



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551, acorde a la documentación técnica correspondiente de la aeronave FH 127, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”

Rojas Naranjo, Diego Alexis

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica

Mención Motores

Ing. Coello Tapia, Luis Ángel

Latacunga, 11 de febrero del 2022



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AERONÁUTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“Preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551, acorde a la documentación técnica correspondiente de la aeronave FH 127, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”**. Fue realizado por el señor **Rojas Naranjo, Diego Rojas** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 11 de febrero del 2022

Firma



.....
Ing. Coello Tapia, Luis Angel
C. C.: 0503128662

Reporte de verificación de contenido



ROJAS NARANJO DIEGO ALEXIS 2.pdf

Scanned on: 23:19 February 13, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	454
Words with Minor Changes	0
Paraphrased Words	305
Ommited Words	109

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Luis Angel Coello Tapia".

.....

Ing. Coello Tapia, Luis Angel

C. C.: 0503128662



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Rojas Naranjo, Diego Alexis**, con cedula de ciudadanía N° 0504088493, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía. **“Preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551, acorde a la documentación técnica correspondiente de la aeronave FH 127, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 11 de febrero de 2022

Firma

.....
Rojas Naranjo, Diego Alexis

C.C.: 0504088493



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Rojas Naranjo, Diego Alexis**, con cedula de ciudadanía N° 0504088493 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía. **“Preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551, acorde a la documentación técnica correspondiente de la aeronave FH 127, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 11 de febrero de 2022

Firma

.....
Rojas Naranjo, Diego Alexis

C.C.: 0504088493

Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados para la formación de mi vida personal y profesional. A mis padres, Galo Rojas y Sonia Naranjo, por su amor, trabajo, sacrificio y apoyo incondicional a lo largo de todos estos años, ya que gracias a ellos he logrado llegar hasta aquí y convertirme en la persona que soy ahora. Ha sido un orgullo y un privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mi hermana, Camila Rojas por estar siempre presente, acompañándome en los momentos de alegrías y tristezas, y por el apoyo moral que me brindó en el transcurso de todo este tiempo. A la memoria de mi abuelo, Miguel Ángel Rojas quién me animó en este campo de estudio, así como también fomentándome valores los cuales aplicaré a lo largo de mi vida, su ejemplo me permitió seguir soñando en los momentos más difíciles cuando quise rendirme. A toda mi familia que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito, en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Rojas Naranjo, Diego Alexis

Agradecimiento

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. A mis padres, Galo Rojas y Sonia Naranjo por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron en el transcurso de toda esta etapa de formación personal y profesional.

A mi hermana y a toda mi familia por su cariño y apoyo incondicional, durante toda esta etapa de mi vida, por estar conmigo en todo momento, ya que con sus oraciones, consejos y palabras sabias hicieron de mí una mejor persona, de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas a cumplir. Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi tutor de tesis Ing. Luis Coello, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Rojas Naranjo, Diego Alexis

Tabla de Contenidos

Carátula	1
Certificación	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos	8
Índice de figuras	12
Índice de tablas	15
Resumen	16
Abstract.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación	20
Objetivos.....	21
<i>Objetivo general</i>	21
<i>Objetivos específicos</i>	21
Alcance	21

Marco teórico	22
Historia de la Aeronave Fairchild FH 127	22
Especificaciones del Motor Rolls Royce Dart MK-551	23
<i>Características principales del motor</i>	<i>24</i>
Ciclo Brayton.....	25
Sección fría del motor	27
<i>Entrada de aire.....</i>	<i>27</i>
<i>Compresor</i>	<i>28</i>
<i>Difusor</i>	<i>29</i>
Sección caliente del motor	30
<i>Cámaras de combustión</i>	<i>31</i>
<i>Turbina.....</i>	<i>31</i>
<i>Escape</i>	<i>33</i>
Mantenimiento Aeronáutico	33
<i>Mantenimiento preventivo.....</i>	<i>34</i>
<i>Mantenimiento predictivo.....</i>	<i>35</i>
<i>Mantenimiento restaurativo</i>	<i>36</i>
Inspecciones aplicadas en aviación	37
<i>Inspecciones programadas.....</i>	<i>37</i>
<i>Inspecciones no programadas.....</i>	<i>38</i>
<i>Inspección visual</i>	<i>38</i>

<i>Inspección de 50 y 100 horas</i>	39
<i>Inspección por tintas penetrantes</i>	41
<i>Inspección por partículas magnéticas</i>	42
<i>Inspección por ultrasonido</i>	43
Documentación utilizada en aviación	45
<i>Documentación operacional</i>	45
<i>Documentación técnica</i>	48
Preservación del motor.....	50
<i>Preservación del sistema de combustible</i>	51
<i>Preservación del sistema de aceite</i>	51
Corrosión	52
<i>Corrosión galvánica</i>	53
<i>Corrosión por ataque químico directo</i>	54
<i>Corrosión por ataque electroquímico</i>	55
<i>Corrosión superficial</i>	57
<i>Corrosión filiforme</i>	58
<i>Corrosión intergranular</i>	59
Desarrollo del tema.....	61
Preliminares	61
Reubicación temporal del motor	61
Herramientas de trabajo	63

Material de trabajo	64
Inspección y preservación del motor.....	65
Desmontaje de las cámaras de combustión	71
Limpieza de las cámaras de combustión	74
Proceso de pintado del motor.....	76
Montaje de las cámaras de combustión	79
Reacondicionamiento de los montantes del motor	81
Almacenamiento del motor	83
Conclusiones y Recomendaciones	85
Conclusiones	85
Recomendaciones	85
Glosario.....	87
Bibliografía	89
Anexos	91

Índice de figuras

Figura 1 <i>Fairchild Hiller 227</i>	23
Figura 2 <i>Motor Rolls Royce Dart</i>	25
Figura 3 <i>Ciclo de Brayton</i>	26
Figura 4 <i>Entrada de aire</i>	28
Figura 5 <i>Compresor</i>	29
Figura 6 <i>Difusor</i>	30
Figura 7 <i>Cámara de combustión</i>	31
Figura 8 <i>Turbina</i>	32
Figura 9 <i>Escape</i>	33
Figura 10 <i>Mantenimiento Aeronáutico</i>	34
Figura 11 <i>Mantenimiento predictivo</i>	35
Figura 12 <i>Mantenimiento predictivo</i>	36
Figura 13 <i>Mantenimiento restaurativo</i>	37
Figura 14 <i>Inspección visual</i>	39
Figura 15 <i>Inspección de 50 horas</i>	40
Figura 16 <i>Inspección de 100 horas</i>	41
Figura 17 <i>Inspección por tintas penetrantes</i>	42
Figura 18 <i>Inspección por partículas magnéticas</i>	43
Figura 19 <i>Inspección por ultrasonido</i>	44
Figura 20 <i>Manual de vuelo</i>	46

Figura 21 <i>Manual de operación</i>	47
Figura 22 <i>Lista de chequeo</i>	48
Figura 23 <i>Documentación técnica</i>	49
Figura 24 <i>Preservación del motor</i>	50
Figura 25 <i>Corrosión</i>	52
Figura 26 <i>Corrosión galvánica</i>	54
Figura 27 <i>Corrosión por ataque químico directo</i>	55
Figura 28 <i>Corrosión por ataque electroquímico</i>	56
Figura 29 <i>Corrosión superficial</i>	58
Figura 30 <i>Corrosión filiforme</i>	59
Figura 31 <i>Corrosión intergranular</i>	60
Figura 32 <i>Traslado del motor</i>	62
Figura 33 <i>Reubicación del motor</i>	62
Figura 34 <i>Reubicación temporal</i>	63
Figura 35 <i>Estado del motor</i>	65
Figura 36 <i>Óxido ferroso</i>	66
Figura 37 <i>Limpieza del motor</i>	67
Figura 38 <i>Solución desoxidante</i>	68
Figura 39 <i>Aplicación de desengrasante</i>	69
Figura 40 <i>Guaípe</i>	70
Figura 41 <i>Pulverizado del motor</i>	70

Figura 42 <i>Equipo de pulverización</i>	71
Figura 43 <i>Desmontaje de las cámaras de combustión</i>	72
Figura 44 <i>Remoción de la conexión del quemador</i>	72
Figura 45 <i>Cámara de combustión desmontada</i>	73
Figura 46 <i>Cámara de combustión</i>	74
Figura 47 <i>Limpieza de la cámara de combustión</i>	75
Figura 48 <i>Corrosión galvánica</i>	75
Figura 49 <i>Grasa en el motor</i>	76
Figura 50 <i>Enmascarado del motor</i>	77
Figura 51 <i>Pintado del motor</i>	78
Figura 52 <i>Motor pintado</i>	78
Figura 53 <i>Vista posterior de las cámaras de combustión</i>	80
Figura 54 <i>Cámaras de combustión instaladas</i>	80
Figura 55 <i>Elevación de los montantes del motor</i>	81
Figura 56 <i>Soldadura de las ruedas</i>	82
Figura 57 <i>Lámina de refuerzo</i>	82
Figura 58 <i>Montantes pintados</i>	83
Figura 59 <i>Almacenamiento del motor</i>	84

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Datos de la potencia del eje del motor</i>	23
Tabla 2 <i>Datos del motor</i>	24
Tabla 3 <i>Datos del motor</i>	24
Tabla 4 <i>Corrosión de los metales</i>	57
Tabla 5 <i>Herramientas</i>	64
Tabla 6 <i>Equipo y maquinaria</i>	63

Resumen

El presente proyecto contiene todos los pasos específicos y necesarios para realizar la preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551 acorde a la documentación técnica correspondiente de la aeronave FH 127 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", dónde se encuentra estipulado el proceso adecuado para efectuar los procedimientos respectivos para dar cumplimiento a las tareas de mantenimiento que manda el fabricante de la aeronave. Esta tarea de mantenimiento se la realiza cuando los componentes, en este caso el motor de la aeronave, se encuentra en largos períodos inactividad, por lo cual puede sufrir daños internos como externos por el paso del tiempo. El objetivo es minimizar el deterioro del motor por lo que estos procedimientos están incluidos en los manuales de mantenimiento del motor. Previo a realizar el proceso de preservación del motor se debe efectuar una inspección visual para valorar las condiciones en las que se encuentra el motor, y posteriormente cumplir con las indicaciones que manda el manual para este caso. La ejecución de este proyecto tiene como finalidad reacondicionar el motor para que sea utilizado por el docente como material didáctico y así facilitar la enseñanza y aprendizaje de la asignatura correspondiente hacia los estudiantes.

Palabras clave:

- **PRESERVACIÓN DEL MOTOR**
- **TAREA DE MANTENIMIENTO**
- **INSPECCIÓN VISUAL**
- **MANUAL DE MANTENIMIENTO**

Abstract

This project contains all the specific and necessary steps to perform the preservation of the Roll Royce Dart MK 551 engine according to the corresponding technical documentation of the FH 127 aircraft belonging to the Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE", where it is stipulated the appropriate process to perform the respective procedures to comply with the maintenance tasks that the manufacturer of the aircraft commands. This maintenance task is performed when the components, in this case the aircraft engine, is in long periods of inactivity, so it can suffer internal and external damage due to the passage of time. The objective is to minimize the deterioration of the engine, which is why these procedures are included in the engine maintenance manuals. Prior to the engine preservation process, a visual inspection should be carried out to assess the condition of the engine, and then comply with the instructions given in the manual for this case. The purpose of this project is to recondition the engine so that it can be used by the teacher as didactic material and thus facilitate the teaching and learning of the corresponding subject to the students.

Keys words:

- **ENGINE PRESERVATION**
- **MAINTENANCE TASK**
- **VISUAL INSPECTION**
- **MAINTENANCE MANUAL**

Capítulo I

1. Planteamiento del problema

1.1. Antecedentes

La carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE campus Guillermo Rodríguez Lara es la encargada de formar Tecnólogos en mantenimiento aeronáutico capaces de desarrollar tareas de mantenimiento a las aeronaves, además se rige por lo estipulado en la Regulación de la Dirección General de Aviación Civil (RDAC) Parte 147, como Centro de Instrucción Aeronáutica Civil para formación de Mecánicos de Mantenimiento de Aeronaves (CIAC).

En las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se cuenta con aeronaves, laboratorios de instrucción muy bien equipados, y las herramientas necesarias para efectuar prácticas de mantenimiento, los cuales son utilizados para complementar la teoría con la práctica lo cual permite al estudiante prepararse a fin de minimizar el error humano y contar con personal apto, experto, hábil y competente al momento de laborar dentro de una empresa de aviación.

La carrera de Mecánica Aeronáutica posee aeronaves que son utilizadas para que el estudiante desarrolle y aplique los conocimientos adquiridos en las aulas y laboratorios, por este motivo es de suma importancia que tanto los equipos y herramientas que serán parte del aprendizaje práctico se encuentren en unas condiciones óptimas, brindando el mantenimiento requerido ya que en aviación, una falla, sea de índole: humano, mecánico o electrónico, no brinda una segunda oportunidad.

1.2 Planteamiento del problema

El mantenimiento aeronáutico es uno de los puntos más delicados de la aviación, tanto cuando una aeronave vuela, debido a los altos costes de operación, como cuando falla por falta de un repuesto, haciendo que esté inoperativa. En este caso por ser un Centro de Instrucción de Aviación Civil Aprobado, las aeronaves con las que cuenta la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se encuentran inoperativas dando como consecuencia a que sus componentes se deterioren.

Por este motivo es necesario realizar un mantenimiento de forma regular e inspeccionar que los componentes de las aeronaves se encuentren en buen estado para que sirvan de material de apoyo para el estudiante, caso contrario se debe aplicar el aprendizaje adquirido en las aulas y efectuar las tareas correspondientes para dejar al componente en óptimas condiciones, esto con el fin de alargar su vida útil.

La aeronave FH 127 perteneciente a la carrera de Mecánica Aeronáutica cuenta con dos motores Rolls Royce Dart MK 551, mismos que se encuentran en un espacio descubierto sin ninguna protección frente a que las condiciones climáticas dando como consecuencia que se produzcan desgastes, corrosión entre otras anomalías que afectará a los diferentes sistemas de los mismos. Por este motivo es importante realizar un reacondicionamiento basándose en la información que indica el manual de mantenimiento correspondiente al motor o a la aeronave. Para un funcionamiento óptimo del motor se requiere un mantenimiento minucioso, ya que es uno de los componentes de vital importancia para que una aeronave pueda volar de forma segura, por ende, el personal de mantenimiento debe contar con los manuales de mantenimiento respectivamente actualizados.

1.3 Justificación

El presente proyecto tiene como objetivo preservar el motor Rolls Royce Dart MK 551 de la aeronave FH 127 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, esto con el fin de que la carrera de Mecánica Aeronáutica pueda brindar una formación adecuada a los estudiantes que conforman la misma, mediante la manipulación de los equipos de instrucción. Ya que es necesario para que puedan desarrollar sus capacidades y mejorar la comprensión en diferentes áreas que se verán inmersos dentro del campo aeronáutico.

Al realizar una inspección al motor se podrá evidenciar y evaluar el estado en el que se encuentra el mismo, y dependiendo de eso se procederá a realizar un mantenimiento de acuerdo a los lineamientos que ordene el manual previsto por el fabricante, esto con la finalidad de que tanto los docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica puedan contar con los materiales, herramientas y componentes en óptimas condiciones para su desarrollo en el campo práctico, ya que por ser una carrera técnica tiene como objetivo la especialización de los estudiantes para que puedan desarrollar sus obligaciones laborales con la mayor autonomía.

Además, la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en conjunto con la carrera de Mecánica Aeronáutica tienen como objetivo ofertar tecnólogos preparados con los mejores estándares de educación, contribuyendo de esta manera al desarrollo de la aviación en el Ecuador, así como también beneficiando no solo a los estudiantes sino a todas las personas que conformamos la comunidad aeronáutica, dando como resultado que la Universidad siga creciendo en su prestigio.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Preservar el motor Rolls Royce Dart MK 551 acorde a la documentación técnica correspondiente de la aeronave FH 127, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar información técnica necesaria de los manuales de mantenimiento de la aeronave dados por el fabricante para la aplicación en la tarea de mantenimiento.
- Inspeccionar de manera detallada el estado en el que se encuentra el motor Rolls Royce Dart MK 551 para su preservación.
- Efectuar las tareas de mantenimiento necesarias, establecidas en el manual de mantenimiento del fabricante para la preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551.

1.5 Alcance

El desarrollo de este proyecto tiene como finalidad determinar el estado en el que se encuentra el motor Rolls Royce Dart MK 551 para posteriormente efectuar las tareas de mantenimiento correspondientes para su preservación, de esta manera se aporta al beneficio de todos los que conforman la carrera de Mecánica Aeronáutica, el mismo que servirá tanto a docentes como estudiantes para su desarrollo de enseñanza y aprendizaje, dando un servicio de calidad en el proceso de formación profesional.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1 Historia de la Aeronave Fairchild FH 127

La aeronave Fairchild F-27 y Fairchild Hiller FH-227 fueron aviones derivados del Fokker F27 holandés, construidos bajo licencia por Fairchild Hiller en su fábrica de Hagerstown, estado de Maryland (EE. UU.). Las relaciones entre Fokker y Fairchild comienzan hacia el año 1952. Ambos constructores han trabajado anteriormente en la búsqueda de un avión que lograra reemplazar el DC-3. En un principio Fairchild logra obtener la licencia de fabricación de los aviones de entrenamiento Fokker S.11, S.12 y S.14. (International, 1993)

El 26 de abril de 1956 Fairchild llega a un acuerdo con la empresa Fokker para construir bajo licencia el Fokker F27, en ese entonces era desarrollado en Holanda y se decidió que la fábrica se construyera en Hagerstown, Maryland. En 1964 Fairchild se fusiona con el fabricante Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienzan los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo el Fokker F-27 y su planta motriz Rolls-Royce Dart.

La aeronave realizó su vuelo inaugural el 27 de enero de 1966, recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año y a principios de julio se entrega el primer ejemplar a la Mohawk Airlines. Esta compañía había seguido con mucho detalle todo el desarrollo y producción de sus aviones, teniendo permanentemente un representante técnico en la fábrica de Hagerstown.

Figura 1

Fairchild Hiller 227



Nota. El gráfico representa a la aeronave Fairchild Hiller 227 del Vuelo 571 de la Fuerza Aérea Uruguaya. Tomado de (Pilotoviejo, 2002).

2.2 Especificaciones del Motor Rolls Royce Dart MK-551

Tabla 1

Datos de la potencia del eje del motor

	Potencia del eje	Potencia total equivalente
Rendimiento mínimo		
Despegue (en seco)	1535	1670
Despegue (con agua/metanol)	1710	1860
Max. Continuo	1535	1670
* La potencia mínima a través del eje de la hélice es de 1670 S.H. P ¹ .		
Rendimiento medio		
Despegue (en seco)	1600	1750
Despegue (con agua/metanol)	1725	1875
Max. Continuo	1600	1750
* La potencia media en el eje de la hélice es de 1685 CV ² .		

Nota. Esta tabla representa los datos generales del rendimiento del motor. Tomado de (Royce, 1960).

¹ S.H.P: Potencia del eje.

² CV: Caballos de vapor.

Tabla 2*Datos del motor*

Sentido de giro	
Motor de hélice	En sentido contrario a las agujas del reloj visto desde atrás. En el sentido de las agujas del reloj visto desde atrás.
Relación de compresión	5.5: 1

Nota. Esta tabla representa las relaciones de giro que tiene el motor. Tomado de (Royce, 1960).

Tabla 3*Datos del motor*

Datos de manejo	
Diámetro máximo	38 in. aprox.
Longitud total	97 1/2 in. aprox.
Peso del motor (en seco)	1.254 lb.
Centro de gravedad	0.4 in. aprox.

Nota. Esta tabla representa las especificaciones del motor. Tomado de (Royce, 1960).

2.2.1 Características principales del motor

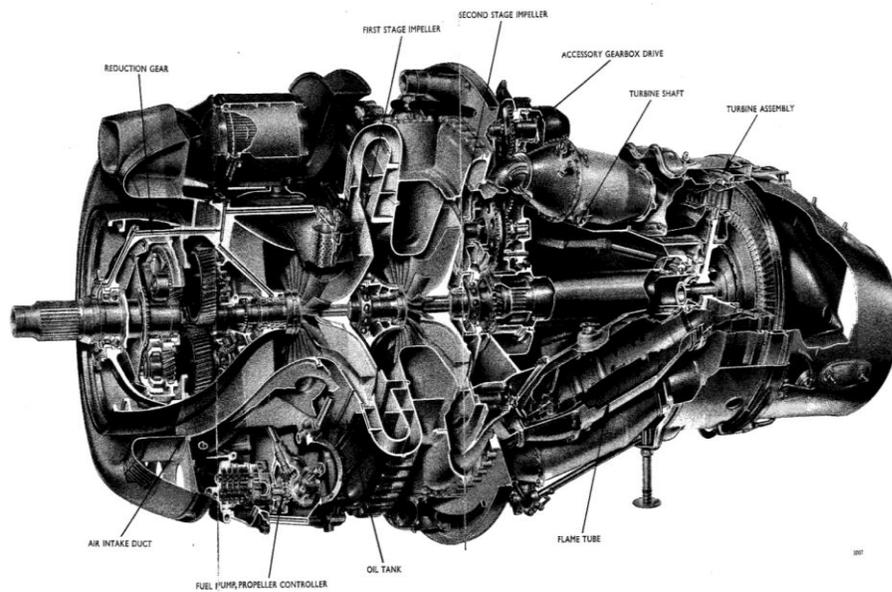
El motor Rolls Royce Dart MK 551 es un motor de turbina, en el que la hélice y el compresor centrífugo de dos etapas son accionados por una turbina de dos etapas. El compresor está directamente acoplado a la turbina, y la hélice se acciona desde el compresor a través de un engranaje reductor compuesto. Las unidades principales que forman el motor básico son:

- Cubierta de entrada de aire, que contiene el engranaje reductor
- Cubierta frontal del compresor

- Compresor de dos etapas y cubierta principal
- Cubierta de salida del compresor
- Cámaras de combustión
- Conjuntos de turbina alojados en la caja de toberas
- Unidad de escape

Figura 2

Motor Rolls Royce Dart



Nota. Este gráfico representa los componentes internos del motor. Tomado de (Royce, 1960).

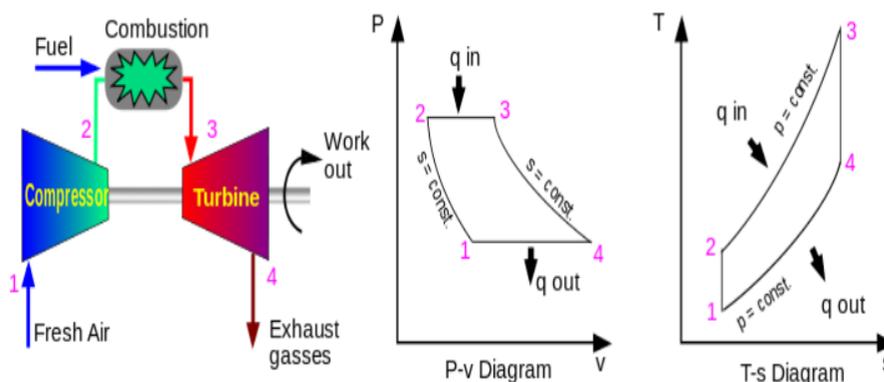
2.3 Ciclo Brayton

El combustible se pulveriza en el aire que pasa por el motor y se quema. El calor de la mezcla de aire de combustible ardiente expande el aire y lo acelera a medida que

se mueve a través del motor. El ciclo de Brayton es un ciclo abierto en el hecho de que la ingesta, la compresión, la combustión, la expansión y los eventos de escape se realizan al mismo tiempo, pero en diferentes ubicaciones dentro del motor.

Figura 3

Ciclo de Brayton



Nota. El gráfico representa los diagramas que comprende el ciclo de Brayton. Tomado de (Shet U., 2011).

Un motor de turbina básico consta de un compresor, una cámara de combustión y una sección de turbina. Este es un ciclo con aire, que es ampliamente utilizado en los motores de reacción de los aviones, y en todas aquellas centrales termoeléctricas que no operan con vapor de agua. El ciclo de Brayton se caracteriza por dos procesos de presión constante y dos procesos isoentrópicos:

- Proceso adiabático: se aspira aire y se comprime en el compresor (disminuye el volumen, aumenta la presión).
- Proceso isobárico: se agrega calor en el quemador (el volumen aumenta, la presión es constante).

- Proceso adiabático: la expansión del gas tiene lugar a lo largo de la sección de la turbina (aumento del volumen, disminución de la presión).
- Proceso isobárico: mayor pérdida de calor a medida que el gas regresa a la atmósfera (el volumen disminuye, la presión es constante).

2.4 Sección fría del motor

En la sección fría del motor, el aire es absorbido y comprimido por los ventiladores del motor antes de pasar a la cámara de combustión, donde se mezcla con el combustible y se enciende con la llama continuamente. A continuación, se detalla cada uno de los componentes que comprende la sección fría del motor Roll Royce Dart MK 511.

2.4.1 Entrada de aire

El conducto de entrada de aire debe proporcionar un flujo de aire limpio y sin restricciones al motor. Un flujo de aire de entrada limpio y sin perturbaciones prolonga la vida útil del motor al evitar la erosión, la corrosión y los daños causados por objetos extraños (FOD) que pueda ingresar, por tal motivo es recomendable realizar inspecciones rutinarias en esta parte del motor.

Al diseñar el sistema de admisión deben tenerse en cuenta las condiciones atmosféricas, como el polvo, la sal, la contaminación industrial, los objetos extraños como, por ejemplo, pájaros, tuercas y tornillos, tomando en cuenta también la temperatura en condiciones de hielo. Si el motor se encuentra desmontado es importante proteger con un cobertor ya que pueden ingresar objetos extraños por la entrada de aire del motor.

Figura 4

Entrada de aire



Nota. El gráfico representa a la entra de aire del motor Rolls Royce Dart MK 551 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

Deben instalarse carenados entre el compartimento de entrada de aire del motor y el conducto de entrada para garantizar las mínimas pérdidas de flujo de aire hacia el motor en todas las condiciones de flujo de aire. El conjunto del conducto de admisión suele diseñarse y producirse como un sistema independiente en lugar de formar parte del diseño y la producción del motor.

2.4.2 Compresor

El conjunto del compresor está formado por:

- Cubierta frontal del compresor
- Cubierta del compresor de dos etapas y carcasa intermedia

- Cubierta de salida del compresor

El compresor tiene dos etapas y es accionado por una turbina de dos etapas. El eje del compresor está acoplado al eje de la turbina por medio de estrías helicoidales que ayudan a equilibrar las cargas axiales opuestas entre el compresor y la turbina, reduciendo así la carga en cada cojinete de empuje. Las ranuras internas del eje del impulsor de la segunda etapa transmiten el accionamiento hacia el engranaje reductor a través de un eje de torsión acoplado al piñón de alta velocidad.

Figura 5

Compresor



Nota. El gráfico representa a la sección del compresor de un motor a turbina. Tomado de (Alamy, 2017).

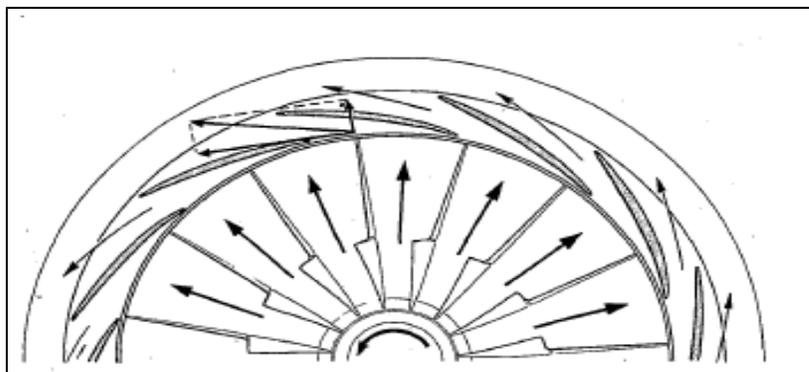
2.4.3 Difusor

El aire sale del compresor a través de los álabes de salida, que convierten la componente radial del flujo de aire que sale del compresor en un flujo rectilíneo. A continuación, el aire entra en la sección del difusor del motor, que es un conducto muy divergente. La función principal de la estructura del difusor es aerodinámica. La forma

divergente del conducto convierte la mayor parte de la velocidad del aire en presión estática.

Figura 6

Difusor



Nota. El gráfico representa al flujo de aire a través del difusor del motor. Tomado de (Royce, 1960).

Como resultado, la presión estática más alta y la velocidad más baja de todo el motor se encuentran en el punto de descarga del difusor y la entrada de la cámara de combustión. Otras consideraciones de diseño aerodinámico que son importantes en la sección del difusor surgen de la necesidad de una trayectoria de flujo corta, una distribución uniforme del flujo y una baja pérdida de resistencia.

2.5 Sección caliente del motor

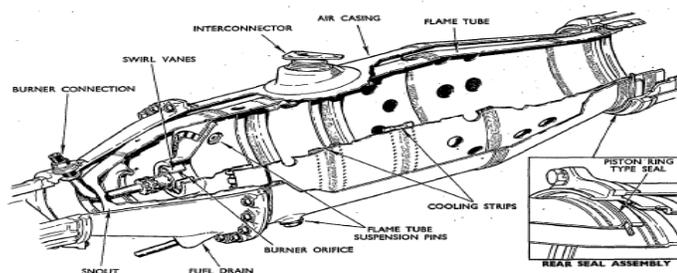
La sección caliente del motor se refiere a la parte de un motor de turbina que funciona a alta temperatura. La sección caliente está comprendida por las secciones de combustión, turbina y escape. A continuación, se detallará el funcionamiento de cada uno de los componentes que intervienen en esta sección perteneciente al motor Rolls Royce Dart MK 511.

2.5.1 Cámaras de combustión

El equipo de combustión consta de siete cámaras de combustión que se agrupan alrededor de la cubierta intermedia entre el compresor de segunda etapa y la caja de toberas de la turbina. Cada cámara de combustión contiene un tubo de llama y un quemador. El quemador dirige una fina pulverización de combustible hacia el centro del tubo de llama, donde se produce la combustión de la mezcla de aire y combustible. En cada una de las dos cámaras hay un dispositivo de encendido de alta energía que se encarga de la combustión inicial del chorro del quemador al arrancar, y la llama se propaga al resto de las cámaras a través de los tubos de interconexión.

Figura 7

Cámaras de combustión



Nota. El gráfico representa a la cámara de combustión seccionada del motor Rolls Royce Dart MK 551. Tomado de (Royce, 1960).

2.5.2 Turbina

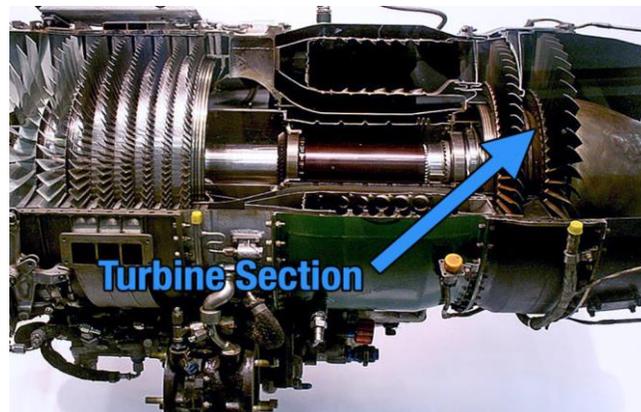
La corriente de gas de alta velocidad procedente de las cámaras de combustión se dirige a través de siete toberas de descarga hacia la turbina, donde la mayor parte de su energía se convierte en torque. Este torque, transmitido a través del conjunto del eje principal del motor, impulsa el compresor, la hélice y las unidades accesorias. La turbina consta de dos etapas: la de alta presión y la de baja presión. Todo el conjunto está

contenido en la caja de toberas, que está fijada por el cilindro de montaje de la caja de toberas a la carcasa intermedia.

Cada etapa de la turbina está formada por una rueda de turbina y un conjunto de álabes guía de tobera, los cuales están situados junto a los álabes de la rueda de turbina e inmediatamente antes de ellos. Los álabes guía están inclinados para dirigir el flujo de gas hacia los álabes del disco de la turbina adyacente con el ángulo de ataque más eficiente.

Figura 8

Turbina



Nota. El gráfico representa a la sección de turbina de un motor de aviación mayor.
Tomado de (TÜV, 2016).

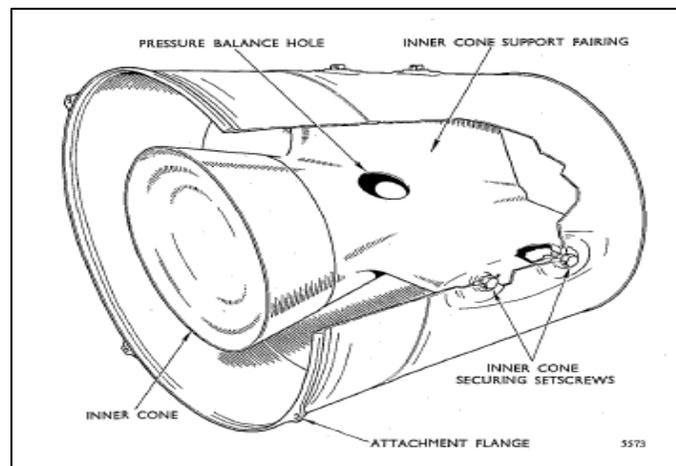
Los álabes guía son de sección aerodinámica y convergen para aumentar la velocidad de los gases que los atraviesan. Los álabes de la turbina, también de sección aerodinámica, están dispuestos alrededor de los discos en ángulo con el flujo de gas. La forma y el ángulo de los álabes modifican la velocidad y la dirección del flujo de gas, produciendo un empuje en los álabes por impulso y por reacción.

2.5.3 Escape

Una vez que el gas ha pasado por la turbina, se expulsa por el tubo de escape, aunque la mayor parte de la energía gaseosa es convertida en energía mecánica por la turbina, una cantidad significativa de energía permanece en los gases de escape. Esta energía gaseosa se acelera a través de la forma de conducto convergente del escape para hacerla más útil como empuje del chorro, el principio de reacción igual y opuesta significa que la fuerza del aire agotado impulsa el avión hacia adelante.

Figura 9

Escape



Nota. El gráfico representa a la unidad de escape del motor Rolls Royce Dart MK 551.

Tomado de (Royce, 1960).

2.6 Mantenimiento Aeronáutico

Su propósito es mantener la aeronave en un estado de aeronavegabilidad, para que sea segura para la tripulación y los pasajeros, así como para cualquier persona en su área de servicio. Los tipos de mantenimiento requerido varían según la clase y el tipo de aeronave, si bien la seguridad y el rendimiento son los objetivos principales del

mantenimiento de aeronaves, un programa de mantenimiento eficaz también maximiza el valor de reventa de la aeronave por parte del propietario y evita pérdidas debidas al tiempo de inactividad.

Figura 10

Mantenimiento Aeronáutico



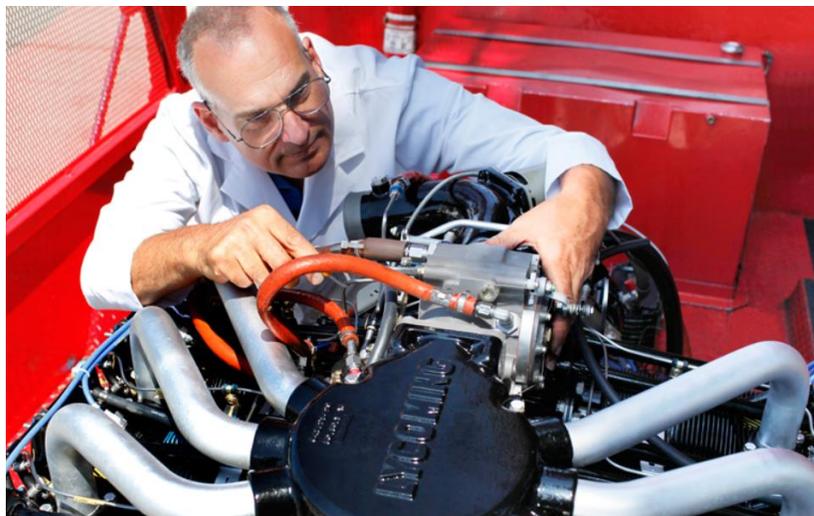
Nota. El gráfico representa a dos técnicos de mantenimiento aeronáutica realizando una inspección en el motor de una aeronave. Tomado de (Aviation D. , 2019).

2.6.1 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se considera como operaciones de conservación simples o menores y la sustitución de pequeñas piezas estándar, que no implican operaciones de montaje complejas. Esto permite que se detecte los posibles defectos en la aeronave, antes de que estos se conviertan en fallas, para evitar que sea necesario poner la aeronave fuera del servicio regular.

Figura 11

Mantenimiento predictivo



Nota. El gráfico representa al reemplazo de las líneas de combustible del motor de una aeronave. (Aviation D. , 2019).

Las tareas que cumplen con esta definición se limitan a una lista de operaciones específicas las cuales incluyen reemplazar los filtros de combustible o aceite, limpiar y engrasar los cojinetes de las ruedas del tren de aterrizaje y reponer el fluido hidráulico. La lista también incluye operaciones tales como: reemplazo de bujías, reemplazo de líneas de combustible o reparación de neumáticos del tren de aterrizaje.

2.6.2 Mantenimiento predictivo

El objetivo del mantenimiento predictivo es, en primer lugar, predecir cuándo podría ocurrir una falla de un componente y, en segundo lugar, prevenir la ocurrencia de la falla mediante la ejecución del mantenimiento. El monitoreo de fallas futuras permite planificar el mantenimiento antes de que ocurra la falla, lo que reduce las remociones no programadas y evita las aeronaves en tierra.

Figura 12*Mantenimiento predictivo*

Nota. El gráfico representa a la ejecución de un mantenimiento predictivo en el motor de una aeronave. Tomado de (Aviation V. , 2017).

Son trabajos de mantenimiento que se puede prever y programar oportunamente en función del seguimiento periódico de la variación de parámetros de rendimiento. Indicativos de la función del equipo, cuya tendencia y rapidez de deterioro es un indicio claro que permite predecir la oportunidad en que los trabajos de corrección serán necesarios. Estos trabajos se programan para ser realizados antes que la continuidad en funcionamiento del equipo permita que tales parámetros alcancen límites de severidad que empiecen a hacer peligrar la integridad o seguridad del equipo.

2.6.3 Mantenimiento restaurativo

Es el que pretende dar solución inmediata a una deficiencia o falla para regresar la capacidad de operación de un determinado componente o equipo. Suele ser de manera inoportuna y se realiza ante la señal de una falla, avería o defecto operativo que

pone fuera de servicio el elemento. Generalmente se afectan sobre piezas cuyo control de deterioro no ha sido considerado preventivamente, o piezas que han sufrido un accidente, fallas o roturas no previstas.

Figura 13

Mantenimiento restaurativo



Nota. Este gráfico representa a la colisión entre un ave y un avión en vuelo, requiriendo un mantenimiento restaurativo. Tomado de (Machado's, 2016).

2.7 Inspecciones aplicadas en aviación

La industria de la aviación está altamente regulada, lo que significa que las aerolíneas y compañías aéreas deben efectuar programas de inspección continuos establecidos por las autoridades de aviación correspondientes a cada país. Los técnicos de mantenimiento son los encargados de realizar diversos procesos para conservar la aeronave en condiciones aeronavegables.

2.7.1 Inspecciones programadas

Este tipo de tarea se denomina periódica, a cualquier mantenimiento preventivo que sea realizado para la aeronave. La tripulación o los técnicos lo realizan de forma

regular. Incluyendo exámenes anuales, 100 horas de inspección, inspección previa al vuelo e inspección progresiva para garantizar que la aeronave se encuentre en óptimas condiciones de operación y aeronavegabilidad (Editorial, 2018).

2.7.2 Inspecciones no programadas

La inspección no programada en una aeronave se la puede definir como un suceso inesperado ya que este inconveniente se presenta en cualquier momento, el acontecimiento es informado por el piloto de la aeronave, ya que es el que determina el funcionamiento en la misma y el que describirá la discrepancia en el formato adecuado en el que establecerá el problema y el personal técnico de mantenimiento dará la solución para que la aeronave no presente inconvenientes en sus próximas operaciones aéreas.

2.7.3 Inspección visual

Es el proceso de usar la visión para inspeccionar y detectar daños o anomalías que puedan representar un riesgo para la operación segura continua de la aeronave.

Por lo tanto, como es el método más básico para evaluar el estado general de una aeronave y sus componentes, las inspecciones visuales de la aeronave deben ser precisas y competentes, para reportar defectos, errores de fabricación o fatiga de componentes, así como también posibles ataques corrosivos que pueden perjudicar la vida útil de los componentes de la aeronave.

Figura 14*Inspección visual*

Nota. El gráfico representa el procedimiento para una inspección visual. Tomado de (Mainblades, 2019).

2.7.4 Inspección de 50 y 100 horas

La inspección de 50 horas es recomendada por la FAA para que los propietarios de las aeronaves cambien el aceite y los filtros de aceite de su aeronave para conservar los componentes internos del motor. La FAA, solicita inspecciones de 100 horas para cualquier aeronave que transporte pasajeros por contrato, y cada inspección de 100 horas debe cumplir con las regulaciones de la FAA.

Una inspección de 100 horas cubre el mismo alcance de trabajo que una inspección anual, pero no puede sustituir a la anual. Los técnicos de mantenimiento de aeronaves limpiarán, desmontarán las bujías y cambiarán el aceite de la aeronave. Es importante colocar el aceite de acuerdo a las especificaciones y condiciones indicadas en las que se encuentre la aeronave.

Figura 15*Inspección de 50 horas*

Nota. El gráfico representa al cambio de aceite del motor dentro de la inspección de 50 horas. Tomado de (Aviation D. M., 2017).

En el exterior, los técnicos de mantenimiento de aeronaves estarán encargados de examinar el revestimiento, las superficies de control de vuelo, la hélice, las capotas, el tren de aterrizaje, los frenos y los neumáticos. Dentro de la aeronave, los técnicos de mantenimiento de aeronaves inspeccionarán la cabina, asientos sueltos o defectos en los controles de vuelo. La inspección de 100 horas también incluye una revisión a los libros de registro de la aeronave para descartar cualquier discrepancia. Es importante que al momento de verificar todos los ítems que se vayan a inspeccionar sea tomados del manual de mantenimiento pertenecientes al fabricante, de igual manera se debe cerciorar que corresponda al modelo de la aeronave mediante la efectividad.

Figura 16

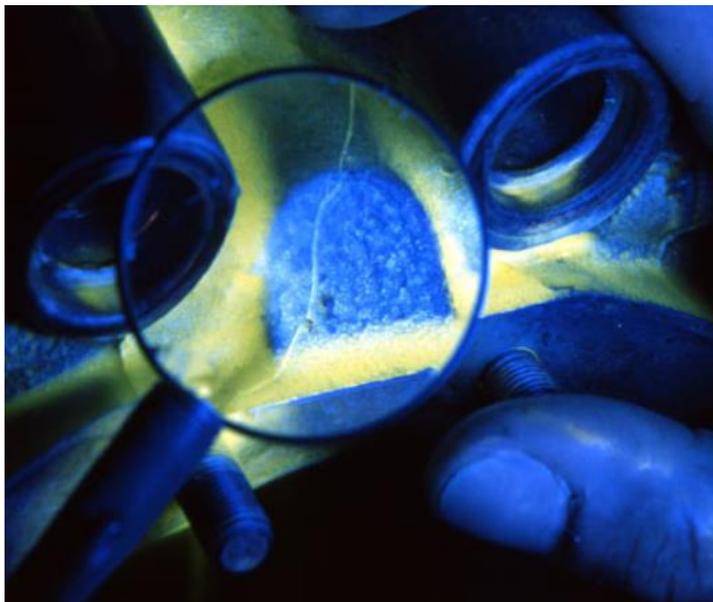
Inspección de 100 horas



Nota. El gráfico representa a la revisión del tren de aterrizaje dentro de la inspección de 100 horas. Tomado de (Aviation D. M., 2017).

2.7.5 Inspección por tintas penetrantes

Este método de prueba no destructiva emplea un líquido penetrante, que se aplica sobre la superficie del componente que va a ser examinado y entra en la discontinuidad o fisura. Posteriormente, después de que el exceso de penetrante ha sido removido de la superficie, se observa el penetrante que es extraído de la grieta o discontinuidad. La prueba de líquidos penetrantes se puede aplicar a cualquier material limpio no poroso, metálico o no metálico, pero no es adecuada para superficies sucias o muy ásperas. Los ensayos por líquidos penetrantes son una forma eficaz de detectar la posición y la gravedad de discontinuidades en la superficie de los materiales.

Figura 17*Inspección por tintas penetrantes*

Nota. El gráfico representa la revelación de la fisura en un componente de la aeronave aplicando el método de inspección por tintas penetrantes. Tomado de (Aviation V. , 2017).

Los líquidos penetrantes pueden contener un tinte que permite observar material fluorescente que emite fluorescencia bajo luz ultravioleta adecuada. La inspección de líquidos penetrantes es el único método de prueba no destructivo que se usa ampliamente para evaluar la condición o la calidad de un componente. Los líquidos penetrantes deben cumplir con los estándares de calidad establecidos por la autoridad aeronáutica.

2.7.6 Inspección por partículas magnéticas

El método de inspección por partículas magnéticas consiste en inducir un campo magnético creado con corriente alterna o corriente continua en materiales ferromagnéticos como son las aleaciones de níquel y hierro, entre otros, así como

también en aceros inoxidable parcialmente magnéticos. La industria de la aeronáutica se suele utilizar queroseno desaromatizado como fluido portador de partículas magnéticas húmedas aprobadas discontinuidades.

Figura 18

Inspección por partículas magnéticas



Nota. El gráfico representa la aplicación del método de inspección por partículas magnéticas a un componente del motor. Tomado de (TÜV, 2016).

La inspección por partículas magnéticas puede localizar grietas, discontinuidades e impurezas en la superficie y dentro de los materiales ferromagnéticos, lo que lo convierte en un buen candidato para la inspección y el mantenimiento periódico. Debido a la variedad de tipos de esos posibles puntos de falla, la elección de la corriente puede mejorar la detección. Los campos generados por corriente continua penetran en la sección transversal del material, lo que lo convierte en una mejor opción para los espacios dentro del material. Los campos de corriente alterna detectan brechas de material en la superficie.

2.7.7 Inspección por ultrasonido

La inspección por ultrasonido es un método de prueba no destructivo que aprovecha las ondas sonoras de alta frecuencia para analizar inconsistencias dentro de

los materiales. Los técnicos utilizan un transductor o sonda para emitir ondas ultrasónicas en el objeto de prueba en un cierto intervalo y ángulo. Estas ondas luego se reflejan en la sonda, que muestra inconsistencias en el patrón de onda si hay un defecto presente.

Figura 19

Inspección por ultrasonido



Nota. El gráfico representa a la aplicación de una inspección por el método de ultrasonido a una estructura compuesta de la aeronave. Tomado de (Machado's, 2016).

Una ventaja de las inspecciones por ultrasonido es que puede detectar fallas dentro de un componente, así como en su superficie. Los defectos comunes que se encuentran en los componentes de las aeronaves que utilizan ultrasonido son las grietas, la corrosión y la delaminación. Las áreas que se inspeccionan por ultrasonido incluyen aspas del fan del motor, tren de aterrizaje, componentes del motor, soldaduras, accesorios, juntas, pernos y uniones adhesivas. La mayoría de las inspecciones ultrasónicas son realizadas en frecuencias entre 0.1 y 25 MHz.

2.8 Documentación utilizada en aviación

La documentación de aviación está comprendida por los manuales , cuadernos de bitácora y otros registros relacionados con la aeronave o cualquier parte de la misma entregados por el vendedor al comprador que incluirán , sin limitación , todos los registros , manuales, cuadernos de bitácora y otra documentación requerida en la fecha de entrega por las reglas y regulaciones de la FAA para que el comprador tome el título , posea, controle , use, opere ,repare y pueda dar mantenimiento a la aeronave.

Los fabricantes pueden editar la documentación en papel o en formato digital (CD), otra opción es subir la información en Internet, en su página web correspondiente. Toda documentación, ya sea en papel o en formato digital, deberá mantenerse actualizada a lo largo de la vida útil de la aeronave y de sus componentes.

2.8.1 Documentación operacional

Este tipo de documentación determina los procedimientos relacionados con el vuelo y la seguridad de la aeronave, pilotos y tripulación. Está compuesta por un conjunto de manuales de operación, vuelo y la lista de chequeos que debe efectuar el personal de abordó. Este tipo de documentación es muy útil para el personal de vuelo.

a. Manual de vuelo. Proporciona al operador toda la información necesaria y los procedimientos aprobados por la autoridad para operar una aeronave. Incluye procedimientos normales, anormales, de emergencia, operaciones aprobadas y no aprobadas, maniobras en tierra y en vuelo. También detalla combustibles, lubricantes y fluidos aprobados para el servicio de la aeronave. Provee información sobre límites estructurales, envolvente de peso y balanceo, cargas que puede soportar, carga útil que puede transportar y límites de seguridad según diseño, planificación del vuelo, etc.

Figura 20

Manual de vuelo

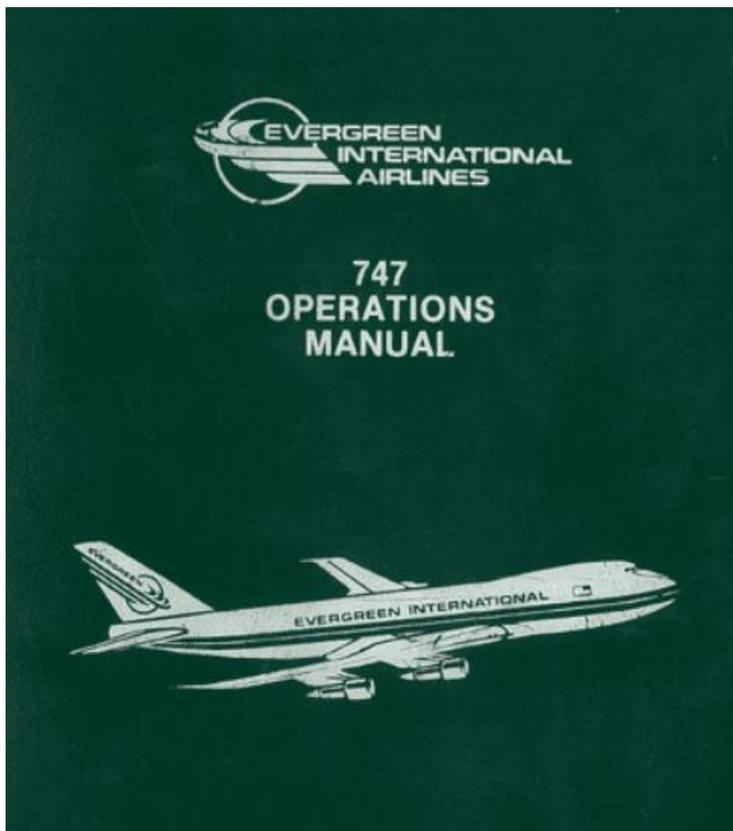


Nota. El gráfico representa el manual de vuelo de la aeronave BR 1150. Tomado de (GAF, 2015).

b. Manual de operación. El manual de operación debe contener todas las instrucciones, información y procedimientos necesarios para todas las aeronaves operadas y para que el personal de operaciones realice sus funciones. Un buen manual de operaciones dará instrucciones claras a seguir para el personal de la empresa, incluidos, cuando sea necesario, procedimientos detallados paso a paso, debe ser presentado a la autoridad competente y las partes deben ser aprobadas.

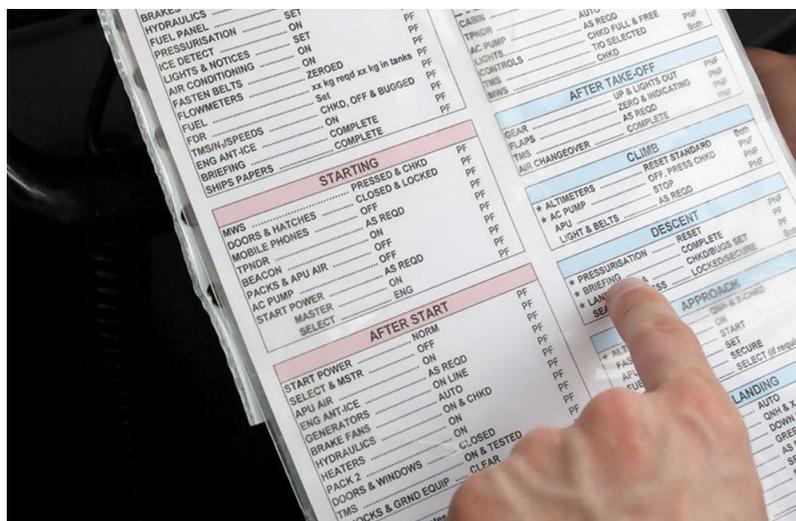
Figura 21

Manual de operación



Nota. El gráfico representa al manual de operación de la compañía Evergreen International Airlines. Tomado de (E.I.A, 2013).

c. Lista de chequeo. Viene en un formato especial de pequeñas dimensiones (tipo libreta). Contiene los datos referenciales más necesarios para la operación de la aeronave: performance, emergencias, procedimientos normales y especiales. Son chequeos a efectuar directamente en la cabina de vuelo. Se la conoce como LCP (Lista de Control de Procedimientos). Su propósito es mejorar la seguridad de los vuelos asegurando que no se olviden tareas importantes. El hecho de no realizar correctamente una verificación previa al vuelo utilizando una lista de verificación es un factor importante que contribuye a los accidentes de aeronaves.

Figura 22*Lista de chequeo*

Nota. El gráfico representa a la lista de chequeos que debe cumplir la aeronave para realizar un vuelo seguro. Tomado de (Editorial, 2018).

2.8.2 Documentación técnica

En aviación, la documentación de mantenimiento garantiza que el mantenimiento programado se realice de acuerdo con los manuales de mantenimiento y en una secuencia correcta de pasos. Si algún paso en alguna de las tareas de mantenimiento se omite/no se realiza o se realiza en el orden incorrecto, podría resultar en una catástrofe.

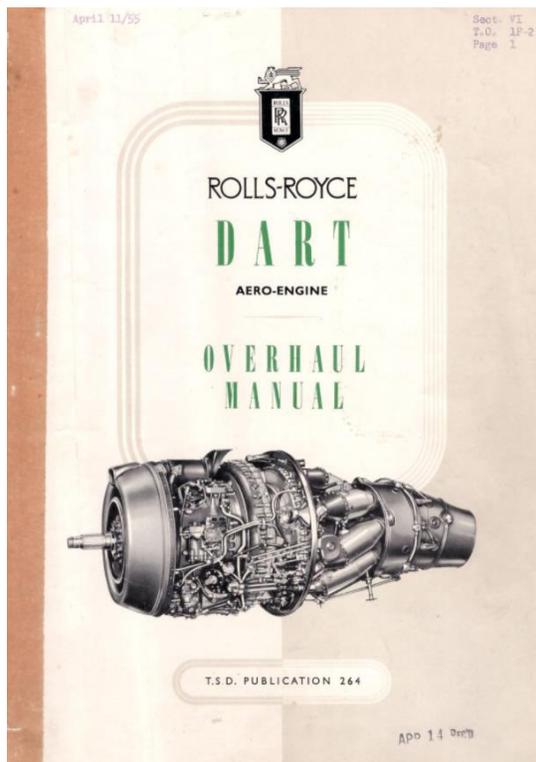
Documentación técnica más utilizada:

- MM: Maintenance Manual
- CMM: Component Maintenance Manual
- COM: Component Overhaul Manual
- CRO: Component Repair and Overhaul Manual

- SRM: Structural Repair Manual
- IPC: Illustrated Parts Catalog
- SB: Service Bulletin
- SI: Service Instruction
- SL: Service Letter
- AD: Airworthiness Directive
- AC: Advisory Circular

Figura 23

Documentación técnica



Nota. Este gráfico representa el manual de overhaul del motor Rolls Royce Dart.

Tomado de (Royce, 1960).

En la historia de la aviación, muchos accidentes de aeronaves han sido causados por la omisión de algunos pasos establecidos en el manual de mantenimiento de la aeronave. Proporciona además toda la información relevante y las instrucciones referidas a: mantenimiento, programación y planificación del mantenimiento e inspecciones, herramientas y equipos de apoyo, etc.

2.9 Preservación del motor

El elemento más crucial para preservar correctamente los motores de su aeronave es que deben estar en pleno funcionamiento de forma regular para mantener sus niveles de rendimiento eficientes. El funcionamiento en su totalidad es cuando se consume combustible y el aceite está en contacto constante y se mueve por todo el motor, proporcionando la lubricación necesaria a todos los componentes y piezas que lo necesitan.

Figura 24

Preservación del motor



Nota. Este gráfico representa la tarea de preservación del motor por parte de los técnicos de mantenimiento. Tomado de (Alamy, 2017).

Si es probable que la aeronave permanezca inactiva durante más tiempo de lo normal, es recomendable tomar ciertas medidas adicionales para mantener los motores en buenas condiciones de funcionamiento, de esta forma se minimiza la posibilidad de que se deterioren. La preservación del motor se vuelve crítica durante tiempos de almacenamiento a largo plazo. Hay algunos efectos desafortunados cuando no se siguen los procedimientos correctos.

Es posible que guardar el motor dentro de un hangar no sea suficiente, ya que la temperatura podría fluctuar cuando las puertas se abren y cierran o en condiciones de clima frío. Para proteger el motor, es recomendable colocar bolsas desecantes en él y sellar todas sus aberturas. Otra opción es desmontar el motor de la aeronave y colocarlo en una bolsa sellada al vacío con bolsas desecantes adentro.

2.9.1 Preservación del sistema de combustible

La contaminación por combustible es una preocupación común para todos los motores de aeronaves, incluso durante el funcionamiento normal. Pero se convierte en una preocupación aún mayor si los motores están inactivos durante un período de tiempo. Esto se debe a que el combustible se vuelve corrosivo a medida que los contaminantes se depositan en todas las partes del sistema de combustible, incluidos los controles, la bomba, las boquillas, los tubos y los componentes internos. La preservación del sistema de combustible debe incluir la desconexión de las líneas de combustible y la purga del combustible existente. Debe reemplazar ese combustible con líquido de conservación.

2.9.2 Preservación del sistema de aceite

En ciertas ocasiones el aceite y el agua se mezclan. El aceite utilizado en el sistema de lubricación de un motor es ligeramente hidrofóbico, lo que significa que

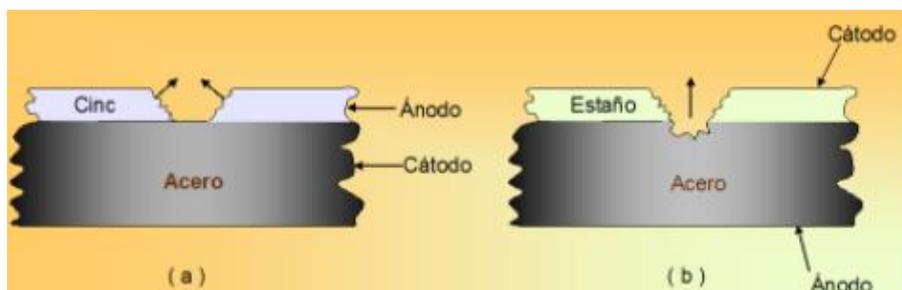
tiene la capacidad de absorber agua. Dado que el sistema de aceite no está completamente cerrado, el aire y el aceite interactuarán, y si el aire es húmedo, el aceite extraerá agua, se volverá ligeramente ácido y devorará lentamente los componentes y las cubiertas.

2.10 Corrosión

Una gran variedad de estructuras de las aeronaves están hechas de metal, y la forma más peligrosa de daño a esas estructuras es la corrosión. Desde el momento en que se fabrica el metal, hay que protegerlo de los efectos nocivos del entorno que lo rodea. Esta protección puede consistir en la introducción de determinados elementos en el metal base, creando una aleación resistente a la corrosión, o en la adición de un revestimiento superficial de conversión química, metal o pintura. Durante el uso, se pueden añadir a la superficie barreras adicionales contra la humedad, como lubricantes y protectores viscosos. (FAA, 2018)

Figura 25

Corrosión



Nota. Este gráfico representa la corrosión de tipo electroquímica en el acero. Tomado de (Industria, 2019).

2.10.1 Corrosión galvánica

Existen dos tipos principales de celdas galvánicas que ocasionan corrosión: el par bimetálico y la celda de concentración. Un par bimetálico es como una batería, que consta de dos metales diferentes sumergidos en una solución electrolítica. Se genera una corriente eléctrica cuando los dos electrodos están conectados por un camino conductivo externo.

Una celda de concentración está constituida por un ánodo y un cátodo del mismo metal o aleación y una ruta de corriente de retorno. La fuerza electromotriz es proporcionada por una diferencia de concentración de las superficies a través del camino externo. Una celda galvánica consta de cuatro elementos necesarios para que ocurra la corrosión, los cuales son:

- **Ánodo.** -El electrodo donde las reacciones galvánicas generan electrones, los iones negativos se descargan y se forman iones positivos. La corrosión se produce en el ánodo.
- **Cátodo.** -El electrodo que recibe electrones, se descargan iones positivos y se forman iones negativos. El cátodo está protegido contra la corrosión.
- **Electrolito.** - El conductor a través del cual se transporta la corriente, los electrolitos incluyen soluciones acuosas u otros líquidos.
- **Ruta de corriente de retorno.** - La ruta metálica que conecta el ánodo con el cátodo, a menudo es el sustrato de metal subyacente.

Los cuatro elementos, son necesarios para que ocurra la corrosión. La eliminación de cualquiera de estos elementos detendrá el flujo de corriente y no se producirá corrosión galvánica. Sustituir el ánodo o el cátodo por un metal diferente puede hacer

que la dirección de la corriente se invierta, lo que provocaría que el electrodo experimentara corrosión.

Figura 26

Corrosión galvánica



Nota. Este gráfico representa la presencia de corrosión galvánica en un tornillo. Tomado de (AMPP, 2018).

2.10.2 Corrosión por ataque químico directo

El ataque químico directo, también conocido como corrosión química pura, es un ataque a consecuencia de la exposición directa de una superficie descubierta a agentes gaseosos o líquidos. A diferencia del ataque electroquímico, donde los cambios catódicos y anódicos son efectuados a una distancia medible, los cambios en el ataque químico directo ocurren a la par en el mismo punto. Los agentes más habituales que causan un ataque químico directo en las aeronaves son: ácido de batería derramado o humos de baterías; depósitos de flujo residuales resultantes de juntas inadecuadamente limpiadas, soldadas, soldadas o soldadas; y soluciones de limpieza cáustica atrapadas.

Algunas soluciones de limpieza utilizadas en la eliminación de la corrosión son, en sí mismas, agentes potencialmente corrosivos. Por lo tanto, se debe prestar especial atención a su completa eliminación después de su uso en las aeronaves. Cuando sea probable que la solución de limpieza quede atrapada, utilice un agente de limpieza no corrosivo, aunque sea menos eficaz (FAA, 2018).

Figura 27

Corrosión por ataque químico directo



Nota. El gráfico representa la presencia de corrosión por ataque químico directo en un compartimiento de batería. Tomado de (FAA, 2018).

2.10.3 Corrosión por ataque electroquímico

Este tipo de ataque corrosivo se caracteriza por la formación de pequeñas áreas de celdas eléctricas. Los dos polos de una celda se conectan a través del metal y a través de la solución de corrosión, permitiendo así que fluya una corriente eléctrica inducida. El ataque es localizado a diferencia de la uniformidad del ataque químico directo. La pintura puede ocultar las etapas iniciales de la corrosión. Puesto que los

productos de la corrosión ocupan más volumen que el metal original, las superficies pintadas deben inspeccionarse de manera frecuente para detectar anomalías.

Figura 28

Corrosión por ataque electroquímico



Nota. Este gráfico representa a dos engranajes que presentan corrosión por ataque electroquímico. Tomado de (Industria, 2019).

Dependiendo de las circunstancias, el ataque electroquímico puede ser por celdas galvánicas o celdas de concentración. Además, la velocidad de ataque dependerá de las áreas respectivas de los metales que actúan como terminales positivos y negativos. Así, los clavos o tornillos de acero sufren un rápido ataque cuando se utilizan con tapajuntas de cobre, pero la corrosión es insignificante cuando los clavos de cobre se utilizan con tapajuntas de acero.

En la corrosión de manera natural se forma un potencial cuando un material se coloca en una solución. En seguida se verá cómo se forma el potencial necesario para activar la reacción de corrosión. Cuando un electrolito se coloca un metal puro, se forma un potencial electrodo que está relacionado con la tendencia del material a ceder sus electrones; no obstante, la fuerza de activación para la reacción de oxidación es

compensada por una fuerza de activación igual, pero de sentido contrario para la reacción de reducción.

Tabla 4

Corrosión de los metales

Aleación	Tipo de ataque al que es susceptible la aleación	Apariencia del resultado de la corrosión
Magnesio	Muy susceptible a las picaduras.	Montículos blancos, pulverulentos, parecidos a la nieve.
Acero de baja aleación	La oxidación superficial y las picaduras, superficiales e intergranulares.	Óxido marrón rojizo (óxido).
Aluminio	Las picaduras superficiales, las tensiones intergranulares y de exfoliación corrosión y fatiga, y el razonamiento.	Polvo blanco-grisáceo.
Titanio	Altamente resistente a la corrosión.	No hay productos de corrosión visibles a baja temperatura.
Cadmio	Corrosión superficial uniforme.	Desde el depósito de polvo blanco hasta el moteado marrón o negro de la superficie.
Aceros inoxidables	Corrosión por hendiduras.	Superficie rugosa; a veces una mancha uniforme de color rojo, marrón.
Base de níquel	Generalmente tiene buenas cualidades de resistencia a la corrosión.	Depósito de polvo verde.
Latón con base de cobre, Bronce	Corrosión superficial e intergranular.	Depósito de polvo azul o verde azulado.
Cromo	Picaduras - Pitting.	No hay productos de corrosión visibles.
Plata	Se empaña en presencia de azufre.	Película marrón-negra.
Oro	Alta resistencia a la corrosión.	Oscurecimiento de las superficies reflectantes.
Estaño	Sujeto al crecimiento de los bigotes (whisker).	Depósito en forma de bigote.

Nota. Esta tabla representa las formas de corrosión que se pueden dar en los diferentes metales. Tomado de (FAA, 2018).

2.10.4 Corrosión superficial

El tipo más frecuente de corrosión de las aeronaves, la corrosión superficial ocurre cuando el metal en la superficie de una aeronave se oxida, como cuando la pintura se corroe. Por lo general, puede reconocer la corrosión de la superficie por la

rugosidad, las picaduras o el grabado de la superficie del metal y la presencia de depósitos de polvo de color blanco grisáceo en el aluminio. Sin embargo, otro tipo de corrosión superficial llamada corrosión filiforme puede parecerse a pequeños gusanos debajo de la superficie de la pintura, lo que eventualmente conduce a la formación de burbujas y grietas.

Figura 29

Corrosión superficial



Nota. El gráfico representa a un material compuesto afectado por corrosión superficial. Tomado de (Alamy, 2017).

2.10.5 Corrosión filiforme

Uno de los motivos por los que este tipo de corrosión es tan frecuente en las aeronaves es porque sucede en las superficies de aluminio que no han pasado por el proceso de pre-pintado apropiado y, por lo tanto, no están aptas para las pinturas de poliuretano que se usan regularmente en las aeronaves. Cuando surge por primera vez, se ve como pequeñas líneas en forma de gusano que se observan debajo de la pintura y, finalmente, la pintura se descascara y burbujea. La corrosión filiforme es fácil de

reconocer debido a sus líneas semejantes a gusanos que se extienden en direcciones aleatorias. De todos los tipos de corrosión de aeronaves, este es uno de los más fáciles de reconocer. Es uno de los tipos de corrosión que es más fácil de prevenir que de remediar.

Figura 30

Corrosión filiforme



Nota. Este gráfico representa el área afectada por corrosión filiforme por un pintado incorrecto en la superficie. Tomado de (Industria, 2019).

2.10.6 Corrosión intergranular

Este tipo de corrosión es un ataque a lo largo de los límites de grano de una aleación y frecuentemente resulta de una falta de uniformidad en la estructura de la aleación. Algunos aceros inoxidable y aleaciones de aluminio son especialmente susceptibles a esta forma de ataque electroquímico. La falta de uniformidad es producida por los cambios que suceden en la aleación durante el proceso de calentamiento y enfriamiento de la elaboración del material. Es importante llevar un

control preventivo para la corrosión ya que de esta manera se alargará la vida útil del material o componente.

La corrosión intergranular puede existir sin evidencia superficial visible. Las aleaciones de aluminio de alta resistencia, como 7075 y 2014, son más susceptibles a la corrosión intergranular si han sido tratadas térmicamente incorrectamente y luego expuestas a un medio ambiente corrosivo, para este tipo de corrosión existen diferentes tipos de agentes desoxidantes.

Figura 31

Corrosión intergranular



Nota. Este gráfico representa la aparición de corrosión tipo intergranular sobre una superficie de metal. Tomado de (Industria, 2019).

Capítulo III

3. Desarrollo del tema

3.1 Preliminares

El presente capítulo está destinado a la explicación del desarrollo de la tarea de mantenimiento para la preservación del motor Rolls Royce Dart MK 551, utilizando la documentación técnica correspondiente otorgada por el fabricante, mismo que servirá como material didáctico para los estudiantes y docentes que conforman la carrera de Mecánica Aeronáutica. También se dará a conocer las medidas de seguridad y equipamiento necesario que se deben utilizar durante la ejecución de este proyecto.

3.2 Reubicación temporal del motor

El motor Rolls Royce Dart MK 551 se encontraba en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, mismo que fue trasladado mediante una grúa tipo plataforma, hacia el área en donde posteriormente se efectuó los trabajos de mantenimiento. En todo momento se contó con las medidas de seguridad correspondiente, sin hacer omisión a las recomendaciones del personal que se encontraba supervisando el traslado.

Con sumo cuidado se colocaron las fajas alrededor del motor para engancharlo y desprenderlo del suelo, ya que como se encontraba por años a la intemperie se había llenado de maleza y otros objetos extraños, una vez los motores desprendidos del suelo fueron colocados en la plataforma que se encargó de reubicar en los exteriores del laboratorio de mecánica aeronáutica.

Figura 32

Traslado del motor



Nota. El gráfico representa el traslado del motor Rolls Royce Dart MK 551, haciendo uso de una grúa tipo plataforma.

Figura 33

Reubicación del motor



Nota. El gráfico representa el traslado del motor hacia el área en donde se va a efectuar las tareas de mantenimiento mediante la ayuda de una grúa tipo plataforma.

Figura 34*Reubicación temporal*

Nota. El gráfico representa la ubicación temporal del motor a los exteriores del laboratorio de mecánica aeronáutica para efectuar las tareas de preservación.

3.3 Herramientas de trabajo

Tabla 6*Equipo y maquinaria*

NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Moladora	1	Equipo para cortar metal
Soldadora	1	Sirve para unir 2 metales
Compresor	1	Suministra aire a presión
Pulverizador	1	Suministra la mezcla de aire a presión y cualquier líquido
Taladro	1	Sirve para hacer agujeros con medida
Extensión de electricidad	1	Sirve para suministrar energía eléctrica
Grúa tipo plataforma	1	Maquinaria para trasladar objetos pesados

Nota. La tabla representa el equipo y maquinaria que se utilizó para ejecutar las tareas de mantenimiento del motor.

3.4 Material de trabajo

Tabla 5

Herramientas

NOMBRE	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN
Lija	8	Papel abrasivo para limpiar la corrosión
Cepillo de acero	1	Sirve para limpiar la corrosión
Martillo	1	Herramienta de golpe
Martillo de goma	1	Herramienta de golpe
Llave mixta 9/16	1	Herramienta para ajustar o retirar tuercas y tornillos de forma rápida en espacios reducidos.
Racha	1	Herramienta para ajustar o retirar tuercas y tornillos de forma rápida en espacios reducidos.
Juego de Dados	1	Herramienta para ajustar o retirar tuercas y tornillos de forma rápida en espacios reducidos.
Alicate	1	Herramienta para ajustar o cortar alambre
Electrodos	8	Herramienta para soldar 2 piezas de metal
Disco de cortar hierro	3	Sirve para cortar estructuras de hierro
Desoxidante	1	Sirve para remover el óxido
Anticorrosivo	1	Sirve para remover la corrosión
Tiñer	3	Sirve para mezclar con la pintura
Pintura de color plomo	1	Sirve para pintar las estructuras del motor
Pintura de color amarillo	1	Sirve para pintar las estructuras del motor
Pintura de color rojo	1	Sirve para pintar las estructuras del motor
Guaípe	6	Sirve para limpiar
WD-40	1	Sirve para aflojar tuercas, tornillos
Desarmador punta plana	1	Herramienta para aflojar o ajustar tuercas y tornillos
Papel	20	Sirve para enmascarar
Tijera	1	Herramienta para cortar

Nota. La tabla representa las diversas herramientas que se utilizaron para realizar la tarea de preservación del motor.

3.5 Inspección y preservación del motor

Se limpió las superficies externas del motor utilizando alcohol industrial y un cepillo, teniendo cuidado de que el producto de limpieza no entre en la toma de aire o en cualquier otra abertura, así como también se examinó las cubiertas del motor en busca de corrosión y, en su caso, de daños en el revestimiento de esmalte.

Figura 35

Estado del motor



Nota. El gráfico representa al estado del motor previo a su proceso de limpieza y preservación.

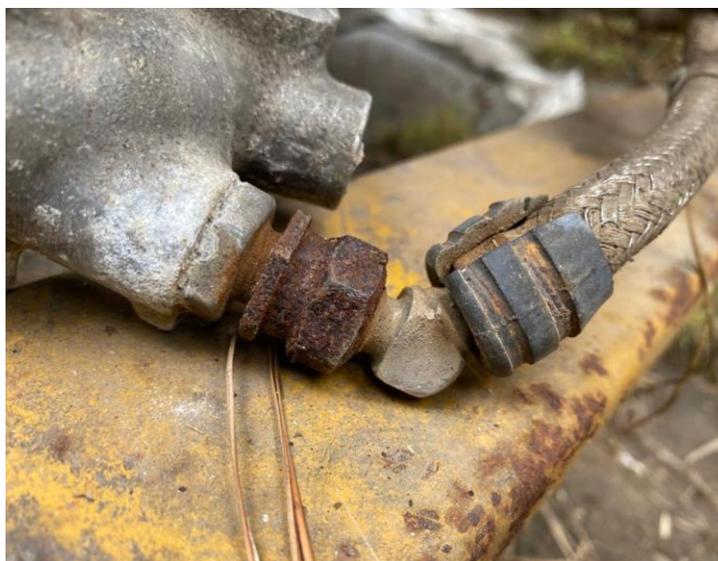
La eliminación de la corrosión incluye la eliminación de los acabados superficiales que cubren la zona atacada o sospechosa. Para asegurar la máxima eficacia del compuesto decapante, por este motivo la zona debe estar libre de grasa, aceite, suciedad o conservantes. Esta operación de limpieza preliminar es también una ayuda para determinar la extensión de la corrosión.

Uno de los tipos de corrosión más conocidos es el óxido ferroso, que suele ser el resultado de la oxidación atmosférica de las superficies de acero. Algunos óxidos

metálicos protegen el metal base subyacente, pero el óxido no es una capa protectora en ningún sentido de la palabra. En realidad, su presencia favorece el ataque adicional al atraer la humedad del aire y actuar como catalizador de la corrosión adicional. Si se quiere controlar completamente el ataque corrosivo, por este motivo se eliminó todo el óxido posible de las superficies de acero.

Figura 36

Óxido ferroso



Nota. El gráfico representa la presencia de óxido ferroso en los componentes del motor.

El óxido aparece por primera vez en las cabezas de los tornillos, las tuercas de sujeción y otros elementos de la aeronave que no están protegidos. Su presencia en estas áreas generalmente no es peligrosa y no tiene un efecto inmediato en la resistencia estructural de los componentes principales. El residuo del óxido también puede contaminar otros componentes ferrosos, promoviendo la corrosión de esas partes.

El óxido es indicativo de la necesidad de mantenimiento y de un posible ataque corrosivo en zonas más críticas. También es un factor que influye en el aspecto general del equipo. Cuando se producen fallos en la pintura o los daños mecánicos exponen a la atmósfera las superficies de acero sometidas a grandes esfuerzos, incluso la más mínima cantidad de óxido es potencialmente peligrosa en estas zonas y debe ser eliminada y controlada. La eliminación del óxido de los componentes estructurales, seguida de una inspección y evaluación de los daños, debe realizarse tan pronto como sea posible.

Se revisó y protegió como se indica a continuación:

- Se utilizó un raspador y un papel abrasivo fino para eliminar la corrosión y partes que se encontraban con grasa.

Figura 37

Limpieza del motor



Nota. El gráfico representa a la remoción mediante un raspador de la corrosión que se encontraba en los componentes del motor.

- Se procedió a aplicar una solución desoxidante al metal expuesto hasta obtener una película marrón oscura, luego se lavó la solución sobrante con agua y se secó inmediatamente la zona tratada.

Figura 38

Solución desoxidante



Nota. El gráfico representa la solución que se utilizó para remover las partes del motor que se encontraban con óxido.

- A continuación, se aplicó una capa de desoxidante a la zona tratada y se dejó secar la capa de durante aproximadamente 15 minutos.
- Se aplicó agua a la zona tratada y se dejó secar la durante aproximadamente 20 minutos.
- Se aplicó una capa de anticorrosivo a la zona tratada.

- Por último, se aplicó una segunda capa de anticorrosivo en los entornos propensos a la corrosión después de que la primera capa esté seca.

Figura 39

Aplicación de desengrasante



Nota. El gráfico representa la limpieza externa de los componentes del motor utilizando desengrasante.

Se recubrió y protegió las partes de aluminio de la siguiente manera:

- Se eliminó la corrosión utilizando un papel abrasivo fino.
- Se limpió el metal expuesto utilizando un paño sin pelusa o parecido, humedecido con alcohol industrial.
- Se pulverizó la parte externa del motor con alcohol industrial, para remover los residuos de grasa que se encontraban entre los componentes.

Figura 40

Guaípe



Nota. El gráfico representa al material que se utilizó para limpiar los componentes del motor.

Figura 41*Pulverizado del motor*

Nota. El gráfico representa el pulverizado de los componentes del motor para remover la grasa adherida.

- Finalmente, se aplicó una segunda capa de anticorrosivo después de que la primera capa se había secado, este paso se lo realiza si es que el motor se encuentra en ambientes propensos a la corrosión.

Figura 42

Equipo de pulverización



Nota. Esta figura representa el equipo de pulverización que se utilizó para realizar la tarea de limpieza.

3.6 Desmontaje de las cámaras de combustión

El siguiente procedimiento corresponde al desmontaje de todas las cámaras de combustión, las cámaras de combustión están numeradas en sentido contrario a las agujas del reloj vistas desde la parte trasera, estando la número 1 en la parte superior del lado derecho del accionamiento de la caja de cambios auxiliar. La secuencia en la que se desmontó es la siguiente: número 1, 7, 6, 5, 4, 3, 2.

Con una llave 9/16 se retiró las tuercas, arandelas y los pernos que aseguran cada par de interconectores. Posteriormente se desenroscó las tuercas almenadas de los pernos de enlace de la cámara de combustión que fijan cada cámara de combustión

a su codo de salida del compresor. Se utilizó WD-40 para facilitar la remoción ya que algunas cámaras de combustión se encontraban trabadas por el exceso de corrosión.

Figura 43

Desmontaje de las cámaras de combustión



Nota. El gráfico representa el desmontaje de las cámaras de combustión correspondiente al motor Rolls Royce Dart MK 551.

Figura 44

Remoción de la conexión del quemador



Nota. El gráfico representa la remoción de las tuercas correspondiente a la conexión del quemador de la cámara de combustión.

Se retiró la cámara de combustión tirando de ella hacia fuera y hacia delante con mucho cuidado de no estropear el montaje de la junta trasera de la cámara de combustión, de este modo se liberó al mismo tiempo el tubo de drenaje de combustible. Posteriormente, se retiró los anillos de pistón de la ranura de la parte trasera de la cámara de combustión y se colocó, con la junta esférica, junto a la cámara de combustión retirada.

Figura 45

Cámara de combustión desmontada



Nota. El gráfico representa a las cámaras de combustión desmontadas del motor.

Una recomendación es que, si las cámaras de combustión no van a recibir una atención inmediata, se debe cubrir los espacios en blanco adecuados en cada extremo de las cámaras de combustión y en todas las aberturas de los quemadores, interconectores, encendedores y tubos de drenaje para evitar que cualquier objeto extraño ingrese y pueda provocar algún tipo de daño. Así como también se debe

colocar los tapones adecuados en todos los extremos de las tuberías y aberturas, especialmente en las que dan acceso al interior del motor

3.7 Limpieza de las cámaras de combustión

Posteriormente de haber desmontado las cámaras de combustión del motor según las indicaciones del manual y con las herramientas correspondientes, se procedió a limpiar la grasa, suciedad, polvo y objetos extraños que se encontraban dentro y fuera de la cámara de combustión. Para limpiar la parte externa de la cámara de combustión específicamente la cubierta de aire, se utilizó alcohol industrial y guaípe.

Figura 46

Cámara de combustión



Nota. El gráfico demuestra la presencia de polvo y grasa en la cubierta de aire de la cámara de combustión del motor.

En las partes metálicas se encontró presencia de óxido ferroso, por este motivo se utilizó un desoxidante y WD-40 para remover este tipo de corrosión, con una lija se retiró la corrosión encontrada en los tubos de interconexión y en los pernos que conforman el conjunto de la cámara de combustión. Finalmente se utilizó un compresor

para limpiar los objetos extraños que se encontraron dentro de las cámaras de combustión.

Figura 47

Limpieza de la cámara de combustión



Nota. El gráfico representa la limpieza de la cámara de combustión utilizando lija y WD-40 para remover el óxido de las partes metálicas.

Figura 48

Corrosión galvánica



Nota. El gráfico demuestra la presencia de corrosión galvánica en la cámara de expansión, producida por permanecer en la intemperie.

3.8 Proceso de pintado del motor

Para el proceso de pintado como primer punto se procedió a limpiar y retirar la grasa que se encontraba sobre la superficie del motor. La limpieza es un punto importante ya que de esta manera se eliminó todos los contaminantes y residuos que se adhieren a la superficie con el paso del tiempo y el uso. Para esta operación se necesitó agua, desengrasantes y guaípe.

Figura 49

Grasa en el motor



Nota. El gráfico demuestra la presencia de grasa y óxido en la superficie del motor.

Luego de limpiar la superficie, se procedió a lijar las áreas dañadas con el fin de quitar la pintura dañada por la corrosión, por tal motivo se inspeccionó detenidamente todas las piezas a pintar. A continuación, se procedió a enmascarar todas las zonas que no van a ser pintadas, como son las cañerías, cámaras de combustión, sección de turbina y compresores.

Figura 50*Enmascarado del motor*

Nota. El gráfico representa el proceso de enmascarado del motor, previo a ser pintado.

Una vez que la superficie se encontró lista para la aplicación del color de la pintura, se procedió a pintar utilizando la técnica de pulverizado, que consiste en una pistola conectada a un compresor y mediante la fuerza neumática esparce la pintura de una manera homogénea. Se cubrió las placas de identificación de los componentes ya que esta sirve para conocer la trazabilidad, número de parte y número de serie. Por este motivo es indispensable cubrir cualquier tipo de placa de identificación que posea una aeronave o componente de aeronave.

Figura 51

Pintado del motor



Nota. El gráfico representa el proceso de pintado, utilizando la técnica de pulverizado.

Figura 52

Motor pintado



Nota. El gráfico representa el motor Rolls Royce Dart MK 511 en su etapa final de pintado.

3.9 Montaje de las cámaras de combustión

Antes de colocar nuevamente las cámaras de combustión, se realizó una inspección visual en el anillo de junta esférica y en los anillos de estanqueidad divididos, así como sus correspondientes caras de acoplamiento en la cámara de combustión, para comprobar que no están dañados, ni presenten desgaste, sobre todo si la cámara presenta indicios de golpes en estos puntos.

Las cámaras de combustión están numeradas en el sentido contrario a las agujas del reloj, mirando desde la parte posterior, siendo la número 1 la que se encuentra a la derecha del accionamiento de la caja de cambios auxiliar. Como primer paso se montó la cámara de combustión nº 1 introduciendo el extremo posterior en su respectiva tobera en la caja de toberas.

Figura 53

Vista posterior de las cámaras de combustión



Nota. El gráfico representa la vista posterior de las cámaras de combustión pertenecientes al motor Rolls Royce Dart MK 551.

Seguido de esto se empujó lo más posible la cámara de combustión hacia la caja de toberas, luego se insertó el anillo de sellado esférico entre la cámara de expansión y su codo de salida; se colocó el anillo de sellado con la cara esférica hacia la cámara de expansión. Se movió la cámara de combustión hacia delante alejándola de la caja de boquillas y se colocó sobre el anillo de sellado esférico.

Se colocó el extremo de uno de los dos tubos de drenaje de longitud intermedia en el saliente de la parte interior de la carcasa de aire nº 1, y luego se instaló la cámara de combustión nº 2 como se ha descrito anteriormente, introduciendo el extremo libre del tubo de drenaje en su orificio en la carcasa de aire nº 2. Finalmente, se montó las cámaras de combustión restantes y tubos de drenaje en el motor.

Figura 54

Cámaras de combustión instaladas



Nota. El gráfico representa las cámaras de combustión instaladas correctamente en el motor Rolls Royce Dart MK.

3.10 Reacondicionamiento de los montantes del motor

Para el proceso de reacondicionamiento del motor se realizó como primer punto elevar los montantes del motor mediante la ayuda de gatas hidráulicas que soporten el peso del motor, ya que se encontraban sin ruedas por lo que imposibilitaba su libre desplazamiento dentro del área que se utilizó para ejecutar las tareas de mantenimiento correspondientes. Se tomó en cuenta las medidas de seguridad pertinentes para evitar cualquier tipo de accidente.

Figura 55

Elevación de los montantes del motor



Nota. El gráfico representa el proceso de elevación de los montantes del motor mediante el uso de gatas hidráulicas.

Se procedió a retirar los excesos de metal y puntos de solda anteriores para dejar una superficie adecuada en la que se pudo trabajar, una vez lista la superficie se realizó el proceso de soldadura de las nuevas ruedas que van a formar parte del montante del motor, también se agregó unas láminas de refuerzo en las bases de los montantes ya que por el peso del motor los montantes estaban desnivelados.

Figura 56

Soldadura de las ruedas



Nota. El gráfico representa el proceso de suelda de las nuevas ruedas en el montante del motor.

Figura 57

Lámina de Refuerzo



Nota. El gráfico representa la lámina de refuerzo que se colocó en la base de los montantes del motor.

Finalmente, se pintó los montantes del motor de color amarillo, utilizando la técnica de pulverizado, teniendo en cuidado de no pintar los componentes del motor, posteriormente se colocó grasa en cada una de las ruedas de los montantes para que tengan mayor movilidad durante el traslado al laboratorio de mecánica aeronáutica y no se dificulte al momento de trasladarlo.

Figura 58*Montantes pintados*

Nota. El gráfico representa el proceso de pintado a los montantes del motor, utilizando la técnica de pulverizado.

3.11 Almacenamiento del motor

Una vez terminado las tareas de mantenimiento correspondiente a la preservación del motor Rolls Royce Dart MK 511, se procedió a realizar la limpieza del área donde se trabajó, para posteriormente proceder a su traslado hacia las instalaciones del laboratorio correspondiente a la carrera de mecánica aeronáutica, donde servirá como material didáctico para docentes y estudiantes de la carrera. Se tomó en cuenta todas las medidas de seguridad correspondientes, de esta manea se evitó que sucedieran cualquier tipo de accidente o incidente durante el desarrollo del proyecto, además se colocó un aislante para evitar que el suelo del laboratorio se fisure por el peso del motor.

Figura 59

Motores almacenado



Nota. El gráfico representa el almacenamiento de los motores en el laboratorio de Mecánica Aeronáutica.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- En base a la información técnica recopilada se pudo obtener los parámetros correspondientes con respecto a la tarea de preservación del motor Rolls Royce Dart MK511, la cual se ejecutó de manera satisfactoria para que se encuentre en las mejores condiciones.
- A partir de la inspección de manera detallada se determinó que el motor contaba con altos índices de corrosión galvánica ya que se encontraba en la intemperie, de igual manera se pudo observar que en los componentes internos del motor se encontraba maleza.
- La ejecución de las tareas de mantenimiento con respecto a la preservación del motor son indispensables para conservar en buenas condiciones, de esta manera se removió toda presencia de corrosión que se encontraba presente en el motor.

4.2 Recomendaciones

- Es recomendable que los motores estén cubiertos cuando no se estén utilizando, ya que así se podrá evitar que se adhiera cualquier tipo de corrosión o material extraño que perjudique a los componentes internos y externos, esta es una manera de preservar el motor.
- Se recomienda inspeccionar los montantes del motor, ya que son un equipo fundamental para la sujeción y el traslado de los mismos, por este motivo deben

estar en óptimas condiciones, sin dejar a un lado la importancia de hacerle su debido mantenimiento.

- Es recomendable que para realizar todas las tareas de mantenimiento se ejecuten bajo las instrucciones del manual de mantenimiento del fabricante correspondiente, así como también contar con el equipo de protección personal para evitar el contacto directo con los peligros de ambientes riesgosos.

Glosario

A

- **Aviación:** Es el diseño, desarrollo, fabricación, producción, operación y utilización para fines privados o comerciales de aeronaves, especialmente las más pesadas que el aire.
- **Aeronavegabilidad:** Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura.
- **Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

C

- **Componente:** Conjunto, parte, artículo, pieza o elemento constitutivo de una aeronave según las especificaciones del fabricante y por extensión, de la estructura motor, hélice o accesorio.

D

- **DGAC:** Dependencia adscrita al Ministerio de Defensa Nacional, de la República del Ecuador, la cual para los efectos de las Regulaciones de Aviación Civil (RDAC), ejercerá la autoridad aeronáutica en la República del Ecuador; entiéndase a sí mismo como todas las dependencias y representantes adscritos a la mencionada dependencia.

E

- **Elevación:** Distancia vertical entre un punto o nivel de la superficie de la tierra o unido a ella, y el nivel medio del mar.

- Equipo: Uno o varios conjuntos de componentes relacionados operacionalmente para el cumplimiento integral de una función determinada.

H

- Hélice: Dispositivo impulsor de una aeronave que posee palas sobre un eje impulsado por un motor que cuando rota produce por su acción en el aire un empuje aproximadamente perpendicular a su plano de rotación y el cual incluye componentes de control normalmente suministrados por el fabricante, pero no incluye los rotores principales y auxiliares o planos aerodinámicos giratorios del motor.

N

- Norma: Toda regla, regulación, requisito, estándar, procedimiento o sistema característico promulgado por la DGAC. cuya obediencia es reconocida como necesaria en interés de la seguridad, regularidad o eficiencia de la aeronavegabilidad.

P

- Persona: Cualquier individuo, sociedad, corporación, compañía, asociación o cuerpo político, con individualidad e identidad jurídica.
- Producto: Aeronave, motor de aeronave o hélice. También indica material, componentes, accesorios o dispositivos aeronáuticos aprobados según el sistema de una Orden Técnica Estándar (OTE/TSO), y aprobación de fabricación de partes (PMA).

Bibliografía

Alamy. (2017). Obtenido de <https://www.alamy.es/>

AMPP. (2018). *AMPP*. Obtenido de <https://www.ampp.org/resources/impact/corrosion-basics/group-1/galvanic-corrosion>

Aviation, D. (2019). *DC Aviation*. Obtenido de <https://www.dc-aviation.com/en/aircraft-maintenance/>

Aviation, D. M. (2017). *Double M Aviation*. Obtenido de <https://doublemaviation.com/services/50-100-hour-inspections/#:~:text=The%2050%2Dhour%20inspection%20guarantees,for%20everyone%20using%20an%20aircraft.&text=The%20FAA%20requires%20100%2Dhour,must%20comply%20with%20FAA%20regulations.>

Aviation, V. (2017). *Victor Aviation*. Obtenido de <http://www.victor-aviation.com/Dye-Penetrant-Inspection.php#:~:text=Penetrants%20can%20contain%20a%20dye,or%20quality%20of%20a%20component.>

E.I.A. (2013). *747 OPERATIONS MANUAL*.

Editorial, E. (2018). *Aerocorner*. Obtenido de <https://aerocorner.com/blog/types-of-aircraft-inspections/#scheduled-aircraft-inspections>

FAA. (2018). *Aviation Maintenance - Technician Handbook General*.

GAF, B. 1. (2015). Obtenido de <http://www.aircraft-reports.com/breguet-br-1150-aircraft-flight-manual-gaf-1u-br1150-1/>

Industria, C. (2019). Obtenido de <https://www.conectaindustria.es/industria/000397/la-corrosion-en-la-industria>

International, A. (1993). *FH-227*. Standford.

Machado's, R. (2016). *Flight Mechanic*.

Mainblades. (2019). *Mainblades*. Obtenido de <https://mainblades.com/aircraft-visual-inspection/#:~:text=Aircraft%20visual%20inspections%20are,to%20ensure%20the%20aircraft's%20airworthiness.&text=It%20is%20the%20process%20of,safe%20Operation%20of%20the%20aircraft>.

Pilotoviejo. (2002). *Memorias del Tiempo de Vuelo*. Obtenido de <http://www.pilotoviejo.com/fairchildpt2021.htm>

Royce, R. (1960). *Manual de Mantenimiento Motor DART*.

Shet U., S. T. (2011). *Ciclo Brayton (Turbina de Gas Simple)*.

Technology, A. E. (1998). *Flexible protective packaging is re-sealable and re-usable* (Vol. 70).

TÜV, T. (2016). *The TÜV Rheinland*.

Anexos