	Simple refuerzo	1 rodillo	Mando integral

Fuente: (Propeller H. , Aluminum Blade, 1996)



**Figura 5 Vástago de la hélice**

Fuente: (Propeller H. , Aluminum Blade, 1996)

## **2.4 OPERACIÓN**

### **2.4.1 Paso de las palas**

Esta hélice de velocidad constante usa una carga de aire, resorte, y contrapesos para mover las palas a posición bandera/paso alto. El momento centrífugo de torsión de la pala actúa para mover las palas a paso bajo, pero la carga de aire, resorte, y contrapesos sobrellevan esta fuerza. La presión de aceite en contra del pistón hidráulico montado en la hélice se opone a las fuerzas de contrapesos, resorte, y carga de aire para mover las palas a un ángulo de pala bajo (paso bajo).

La acción de carga de aire, resorte, y contrapesos tiende a mover las palas a un ángulo de pala mayor (paso alto), reduciendo las RPM del motor. La presión de aceite hacia un paso bajo incrementa las RPM del motor. En las hélices Hartzell compactas, el paso mínimo se ajusta mediante un tornillo (low pitch stop) situado en la parte frontal del cubo, de tal manera que si se gira en sentido horario, se aumentara el paso mínimo. Este tornillo consta de una tuerca de retención que frena dicho tornillo. (Hartzell P. , 1999)

### **2.4.2 Embanderamiento**

Un embanderamiento normal en vuelo de estas hélices se lleva a cabo cuando el piloto hala el control de paso de la hélice más allá del seguro de bandera. Esto permite controlar el aceite para drenar desde el cilindro y retornar hacia el sumidero del motor. El motor puede apagarse. Un desembanderamiento normal en vuelo se lleva a cabo cuando el piloto posiciona el control de paso de la hélice dentro del rango normal de vuelo (gobernador) y un pre arranque del motor es intentado.

Cuando el motor está parado en tierra, es indeseable embanderar la hélice, ya que el ángulo de pala alto inhibe el arranque del motor. Para prevenir un embanderamiento durante un apagado normal de motor en tierra, la hélice incorpora un resorte de retención energizado. Mientras la rotación de la hélice es aproximadamente 800 RPM o superior, los seguros son desenganchados por una fuerza centrífuga actuando sobre los seguros

para comprimir los resortes. Cuando las RPM caen por debajo de 800 RPM (y el ángulo de la pala esta típicamente dentro de los 7 grados de parada de paso bajo), los resortes sobre llevan la fuerza centrífuga a los pesos de los seguros y mueven los seguros para enganchar las paradas de paso alto, previniendo el movimiento de ángulo de pala para embanderar. (Hartzell P. , 1999)

### 2.4.3 Acumulador hidráulico

Algunas aeronaves están equipadas con un acumulador hidráulico, el cual almacena un suministro de baja presión de aceite. Este suministro de aceite es realizado para desembanderar la hélice durante un pre arranque del motor en vuelo. El aceite presurizado es dirigido a la hélice, resultando un decrecimiento de ángulo de la pala. La hélice empieza en un régimen de torbellino y un pre arranque del motor es posible. (Hartzell P. , 1999)

### 2.4.4 Carga de aire

La carga de aire debe estar libre de humedad excesiva. Usa gas de nitrógeno seco si está disponible. Un exceso de agua en el cilindro puede congelar el pistón durante el tiempo frio.

**Tabla 5**

#### **Presión/Temperatura**

<b>TEMPERATURA °C</b>	<b>PRESIÓN (PSI)</b>
37,8	74
21,1	70
4,4	66
-12,2	62
-28,9	58

**Fuente:** (Piper Aircraft Corporation, 1973)

La hélice HC-E2YR-2RBS contiene resortes, para salvaguardar contra una sobre velocidad debido a la pérdida de carga de aire. Este resorte

produce suficiente fuerza para controlar las r.p.m. de la hélice, dentro de un rango de operación normal, prevista que la velocidad de aire es reducida y la potencia se aplica lentamente. Cuando se efectúa el serviceo a las hélices es importante asegurar que las hélices tengan una apropiada carga de aire, de acuerdo al siguiente cuadro de suministro de presión acorde a la temperatura ambiental. (Piper Aircraft Corporation, 1973)

## **2.5 SISTEMA ANTI HIELO DE LA HÉLICE**

El sistema de anti- hielo de la hélice elimina el hielo que se forma en las palas calentando eléctricamente las botas de deshielo. El hielo se funde parcialmente y se lanza desde la pala por la fuerza centrífuga.

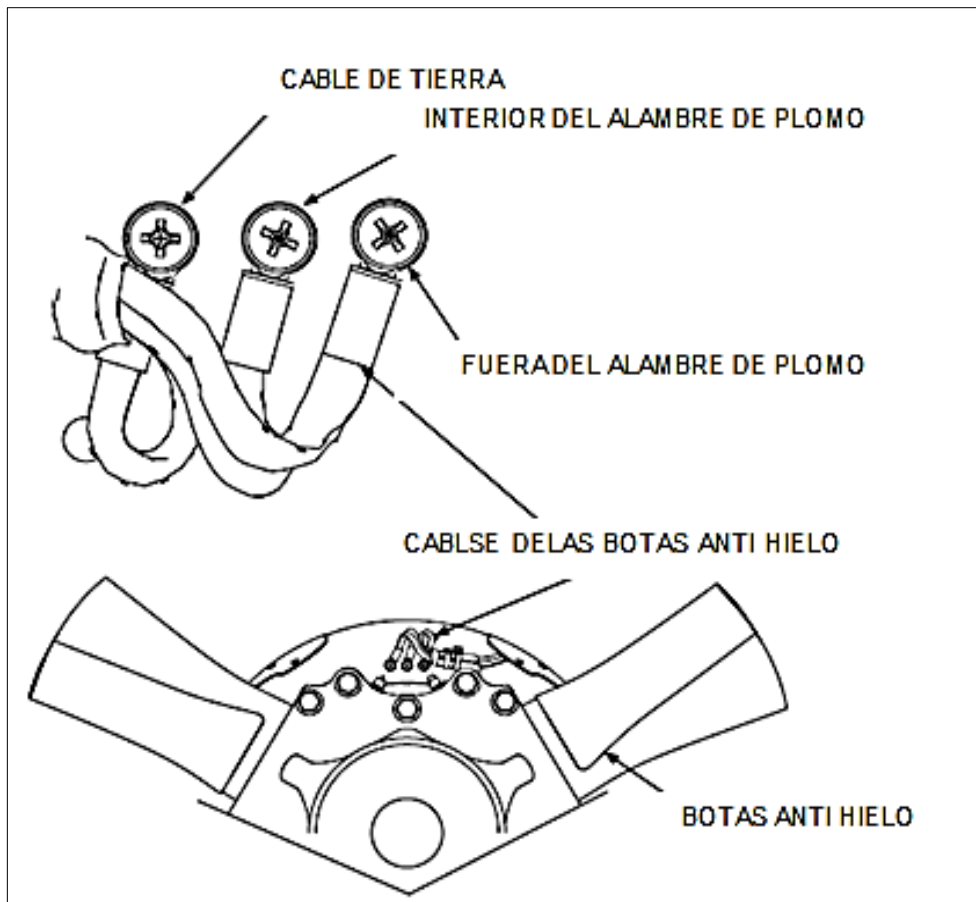
### **2.5.1 Componentes del sistema anti hielo**

- **Zapata de alimentación.-** Las zapatas de alimentación de la pala se canalizan por láminas de caucho que están conectadas de forma segura al borde de ataque de cada pala con adhesivo. Las crestas en las zapatas dirigen el fluido hacia fuera sobre las palas y permiten una distribución uniforme del fluido anti hielo a través de las palas.
- **Tubo de alimentación.-** Están instalados en el cubo de la hélice y se ajustan para dispensar fluido a lo largo del borde delantero de la zapata de alimentación de la hélice.
- **Tanque de líquidos.-** Depósito para el líquido anti hielo.
- **Bomba.-** La bomba suministra fluido anti hielo desde el tanque a una velocidad controlada. El líquido anti hielo se entrega a través de un filtro, una válvula de retención y luego a través de tubos a un anillo deflector situada en la parte trasera de la hélice.
- **Anillo deflector.-** El anillo anti hielo se dispensa en el anillo deflector de rotación, que contiene el líquido en un canal curvado por la fuerza centrífuga. El fluido fluye entonces fuera del anillo deflector a través de tubos de alimentación que se conectan al anillo lubricador y luego

hacia afuera sobre la zapatas de alimentación de las palas. (Hartzell, 2006)

### 2.5.2 Componentes eléctricos de sistema anti hielo

- **Interruptor de encendido/apagado.-** El sistema de anti hielo se compone de uno o más interruptores de encendido/apagado. El piloto controla el sistema de deshielo mediante la activación de uno o más interruptores.
- **Temporizador.-** Determina la secuencia que las palas o parte de ellas están cubiertas de hielo y por cuanto tiempo, aplicando potencia a cada bota de deshielo.
- **Cepillo de bloqueo.-** Normalmente está montado en el motor justo detrás de la hélice, se utiliza para transferir la electricidad al anillo de deslizamiento.
- **Anillo de deslizamiento.-** El anillo de deslizamiento gira con la hélice y proporciona un trayecto de corriente a la botas de deshielo de la pala.
- **Arnés de cables del anillo colector.-** Se utiliza en algunas instalaciones del cubo para conectar eléctricamente el anillo colector al tornillo de conexión de regleta de terminales.
- **Arnés de cables de deshielo.-** Se utiliza para conectar eléctricamente la bota de deshielo a la unidad del anillo deslizante.
- **Bota de deshielo.-** Contiene elementos de calentamiento interno o elementos duales. La bota está conectada de forma segura al borde de ataque de cada pala con adhesivo.
- **Amperímetro.-** Se utiliza para indicar el sistema de flujo de corriente. El amperímetro tiene una derivación interna o externa.
- **Interruptor automático.-** Se utiliza para cortar la energía en caso de una sobrecarga. (Hartzell, 2006)



**Figura 6 Enrutamiento del arnés anti hielo**

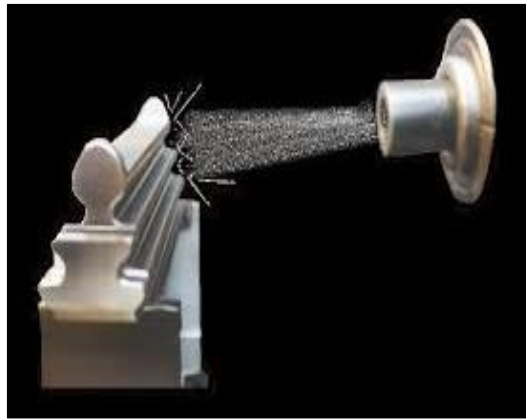
**Fuente:** (Hartzell, 2006)

## 2.6 LIMPIEZA DE LA HÉLICE

Para conservar y mantener la aeronavegabilidad de las hélices de aleación de aluminio es primordial la limpieza de estas. Se tendrá cuidado con no dañar los recubrimientos protectores de los que dispone la hélice (lacas, pinturas, superficies anodizadas, etc). Estos recubrimientos pueden dañarse por emplear un compuesto de limpieza inapropiado, un cepillo demasiado duro, e incluso por un incorrecto manejo de la hélice. Algunas hélices tienen tratamientos superficiales especiales como shot peening o el glass bead peening que pueden dañarse si se utiliza lana de acero u otros materiales abrasivos para su limpieza. La utilización de equipos de limpieza a presión de agua no está permitida ya que el agua puede atravesar los sellos existentes, y penetrar en el cubo u otras cavidades, provocando la corrosión interna. (Crespo, 2012)

### 2.6.1 Shot peening (Granallado)

Es un proceso mecanizado en frío que emplea micro esferas metálicas las cuales crean hoyuelos en la superficie del elemento a tratar, diseñado específicamente para mejorar la resistencia a la fatiga de los componentes que están sujetos a la alta tensión alterna mediante la creación de zonas de compresión minúsculas en la superficie del componente.



**Figura 7 Shot peening**

**Fuente:** (Ms/: India Glass Bead's, 2016)

### 2.6.2 Glass bead peening (Granallado de granos de cristal)

Es un proceso diseñado para componentes más delicados que se requiere una compresión de superficie más clara, usa el mismo principio que el shoot peening sin embargo el material empleado para impactar en la superficie del objeto a tratar es de origen sintético y su composición es más blanda.



**Figura 8 Glass bead peening**

**Fuente:** (Schneider, 2016)

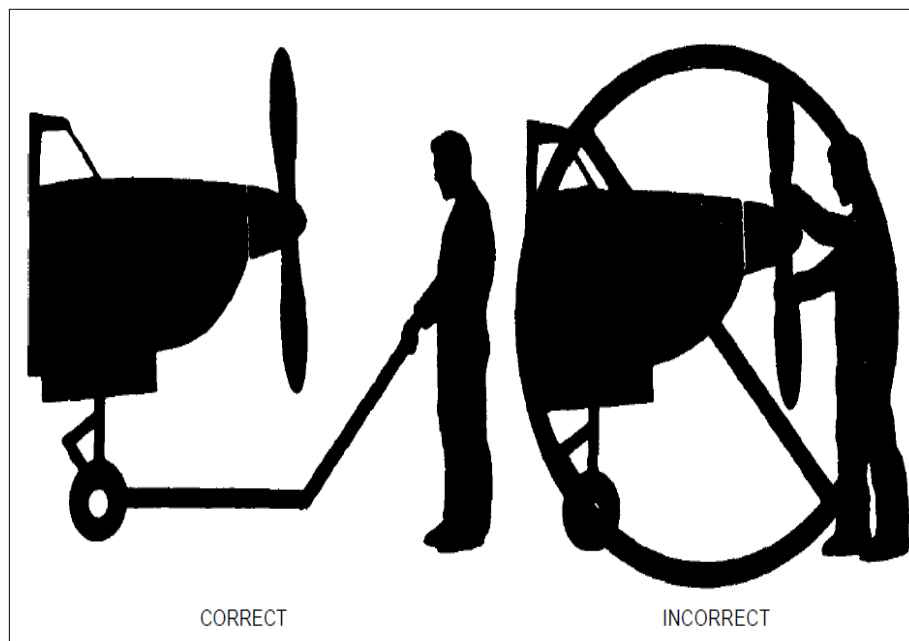
## 2.7 MANTENIMIENTO DE LA HÉLICE

### 2.7.1 Cuidado de la hélice

Evite operar la aeronave en áreas con piedras sueltas o arena ya que estas pueden ser arrastradas a las palas de las hélices causando daño a la cara de la pala o al borde de ataque. Cuando despegue en una pista cuya superficie no es pavimentada se puede minimizar la posibilidad de daño a la hélice, dejando que la aeronave lentamente empiece a carretear antes de aplicar potencia de despegue, todo depende del largo de la pista. (Propeller H. , 1991)

### 2.7.2 Precauciones generales del equipo

- Nunca empuje al avión de la hélice, tampoco tire de ella.
- Mantenga las hélices libres de manchas y otros materiales nocivos que puedan causar defectos en las mismas.
- Asegure las hélices cuando el avión está estacionado.



**Figura 9 Movimiento correcto e incorrecto de la aeronave**

**Fuente:** (Propeller H. , Propeller operation & care for pilots, 1991)



### **2.7.3 Daño de la hélice**

Las hélices de aluminio son muy duraderas, eficientes y tienen un mantenimiento relativamente barato. No obstante se deberán realizar inspecciones programadas para detectar los daños que aparezcan de forma prematura. En el caso de detectarse daños importantes, se deberán reparar antes del siguiente vuelo de la aeronave, como es lógico. (Propeller H. , 1991)

## **2.8 INSPECCIÓN DE LA HÉLICE**

Se realiza a las 100 horas o anual, en esta inspección se comprobará la presión del gas nitrógeno que la hélice lleva en el cubo. Si la presión es demasiado baja, la hélice tendrá dificultad para abanderarse o no será capaz, y no funcionara de forma óptima en régimen de velocidad constante, tendiendo a la sobre velocidad. Por lo contrario, si la presión es excesivamente alta, la hélice no alcanzará las r.p.m. máximas, y la hélice se abanderara cuando el motor se detenga. Para comprobar la presión del nitrógeno en el cubo de la hélice, las palas deberán estar retenidas en paso bajo (start lock latch actuando). (Crespo, 2012)

### **2.8.1 Procedimiento de inspección**

- 1) Remover el spinner.
- 2) Inspeccione visualmente las palas por picadura, ranura y grietas.
- 3) Inspeccione visualmente las partes del cubo por grietas o desgaste.
- 4) Inspeccione todas las partes de la hélice visibles por grietas, desgaste o condiciones inseguras.
- 5) Cheque por fuga de grasa y aceite.
- 6) Cheque tracking de las palas.
- 7) Limpie o reemplace el filtro del sistema anti-ice. (Propeller H. , 1994)

## 2.9 TIPO DE LUBRICANTE RECOMENDADO

- Aeroshell 6 para hélices nuevas.
- Aeroshell 5 para altas temperaturas (38°).
- Aeroshell 7 para bajas temperaturas.
- Royco 22CF.

## 2.10 COMPONENTES Y PARTES DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS

Tabla 6

Componentes y partes de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS

ÍTEM	NÚMERO DE PARTE	COMPONENTE
10	A-2405-2	Tuerca, spinner
20	A-169-7	Espaciador, spinner
30	A-2405-3	Tuerca, spinner, cilindro- lado. Sustituido por ítem 30A.
30 <sup>a</sup>	A-2405-4	Tuerca, spinner, cilindro- lado. Sustituido por ítem 30.
30B	A-2405-4	Tuerca, spinner, cilindro- lado.
35	B-7589	Tornillo, conjunto, 1 /4 -28, atornillado
40	B-1938	Conjunto de la válvula
50	A-2404-1	Paso bajo
60	C-3317-117	O-ring de paso bajo
70	B-2452-1	Cilindro
-80	A-862-6	Buje del cilindro
90	C-3317-431-1	O-ring del cilindro
100	B-3841-10	Tornillo (caja de bloqueo inicial)
-110	830-21	Conjunto del bloqueo inicial
120	B-2406-1	Caja de bloqueo inicial
130	A-884	Resorte, compresión (bloqueo inicial)
140	A-2407-2	Pin de bloqueo inicial
150	B-3838-3-5	Cotterpin
280	A-3205	Tornillo

CONTINUA

290	B-3837-0563	Arandela
300	A-2411-1	Arandela, parada de bandera
310	B-3837-0563	Arandela, ajuste de bandera
320	A-2499-10	Mango de parada de paso alto
330	A-2435	Arandela, ajuste paso alto
340	B-3807	Tuerca del pistón
350	B-2455	Pistón, reemplazo por ítem 350A
350A	B-3239	Pistón, reemplace ítem 350
360	C-3317-210-1	O-ring del pistón
370	B-2491-4S	Varilla de cambio de paso
380	C-3317-251	O-ring, montante del cilindro
390	C-3317-210-1	O-ring, varilla de cambio de paso, mitad del cubo del lado del cilindro
400	B-2457-2	Horquilla de seguridad, cambio de paso. Sustituido por ítem 400A
400A	B-2457-3	Horquilla de seguridad, cambio de paso. Reemplace ítem 400.
420	B-3323	Plato antirotación
430	B-3842-0500	Pasador de resorte
440	A-2217-1	Bloque de cambio de paso. Sustituido por ítem 440B.
440B	A-2217-4	Bloque de cambio de paso. Sustituya ítem 440.
440C	A-2217-3	Bloque de cambio de paso.
450	A-3212	Botón del bloque de cambio de paso
480	D-2477-2R	Cubo. Sustituido por ítem 480 <sup>a</sup>
480A	D-6565-1R	Cubo. Sustituya ítem 480
490	A-2245-1	Buje de la varilla de cambio de paso. Sustituido por ítem 490, use con ítem 480.
490A	A-2245-3	Buje de la varilla de cambio de paso. Sustituya ítem 490, use con ítem 480A.
500	A-2249	Guía del buje
-510	A-2273	Conjunto del resorte



CONTINUA

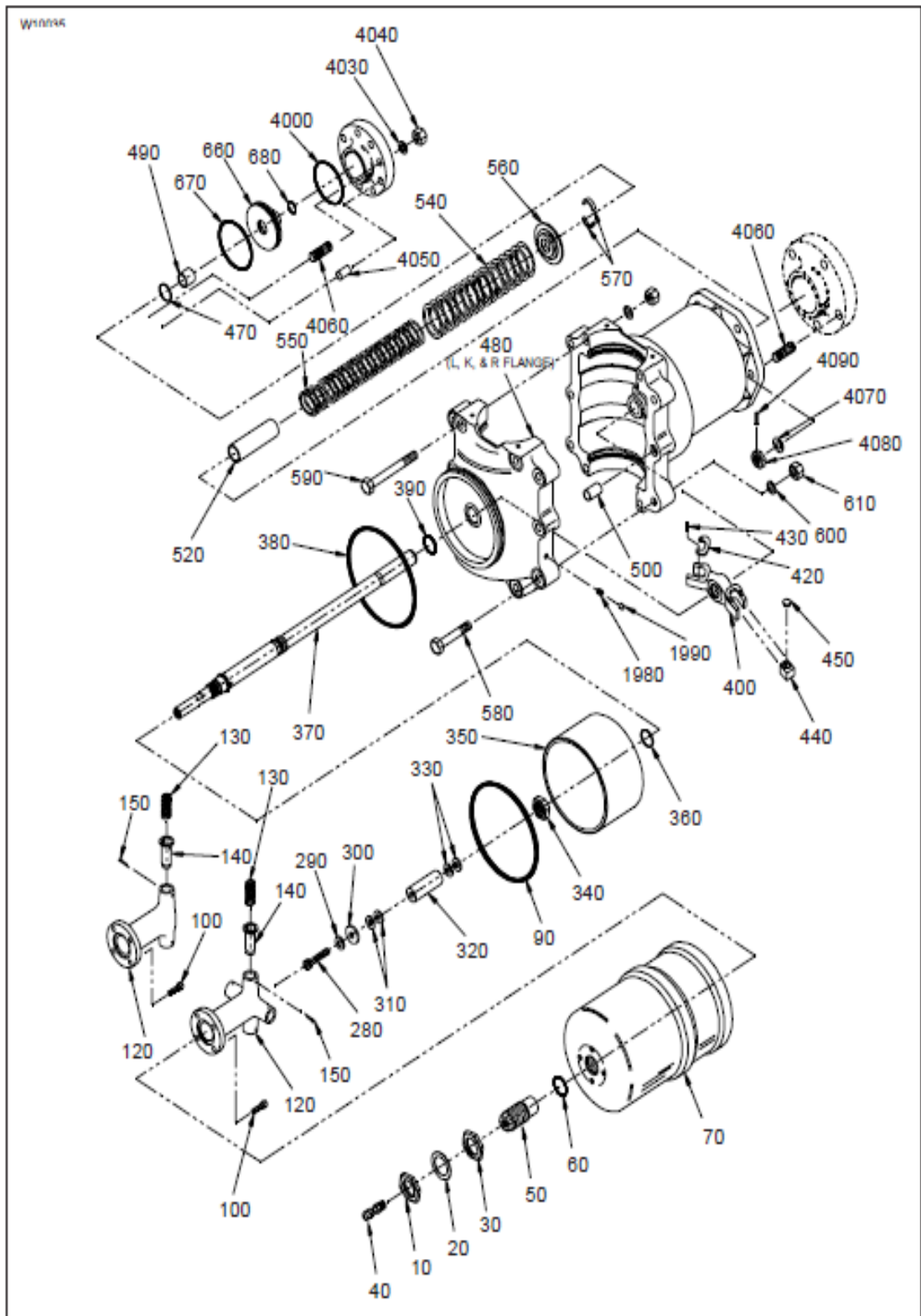
520	A-2268	Espaciador
540	B-3281-1	Resorte, embanderamiento largo
550	B-3281-3	Resorte, embanderamiento pequeño
560	A-2269	Retenedor del resorte
570	A-2272	Retenedor de separación
580	A-2431	Perno
590	A-2432	Perno
600	B-3834-0632	Arandela
610	A-2043-1	Tuerca
660	A-2481-3	Conector del cubo
670	C-3317-226	O-ring del conector del cubo OD
680	C-3317-115-1	O-ring del conector de cubo ID
1980	A-279	Conexión de lubricación
1980A	C-6349	Conexión de lubricación – alterna
1990	B-6544	Tapa de la conexión de lubricación
3000	A-2413	Buje de la perilla de cambio de paso, no granallado.
3000A	A-2413-2	Buje de la perilla de cambio de paso, no granallado. Sustituido por item 3000B O 3000C.
3000B	C-7645	Buje de la perilla de cambio de paso. Sustituya item 3000A.
3000C	C-7645-1	Buje de la perilla de cambio de paso. Sustituya item 3000A.
3010	B-3883-4339	Quad-ring, sello de la pala
3020	A-2202-A	Carrera del lado del cubo
3030	B-6144	0.5 " Diámetro del cojinete de bola
-3030A	B-6144-650	0.5 " Diámetro del cojinete de bola
3040	B-3211	Espaciador de bola
3050	A-2202-B	Carrera del lado de la pala
3060	A-2204	Anillo de retención de la carrera del cojinete de la pala
-3070	B-2256	Unidad de la placa de precarga



CONTINUA

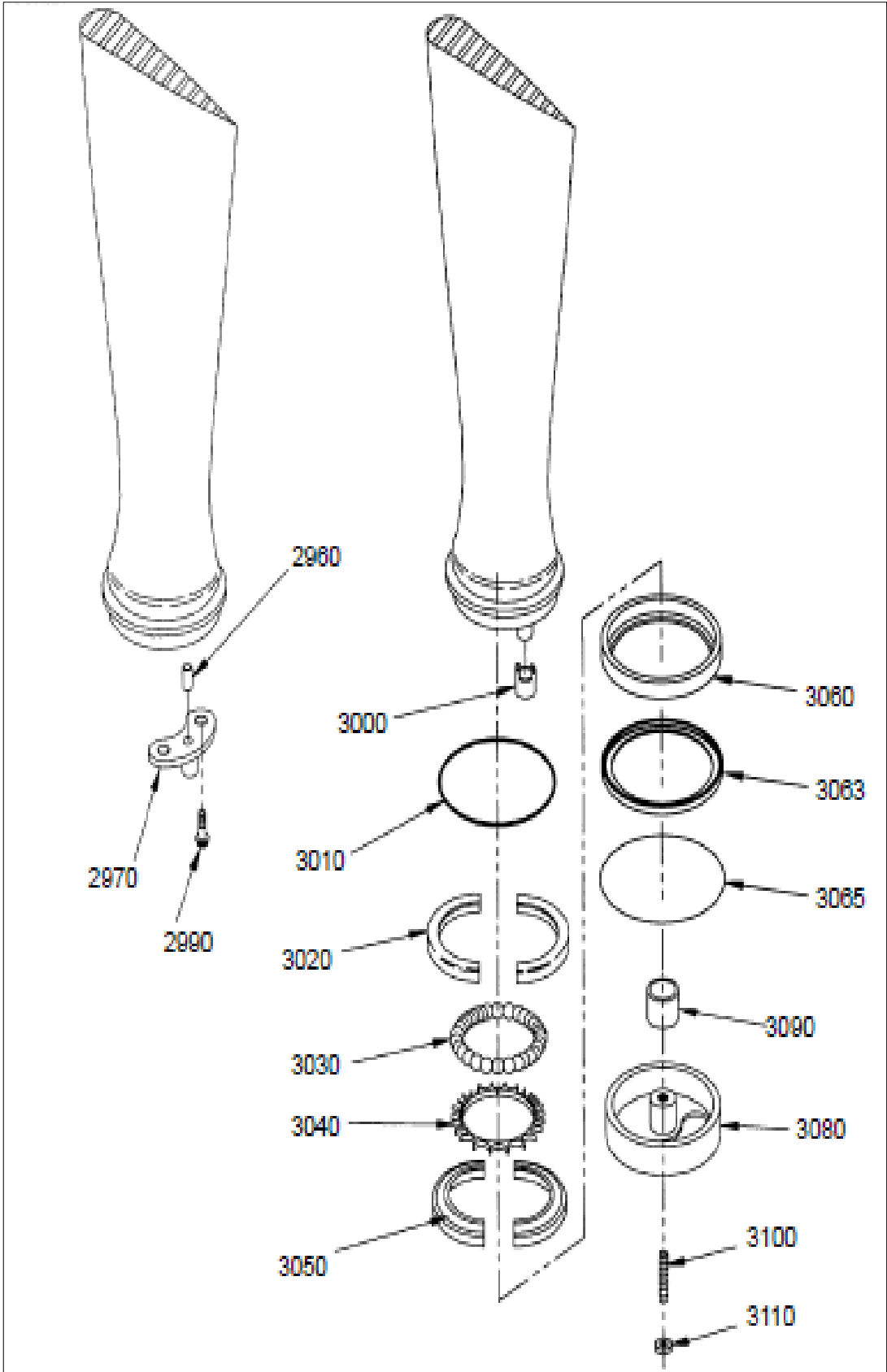
3080	B-2222	Placa de precarga
3090	B-6679	Carrera del cojinete de la pala interior.
3100	A-3204	Tornillo de cabeza hueca
3110	B-3368	Interferencia de la tuerca
-4000	C-3317-228	O-ring de la brida
-4060	A-2067	Esparrago del montante del cubo
-4070	A-1381	Arandela, resistente, inoxidable
-4080	A-2069	Tuerca
-4090	B-3842-0750	Pasador del resorte
-9000	B-3840-( )	Tornillo
-9020	A-2424(A)-( )	Tornillo

**Fuente:** (Hartzell P. , Compact Constant Speed and Feathering Propeller Overhaul and Maintenance Manual, 1999)



**Figura 10 Partes de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS**

**Fuente:** (Hartzell P. , Compact Constant Speed and Feathering Propeller Overhaul and Maintenance Manual, 1999)



**Figura 11 Partes de la pala de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS**

**Fuente:** (Hartzell P. , Compact Constant Speed and Feathering Propeller Overhaul and Maintenance Manual, 1999)

## 2.11 EQUIPO Y HERRAMIENTAS

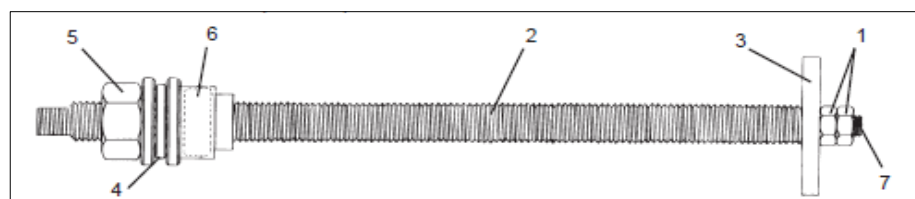
En la siguiente tabla describe los equipos y herramientas que se utilizaran para la habilitación de la Hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS con su respetivo número de parte.

**Tabla 7**

### Equipo y herramientas

TE / NÚMERO	NÚMERO DE PARTE	DESCRIPCIÓN
TE6	BST-2837	Adaptador de la llave de torque
TE9	BST-2853	Herramienta de montaje
TE31	BST-2826-1	Conjunto del compresor de resorte
TE129	CST-2901-( )	Tabla del conjunto de la hélice
TE153	BST-2921	Pernos roscados sin cabeza
TE283	BST-2828	Corredera del compresor de resorte
TE284	AST-2827-1	Tornillo del compresor de resorte
TE287	BST-2850	Varilla roscada
TE288	AST-2852	Arandela perforada
TE289	BST-3152	Cojinete de empuje
TE290	BST-3151	Tuerca hexagonal de 5/8
TE291	AST-2851	Arandela guía
TE380	CST-3110	Tuerca del cilindro
TE381	BST-3109	Llave con mango en T
TE387	B-3368	Tuerca hexagonal 5/16 -24
TE388	A-3204	Tornillo de ajuste 5/16 - 24

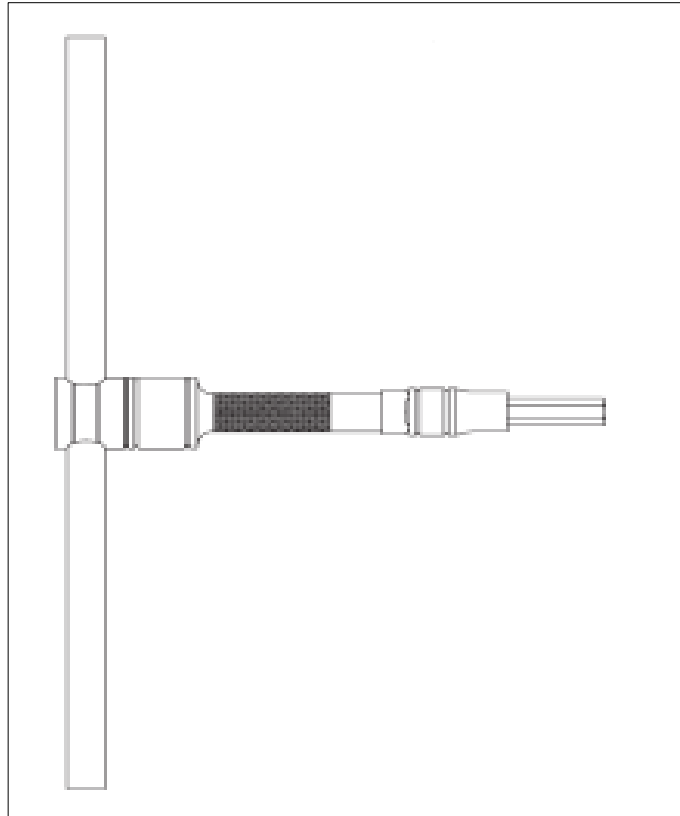
Fuente: (Propeller I. H., 1995)



**Figura 12 Herramienta de montaje**

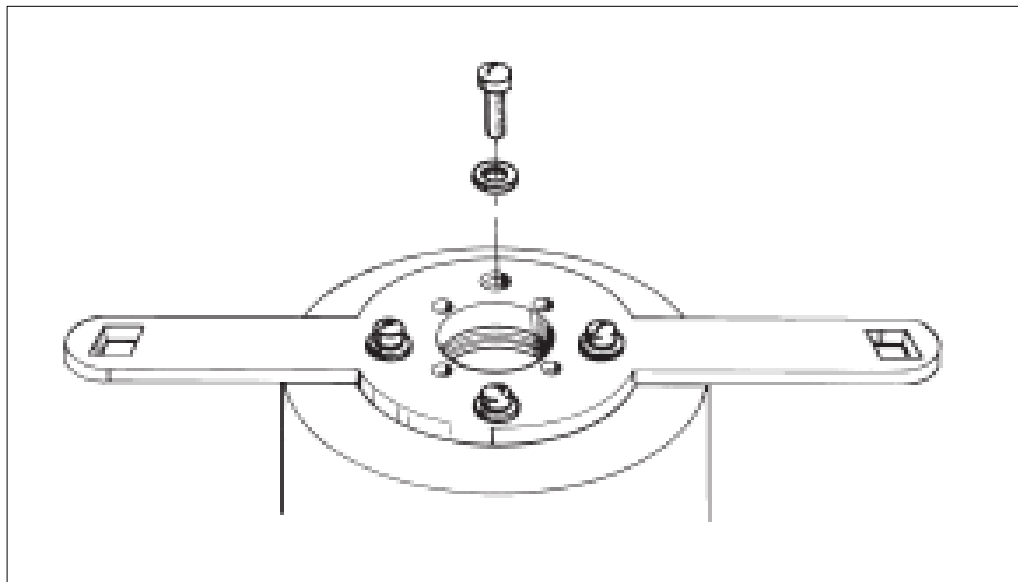
Fuente: (Propeller I. H., 1995)





**Figura 13 Llave con mango en T**

**Fuente:** (Propeller I. H., 1995)



**Figura 14 Pernos roscados sin cabeza**

**Fuente:** (Propeller I. H., 1995)

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 PRELIMINARES**

El equipo hallado en esta operación está en condición inoperativa, se encuentra ensamblado, se pretende adecuarlo para uso de prácticas en hélices y rotores adjuntado adicionalmente a efectos de instrucción los manuales del fabricante empleados en el laboratorio de hidráulica ubicado en el bloque 42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

##### **3.1.1 Recepción de la Hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS**

El equipo se recibió en condición de accidentado, el mismo se encontraba armado sin embargo mostraba daños puntuales evidentes producto del accidente, las puntas de las palas mostraban dobles y síntomas de haber rozado el suelo a alta velocidad esto debido al accidente de la aeronave en la cual se encontraba instalada. Adicionalmente se evidenció que el sistema de acumulador neumático estaba presurizado y no mostraba fugas de aceite.

#### **3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD**

Para el estudio de factibilidad se consideran los siguientes:

- Factor técnico.
- Factor humano.
- Factor económico.

##### **3.2.1 Factor técnico**

Busca realizar una observación minuciosa de la hélice para evaluar sus condiciones físicas y técnicas, empleando como referencia el Manual de Mantenimiento de la Casa Hartzell y el Manual de Overhaul de la Casa

Hartzell para proceder a realizar el mantenimiento de manera segura con los respectivos materiales de tal manera que asegure la aeronavegabilidad de la hélice.

### **3.2.2 Factor humano**

Se basa en otorgar aquellos manuales de mantenimiento que permitan proteger la vida útil del equipo y sobre todo de vital importancia velar la integridad del personal al momento de manipular aquellas sustancias químicas con las que se realiza el mantenimiento de la hélice.

### **3.2.3 Factor económico**

Es la inversión económica que se debe emplear para habilitación de la hélice HC- E2YR-2RBS y la utilización adecuada del material que se va a necesitar.

## **3.3 DESMONTAJE DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS**

Para proceder a desensamblar el equipo primero se aseguró de contar con un espacio adecuado pues se pronostica que es menester el uso de una prensa hidráulica a fin de sujetar ciertos elementos que requieran gran fuerza para el desarmado de los mismos, el sistema de acumulador de nitrógeno requiere una despresurización controlada pues la presión de servicio es de hasta 74 PSI por lo tanto es importante tener en consideración esa presión para aliviarla paulatinamente.

### **3.3.1 Desmontaje de la válvula de aire**

Para desensamblar la válvula del acumulador de nitrógeno en primera instancia se debe retirar la tapa de la válvula de aire si está presente con una llave 3/8 de pulgada. Para proceder a descargar la presión del acumulador se usa un medidor de aire u otro instrumento adecuado que permita presionar la aguja de la válvula de aire para liberar la carga de aire

en el cilindro. Una vez se ha asegurado que no exista aire en el interior de acumulador presionando la válvula y asegurándose que no emita aire a presión se debe retirar la tuerca y la arandela de sujeción de la válvula de aire con la llave 7/16 de pulgada. Hay que tener especial cuidado al momento de extraer este componente pues la válvula de aire posee un o-ring que debe extraerse procurando no dañarlo.



**Figura 15 Desmontaje de la válvula de aire**

### **3.3.2 Desmontaje del cilindro**

Para desensamblar el cilindro se debe usar una llave abierta hexagonal de 3/4 de pulgada con cuidado en la parte superior del cilindro procurando aflojar de manera adecuada en sentido anti-horario la tuerca que ajusta la varilla de cambio de paso. Gire la llave hasta que se afloje la tuerca teniendo cuidado con la alineación de los hilos a fin de que estos no dañen la integridad del cilindro. Con el precavido cuidado desenroscar el cilindro del cubo de la hélice y coloque en un lugar seguro de la mesa de trabajo para evitar que se produzca alguna hendidura o golpe que perjudique su integridad.



**Figura 16 Desmontaje del cilindro**

### **3.3.3 Desmontaje de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro**

Para proceder a desmontar la unidad de bloqueo de arranque utilice un destornillador plano retirando con cautela los cuatro tornillos que fijan la unidad de bloqueo de arranque en el interior del cilindro, una vez retirado los tornillos se procede a desmontar cuidadosamente la unidad de bloqueo de arranque y se la coloca en la mesa de trabajo para proceder a inspeccionarla que esté en buen estado y proceder con el respetivo mantenimiento.

Utilice un diagonal para retirar y desechar los pasadores de seguridad de arranque, es importante ser cauteloso al momento de sacar los pasadores con el diagonal para que este no produzca ninguna hendidura en la unidad. Los pasadores siempre se deben retirar y desechar pues son de una sola vida útil. Verificar que los resortes de cada lado de la unidad este en buen estado y procure ponerlos en un recipiente para evitar la pérdida de alguno.



**Figura 17 Desmontaje de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro**

### **3.3.4 Desmontaje del pistón del cilindro**

Lo primero que se debe realizar con precaución para poder desensamblar con éxito el cilindro es colocar el aceite que se encuentra en el pistón en un recipiente para realizar este paso es necesario usar guantes para evitar contacto con el aceite y trabajar de la manera más adecuada posible.

Retire la tuerca que sujeta el pistón al cubo utilizando la llave 15/16 de pulgada y con otra llave 3/8 de pulgada sujetándola para que la tuerca pueda desmontarse, retírela precavidamente sin perjudicar la integridad de la varilla de cambio de paso la tuerca del pistón que la ajusta al cubo. Cautelosamente retire el pistón y el o-ring.



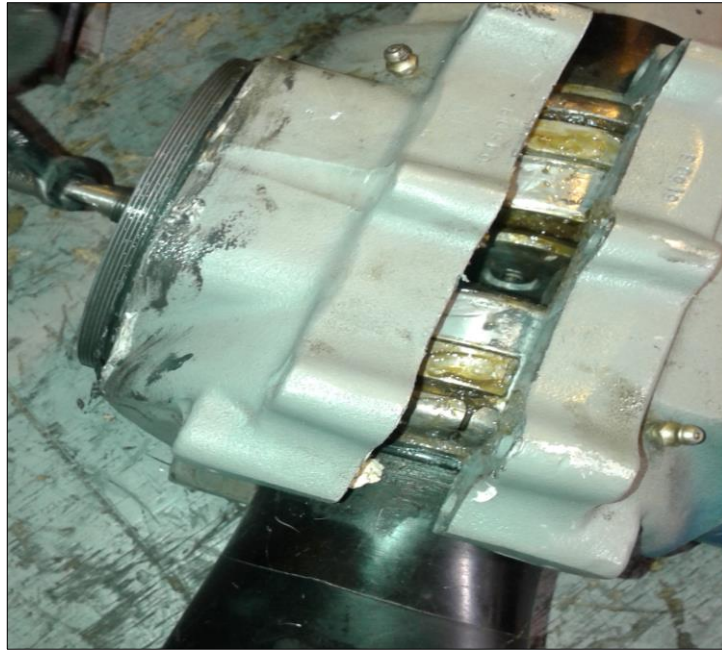
**Figura 18 Remoción de la tuerca del pistón**



**Figura 19 Remoción del pistón**

### **3.3.5 Desmontaje del cubo**

Para proceder a desmontar la mitad del cubo donde se encuentra el pistón lo primero que se debe hacer es retirar tuercas, arandelas, los pernos cortos y largos del cubo utilizando una llave 9/16 colocándolos en un recipiente para evitar la pérdida de alguno ya que en la otra mitad se encuentran las palas y sus partes. Con mucha precaución separe las mitades del cubo ya que pueden ser difíciles de remover porque contiene sellador entre las mitades, para esto si es necesario utilice un scraper de plástico y un mazo de goma para separar las mitades del cubo.



**Figura 20 Remoción de los pernos del cubo**



**Figura 21 Desmontaje del cubo**

### **3.3.6 Desmontaje del resorte**

Para poder desmontar el resorte y la varilla de cambio de paso proceda a desenroscar un poco la varilla de cambio de paso para que los resortes se extiendan gradualmente y así aliviar la presión que existe en ellos, es necesario usar herramientas especiales como es el santiago para hacer presión en la punta posterior de la varilla de cambio de paso haciendo que este baje y luego suba expulsando la tapa del retenedor de resortes que está en la parte posterior del cubo. Una vez que extraiga la tapa se usa



nuevamente el santiago con un acople haciendo presión en el retenedor de los resortes hasta que los resortes se contraigan dejando visible el seguro para retirarlo, una vez retirado el seguro liberamos la presión de los resortes desmontando con mucho cuidado el santiago. Extraiga los resortes con su retenedor.



**Figura 22 Tapa del retenedor de los resortes**



**Figura 23 Remoción del seguro de los resortes con el santiago y su acople**



**Figura 24 Desmontaje de los resortes**

### **3.3.7 Desmontaje de las palas y sus partes**

Cuidadosamente se debe retirar las palas de la mitad del cubo para proceder a desensamblar las partes de la mismas. Al momento de desmontar las palas tenga cuidado con la carrera de los rodamientos de bola ya que son dos cuerpos y se pueden separar con facilidad lo cual puede provocar que los rodamientos de bola se dispersen. Remueva con mucha cautela la carrera de rodamientos de bola de la pala, el separador de bolas, los rodamientos de bolas colocándolas en un recipiente para evitar la pérdida de alguna. Retire con cautela los contrapesos que están en el buje de cambio de paso de las palas, la placa de precarga y el o-ring de las palas. Una vez desmontadas las palas del cubo proceda a retirar la varilla de cambio de paso del cubo y desenrosque de manera precavida la horquilla de seguridad, así finalmente quedando desensamblada la pala y sus partes para poder inspeccionarlas o darles el mantenimiento requerido.



**Figura 25 Desmontaje de la pala**



**Figura 26 Desmontaje de rodamientos, separador de bola, horquillas, bloques de cambio de paso y o-ring.**



**Figura 27 Desmontaje de la varilla de cambio de paso**



**Figura 28 Desmontaje de la hélice con sus partes**

### **3.4 LIMPIEZA DE LA HÉLICE**

Para la limpieza de la hélice y sus partes se debe usar el equipo de protección de trabajo correspondiente, sobre todo no olvidar la mascarilla y guantes ya que se trabajara con productos químicos que pueden perjudicar la salud. Se debe tener la mayor precaución que el disolvente que se utiliza en las operaciones de limpieza no deberá ablandar ni dañar la unión entre los componentes.

#### **3.4.1 Materiales de limpieza**

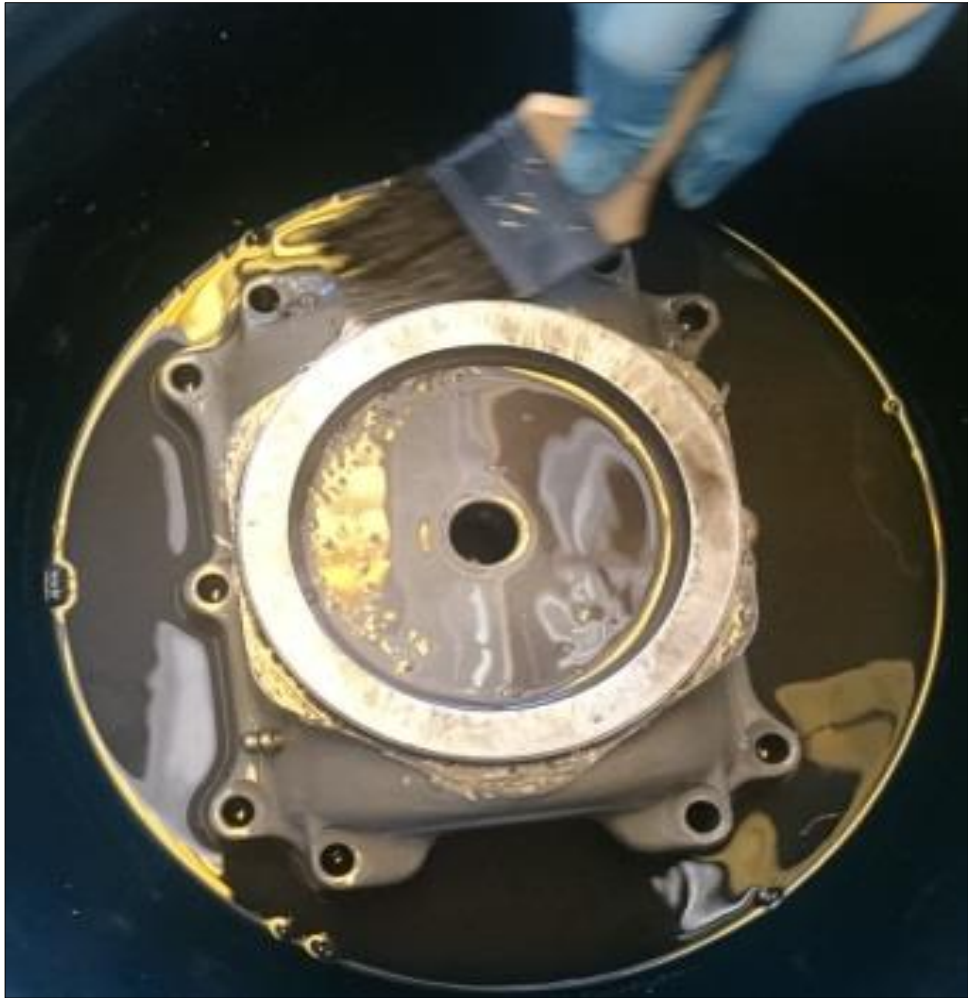
- Solvente: JP1 o gasolina blanca es un químico extraído del petróleo, incoloro o muy levemente amarillento, con olor a queroseno, muy poco soluble en agua
- Guaípe.
- Brocha.
- Anticorrosivo: lubricante.

### 3.4.2 Procedimiento

Con el guaipe limpio humedecido con disolvente se debe eliminar la grasa y suciedad que se pueda hallar en la hélice para poder observar si presentaba alguna irregularidad en sus partes. En caso que sea necesario sumergir alguna pieza en la solución asegúrese de limitar la cantidad de tiempo que la parte permanece en la solución. Proceda a secar con un guaipe limpio los componentes y dejar un respetivo tiempo al aire libre para que se seque bien ya que el paño puede que no permita secar en su totalidad los componentes. Después de haber limpiado los componentes, almacénelos en un lugar limpio y seco, hasta el momento de su respetiva inspección y procedimientos de mantenimiento. Como paso final de limpieza asegúrese de desechar el material que utilizo y limpiar el área de trabajo para evitar tener acumulación de material que ya no se va a utilizar. Después de haber realizado la limpieza a la hélice y sus componentes se debe hacer una inspección visual minuciosa para determinar que tipo de mantenimiento se debe realizar o reemplazar algún componente.



**Figura 29 Limpieza de la carrera de rodamientos, rodamientos de bolas y separador de bolas**



**Figura 30 Limpieza del cubo**



**Figura 31 Limpieza de los pernos del cubo**



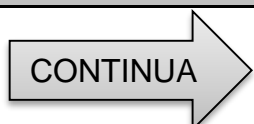
**Figura 32 Ordenamiento de los componentes limpios**

### **3.5 ESTUDIO DE LOS COMPONENTES DE LA HÉLICE Hartzell HC-E2YR-2RBS**

Se procede hacer un estudio minucioso para observar en qué estado se encuentran cada uno de los componentes para así proceder a realizar el mantenimiento, reemplazo o acción correspondiente para la habilitación de la hélice y cada una de sus partes.

**Tabla 8: Estudio de los componentes de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS**

<b>COMPONENTE</b>	<b>OPERATIVO</b>	<b>DAÑADO</b>	<b>ACCIÓN</b>
Conjunto de la válvula de aire (ítem 40, 50.60).	X		
Cilindro (ítem 70).	X		
O-ring del cilindro (ítem 90).	X		
Tornillo de sujeción del bloqueo inicial (ítem 100).	X		
Caja del bloqueo inicial (ítem 120).	X		



Cotterpin del bloqueo (ítem 150).X		<b>X</b>	<b>REEMPLAZO</b>
Tornillo del mango de parada de paso alto (ítem 280).	<b>X</b>		
Arandelas de parada de bandera (ítem 300, 310, 330)	<b>X</b>		
Mango de parada de paso alto (ítem 320).	<b>X</b>		
Tuerca del pistón (ítem 340).	<b>X</b>		
Pistón (ítem 350).	<b>X</b>		
O-ring del pistón (ítem 360)	<b>X</b>		
Varilla de cambio de paso (ítem 370)		<b>X</b>	<b>ENDEREZADA Y SOLDADA</b>
O-ring del cilindro (ítem 380, 390).	<b>X</b>		
Horquilla de seguridad del cambio de paso (ítem 400).	<b>X</b>		
Plato anti rotación (ítem 420).	<b>X</b>		
Bloque de cambio de paso (ítem 440).	<b>X</b>		
Cubo (ítem 480)	<b>X</b>		
Buje de la varilla de cambio de paso (ítem 490).	<b>X</b>		
Conjunto del resorte (ítem 540, 550, 560, 570)	<b>X</b>		
Pernos, arandelas y tuercas del cubo (ítem 580, 590, 600, 610)	<b>X</b>		
Conector del cubo (ítem 660)	<b>X</b>		



CONTINUA



O-ring del conector del cubo (ítem 670, 680)		X	REEMPLAZO
Pala 1		X	ENDEREZADA
Pala 2		X	ENDEREZADA
Buje de la perilla de cambio de paso (ítem 3000)	X		
O-ring sello de la pala (ítem 3010)		X	REEMPLAZO
Conjunto de rodamientos (ítem 3030)	X		
Espaciador de rodamientos (ítem 3040)	X		

### 3.6 REPARACIÓN Y HABILITACIÓN DE LA VARILLA DE CAMBIO DE PASO

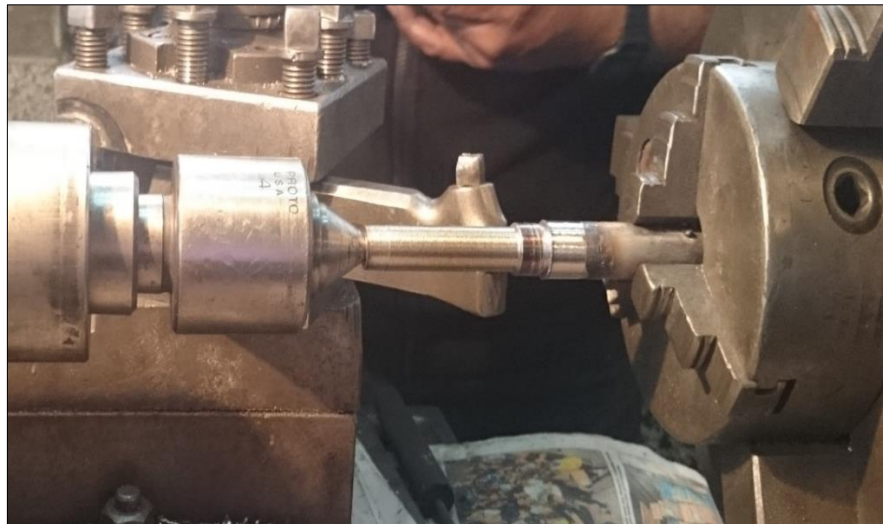
Para la reparación y habilitación de la varilla de cambio de paso fue necesario someterla a un proceso de soldadura ya que esta estaba quebrada por causa del impacto que sufrió la aeronave, tomando en cuenta sus medidas y aspectos técnicos.



**Figura 33 Varilla de cambio de paso rota**



**Figura 34 Varilla de cambio de paso soldada**



**Figura 35 Torneado de la varilla de cambio de paso**



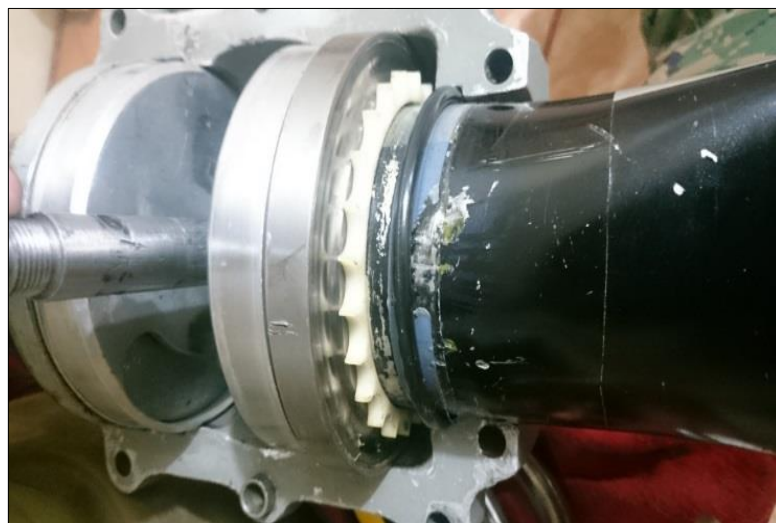
**Figura 36 Habilidad de la varilla de cambio de paso**

### **3.7 MONTAJE DE LA HÉLICE HARTZELL HC-E2YR-2RBS**

Para proceder a realizar el montaje de la hélice se debe verificar que estén todos los componentes completos de tal manera que se les haya realizado el mantenimiento necesario y el reemplazo de alguna parte si fue necesario. Siguiendo exitosamente los pasos que se detalla a continuación para realizar el montaje de la hélice.

#### **3.7.1 Montaje de las palas y sus partes**

Para proceder con el montaje de las palas y sus partes asegúrese que estén completas las partes especialmente los rodamientos de bolas, coloque los o-ring, los contrapesos en los bujes de las pala y las placa de precarga de las palas con mucho cuidado sin perjudicar su integridad. Coloque los separadores de bolas en cada pala correspondiente para luego proceder a montar las palas en el cubo de la hélice, enrosque la horquilla de seguridad a la varilla de cambio de paso para continuar a introducirla en el cubo con precaución para acoplar los bujes de las palas en el espacio disponible que tiene la horquilla de seguridad, una vez colocada los bujes de la pala en la horquilla coloque las carreras de rodamientos para proceder a insertar los rodamientos de bolas la cual es fundamental colocarlas con grasa para que estas se adhieran sin riesgo que se caigan las bolas.



**Figura 37 Montaje de las palas al cubo**



**Figura 38 Montaje de las carreras y rodamientos de bolas**



**Figura 39 Colocación de grasa en los rodamientos de bola**

### **3.7.2 Montaje del resorte**

Una vez montado la varilla de cambio de paso coloque el cubo en una prensa como punto de sujeción para que las palas no se muevan y así poder continuar a montar los resortes. Coloque los dos resortes juntos en el interior de la parte posterior del cubo con su respectivo retenedor de resortes con ayuda del santiago y el acople presione en el retenedor de resortes para que los resortes se contraigan, permitiendo de esta manera visualizar el espacio donde va el seguro y poder proceder a introducirlo, luego de colocar los seguros tener la mayor precaución de retirar el santiago y su acople. Coloque la tapa del retenedor de resortes y presiónela manualmente para ajustarla.



**Figura 40 Cubo y resortes de la hélice**



**Figura 41 Montaje del seguro del resorte con el santiago**

### **3.7.3 Montaje del cubo**

Para proceder a montar el cubo se debe tener montada la horquilla de seguridad y las dos palas con sus respectivos contrapesos en la mitad del

cubo donde se encuentra el resorte. Con mucha precaución coloque sellador al borde del cubo y proceda a colocar la otra mitad del cubo con la guía correspondiente que este tiene en uno de sus orificios donde va el perno. Con las dos mitades del cubo unidas proceda a colocar los pernos largos, cortos, las arandelas y tuercas, usando para su ajuste la racha con copa 9/16 pulgadas y una llave de boca 9/16 pulgadas para poder sostener los pernos ajustando de la manera adecuada cuidando no deshilar las tuercas.



**Figura 42 Sellador en el cubo**



**Figura 43 Montaje del cubo**



**Figura 44 Montaje de los pernos largos, cortos, arandelas y pernos del cubo**

#### **3.7.4 Montaje del pistón del cilindro**

Al momento de proceder a montar el pistón del cilindro coloque el o-ring que va debajo de los hilos del cubo que se une con el cilindro y observe que el orificio de la varilla de cambio de paso sobresalga del cubo de la hélice, con cautela coloque el pistón teniendo en cuenta no perjudicar a la varilla de cambio de paso y sus hilos, una vez asentado el pistón proceda a colocar la tuerca con la llave 15/16 de pulgada y con otra llave 3/8 de pulgada sujetándola en sentido contrario para que la tuerca pueda montarse sin que se gire la varilla de cambio de paso, sobre todo teniendo muy en cuenta no deshilar los hilos de la varilla de cambio de paso.



**Figura 45 Montaje del pistón del cilindro**

### **3.7.5 Montaje de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro**

Asegurándose que todos los componentes de la unidad de bloqueo de arranque del cilindro estén en buen estado proceda a montar los resortes en el interior de cada una de los miembros de la unidad, coloque nuevos pasadores de seguridad utilizando el diagonal para introducirlos y poder doblar los extremos del pasador de seguridad de manera cautelosa sin perjudicar a la unidad de arranque.

Coloque la unidad de arranque en el cilindro guiándose por el lugar donde van los pernos para su sujeción, asegúrese de colocar los pernos con el destornillador plano de manera adecuada y así fijando la unidad de arranque al cilindro. Compruebe el respectivo movimiento de los resortes de la unidad de arranque del cilindro ya sea manualmente o con una herramienta.





**Figura 46 Montaje de la unidad de arranque del cilindro**

### **3.7.6 Montaje del cilindro**

Dado el adecuado mantenimiento proceda a montar el cilindro colocándolo sobre el cubo para enroscarlo en los hilos del mismo, con la llave abierta hexagonal de 3/4 de pulgada sujetando con la tuerca que se encuentra en la parte superior del cilindro procedemos a enroscar hasta que el cilindro quede bien ajustado.



**Figura 47 Montaje del cilindro**

### 3.7.7 Montaje de la válvula de aire

Una vez realizado el mantenimiento a la válvula de aire cerciorándose que este en buen estado se procede a montarla, se debe insertar el o-ring del mismo en el interior del perno donde va ubicada la válvula de aire, con la llave 7/16 de pulgada se ajusta la tuerca y la arandela de sujeción de la válvula precautelando enroscarla de manera adecuada. La tapa de la válvula de aire se la ajusta con la llave 3/8 de pulgada luego de colocar la presión adecuada de aire que la hélice va a necesitar para su correcto funcionamiento al momento del cambio de paso de la hélice.



Figura 48 Montaje de la válvula de aire

### 3.8 MANUAL DE MANTENIMIENTO

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág. : 1 de 4</b>
	<b>HÉLICE HARTZELL HC- E2YR-2RBS</b>	<b>Código:</b> MM - HH
	<b>Elaborado por:</b> Arlena Zambrano	<b>Revisión</b> Nº: 01
	<b>Aprobado por:</b> Tlgo. Alejandro Proaño	<b>Fecha :</b> 27/08/2016

#### 1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos de mantenimiento de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS.

#### 2. ALCANCE

Proporcionar información para la correcta remoción e instalación de los componentes.

#### 3. MATERIALES

- Tuerca y arandela
- O-ring
- Silicona
- Grasa Aero Shell

#### 4. HERRAMIENTAS

- Llave hexagonal de 3/8, 7/16, 3/4, 15/16 de pulgada
- Scraper
- Desarmador plano
- Diagonal

## **5. REMOCIÓN**

**Nota:** Tenga mucho cuidado al momento de descargar la presión de aire por la válvula de aire de la hélice.

### **5.1 Válvula de aire**

1. Remover la tapa de la válvula de aire con la llave 3/8 de pulgada.
2. Descargar la presión de aire con mucho cuidado.
3. Retirar la tuerca y la arandela de sujeción de la válvula de aire con la llave 7/16 de pulgada.

### **5.2 Cilindro**

1. Aflojar con una llave abierta hexagonal de 3/4 de pulgada con cuidado en la parte superior del cilindro.
2. Una vez aflojado el cilindro proceda a desenroscar y retirar manualmente.

### **5.3 Unidad de bloqueo de arranque del cilindro**

1. Remueva los cuatro pernos con un destornillador plano que sujetan la unidad de bloqueo de arranque del cilindro.
2. inspecciónela visualmente si es necesario remueva los resortes.

### **5.4 Pistón**

1. Retire la tuerca que sujeta el pistón al cubo utilizando la llave 15/16 de pulgada y con otra llave 3/8 de pulgada sujetándola para que la tuerca pueda desmontarse.
2. Proceda a retirar el pistón manualmente.

### **5.5 Cubo**

1. Retirar tuercas, arandelas, los pernos cortos y largos del cubo utilizando una llave 9/16.
2. Remueva el cubo con precaución.

## **5.6 Resorte**

1. Utilice el santiago presionando en el eje de la varilla para remover la tapa del retenedor de los resortes.
2. Remueva los seguros del resortes utilizando el santiago y un acople para ejercer presión.
3. Manualmente retire los resortes

## **5.7 Palas y sus partes**

1. Desmante las palas con sus respectivos contrapesos teniendo precaución en remover de los rodamientos de bolas, los separadores y las carreras.
2. Remueva las placas de precarga de las palas.
3. Retire la varilla de cambio de paso.
4. Desenrosque la horquilla de seguridad que está en la varilladle cambio de paso.

## **6. INSTALACIÓN**

### **6.1 Palas y sus partes**

1. Enrosque la horquilla de seguridad a la varilladle cambio de paso.
2. Coloque la varilla de cambio de paso en la mitad del cubo donde van los resortes.
3. Coloque las placas de precarga, las carreras, los separadores y rodamientos de bolas en las palas.
4. Coloque las palas en el cubo.

### **6.2 Resorte**

1. Coloque los resortes y el retenedor de los mismos.
2. Con ayuda del Santiago y el acople haga presión para colocar el seguro de los resortes
3. Coloque la tapa del retenedor de los resortes manualmente.

### **6.3 Cubo**

1. Una las mitades del cubo con precaución.
2. Coloque las tuercas, arandelas, los pernos cortos y largos del cubo utilizando una llave 9/16.

### **6.4 Pistón**

1. Proceda a colocar el pistón manualmente.
2. Coloque la tuerca que sujeta el pistón al cubo utilizando la llave 15/16 de pulgada y con otra llave 3/8 de pulgada sujetándola para que la tuerca pueda montarse.

### **6.5 Unidad de bloqueo de arranque del cilindro**

1. Coloque los cuatro pernos con un destornillador la unidad de bloqueo de arranque al cilindro.

### **6.6 Cilindro**

1. Coloque el cilindro en el cubo y proceda a enroscar manualmente.
2. Ajuste con una llave abierta hexagonal de 3/4 de pulgada con cuidado en la parte superior del cilindro.

### **6.7 Válvula de aire**

1. Coloque la tuerca y la arandela de sujeción de la válvula de aire con la llave 7/16 de pulgada.
2. Coloque la tapa de la válvula de aire con la llave 3/8 de pulgada.

### 3.9 ESTUDIO ECONÓMICO

#### 3.9.1 Análisis económico

Se realizó una investigación minuciosa en la cotización de los materiales empleados para la habilitación de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS. De esta manera se tomó en consideración cuatro factores económicos que son: materiales, herramientas y equipos, mano de obra y otros.

#### 3.9.2 Materiales

Comprenden todos los costos de materiales que fueron necesarios para la habilitación, limpieza y mantenimiento de la hélice.

**Tabla 9**

#### **Costos de materiales**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unidad</b>	<b>V. Total</b>
1	Guantes	2 pares	2.00	4.00
2	maskarilla	2	0.50	1.00
3	Guaípe	1	1.00	1.00
4	Brocha	1	1.00	1.00
5	Grasa Aeroshell	1 libra	2.00	2.00
6	JP1	1 galón	2.00	2.00
7	Silicone	1	4.00	4.00
8	Cleaner	1	5.00	5.00
9	O-ring del pistón	1	1.00	1.00
10	Tuerca	1	0.20	0.20
11	Arandela	1	0.10	0.10
12	Teflón	1	0.40	0.40
13	T de cobre	1	5.00	5.00
14	Neplo	1	3.00	3.00
15	Extensión de cobre	1	3.00	3.00
<b>TOTAL</b>				<b>32.70</b>

### 3.9.3 Herramientas y equipos

Se detallan los costos de las herramientas y equipos necesarios para el desmontaje y montaje de la hélice, como también el equipo para su comprobación de funcionamiento.

**Tabla 10**

#### **Costos de herramientas y equipos**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor/USD</b>
1	Bomba manual de aceite	180.00
2	Santiago con acoples	70.00
3	Tacómetro	6.00
<b>TOTAL</b>		<b>256.00</b>

### 3.9.4 Mano de obra

Comprende el costo de la mano de obra necesaria para poder habilitar la varilla de cambio de paso.

**Tabla 11**

#### **Costos de mano de obra**

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor/ USD</b>
1	Soldadura y torneado de la varilla de cambio de paso	30.00
<b>TOTAL</b>		<b>30.00</b>

### 3.9.5 Otros

**Tabla 12**

#### **Otros gastos**

<b>N°</b>	<b>Detalles</b>	<b>Valor/ USD</b>
1	Elaboración de textos	50.00
2	Elaboración de CD'S	5.00

CONTINUA 



<b>3</b>	Imprevistos	50.00
<b>TOTAL</b>		105.00

### 3.9.6 Gastos totales

Es la inversión total de todos los aspectos económicos utilizados para la habilitación de la Hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS.

**Tabla 13**

#### **Gastos totales de la habilitación de la hélice**

<b>N°</b>	<b>Detalles</b>	<b>Valor/ USD</b>
<b>1</b>	Materiales	32.70
<b>2</b>	Herramientas y equipos	256.00
<b>3</b>	Mano de obra	30.00
<b>4</b>	Otros gastos	105.00
<b>TOTAL</b>		423.70

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se efectuó la recopilación de información técnica sobre el mecanismo de cambio de paso de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS para que su habilitación sea lo más eficaz posible basándose en los manuales Overhaul del fabricante Hartzell.
- La inspección visual minuciosa que se realizó a los componentes permitió que se desarrolle la habilitación de la varilla de cambio de paso la cual es el componente primordial para el mecanismo de cambio de paso de la hélice.
- La habilitación de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS y sus componentes defectuosos ha sido satisfactoria de manera que se halla operativa para realización de prácticas por parte de los estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Al momento de desarrollar prácticas académicas se recomienda a los estudiantes revisar el manual de funcionamiento y mantenimiento de la hélice para que observen todos los componentes que la constituyen.
- Para el montaje y desmontaje de la hélice es muy fundamental usar las herramientas especiales que nos indica el manual para no perjudicar su integridad, de tal manera que los componentes funcionen correctamente en base a su instalación.
- En la habilitación de la varilla de cambio de paso se debe usar las características técnicas sobre las medidas de este ya que mediante su estructura permite al resorte extraerse y contraerse.

## **ABREVIATURAS**

**RPM:** Revoluciones por minuto

**PSI:** Libra-fuerza por pulgada cuadrada (indicador estándar de presión)

**T.E:** Herramientas y equipos

## GLOSARIO

**Cubo:** Es la parte central de la hélice. Sirve de soporte a la raíz de la pala. La pala se empotra y se retiene en el cubo.

**Granallado:** El granallado es el método que se utiliza para limpiar, fortalecer y/o pulir el metal.

**Gobernador:** Dispositivo que se encarga de enviar o extraer aceite del cubo de la hélice para que el paso cambie a través de una válvula operada.

**Hélice:** Es un mecanismo rotatorio que produce empuje mediante las palas, estas generan aire que proporciona la fuerza necesaria para mover la aeronave.

**Paso:** Es la distancia que avanza la pala en una revolución si se desplaza a lo largo de una hélice cuyo ángulo es igual al ángulo de pala.

**Precarga:** La precarga es la fuerza con la se presiona a las piezas unidas una vez apretado.

**Sumidero:** Abertura, conducto o canal que sirve de desagüe

**Vástago:** Parte más próxima al buje. Se llama también raíz, debido a que es la zona de empotramiento de la pala en el cubo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ms/: *India Glass Bead's*. (31 de 05 de 2016). Obtenido de Ms/: India Glass Bead's: <http://www.exportersindia.com/indiaglassbeads/shot-peening-glass-beads-mumbai-india-1204662.htm>
- Crespo, J. L. (2012). *Modulo 17. Hélices*. Madrid: Ediciones Paraninfo,SA.
- Hartzell. (2006). *Propeller Ice Protection System Manual*. Piqua: Hartzell Propeller Inc.
- Hartzell, P. (1999). *Compact Constant Speed and Feathering Propeller Overhaul and Maintenance Manual*. Piqua: Hartzell Propeller Inc.
- Hartzell, P. (1999). *Propeller Owner's Manual and Logbook* . Piqua: Hartzell Propeller Inc.
- Piper Aircraft Corporation, L. H. (1973). *Owner's Handbook Piper Aztec*. U.S.A: Piper Aircraft Corporation.
- Propeller, H. (1991). *Propeller operation & care for pilots*. Piqua: Hartzell propeller inc.
- Propeller, H. (1994). *PropellerOwner's Manual & Log Book*. Piqua: Hartzell Propeller Inc.
- Propeller, H. (1996). *Aluminum Blade*. Piqua: Hartzell Propeller Inc.
- Propeller, H. (1999). *Application Guide*. Piqua,: Hartzell Propeller Inc.
- Propeller, I. H. (1995). *Illustrated Tool and Equipment Manual*. Piqua, Ohio: Hartzell.
- Schneider, S. (31 de 05 de 2016). *kramer Industries, In*. Obtenido de kramer Industries, In: [http://thefinishedpart.kramerindustriesonline.com/2010\\_06\\_01\\_archive.html](http://thefinishedpart.kramerindustriesonline.com/2010_06_01_archive.html)

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Zambrano Cuadro  
NOMBRES: Arlena Omayra  
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 0942064916  
NACIONALIDAD: Ecuatoriana  
FECHA DE NACIMIENTO: 29-01-1994  
TELÉFONOS: 0993418946  
CORREO ELECTRÓNICO: arlin\_ayk@hotmail.es  
DIRECCIÓN: Quevedo, Cdla. El Guayacán, MB13 – V6

### ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria: Escuela “Nuestra Señora de Fátima”  
Secundaria: Colegio “Nicolás Infante Díaz”  
Superior: Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE  
Unidad de Gestión de Tecnologías

### TÍTULOS OBTENIDOS

Bachillerato Físico Matemático.

Tecnólogo Aeronáutico en Mecánica Aeronáutica Mención Motores.

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

Ayudante de mecánico:

- Empresa aéreo fumigadora AIFA S.A.  
Cessna T- 188C, Air Tractor AT- 402B
- Empresa aéreo fumigadora AGROAEREO S.A  
Piper PA-36-300, Thrush S2R

- Empresa aéreo fumigadora AIFA S.A.  
Cessna T- 188C, Air Tractor AT- 402B
- DIAF- CEMA  
AVIÓN B737-300

## **CURSOS Y SEMINARIOS**

Inglés

Nivel Hablado: Básico

Nivel Escrito: Intermedio

## **REFERENCIAS PERSONALES**

- Tripulante de cabina Marco Poveda (0987382506)
- Mecánico Aeronáutico Arturo Cruz (0983353453)

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR

---

Zambrano Cuadro Arlena Omayra  
C.C: 0942064916

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

---

Ing. Rodrigo Bautista

Latacunga, Agosto del 2016