



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

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TEMA: “RECONSTRUCCIÓN DE LAS PALAS MARCA: MC
CAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL UBICADAS EN EL
TALLER DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A
LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

AUTOR: VIZUETE PACHECO DARWIN ANDRÉS

DIRECTOR: TLGO. PROAÑO ALEJANDRO

**LATACUNGA
2016**



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**RECONSTRUCCIÓN DE LAS PALAS MARCA: MC CAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL UBICADAS EN EL TALLER DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**”, 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 al señor **DARWIN ANDRÉS VIZUETE PACHECO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Noviembre del 2016.

Tlgo. Alejandro Proaño.

DIRECTOR



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

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **VIZUETE PACHECO DARWIN ANDRÉS**, con cédula de identidad N° 1715087126, declaro que este trabajo de titulación **“RECONSTRUCCIÓN DE LAS PALAS MARCA: MC CAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL UBICADAS EN EL TALLER DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, contenido, legitimidad y peso científico, del presente proyecto de grado, 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 virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Diciembre del 2016.

DARWIN ANDRÉS VIZUETE PACHECO

171508712-6



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

AUTORIZACIÓN

Yo, **VIZUETE PACHECO DARWIN ANDRÉS**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación **“RECONSTRUCCIÓN DE LAS PALAS MARCA: MC CAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL UBICADAS EN EL TALLER DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Diciembre del 2016.

DARWIN ANDRÉS VIZUETE PACHECO

171508712-6

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres Galo Vizúete y Elizabeth Pacheco que siempre me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para poder llegar a ser un profesional.

A mi hermana, y demás familia en general por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera

VIZUETE PACHECO DARWIN ANDRÉS

AGRADECIMIENTO

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me eh dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me eh visto inmerso, sino para lo que concierne a la vida y a mi futuro.

Le agradezco a mi institución y a mis maestros por sus esfuerzos para que finalmente pudiera graduarme como un feliz profesional.

VIZUETE PACHECO DARWIN ANDRÉS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
CAPÍTULO I	1
EL TEMA	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Justificación e Importancia.....	2
1.4 Objetivos.....	2
1.4.1 Objetivo General.....	2
1.4.2 Objetivos Específicos.....	3
1.5 Alcance.....	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1 Descripción de las Hélices.....	4
2.1.1 Hélice.....	4

2.1.2 Funcionamiento de la Hélice	5
2.1.3 Fabricante de Hélices MCCAULEY	6
2.1.4 Fabricante de Hélices DOWTY ROTOL.....	6
2.1.5 Fabricante de Hélices HARTZELL	7
2.1.2 Tipos de Hélice	8
2.1.3 Hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F	10
2.2 Prácticas de Overhaul.....	13
2.2.1 Overhaul	13
2.2.2 Tipos de Mantenimiento.....	14
2.2.3 Precauciones al Realizar Overhaul.....	16
2.3 Requisitos de Personal	17
2.3.1 Inspección, reparación y revisión.....	17
2.3.2 Límites de Calendario	18
2.4 Inspección y Medios de Reconstrucción de Palas	20
2.4.1 Extracción del Ensamblaje de la Hélice	20
2.4.2 Procedimientos de Inspección	21
2.4.3 Reparaciones de la Pala.....	25
2.4.4 Pintura Después de la Reparación	26
CAPÍTULO III.....	27
DESARROLLO DEL TEMA.....	27
3.1 Situación inicial	27
3.2 Alternativas de Solución	29
3.3 Adquisición	30
3.4 Proceso de Reparación	30
3.5 Manuales de Reconstrucción.....	34
3.6 Análisis Económico.....	39

3.6.1 Presupuesto Inicial.....	39
3.6.2 Costos Primarios.....	39
3.6.3 Costos Secundarios.....	40
3.6.4 Costo Total.....	40
CAPÍTULO IV	41
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
4.1 Conclusiones	41
4.2 Recomendaciones	42
ABREVIATURAS	43
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Identificación del modelo de la Hélice	11
Tabla 2: Descripción de la Hélice HC-E2YR-2RBS/F.....	11
Tabla 3: Costos Primarios	39
Tabla 4: Costos Secundarios	40
Tabla 5: Costo Total	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Hélice	4
Figura 2 Acoplamiento de hélice de paso fijo.....	8
Figura 3 Hélice de paso variable.....	10
Figura 4 Documento de servicio.....	17
Figura 5 Cuadro de Pinturas Aprobadas.....	26
Figura 6 Palas Dobladas.....	27
Figura 7 Pala con Golpes.....	28
Figura 8 Pala con corrosión	28
Figura 9 Palas de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F	29
Figura 10 estado general de las palas	31
Figura 11 Palas desmontadas.....	32
Figura 12 Formato de Registro	33
Figura 13 Palas Enderezadas	34

RESUMEN

El presente manual de **reconstrucción de las palas** marca: MC CAULEY, **DOWTY ROTOL**, **HARTZELL**, ubicadas en el taller de Mecánica Aeronáutica tiene como objetivo contribuir al progreso y capacitación del personal estudiantil con nuevo material didáctico que será utilizado en la Unidad de Gestión de Tecnologías para facilitar la instrucción de futuros tecnólogos que se forman en esta prestigiosa institución por parte del personal docente. El proyecto consta de un manual de reparación de palas de aluminio de dichas marcas, mismo que incluye los materiales y herramientas a utilizarse en el proceso de reparación, estos elementos son de fácil acceso y tienen un costo moderado, para de esa manera tener una idea más clara de los procedimientos a usarse en los equipos didácticos nombrados, la información obtenida puede ser comprobada en los **manuales** del fabricante, también cuenta con información importante a la hora de realizar la reparación para evitar posibles daños a los equipos de los mencionados talleres y a los estudiantes, también debe tenerse en cuenta normas generales de seguridad para prevenir posibles lesiones a quien realice la tarea o daños en los equipos a ser utilizados. La información materializada en el presente manual es de fácil comprensión y ayudara a encaminar de mejor manera a los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías con la orientación adecuada de parte del docente, y a la vez mejorar los conocimientos de futuros técnicos, al ser un manual de reparación de fácil interpretación como de aplicación tanto para docentes como para estudiantes.

Palabras clave

- **RECONSTRUCCIÓN DE LAS PALAS**
- **HARTZELL**
- **DOWTY ROTOL**
- **MANUALES**

ABSTRACT

The present manual of MC CAULEY, **DOWTY ROTOL**, **HARTZELL blades rebuilt** located in the Aeronautic Mechanic workplace aims to contribute to the progress and training of student staff with new teaching materials that will be used in the Unidad de Gestión de Tecnologías to facilitate the instruction of future technologist who are formed in this prestigious institution by the teaching staff.

The project consists on a manual to rebuilt aluminum blades of such marks. It includes materials and tools that will be used in the repair process; these elements are easily accessible and have a modest cost, so that we can have a clear idea about the procedures that will be used in the mentioned teaching equipment. The gotten information can be checked in the munfacturer's manuals, and it also has important information when making repairs to avoid possible damage to the equipment of the mentioned workplaces and the students should also take into account general safety regulations to prevent possible injury to the people who are performing the task or damage to the used equipment.

The embodied information in the present **manual** is easy to understand and will help to better guide the students of the Unidad de Gestión de Tecnologías, with the appropriate orientation of the teacher, and at the same time it will improve the knowledge of future technicians, since it is an easy repair manual to interpret for both teachers and students.

KEY WORDS

- **BLADES REBUILT**
- **HARTZELL**
- **DOWTY ROTOL**
- **MANUALS**

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.1 Antecedentes

En la Unidad de Gestión de Tecnologías se forman tecnólogos con proyección al ámbito aeronáutico, para lo que se requiere de equipos aptos con los cuales los estudiantes se familiaricen de una manera más directa y real con los equipos en los que trabajaran a futuro, de esta manera los estudiantes adquirirán los conocimientos impartidos por sus docentes quienes encuentran en estos equipos la herramienta didáctica apropiada para impartir sus clases.

Para las tareas que un técnico de mantenimiento aeronáutico tiene que desempeñar, este debe poseer un conjunto de habilidades y destrezas, las cuales no son impartidas plenamente en los centros de formación, por lo cual se vuelve una necesidad imperante la implementación de una mayor variedad de equipos, a los que ya cuenta la unidad para impartir los conocimientos, y de esta manera desarrollar de mejor manera las habilidades de los estudiantes.

1.2 Planteamiento del Problema

La Carrera de Mecánica Aeronáutica está equipada en sus laboratorios con varios equipos que son utilizados al momento de impartir las clases a los estudiantes, sin embargo los mismos necesitan ser renovados o, incrementados, para de esta manera estar más acorde con la realidad que vive la profesión.

Tanto componentes, equipos y herramientas usadas en el área aeronáutica implica un alto costo y un cuidado meticuloso, los estudiantes deben ser conscientes de lo peritos que deben ser al realizar tareas de

manera eficiente en un campo laboral real, siendo la mejor manera para esto que los estudiantes asimilen con equipos apropiados en su proceso de formación.

La carrera se encuentra desprovista de un manual de reconstrucción de palas, y materiales destinados a esta tarea que permitan al futuro tecnólogo distinguir las diferencias relacionadas a las necesidades durante el mantenimiento de estos equipos, puesto que al estar presurizados incurren en nuevos riesgos y métodos de servicio aplicables acorde a las exigencias descritas en el manual del fabricante.

1.3 Justificación e Importancia

Teniendo como referencia que dentro de los equipos con los que cuenta la Unidad de Gestión de Tecnologías no se posee un manual de estas características, y debido a ser hélices ampliamente usadas por operadores de aviación menor a nivel nacional, es importante la implementación de un manual de reconstrucción, el mismo que será implementado posterior a la culminación de este trabajo.

Con la implementación de este manual y los materiales destinados se permitirá a los estudiantes que estén relacionados con lo que verán en una futura inserción laboral, para que de esta manera se desarrollen habilidades y destrezas con la familiarización de los componentes y métodos de mantenimiento que requieren estos equipos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Realizar el manual de reconstrucción de las palas de la hélice MCCAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL, usando como referencia los manuales establecidos por el fabricante.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información técnica de los trabajos de overhaul para hélices MCCAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL.
- Elaborar el manual de reconstrucción de las hélices MCCAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL.
- Reparar la pala de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F.

1.5 Alcance

Este manual está dirigido a estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías, para ser utilizado por personas que tengan conocimientos básicos sobre hélices pues contiene información relacionada con las palas de la hélice MCCAULEY, DOWTY ROTOL, HARTZELL.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Descripción de las Hélices

2.1.1 Hélice

La hélice es un dispositivo mecánico formado por un conjunto de elementos denominados palas o álabes, montados de forma concéntrica y solidarios de un eje que, al girar, las palas trazan un movimiento rotativo en un plano. Las palas no son placas planas, sino que tienen una forma curva, sobresaliendo del plano en el que giran, y obteniendo así en cada lado una diferencia de distancias entre el principio y el fin de la pala. Provocando una diferencia de velocidades entre el fluido de una cara y de la otra. Según el principio de Bernoulli esta diferencia de velocidades conlleva una diferencia de presiones, y por lo tanto aparece una fuerza perpendicular al plano de rotación de las palas hacia la zona de menos presión. Esta fuerza es la que se conoce como fuerza propulsora de un buque o aeronave.

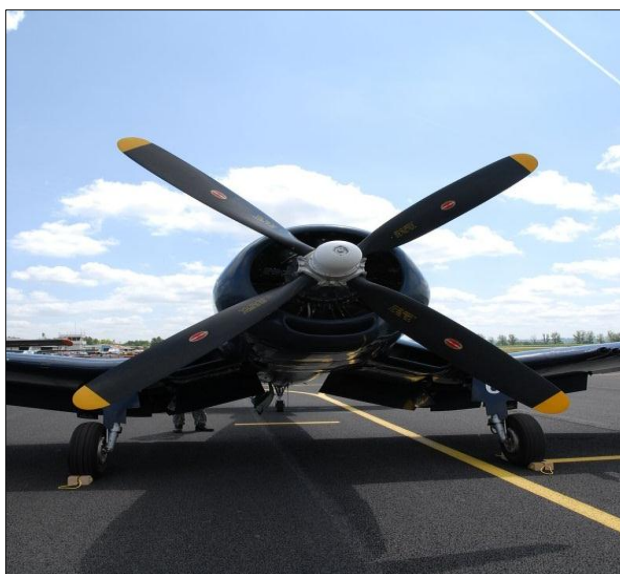


Figura 1 Hélice

Fuente: (Technicaviation, 2003)

Hay hélices en las que la inclinación de las palas no es constante, variación que a su vez puede ser respecto al plano de giro de la hélice ("paso") o respecto al eje de giro de la hélice ("paso cíclico" o simplemente "cíclico"). Para conseguir esto se requieren mecanismos bastante complejos. En los motores de avión, la propia hélice hace las veces de volante de inercia. En los aviones las hélices son de paso fijo o variable, también se tiene velocidad constante que el paso se regula automáticamente. En las que son de paso variable se regula el ángulo o el paso con una palanca llamado PROP se ponen en bandera (en caso de un fallo de motor, poner la hélice en bandera disminuiría la resistencia al avance).

2.1.2 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. 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.

2.1.3 Fabricante de Hélices MCCAULEY

MCCAULEY PROPELLER SYSTEMS, fundada en 1938 por Earnest G. McCauley, es un fabricante estadounidense de hélices de compuestos para la construcción casera y aviones ultraligeros. La sede de la empresa fue en un tiempo situado en Vandalia, Ohio, pero en la actualidad se encuentra en Wichita, Kansas. Originalmente llamado MCCAULEY AVIATION CORPORATION en septiembre de 1996, fue renombrado MCCAULEY PROPELLER SYSTEMS.

La compañía es actualmente propiedad de Cessna, que es a su vez propiedad de Textron. La compañía es conocida por haber inventado la, hélice de acero sólido suelo ajustable en 1941 y la hélice de aluminio forjado en 1946. (Technicaviation, 2003)

2.1.4 Fabricante de Hélices DOWTY ROTOL

DOWTY ROTOL era una empresa de ingeniería británica con sede en Staverton, Gloucestershire y especializada en la fabricación de hélices y componentes de la hélice. Tras una serie de cambios de propiedad, la instalación original de DOWTY ROTOL en Staverton es ahora propiedad de Grupo Safran, que operan como parte de su filial Messier-Bugatti-Dowty Landing Gear. Diseño de la hélice y la producción se trasladó a unos cientos de metros por la carretera cuando la empresa se dividió en unidades de negocio de su propiedad Dowty a principios de 1990. Propulsores Dowty está ahora bajo la propiedad de GE.

La compañía se formó como Rotol Airscrews en 1937 por Rolls-Royce y Bristol Engines para hacerse cargo del desarrollo de ambas compañías. El nombre es una contracción de "Rolls-Royce" y "Bristol". En 1943 la empresa cambió el nombre de Rotol Airscrews Limited a Rotol Limited y en 1952 adquirió British Messier Limited un especialista en trenes de aterrizaje y sistema hidráulico. (Technicaviation, 2003)

En 1958 Bristol Aeroplane y Rolls-Royce acordaron vender Rotol y Messier British al Grupo Dowty. En 1959 Rotol y British Messier junto con Equipos y Sistemas de combustible Dowty se convirtieron en parte de la nueva División de Aviación Dowty ubicada en Cheltenham. En 1968 la compañía introdujo las primeras hélices de fibra de vidrio, que pasó a ver a su uso generalizado. Desde entonces se ha migrado a la fibra de carbono, y sigue siendo un líder en el diseño de hélices.

2.1.5 Fabricante de Hélices HARTZELL

HARTZELL PROPELLER fue fundada en 1917 por Robert Hartzell como el HARTZELL WALNUT COMPANY. HARTZELL es un fabricante estadounidense de hélices y compuestos de aluminio con la certificación, de construcción casera de aviones ultraligeros. La sede de la empresa se encuentra en Piqua, Ohio.

La compañía produce hélices, spinners, gobernadores, sistemas de protección contra hielo y otros controles de la hélice. En la década de 1890, John George hijo se unió a la compañía como un socio y pasó a llamarse JOHN T. HARTZELL & SON, que opera como proveedora de madera y fabricantes de vagones. George Hartzell compró la compañía de su padre y le cambió el nombre de GEORGE W. HARTZELL COMPANY. Se trasladó a la empresa de Greenville, Ohio Piqua, Ohio y estableció un aserradero más moderno.

El hijo de George Robert N. Hartzell poseía un pequeño avión, el mantenimiento lo hacía el cómo un hombre joven. En 1917, Orville Wright sugirió a Hartzell utilizar sus nogales para la fabricación de hélices de aviones. Como resultado Robert fundó Hartzell Propellers Company en Piqua, la empresa proporcionó la hélice "libertad" para los aviones de combate de la Primera Guerra Mundial. (Technicaviation, 2003)

2.1.2 Tipos de Hélice

A pesar de existir una gran variedad de hélices, sea, por su número de palas o tipos de materiales. Estas se clasifican en hélices de paso fijo y paso variable. El paso de la hélice viene a ser el ángulo formado por la línea recta que une el borde de ataque con el borde de salida de cada pala.

- **Hélices de Paso Fijo**

Este tipo de hélice son aquellas que mantienen un mismo ángulo en todas las condiciones de vuelo, esto limita su eficiencia de vuelo, mientras que en otras condiciones sea optimo su rendimiento, una hélice de paso fijo tiene similitud a una caja de cambios de un vehículo con velocidad constante, compensando la falta de eficacia con una sencillez de funcionamiento y mantenimiento.

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 revoluciones por minuto 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 revoluciones por minuto del motor.

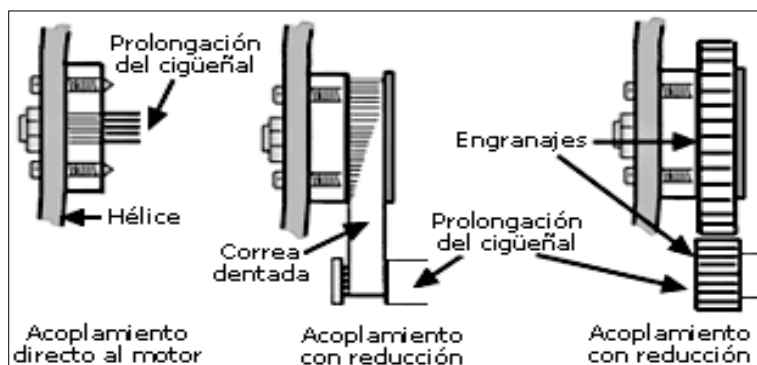


Figura 2 Acoplamiento de hélice de paso fijo

Fuente: (Angel, 2014)

- **Hélices de Paso Variable**

Este tipo de hélice, permite maniobrar es decir permite ajustar el paso, ajustándolo a las diferentes fases de vuelo, mejorando el rendimiento y la calidad de vuelo en cualquier condición. La regulación de paso se realiza mediante una palanca que acciona el mecanismo sea mecánico, hidráulico o eléctrico.

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 revoluciones por minuto, 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 revoluciones por minuto en la hélice y menor 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 revoluciones por minuto, pero se obtiene mejor velocidad con un consumo más económico, exactamente lo mismo que un avión con la hélice puesta en paso largo.

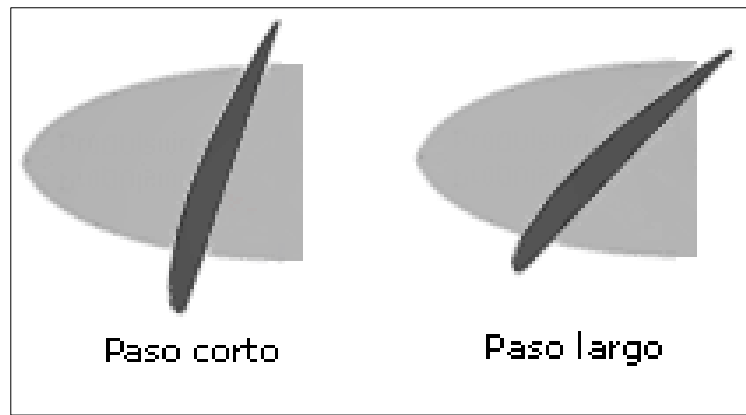


Figura 3 Hélice de paso variable

Fuente: (Angel, 2014)

Si dicho ángulo se puede situar en valores negativos, la hélice también puede crear una inversión de empuje para el frenado o la marcha atrás sin necesidad de cambiar la dirección de rotación del eje.

2.1.3 Hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F

La hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F es una hélice de velocidad constante, de efecto simple accionada de forma hidráulica mayormente usada en aeronaves ligeras por lo general con motores recíprocos, en pocas ocasiones en motores turbo hélice. Se trata de una hélice de efecto simple al decir que no puede ser puesta en reversa, es decir variar el ángulo de las palas para que el empuje sea negativo, esta maniobra es utilizada por los pilotos al realizar aterrizajes para disminuir la distancia de frenado del aeronave.

Al estar accionada de forma hidráulica, para variar el paso o ángulo de las palas requiere de presión hidráulica proveniente del motor a su vez regulada por el gobernador de la hélice, el cual es controlado por el piloto desde la cabina de mando.

Tabla 1:
Identificación del modelo de la Hélice

HC	Hélice Controlada
E	Barril Extendido
2	Número de palas
Y	Varilla de cambio de paso en Y, palas de aluminio, brazo de cambio de paso integral
R	Brida del barril para motor Lyncoming
2	Velocidad constante, embanderamiento, presión de aceite para disminuir el ángulo, carga de aire y resorte para mayor ángulo o embanderar, puede o no tener contra pesas para embanderamiento/ángulo alto
RBS	Modificaciones menores
F	Varilla de cambio de paso larga en Y

Fuente: (Hartzell, Hartzell Propeller Owner's Manual, 2013)

Tabla 2:
Descripción de la Hélice HC-E2YR-2RBS/F

Diámetro	77.0" a 76.0"
Ángulo de bloqueo de inicio	20.0 ± 1.5
Ángulo alto/bandera	80.0 ± 1.0
Ángulo de paso bajo	14.5 ± 0.2
Estación de referencia	30
Potencia	250HP a 2575rpm
Motor	IO-540-C4B5

Fuente: (Hartzell, Hartzell Propeller Owner's Manual, 2013)

Un sistema de hélice de velocidad constante es controlado por un dispositivo sensor de velocidad del motor (gobernador), el cual permite mantener la velocidad constante en ambos tanto motor como hélice; al variar

el ángulo de ataque de las palas de la hélice. El gobernador utiliza una bomba de aceite interna, que es impulsada por el motor, esta bomba incrementa o disminuye la presión de aceite que va dirigida hacia la hélice, permitiendo de este modo controlar el ángulo de las palas para de esta manera mantener una velocidad constante.

El cambio de ángulo de las palas es efectuado la acción de un pistón que está colocado en un cilindro montado en el barril de la hélice, el movimiento del mismo es efectuado por el cambio de presión hidráulica. El movimiento lineal del pistón es transmitido a cada pala por medio de varillas de cambio de paso. El punto de cambio de paso se encuentra en la base de cada una de las palas, este está en contacto con las varillas de cambio de paso; y la rotación de cada pala para el cambio de paso esta sujeta por el barril de la hélice mediante un cojinete retenedor.

Las fuerzas de la hélice, consisten de:

- Carga de aire al cilindro.
- Contra pesas.
- Acción mecánica del resorte.
- Momento de torsión centrífuga en las palas.

Todas estas fuerzas en una variedad de combinaciones que están presentes constantemente mientras la hélice se encuentra operando. La suma de estas fuerzas es contrarrestada por una fuerza hidráulica variable, la cual proviene de la presión de aceite abastecida por el gobernador. Las fuerzas de la hélice, contrarrestadas por las fuerzas hidráulicas producen que las palas de la hélice incrementen, disminuyan o mantengan la configuración de ángulo deseada.

La presión de aceite del gobernador es abastecida por el motor hacia el cilindro a través de la varilla de cambio de paso, de esta manera se incrementa o disminuye el volumen de aceite del cilindro por ende incrementando el ángulo de las palas para reducir la revoluciones por minuto

del motor, o reduciendo el ángulo para aumentar las revoluciones por minuto. Por medio del cambio de ángulo de las palas el gobernador mantiene constantes revoluciones por minuto dentro de los límites, independientemente de la regulación del acelerador del motor. El sistema básicamente consta del giro de las palas sobre el eje de la misma, pudiendo así variar el ángulo de ataque de la pala y por consiguiente el paso de la hélice y la velocidad del modelo.

2.2 Prácticas de Overhaul

2.2.1 Overhaul

El Overhaul es aquel mantenimiento aplicado a un activo o instalación donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos. El tiempo de ejecución, el nivel de inversión o coste del mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud (con respecto al mantenimiento operacional), dado que la razón de este tipo de mantenimiento reside en la restitución general de las condiciones del servicio del activo, bien sea desde el punto de vista de diseño o para extender su vida útil con la mínima probabilidad de fallo (confiabilidad) y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos.

Las aeronaves necesitan de un servicio de mantenimiento preventivo y correctivo realizado por individuos capaces de desmontar las partes de estos vehículos. Cada componente debe ser inspeccionado regularmente en búsqueda de señales de desgaste o avería. Aunque un defecto no sea peligroso, puede reducir la eficacia, algo que en términos logísticos seguramente resulte muy caro.

El mantenimiento (Overhaul) es una compleja tarea que abarca el trabajo en las estructuras, interiores, sistemas y aviónica. Los elementos que componen la aeronave se montan y se desmontan, ateniéndose a un procedimiento de revisiones que siguen normativas nacionales e internacionales y tomando como variable fundamental la cantidad de horas

de vuelo.

Algunas revisiones son tan importantes que requieren del completo desmantelamiento del avión, de modo que sea posible ver el estado y funcionamiento de los elementos de fijación, las uniones de las planchas del fuselaje, también de las alas y las hélices. (Hartzell, Technical Documents, 2013)

2.2.2 Tipos de Mantenimiento

Existen dos tipos de mantenimiento:

- **El no programado:** es el que se realiza ni bien se detecta un desperfecto que debe solucionarse.
- **El Programado:** incluye una revisión sistemática y estricta en cuanto al cumplimiento de las certificaciones de aeronavegabilidad, con el objetivo de volver a adquirir el nivel suficiente de confianza para volar. Con las instrucciones del avión siempre a mano, se puede trabajar y garantizar que todas las piezas procedan como corresponde. Esta documentación es suministrada por los fabricantes, pero complementada con el material facilitado por las compañías aéreas.
- **Mantenimiento Programado:** En rasgos generales, el mantenimiento programado de una aeronave se divide en tres grupos:
- **De Tránsito:** es un examen que se realiza previo a cada vuelo, verificando el estado general del vehículo: deterioros superficiales y estructurales en las ruedas, el aceite, los registros, el panel de acceso, entre otros.
- **Diaria:** es una revisión que suele realizarse antes de volar, como primera medida de que todo esté en orden. Se evalúa el estado

general del avión, aunque en ella también corresponde el planeamiento de acciones correctivas si se encontraran desperfectos.

- **Revisión S:** se aplica al cumplir las 100 horas de vuelo. Aquí entran factores externos como la seguridad alrededor del avión. Se refaccionan desperfectos y también se incluye un service al vehículo. Además se comprueban la cantidad de fluidos disponibles.
- **Overhaul Programado:** En el Overhaul programado, se circunscribe el denominado mantenimiento menor, el cual también se divide en tres grupos:
 - **Revisión A:** abarca una inspección general de los sistemas, los componentes y la estructura para verificar la integridad del avión tanto por dentro, como por fuera.
 - **Revisión B:** es más profunda que la revisión A. Revisa la seguridad de los sistemas, los componentes y la estructura. También incluye el servicio y la corrección de aquellos elementos que sean necesarios.
 - **Revisión C:** constituye por consiguiente, un grado mayor de complejidad que la revisión B. Es una inspección extensa e intensiva que se distribuye por las diversas áreas y zonas (internas – externas) del avión. Se incluyen los sistemas, las instalaciones así como la estructura visible.

Una vez que se comprueba el correcto estado técnico –y operativo- de los componentes, es cuando se puede decir que la reparación está completa, que el equipo se encuentra “overhauleado”. Esta comprende la sustitución de todas las piezas que indiquen los estándares de seguridad, aunque al momento de la revisión se encuentren en buen estado. Todos los repuestos deben ser nuevos y originales, dando como resultado cambios en

los motores, hélices y elementos técnicos. La sustitución también se efectúa en los sistemas eléctricos e hidráulicos.

Una vez que el Overhaul culmina, es necesario probar el funcionamiento de los nuevos elementos, refuerzos y ensamble de estas piezas. Los controles se realizan tanto en tierra, como en el aire, donde se destaca el vuelo de pruebas. En este, el avión pasa por determinados ensayos (situaciones límites) que verifican cada uno de los dispositivos.

Se suelen detener uno a uno los motores, se re-enciende la aeronave, hay virajes pronunciados, reducciones de velocidad, cambio de ángulo de las palas y pérdidas de sustentación. Se estudia principalmente el poder de recuperación del avión frente a estas situaciones, la respuesta de los motores, las hélices, los trenes de aterrizaje, los flaps, los planos móviles y la navegación automatizada. Si todos ellos funcionan correctamente, entonces, se puede considerar que el avión está “como nuevo”, es decir, con cero horas de vuelo. (Atom, 2016)

2.2.3 Precauciones al Realizar Overhaul

No use información obsoleta o desactualizada. Realizar todas las inspecciones o trabajo de acuerdo con la revisión más reciente del documento de servicio. La misma está contenida en un documento de servicio que puede ser significativamente cambiado de revisiones anteriores. El incumplimiento de las indicaciones contenidas en un documento de servicio, o el uso de la información caducada pueden crear una condición insegura que puede causar muertes, lesiones graves, y daños materiales considerables.

La información para los documentos que aparece indica el nivel de revisión y fecha a la hora en que el documento fue inicialmente incorporado en el manual. La Información contenida en un documento de servicio puede ser significativamente cambiado de revisiones anteriores.

Service Document Number	Incorporation Rev./Date	Service Document Number	Incorporation Rev./Date
Service Bulletins:		Service Letters, Continued:	
SB 103	Rev. 11 Jun/05	HC-SL-61-179	Rev. 4 May/99
SB 142B	Rev. 4 May/99	HC-SL-61-187, R2	Rev. 9 Sep/03
HC-SB-61-224, R2	Rev. 4 May/99	HC-SL-61-197, R2	Rev. 6 Apr/00
HC-SB-61-226, R1	Rev. 4 May/99	HC-SL-61-230	Rev. 11 Jun/05
		HC-SL-61-241, R1	Rev. 14 Aug/09
		HC-SL-61-243	Rev. 11 Jun/05
		HC-SL-61-265, R1	Rev. 14 Aug/09
		HC-SL-61-282	Rev. 14 Aug/09
Service Letters:		HC-SL-61-290	Rev. 14 Aug/09
SL 100	Rev. 4 May/99	HC-SL-61-293	Rev. 14 Aug/09
SL 82A	Rev. 4 May/99	HC-SL-61-293, R1	Rev. 14 Aug/09
SL 101A	Rev. 16 Apr/15	HC-SL-61-301	Rev. 15 Sep/12
SL 155A	Rev. 4 May/99	HC-SL-61-340	Rev. 16 Apr/15
HC-SL-61-170	Rev. 4 May/99		
HC-SL-61-177	Rev. 4 May/99		

Figura 4 Documento de servicio

Fuente: (Hartzell, Technical Documents, 2013)

Los daños pueden afectar a las características de seguridad de la hélice y no se ajusta a su diseño de tipo.

2.3 Requisitos de Personal

2.3.1 Inspección, reparación y revisión

El cumplimiento de los requisitos reglamentarios aplicables establecidos por la Administración Federal de Aviación (FAA) o equivalente internacional, es obligatorio para cualquier persona que realice o acepte responsabilidad por cualquier inspección y reparación y reacondicionamiento de cualquier producto Hartzell hélice Inc.

El personal de inspección, reparación y reacondicionamiento de hélices, cubos de aluminio debe tener una formación y experiencia adecuada. La inspección y reparación de piezas de hélice requieren un alto grado de habilidad; Por lo tanto, se espera que el personal de inspección y con

responsabilidad de supervisión tenga todas las características siguientes:

- Certificado un de mantenimiento de la FAA o un equivalente internacional.
- Un mínimo de 18 meses de experiencia práctica en reacondicionamiento de hélices de aluminio Hartzell Inc. (Hartzell, Hartzell Propeller Owner's Manual, 2013)

Al manejar o estar expuesto a las pinturas y / o productos químicos durante los procedimientos de reacondicionamiento y mantenimiento de la hélice se debe usar protección adecuada. Antes de utilizar pintura o productos químicos, siempre lea la etiqueta del fabricante en el envase y siga las instrucciones y procedimientos dados para el almacenamiento, preparación, mezcla y aplicación.

Revisar ficha de datos de seguridad del producto (MSDS) para obtener información detallada acerca de las propiedades físicas, la salud y los peligros físicos de cualquier producto químico. (Lombardo, 2015)

2.3.2 Límites de Calendario

Los efectos de la exposición al medio ambiente durante un período de tiempo crean la necesidad de revisión de la hélice sin importar el tiempo de vuelo. Un límite de calendario entre revisiones es especificado en la hélice Hartzell Inc. La experiencia ha demostrado que los cuidados especiales, tales como el mantenimiento de un avión en un hangar, no son suficiente para permitir la extensión del límite de calendario.

La fecha de inicio para el límite de calendario es cuando la hélice está primero instalada en un motor. El límite de calendario no se interrumpe mediante la eliminación y / o almacenamiento posterior. La fecha de inicio para el límite de calendario no debe ser confundida con la fecha de inicio de la garantía. En esos períodos de tiempo, el conjunto del cubo de la hélice y

los conjuntos de palas deben estar completamente desmontados y para inspeccionarse en busca de grietas, desgaste, corrosión y otras condiciones inusuales o anormales. (Hartzell, Technical Documents, 2013)

La vida y servicio de los componentes depende de una revisión periódica el desmontaje, limpieza, inspección, reparación, según sea necesario, las pruebas de conformidad con las normas aprobadas y datos técnicos aprobados por el fabricante de la hélice Hartzell Inc. Son fundamentales al momento de cuidar la vida útil de los componentes. El intervalo de revisión se basa en las horas de servicio, es decir, el tiempo de vuelo, o en el tiempo del calendario. Las piezas que no se reemplazan durante la revisión deben ser inspeccionadas de acuerdo con la verificación de los manuales de dicho componente.

El overhaul debe ser completado de acuerdo con la última revisión del manual de mantenimiento de los componentes aplicables y otras publicaciones pertinentes o se hace referencia en el manual de mantenimiento de componentes del mismo. En ciertos dispositivos, o en algunos casos una hélice completa, tienen un tiempo de vida útil limitado y es un requisito reglamentario llevar un registro de las veces que ha sido reparado y se mantendrá para todas las partes de vida limitada.

La duración de los componentes se expresa en tiempo de horas de servicio (Time Since New, TSN) y en tiempo de horas de servicio desde el overhaul (Time Since Overhaul, TSO), TSN / TSO se considera como el tiempo acumulado entre la rotación y el aterrizaje, es decir, el tiempo de vuelo. Tanto el TSN y TSO son necesarios para determinar la vida del componente. Algunas partes son "vida limitada", lo que significa que deben ser reemplazados después de un período especificado de uso (TSN), Cuando un componente o conjunto se somete a una revisión, el TSO se devuelve a cero horas, sin embargo el tiempo desde Nuevo (TSN) no pueden ser devueltos a cero. La reparación y sin reforma no afecta TSO o TSN.

Tiempo desde Nuevo (TSN) y el tiempo desde overhaul (TSO) los registros deben ser mantenidos en el libro de registro de la hélice. Las palas y los cubos en ocasiones son reemplazados durante el servicio o durante el overahul. El mantenimiento para un reemplazo de palas o de un cubo requiere un historial separado de TSN y TSO.

Otros componentes de la hélice no requieren menos tiempo de seguimiento especificado en las publicaciones de servicio Hartzell hélice Inc. Si se sustituye el cubo, el número de serie del cubo de reemplazo debe registrarse (la entrada firma y fecha) en el libro de registro de la hélice. La hélice llevará la identificación con el número de serie del cubo de reemplazo.

El TSO y TSN del cubo de reemplazo deben ser registrados y mantenidos en el libro de registro de la hélice. El TSN y TSO de los componentes restantes de la hélice que se requieren para ser seguido como el definido anteriormente, y no se ven afectados por la sustitución del cubo, pero se debe mantener por separado. (Hartzell, Hartzell Propeller Owner's Manual, 2013)

2.4 Inspección y Medios de Reconstrucción de Palas

Las instrucciones y procedimientos en este documento pueden implicar desmontaje de partes críticas de la hélice.

2.4.1 Extracción del Ensamblaje de la Hélice

El uso incorrecto de herramientas puede dañar el eje que no se puede reparar y requeriría que el cubo sea reemplazado. No use una llave de boca al azar las pieza de apriete tuercas en un hub deben ser las adecuadas.

En la Extracción de la hélice HC-E2YL-() retire la cúpula spinner, si la hélice está equipado con un sistema de protección contra el hielo que utiliza componentes suministrados por la hélice Hartzell Inc., instrucciones aplicables y los datos técnicos de los componentes suministrados por la

hélice Hartzell Inc. se pueden encontrar en las siguientes publicaciones disponibles en la hélice Hartzell Inc. Manual 180 (30-61-80) - Manual del sistema de protección de la hélice de hielo.

Los componentes del sistema de protección anti hielo de la hélice no suministrados por Hartzell hélice Inc. Son controlados por el TC aplicable o las instrucciones del titular de la STC IMA (ICA). Si se instala, cortar y retirar el alambre o cable de seguridad en los pernos de montaje de la hélice. Apoyar el conjunto de hélice con una tira. Si se vuelve a instalar la hélice y ha sido equilibrado dinámicamente, hacer una marca de identificación (con sólo una pluma de punta de fieltro) en el cubo de la hélice y una marca correspondiente en la brida del motor para asegurarse de la correcta colocación de la hélice durante la re-instalación.

- Esto evitará que el desequilibrio dinámico.
- Desenroscar los pernos de montaje de 7/16 de pulgada de bujes del motor.
- Aflojar las tuercas de montaje de 7/16 pulgadas y los espárragos conectados de los bujes del motor. Si se retira la hélice entre los intervalos de revisión, pernos de montaje, tuercas y arandelas pueden ser reutilizadas si no están dañadas o corroídas.
- Retire la brida de montaje con cuidado para evitar daños en los studs de la hélice.
- Use del arnés de soporte y retire la hélice de la brida de montaje.
- Ponga la hélice en un carro para el transporte.

2.4.2 Procedimientos de Inspección

Las siguientes inspecciones deben hacerse sobre una base regular, esto sea antes de vuelo, durante la inspección periódica requerida, o si se nota un problema. Posibles soluciones a los problemas descubiertos durante las inspecciones programadas e inspecciones adicionales, y los límites se detallan en los siguientes procedimientos de inspección.

Una hélice nueva o realizada overhaul puede fugar ligeramente durante las primeras varias horas de funcionamiento. Esta fuga puede ser causada por el asentamiento de los sellos y o-ring, y la serie de lubricantes usados. Para la lubricación de sellado durante el montaje. Tal fuga debe cesar dentro de las primeras diez horas de funcionamiento.

Las fugas que persisten más allá de las primeras diez horas de operación en una hélice nueva o recién revisado, o se produce en una hélice que ha estado en servicio durante algún tiempo requerirá reparación. Una determinación debe ser hecha en cuanto a la fuente de la fuga. La única fuga que se puede reparar es la extracción y sustitución del o - ring entre el motor y la hélice. El resto de reparaciones de fugas deben ser remitidas a un centro de reparación de hélices con licencia apropiada. Una instancia de fugas de grasa anormal debe ser inspeccionada mediante el siguiente procedimiento:

- Retire la cúpula spinner.
- Realizar una inspección visual para detectar grietas en el buje. Una grieta puede ser fácilmente visible, o puede ser indicado por filtración grasa de una superficie aparentemente sólida. debería prestarse especial atención a la zona de retención del cubo.
- Realizar una inspección visual de las áreas de retención del eje y de la pala para localizar el origen de la fuga. Si el origen de fugas de grasa se determina que es una parte no crítica tal como un o-ring o sellador, las reparaciones pueden realizarse durante el mantenimiento programado, siempre que la seguridad de vuelo no está comprometida.
- Si se sospecha de grietas, inspecciones adicionales se deben realizar antes de continuar vuelo. Estas inspecciones deben ser realizadas por personal cualificada en una instalación de reparación de la hélice con licencia apropiada para verificar la condición. Estas inspecciones incluyen típicamente el desmontaje de la hélice seguido por la inspección de piezas, el uso de métodos no destructivos de acuerdo

con procedimientos publicados.

- Si se encuentran grietas o componentes que fallan, las piezas deben ser reemplazadas antes de continuar vuelo. Reportar estos incidentes a las autoridades correspondientes de aeronavegabilidad.

Comprobar el recorrido de la pala de la siguiente manera:

- Calce las ruedas de la aeronave de forma segura.
- Asegúrese que el motor está conectado a tierra MAGNETO (OFF) antes de girar la hélice.
- Girar la hélice con la mano (opuesta a la dirección de rotación normal) hasta unos puntos de hoja directamente en la superficie de referencia.

Si la hélice no tiene un bloqueo de inicio y el recorrido de la pala debe ser revisado cuando la hélice está en posición de bandera:

- Coloque un transportador nivel de burbuja al lado del contrapeso de la hoja.
- Gire ligeramente la pala de la hélice hasta que el nivel indique que el contrapeso es perpendicular a la superficie de referencia.
- Tomar nota de la posición de la punta de la cuchilla con respecto a la superficie de referencia.
- Repita este procedimiento con las cuchillas restantes.
- La tolerancia de seguimiento es $\pm 0,062$ pulgadas (1,57 mm) o 0,125 pulgadas (3,17 mm) en total.

Comprobar si hay presencia de Corrosión:

- La corrosión leve sobre las palas o contrapesos puede ser retirada por personal cualificado con la sección de conformidad de reparaciones.
- La corrosión fuerte que resulta en grave picadura, debe ser referido a un taller de reparación de hélices con licencia apropiada.

En caso de Exceso de velocidad /Exceso de torque se debe realizar una Inspecciones Especiales:

Un exceso de velocidad ocurre cuando las revoluciones por minuto de la hélice superan el régimen máximo indicado en el estándar. Una condición de exceso de torque se produce cuando la carga del motor es superior a los límites establecidos por el motor, la hélice, o el fabricante. La duración de tiempo en exceso de velocidad/ exceso de torque para un solo evento determina la acción correctiva que debe tomarse para asegurarse de que no se han producido daños en la hélice.

Los criterios para determinar la acción necesaria después de un exceso de velocidad se basan en muchos factores. Las fuerzas centrífugas adicionales que se producen durante el exceso de velocidad no son la única preocupación. Algunas aplicaciones tienen un fuerte aumento en los esfuerzos vibratorios en revoluciones por minuto superior al valor nominal para el motor/combinación avión/hélice.

En caso de detección de objetos extraños:

Un objeto extraño puede incluir un amplio espectro de daños, de una piedra de menor importancia que produzca severos daños por impacto. Un enfoque conservador en la evaluación de los daños es necesario porque puede haber daños ocultos que no es fácilmente evidente durante una inspección visual. En el caso de detección de un objeto extraño, se requiere una inspección antes de seguir vuelo. Si la inspección revela una o más de las siguientes indicaciones, la hélice debe ser retirada de la aeronave, desmontado y revisado de acuerdo con los manuales de la hélice y de mantenimiento de palas aplicables.

- Una pala suelta del cubo.
- Cualquier desperfecto o se sospecha que el mecanismo de cambio de paso.
- Una pala doblada (fuera de pista o ángulo).

- Cualquier reducción de diámetro de la pala.
- Una pala doblada, agrietada o el eje al motor fallando.
- vibraciones en servicio que no estaba presente antes del evento.

Golpes, desportilladuras y arañazos en las superficies de la pala o los bordes de ataque y salida deben ser removidos antes de vuelo. Independientemente del grado de daño, se deberá crear una entrada en el libro de registro para documentar el incidente con la detección del objeto extraño y cualquier acción correctiva tomada.

2.4.3 Reparaciones de la Pala

Todos los cortes, gubias, o arañazos de cualquier tamaño pueden crear un elevador de tensión que potencialmente podría conducir a la rotura de la pala. Todo daño debe ser visualmente examinado cuidadosamente antes de vuelo para la presencia de grietas u otras anomalías. Las palas que previamente han sido reparadas o revisadas puede haber sido reducidas dimensionalmente. Antes de la reparación de daños significativos o realizar cualquier reparación en palas que se están acercando a los límites útiles, comuníquese con un centro de reparación debidamente titulados.

- **Reparación de muescas o estrías**

Reparaciones locales pueden hacerse usando equipo eléctrico o de aire. Tela de esmeril, Scotch Brite®, papel lija se van a utilizar para cortes leves.

- **Reparación de Palas dobladas**

La reparación de una pala doblada se considera una reparación mayor. Este tipo de reparación debe ser realizada por un centro de reparación de hélices con licencia apropiada, y sólo dentro de las directrices aprobadas.

2.4.4 Pintura Después de la Reparación

Las aspas de la hélice están pintadas con un revestimiento especial que es resistente a la abrasión. Si este revestimiento se erosiona, es necesario volver a pintar las aspas para proporcionar la corrosión adecuada y protección contra la erosión. La pintura debe ser realizado por un taller de reparación de la hélice con licencia apropiada, de acuerdo con Hartzell Propeller Inc. 202A Manual (61-01-02).

Se permite llevar a cabo un retoque al aspa con pintura de aerosol de acuerdo con los procedimientos descritos en la pintura de aluminio Las hojas que sigue. Consulte la Figura 5 para las pinturas que han sido aprobados para el retoque del aspa.

Vendor	Color	Vendor P/N	Hartzell P/N
Tempo	Epoxy Black	A-150	n/a
Tempo	Epoxy Gray	A-151	n/a
Tempo	Epoxy White (tip stripe)	A-152	n/a
Tempo	Epoxy Red (tip stripe)	A-153	n/a
Tempo	Epoxy Yellow (tip stripe)	A-154	n/a
Sherwin-Williams	Black	F75KXB9958-4311	A-6741-145-1
Sherwin-Williams	Gray	F75KXA10445-4311	A-6741-146-1
Sherwin-Williams	White (tip stripe)	F75KXW10309-4311	A-6741-147-1
Sherwin-Williams	Red (tip stripe)	F75KXR12320-4311	A-6741-149-1
Sherwin-Williams	Yellow (tip stripe)	F75KXY11841-4311	A-6741-150-1
Sherwin-Williams	Silver	F75KXS13564-4311	A-6741-190-1
Sherwin-Williams	Gold	148-8006	A-6741-204-5

Figura 5 Cuadro de Pinturas Aprobadas
Fuente: (Hartzell, Technical Documents, 2013)

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Situación inicial

En la ciudad de Macas, en la compañía Aerotaisha, se encontraba una hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F perteneciente a la aeronave modelo Azteca con motor Lycoming, la cual fue dada de baja al verse involucrada en un incidente, donde sufrió daños estructurales, picaduras, posibles grietas, corrosión los cuales no permitían a la misma pueda retornar a condiciones aeronavegables, motivo por el cual se realizó el proceso de adquisición de la misma para utilizarla dentro del presente proyecto de grado. Se busca reconstruir las palas del equipo en mención con fines didácticos para la Unidad de Gestión de Tecnologías.



Figura 6 Palas Dobladas

En la figura 6 se puede apreciar la torcedura fuera de los límites de tolerancia indicados en el manual del fabricante.



Figura 7 Pala con Golpes

En la figura 7 se puede apreciar los golpes afectando el perfil de la hélice y los límites de tolerancia indicados en el manual del fabricante.



Figura 8 Pala con corrosión

En la figura 8 se puede apreciar la falta de pintura y el material corroído, un daño menor que debe ser reparado. Los daños, que se pueden apreciar son los mismos que presentaban las palas de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F previa una inspección visual realizada en la compañía Aerotaisha. Se determina que son aptas para la reconstrucción puesto que los daños son reversibles y puede ser usada con fines didácticos, se procede a trasladar la hélice a la ciudad de Quito para su posterior reconstrucción.

3.2 Alternativas de Solución

Como recurso para solventar la condición de las palas y uso práctico para el presente proyecto, se utiliza como ejemplo la rehabilitación de estas, de esta manera demostrar la factibilidad del mismo, siguiendo los pasos detallados en los manuales que se encuentran más adelante, en este trabajo se reconstruirá las palas de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F, misma que podrá ser utilizada como material didáctico y de instrucción en la Unidad de Gestión de Tecnologías.



Figura 9 Palas de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F

Se puede apreciar la pala de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F en la figura 9, el estado de deterioro en el que se adquirió previo a la reconstrucción.

3.3 Adquisición

Para el proceso de reconstrucción de las palas de la hélice Hartzell HC-E2YR-2RBS/F fue necesario la adquisición de los siguientes equipos y materiales:

- Hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F: Se utilizó como la base para el desmontaje de las palas previa reconstrucción, por ser fundamental usar una hélice con palas de aluminio.
- Removedor: Se utilizó 1 galón de removedor para retirar la capa de pintura de las palas.
- Scotch brite: 4 scotch brite fueron necesarios para retirar las impurezas de pintura causadas por el removedor.
- Prensa manual: Se usó una prensa manual para el correcto enderezado de la pala.
- Delcon: Usando un 1/8 de pasta Delcon para rellenar las imperfecciones causadas por los daños del incidente y manipulación de las palas.
- Lijas: Con 8 pliegos de lija 180 para retirar el exceso de pasta y dar el acabado final de las palas.
- Pintura: Dar color a las palas.
- Decals: Se colocó un juego de stickers con la marca del fabricante.

3.4 Proceso de Reparación

El arduo proceso de reparación implica la planificación de eventos que garanticen un correcto estándar, evitando la posibilidad de errores costosos, pérdidas de tiempo, salvaguardando la integridad de la persona que la realice. Una vez realizada una inspección visual detalladamente analizando

posibles daños internos y externos como grietas, rayaduras fuera de la tolerancia permitida, picaduras en lugares inaccesibles o golpes graves, se determinará de acuerdo al manual de overhaul del fabricante si es posible o no reconstruir dicha pala, si la pala analizada no cumple las condiciones establecidas en el manual debe ser dada de baja, caso contrario se procederá a reparar. En el proceso de reparación se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Comprobar el estado general de las palas, si las palas no exceden los parámetros necesarios mencionados en el manual de overhaul de fabricante que garanticen su correcto funcionamiento, puede ser reparada.



Figura 10 Estado general de las palas

- Desmontar las palas y componentes, en lo posible separar e identificar los grupos de componentes, para evitar confusiones y pérdidas de elementos, para el montaje y desmontaje se

procederá de la manera descrita en el manual de montaje y desmontaje de componentes de la hélice.



Figura 11 Palas desmontadas

- Una vez identificado el tipo de daño se procederá de la manera descrita en el manual de reconstrucciones.
- Encontrando la pala # 1 en la estación # 35 con un dobléz de 38° hacia los extradós, en la pala #2 en la estación #32 con un dobles de 15° hacia los extradós, adicional a esto se encontró picaduras tanto en intradós como en extradós.
- Se procede a calentar la pala a 1200°C empleando una máquina de alto vacío para evitar incendios en función de la alta temperatura, una vez normalizadas las moléculas del material, se procedió a prensarlo con una presión de 500 psi puesto que el material aún se encontraba maleable.
- El proceso de rellenado en las zonas que presentaban picaduras, previamente se utilizó una lima de media caña, para retirar las aristas vivas en el borde de ataque y para que tenga adhesión el

material de aporte para el relleno de las picaduras, se usó una lija de grano grueso y para la limpieza se empleó aire a presión y removedor de pintura.

- Se procedió a mezclar los componentes de Delcon en proporciones de 10 a 1, de base con acelerante respectivamente, con la mezcla se generó una capa que rellene las picaduras presentes, dejando material adicional que posteriormente se lijara con material abrasivo de bajo desbaste con scotch brittle.
- Con la superficie lista se procedió a aplicar una pintura de fondo para posterior aplicación de la capa de pintura final, de esta manera quedando listas para su posterior ensamblaje en el hub.
- Deberá ser lubricada y a su vez debe ser registrado con el formato mostrado en la figura 12, para su respectivo control.

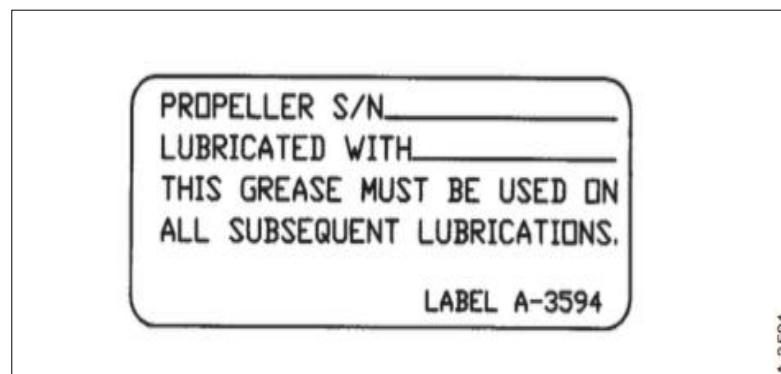


Figura 12 Formato de Registro

Fuente: (Hartzell, Technical Documents, 2013)

- Una vez montadas las palas debe ser realizado el procedimiento de comprobación, para constatar que está dentro de los parámetros del fabricante.




Figura 13 Palas Enderezadas

- Finalizada la reparación se llenará el registro de mantenimiento con el tipo de reparación y la fecha de la reparación, para poder llevar un control de número de reparaciones.

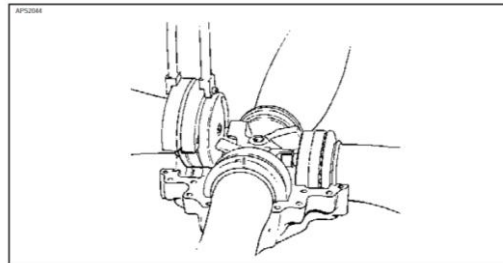
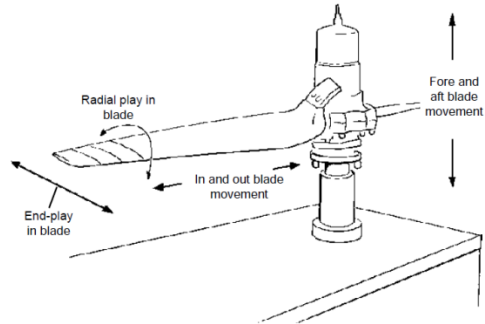
3.5 Manuales de Reconstrucción

Se elabora los manuales para la correcta reconstrucción y manipulación de las palas, para con esto evitar posibles desperfectos de las diferentes palas, siempre y cuando sean de aluminio, se debe seguir detalladamente las instrucciones de este manual de mantenimiento sección reconstrucción y se debe llevar un registro de mantenimiento después de cada reparación.

	MANUALES	Pág. : 1 de 4
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LAS PALAS DE LAS HÉLICES McCAULEY, DOWNTY ROTOL, HARTZELL	Código: MM-HC
	Elaborado por: Sr. Andrés Vizuete	Revisión Nº: 01
	Aprobado por: Tlgo. Alejandro Proaño	Fecha : 28/08/2016
<p>1. OBJETIVO</p> <p>Documentar los procedimientos de reparación de la hélice HC-E2YR-2RBS/F</p> <p>2. ALCANCE</p> <p>Proporcionar información para la correcta reparación de las palas de la hélice HC-E2YR-2RBS/F, su desmontaje e instalación.</p> <p>3. MATERIALES</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1/8 pasta Delcon • 4 litros de removedor • 4 Scotch Brite • 8 Pliegos de lija 180 • ½ galón de pintura negra • ½ galón de pintura gris • Waipes <p>4. HERRAMIENTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prensa manual 		
Pág.1		

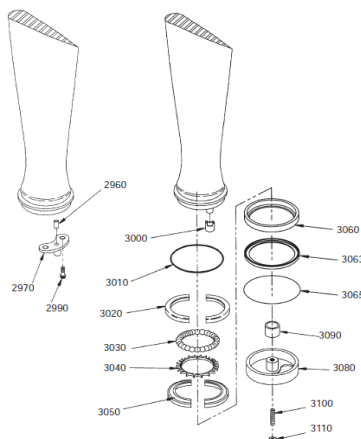
5. COMPROBAR

Revisar el estado general de las palas.



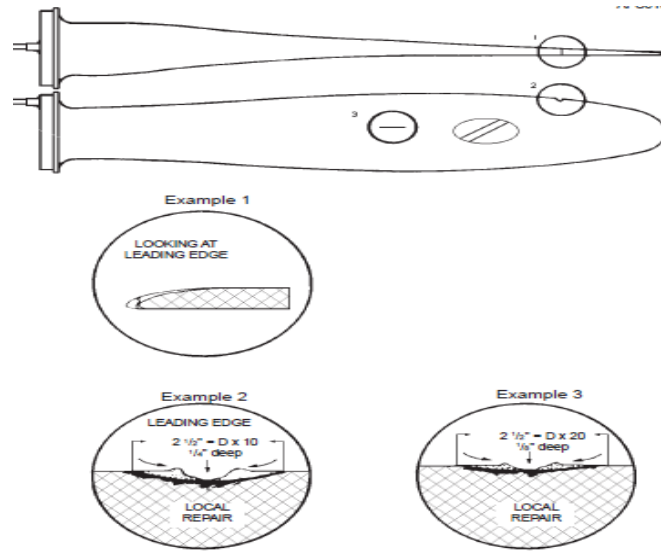
6. DESMONTAR

Las palas y componentes, en lo posible separar e identificar los grupos de componentes, para evitar confusiones y pérdidas de elementos, para el montaje y desmontaje se procederá de la manera descrita en el manual correspondiente de componentes de la hélice.



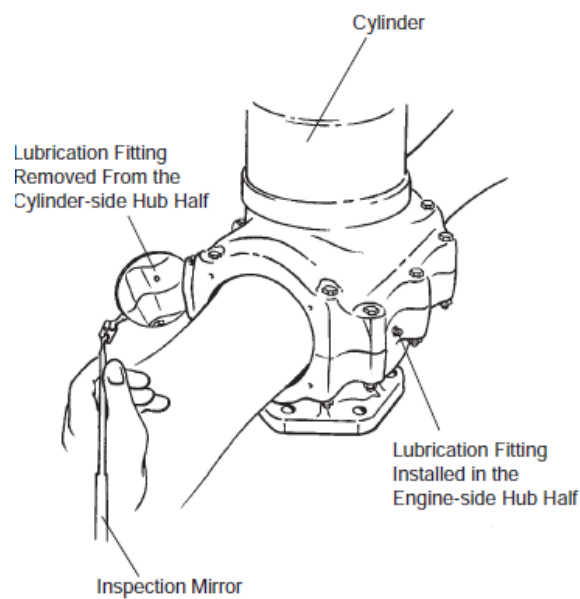
7. REMOVER

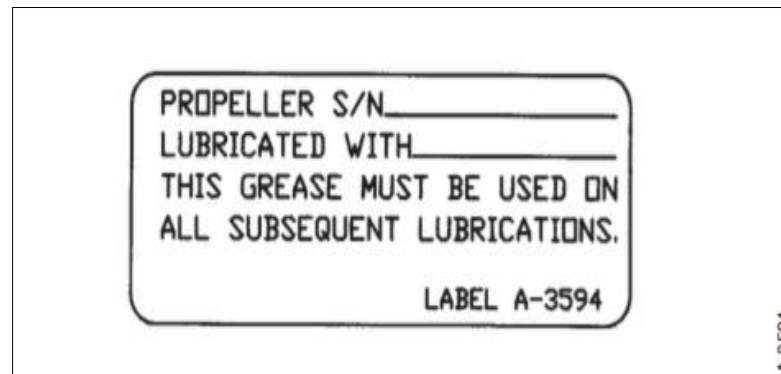
Colocar removedor en la pala, para poder desprender la pintura utilizando el scotch brittle con movimientos circulares, lijar las imperfecciones usando lija 180.



8. Limpieza y Lubricación

Realice la limpieza de manera minuciosa de las palas utilizando el waípe. Lubrique en los puntos indicados con grasa Aero Shell N°5 o N°22.

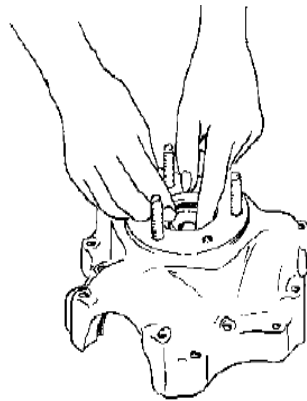




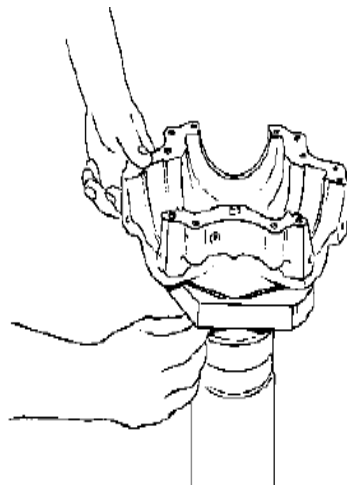
9. Comprobación

Una vez montadas las palas debe ser realizado el procedimiento de comprobación.

1P32011



1P32012



3.6 Análisis Económico

Esta etapa incluye manuales, fotocopias, uso de internet, transporte, subsistencias, materiales y herramientas para la reconstrucción de las palas con un costo total presupuestado de 760\$ para la culminación de este proyecto de graduación, este es un valor previsto para la elaboración de este proyecto sin considerar los imprevistos y gastos que se llegaron a presentar.

3.6.1 Presupuesto Inicial

Para la reconstrucción de las palas de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F perteneciente a la unidad de gestión de tecnologías, se consideró la utilización de materiales, compuestos químicos y herramientas fáciles de obtener y al alcance del estudiante, para incentivar su desarrollo técnico en el ámbito aeronáutico.

3.6.2 Costos Primarios

Se encuentran los principales egresos con los cuales fue elaborado el proyecto.

Tabla 3:
Costos Primarios

DESCRIPCIÓN	VALOR
FUNGIBLES	65,00
KIT DE HERRAMIENTAS	130,00
DECALS	20,00
DELCON 1/8	300,00
TOTAL	515,00

3.6.3 Costos Secundarios

Están enlistados los gastos de investigación y documentación.

Tabla 4:
Costos Secundarios

DESCRIPCIÓN	VALOR
RESMA DE PAPEL	5,00
IMPRESIONES	15,00
SERVICIO DE INTERNET	20,00
ANILLADOS	5,00
EMPASTADO	25,00
SUBSISTENCIAS	125,00
TOTAL	195,00

3.6.4 Costo Total

Se encuentran los gastos totales realizados para la culminación del proyecto.

Tabla 5:
Costo Total

DESCRIPCIÓN	VALOR
COSTOS PRIMARIOS	515,00
COSTOS SECUNDARIO	195,00
TOTAL	710,00

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- En la recopilación de información referente a las hélices MCCAULEY, DOWTY ROTOL, HARZTELI, dicha información será útil para el aprendizaje de nuevas técnicas de mantenimiento en la Unidad de Gestión de Tecnologías.
- La reconstrucción de las palas de la hélice HARTZELL HC-E2YR-2RBS/F, la misma que será utilizada para la instrucción en la Unidad de Gestión de Tecnologías, en base a información recopilada de manuales, ordenes técnicas, y documentos del fabricante la cual fue obtenida de bibliotecas y páginas web.
- Se elaboró un manual de reconstrucción de palas de aluminio buscando satisfacer la necesidad de dar mantenimiento a las unidades de la unidad de gestión de tecnologías

4.2 Recomendaciones

- Se deberá utilizar el presente proyecto para la adaptación de nuevo material didáctico dentro de la interacción en clase con el fin de facilitar la asimilación de nuevos conocimientos en componentes del avión en general por parte del estudiante.
- Es necesario desarrollar sistemas didácticos que complementen y faciliten el aprendizaje de nuevos equipos y componentes en el campo aeronáutico.
- Se deberá Implementar mayor material didáctico que facilite a los docentes impartir sus conocimientos hacia los estudiantes.

ABREVIATURAS

FAA: Administración federal de aviación

MSDS: Hoja de datos de materiales de seguridad

PSI: Libras por Pulgada cuadrada

RPM: Revoluciones por minuto

TSN: Tiempo desde nuevo

TSO: Tiempo desde Overhaul

TC: Certificado tipo

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angel, M. M. (12 de enero de 2014). *www.manualvuelo.com*. Recuperado el 27 de Agosto de 2016, de manualvuelo: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>
- Atom. (2016). *manteniaautomatico7.blogspot.com*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de manteniamautomatico7.blogspot: <http://manteniaautomatico7.blogspot.com/p/overhaul.html>
- Hartzell. (2013). *Hartzell Propeller Owner's Manual*. California: Hartzell Propeller Inc.
- Hartzell. (2013). *Technical Documents*. california: Hartzell Propeller Inc.
- Lombardo, G. (2015). *www.unlpam.edu.ar*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de unlpam: http://www.unlpam.edu.ar/files/segh/prod_quimicos.pdf
- Technicaviation. (2003). *www.technicaviation.com*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de Technicaviation: <http://www.technicaviation.com/ES/mantenimiento-de-equipos/helices-109.html>

ANEXOS