



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Inspección y Remoción del Rodamiento de la Bola de Empuje de la Turbina
del Motor Rolls Royce Dart 534-2 Mediante la Aplicación del Boletín de
Servicio DA70-8 para la Carrera de Mecánica Aeronáutica Perteneciente a la
Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE**

Flores Fernández, Pablo Isaac

Departamento de Energía y Mecánica.

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica.

Monografía: previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica
Mención Motores

Tlgo. Zurita Caisaguano, Jonathan Raphael

10 de septiembre del 2020



DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACION

Certifico que la monografía, *"INSPECCIÓN Y REMOCIÓN DEL RODAMIENTO DE LA BOLA DE EMPUJE DE LA TURBINA DEL MOTOR ROLLS ROYCE DART 534-2 MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BOLETÍN DE SERVICIO DA70-8 PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE"* realizado por el señor FLORES FERNANDEZ PABLO ISAAC, 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, 09 de septiembre del 2020

Firma:

Tlgo. Zurita Caisaguano Jonathan Raphael

DIRECTOR

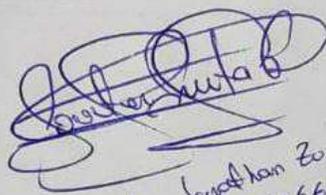


Document Information

Analyzed document: Tesis para urkund.docx (D78418092)
Submitted: 8/31/2020 8:15:00 PM
Submitted by: ZURITA CAISAGUANO JONATHAN RAPHAEL
Submitter email: jrzurita1@espe.edu.ec
Similarity: 2%
Analysis address: jrzurita1.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

- SA** **Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS CALAPIÑA.pdf**
 Document TESIS CALAPIÑA.pdf (D43330595)  1
 Submitted by: dicalapina@espe.edu.ec
 Receiver: depantoja1.espe@analysis.orkund.com
- SA** **Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / BYRON ARROYO .pdf**
 Document BYRON ARROYO .pdf (D26107248)  1
 Submitted by: brarroyo@espe.edu.ec
 Receiver: jfvalencia2.espe@analysis.orkund.com
- SA** **Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis Capítulos Estevez.pdf**
 Document Tesis Capítulos Estevez.pdf (D30041194)  3
 Submitted by: es.majito94@gmail.com
 Receiver: gsinca.espe@analysis.orkund.com


 Tlgo. Jonathan Zurita
 0503068660



DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA MENCION MOTORES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, FLORES FERNANDEZ PABLO ISAAC con cédula de ciudadanía n° 110481998-0 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***"INSPECCIÓN Y REMOCIÓN DEL RODAMIENTO DE LA BOLA DE EMPUJE DE LA TURBINA DEL MOTOR ROLLS ROYCE DART 534-2 MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BOLETÍN DE SERVICIO DA70-8 PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE"***, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 09 de septiembre del 2020

Firma:

Flores Fernández Pablo Isaac

CC.: 1104819980



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONAUTICA MENCION MOTORES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION

Yo, FLORES FERNANDEZ PABLO ISAAC autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***"INSPECCIÓN Y REMOCIÓN DEL RODAMIENTO DE LA BOLA DE EMPUJE DE LA TURBINA DEL MOTOR ROLLS ROYCE DART 534-2 MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL BOLETÍN DE SERVICIO DA70-8 PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE"*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 09 de septiembre del 2020

Firma:

Flores Fernández Pablo Isaac

CC: 110481998-0

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado especialmente a las personas que con su esfuerzo me ayudaron a culminar esta etapa de mi vida, mis padres Marcelo Flores y Yenny Fernández, mi hermano David Flores, y mis abuelos paternos y maternos, quienes hicieron todo a su alcance para formar una persona humilde llena de valores y de gratos sentimientos; es por ello que con esto valoro cada esfuerzo, cada palabra y cada gesto que ayudaron a que siga luchando por conseguir lo que tanto he deseado como es este título tan esperado por parte mía y la de mi familia.

Flores Fernández Pablo

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios y a las personas que me brindaron en su totalidad apoyo incondicional y que en este arduo camino ya no me pueden acompañar, quienes son mi abuelo paterno Galo Flores y mi abuela materna Melva Ordoñez, quienes supieron guiar mi camino y lograr un enfoque clave para poder culminar mi carrera con satisfacción propia, alegría y esperanza para seguir cumpliendo con muchas más metas que me proponga a lo largo de mi vida profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
ANÁLISIS DE RESULTADO DE URKUND.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	15
1. TEMA.....	16
1.1. Antecedentes.....	16
1.2. Planteamiento del problema.....	17
1.3. Justificación e importancia.....	18
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. Objetivo general.....	19
1.4.2. Objetivos específicos.....	19
1.5. Alcance.....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Manuales utilizados en aviación.....	20
2.1.1. AMM (Aircraft Maintenance Manual).....	20
2.1.2. EMM (Engine Maintenance Manual).....	20
2.1.3. IPC (Illustred Parts Catalog).....	21
2.1.4. WDM (Wiring Diagram Manual).....	22
2.1.5. SRM (Structural Repair Manual).....	22

2.1.6. SB's (Service Bulletines)	23
2.1.7. AD's (Airworthiness Directive)	23
2.2. Motores usados en aviación	24
2.2.1. Motores alternativos	24
A. Funcionamiento de un motor alternativo	24
B. Tipos de motores alternativos	25
B.1. Motores en línea	25
B.2. Motor radial	26
B.3. Motor horizontalmente opuesto	26
B.4. Motor en "V"	27
2.2.2. Motores a reacción	28
A. Funcionamiento de un motor a reacción	28
B. Tipos de motores a reacción	29
B.1. Turbojet	29
B.2. Turbofan	29
B.3. Turbo hélice	30
2.3. Motor Rolls Royce Dart MK 534-2	31
2.3.1. Funcionamiento del motor	31
2.3.2. Descripción del motor	32
A. Disposición de los ejes	32
B. Reductor	32
C. Carter de la toma de aire	32
D. Secciones del compresor	33
E. Sección de combustión	33
E.1 Cámaras de expansión	33
E.2. Cajas de aire	34

	10
E.3. Tubos de llama	34
E.4. Interconectores	34
F. Sección de la turbina	34
G. Tobera de escape	35
3. DESARROLLO	36
3.1. Preliminares	36
3.2. Herramientas utilizadas	36
3.3. Equipo de protección personal	36
3.4. Medidas de seguridad.....	37
3.5. Proceso de remoción de componentes del motor Rolls Royce Dart 534 -2.....	37
3.5.1. Remoción de la unidad de escape	37
3.5.2. Remoción de las cámaras de combustión.....	38
A. Remoción componentes de la cámara de combustión	40
A.1. Remoción de la cámara de expansión.....	40
A.2. Remoción correa anti – desgarro.....	41
A.3. Remoción del empaque de tira anti calor.	42
A.4. remoción tubo de llama	42
3.5.3. Remoción de los discos de turbina	43
3.5.4. Remoción de la caja de toberas (Nozzle Box).	46
3.5.5. Remoción del tambor de montaje de la caja de toberas.....	47
3.5.6. Remoción eje de transmisión del engranaje de reducción.	48
3.5.7. Remoción del conjunto de rodamiento de la turbina	48
3.5.8. Remoción del rodamiento de bola de empuje de la turbina.....	49
3.6. Proceso de inspección del rodamiento de la bola de empuje de la turbina.	51
3.7. Proceso de limpieza de los componentes.....	52
3.7.1. Limpieza del rodamiento de bola de empuje de la turbina.....	52

3.7.1. Limpieza de los componentes de la turbina.	56
3.7.2. Limpieza de las partes de la cámara de combustión.	58
3.8. Diseño y construcción de la estantería.....	61
3.8.1. Diseño de la estantería.	61
3.8.2. Construcción de la estantería.	62
3.9. Análisis de costos.	65
3.9.1. Costos primarios.	65
3.9.2. Costos secundarios.....	66
3.9.3. Costos totales.....	66
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	67
4.1 Conclusiones.....	67
4.2 Recomendaciones.	67
5. REFERENCIAS BIBLIORAFICAS.....	68
5.1 Bibliografía.	68
ANEXOS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Aircraft Maintenance Manual (AMM)</i>	20
Figura 2. <i>Engine Maintenance Manual (EMM)</i>	21
Figura 3. <i>Illustrated Parts Catalog</i>	21
Figura 4. <i>Wirind Diagram Manual</i>	22
Figura 5. <i>Structural Repair Manual</i>	22
Figura 6. <i>Service Bulletin</i>	23
Figura 7. <i>Airworthiness Directive</i>	24
Figura 8. <i>Funcionamiento de un motor alternativo</i>	25
Figura 9. <i>Motor en línea</i>	25
Figura 10. <i>Motor radial</i>	26
Figura 11. <i>Motor Horizontalmente opuesto</i>	27
Figura 12. <i>Motor en "V"</i>	27
Figura 13. <i>Funcionamiento de un motor a reacción</i>	28
Figura 14. <i>Turbojet</i>	29
Figura 15. <i>Turbofan</i>	30
Figura 16. <i>Turbo hélice</i>	30
Figura 17. <i>Motor Rolls Royce Dart</i>	31
Figura 18. <i>Remoción de pernos</i>	37
Figura 19. <i>Desmontaje de la tobera de escape</i>	38
Figura 20. <i>Remoción tuercas cámara de combustión</i>	38
Figura 21. <i>Tuercas removidas</i>	39
Figura 22. <i>Remoción anillo de junta esférico</i>	39
Figura 23. <i>Remoción de todas las cámaras de combustión</i>	39
Figura 24. <i>Carter intermedio libre de cámaras de combustión</i>	40
Figura 25. <i>Remoción pernos de la cámara de expansión</i>	40

Figura 26. <i>Remoción cámara de expansión.....</i>	41
Figura 27. <i>Desajuste amarras de la correa anti – desgarro.....</i>	41
Figura 28. <i>Remoción total correa anti - desgarro.....</i>	42
Figura 29. <i>Remoción empaque de tira anti calor.</i>	42
Figura 30. <i>Remoción tubo de llama.....</i>	43
Figura 31. <i>Pernos sujetadores de la turbina de tercera etapa.....</i>	44
Figura 32. <i>Remoción de la tercera etapa de turbina.....</i>	44
Figura 33. <i>Remoción disco de separación de la segunda y tercera etapa de turbina. .</i>	44
Figura 34. <i>Remoción de la segunda etapa de turbina.</i>	45
Figura 35. <i>Remoción disco de separación de la primera y segunda etapa de turbina. 45</i>	45
Figura 36. <i>Remoción de la primera etapa de turbina.....</i>	45
Figura 37. <i>Remoción tuercas que conectan cárter intermedio y la caja de boquillas. ..</i>	46
Figura 38. <i>Remoción completa de la caja de boquillas.</i>	46
Figura 39. <i>Remoción del tambor de montaje de la caja de tobera.....</i>	47
Figura 40. <i>Remoción total del tambor de montaje de la caja de tobera.....</i>	47
Figura 41. <i>Remoción del engranaje de reducción del eje de transmisión.....</i>	48
Figura 42. <i>Remoción tuercas sujetadoras del eje principal de la turbina.....</i>	49
Figura 43. <i>Remoción eje principal de la turbina.....</i>	49
Figura 44. <i>Utilización de herramienta especial para remoción de anillo de sujeción....</i>	50
Figura 45. <i>Remoción anillo de sujeción.....</i>	50
Figura 46. <i>Remoción rodamiento de la bola de empuje de la turbina.</i>	51
Figura 47. <i>Inspección ensamblaje de rodamiento.</i>	52
Figura 48. <i>Inspección rodamiento de bola de la turbina.....</i>	52
Figura 49. <i>Lavado del rodamiento.....</i>	53
Figura 50. <i>Rodamiento sumergido en el tanque 1.....</i>	53
Figura 51. <i>Reposo del rodamiento después la sumergida inicial.</i>	54

Figura 52. <i>Rodamiento sumergido en el tanque 2.</i>	54
Figura 53. <i>Reposo del rodamiento después de ser sumergido en el tanque 2.</i>	55
Figura 54. <i>Rodamiento sumergido en el tanque de inhibición.</i>	55
Figura 55. <i>Rodamiento enfriado en seco.</i>	56
Figura 56. <i>Limpieza del disco de turbina.</i>	56
Figura 57. <i>Limpieza disco de separación.</i>	57
Figura 58. <i>Limpieza tambor de montaje de la caja de toberas.</i>	57
Figura 59. <i>Limpieza eje principal de la turbina.</i>	57
Figura 60. <i>Limpieza eje de transmisión del engranaje de reducción.</i>	58
Figura 61. <i>Limpieza cámara de expansión.</i>	58
Figura 62. <i>Limpieza correa anti-desgarro.</i>	59
Figura 63. <i>Limpieza del empaque de tira anti calor.</i>	59
Figura 64. <i>Limpieza del tubo de llamas.</i>	59
Figura 65. <i>Limpieza interconector.</i>	60
Figura 66. <i>Limpieza línea de combustible.</i>	60
Figura 67. <i>Limpieza cárter de aire.</i>	60
Figura 68. <i>Acotaciones de los lados de la estantería.</i>	61
Figura 69. <i>Acotación con la compuerta abierta.</i>	61
Figura 70. <i>Diseño final compuerta cerrada y abierta.</i>	62
Figura 71. <i>Corte de materiales para estructura.</i>	63
Figura 72. <i>Unión de los tubos por medio de suelda.</i>	63
Figura 73. <i>Unión de ruedas a estantería.</i>	64
Figura 74. <i>Pintado de la estructura de la estantería.</i>	64
Figura 75. <i>Estantería finalizada.</i>	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Costos primarios.</i>	65
Tabla 2. <i>Costos secundarios.</i>	66
Tabla 3. <i>Costo total.</i>	66

1. TEMA

Inspección y remoción del rodamiento de la bola de empuje de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2 mediante la aplicación del boletín de servicio da70-8 para la carrera de mecánica aeronáutica perteneciente a la unidad de gestión de tecnologías-ESPE.

1.1. Antecedentes.

La Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE es el único instituto capaz de formar profesionales íntegros en el campo de la aviación, ofreciendo la eficiencia en las distinguidas carreras como Mecánica Aeronáutica mención motores, y mención aviones. Es por este motivo que hoy es certificado bajo la RDAC 147, la cual aprueba la instrucción para técnicos en mantenimiento aeronáutico, cuya exigencia es innovar profesionales que se desarrollen en el campo de la aviación, promoviendo la inspección y fiabilidad de los componentes de aeronaves.

La Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE al ser la única institución involucrada en desarrollar técnicos en mantenimiento aeronáutico, busca que los estudiantes, y futuros profesionales contribuyan a la realización de mantenimiento en aeronaves, componentes y motores de aeronaves, enfocado en la realización de inspección, y desarrollo de servicios de boletín para prolongar la vida útil de componentes de aeronaves o componentes de motor.

El propósito de este boletín de servicio, es proporcionar estándares de aceptación basados en la experiencia mundial por medio de la inspección “de campo” de los componentes para la continuidad del servicio, y es por este motivo que la siguiente inspección busca cerciorarse que el componente este dentro de su rango de vida útil.

1.2. Planteamiento del problema.

Siendo la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE un centro de educación superior, y un centro de instrucción para técnicos en mantenimiento aeronáutico por parte de la RDAC 147 y mediante el certificado vigente remitido por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC), está enfocado en formar profesionales tanto civiles como militares quienes adquirirán títulos de tecnólogos en diferentes ramas de la aviación tales como: Mecánica Aeronáutica con mención motores o aviones. De esta manera el instituto brinda la oportunidad de ser profesionales competitivos y capaces de resolver problemas de la manera más eficiente.

El profesional que se forma para técnico en mantenimiento aeronáutico requiere de diversos conocimientos, manipulación de herramientas; todo esto se lo lleva a cabo mediante la aplicación de los conocimientos teóricos en un proyecto práctico, pero para realizar este tipo de aplicación en un componente, motor o aeronave se debe observar diferentes diseños, es por ende que y tras los años se debe ir adquiriendo motores, componentes de aeronaves para el estudiante y de esta manera pueda obtener mejores conocimientos en base a reparaciones de motores o componentes de aeronaves.

Aquellos componentes que son marginalmente aceptables para estándares aplicados para la aeronavegabilidad, que formen parte dentro de los límites de aceptación del manual de mantenimiento, deben ser monitoreados a intervalos que no excedan las 400 horas para determinar su potencial de vida máximo, es de esta manera que implica realizar la observación de los distintos componentes de un motor de aeronave, en este caso componente de la turbina, como lo es el rodamiento de la bola de empuje del motor Rolls Royce Dart 534-2, para verificar que no exista fallo alguno, que pueda ocasionar daños concerniente a la sección de la turbina y pueda ejecutar algún mal diagnóstico del mismo.

1.3. Justificación e importancia.

Es necesario que la “UNIDAD DE GESTION DE TECNOLOGIAS” realice la implementación tanto de componentes de aeronaves como componentes de motores, para la realización de prácticas de forma aplicada y eficiente, de esta manera los estudiantes podrán aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas, en conocimientos prácticos en los diferentes materiales didácticos y así facilitaremos el entendimiento del funcionamiento de distintos sistemas y componentes del motor de una aeronave.

La implementación del desmontaje del rodamiento de la bola de empuje de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2, permitirá instruir a los alumnos como funciona este tipo de motor al visualizar la disección por zonas, y el trabajo mecánico que realiza la turbina, es así que este componente de motor de aeronave, tendrá mucha importancia ya que será usado para la explicación del funcionamiento en las diferentes materias concernientes al tema.

Por ende, el aprendizaje de los tecnólogos en Mecánica Aeronáutica se enmarca dentro de un conjunto de teoría que se relaciona con la práctica permanente de los alumnos, en este aspecto el siguiente trabajo de titulación se realiza en función de facilitar el proceso de la enseñanza y aprendizaje en los talleres de la Universidad ESPE.

La implementación de este proyecto será de mucha importancia en la formación de nuevos tecnólogos, familiarizándose con las funciones que cumple un motor a reacción y brindándoles una herramienta más, para el buen desempeño en el campo de la aviación. Este proyecto de titulación servirá para que los estudiantes de las diferentes carreras puedan demostrar y reforzar sus diferentes habilidades durante las actividades de operación tales como es el funcionamiento del conjunto de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2, y que también contara con su respectiva documentación técnica.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Inspeccionar y remover el rodamiento de la bola de empuje de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2, mediante la aplicación del boletín de servicio DA70-8 para la carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Aplicar el boletín de servicio DA70-8 para la inspección y remoción del rodamiento de la bola de empuje del motor Rolls Royce Dart 534-2.
- Analizar la condición en que se encuentre el rodamiento de la bola de empuje de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2.
- Demostrar visualmente las características que posee la sección de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2.

1.5. Alcance.

El presente proyecto permitirá que los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica puedan comprender el funcionamiento del conjunto de la turbina del motor Rolls Royce Dart 534-2. Se podrá observar la sección de la turbina, tanto teórica como practica y se expondrá como herramienta de conocimiento para la instrucción de los estudiantes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Manuales utilizados en aviación.

2.1.1. *AMM (Aircraft Maintenance Manual).*

Traducido al español como Manual de Mantenimiento de la aeronave, este manual contiene la información formal necesaria que detalla la forma en que se realizaran todas las tareas de mantenimiento de cualquier habilidad, de como realizar servicio, reparación, sustitución, ajuste, inspección, y verificación de equipos y sistemas en el avión. (Landaverde Henry, 2018)

Figura 1.

Aircraft Maintenance Manual (AMM).



MD-80

Aircraft Maintenance Manual

2.1.2. *EMM (Engine Maintenance Manual).*

También conocido como Manual de Mantenimiento del Motor, este manual proporciona la información necesaria tanto para indicaciones de sistemas del motor, procedimientos de montaje y desmontaje del motor, y referencias a tareas de mantenimiento que el motor contenga durante su periodo, además de que evalúa los intervalos de reparaciones o modificaciones del motor.

Figura 2.

Engine Maintenance Manual (EMM).



TBS-117
ENGINE MAINTENANCE MANUAL SPAF-TBEEMM-1

TABLE OF CONTENTS

	Section, Sub-Section, Subject	Date
COMPRESSOR - DESCRIPTION AND OPERATION		
1. GENERAL		
1.1		
1.2		
2. Description		
Figure 1 (Sheet 1 of 2) Compressor		
Figure 2 (Sheet 2 of 2) Compressor		
Figure 3 Compressor Stator		
Figure 4 Compressor Stator Right-hand View		
Figure 5 Compressor Stator Left-hand View		
Figure 6 Compressor Rotor		

PDF

2.1.3. IPC (Illustrated Parts Catalog)

En español es Catálogo de Partes Ilustradas, es un manual emitido por el fabricante para permitir al usuario identificar componentes tanto de la aeronave como del motor en el cual consta: introducción, índice alfabético de materias, índice numérico de piezas y relación de piezas de conjuntos con ilustraciones, este manual permite desarrollar un control total de cada componente, para poder lograr de forma ilustrada la composición de los mismos.

Figura 3.

Illustrated Parts Catalog.



2.1.4. WDM (Wiring Diagram Manual).

Conocido en el idioma español como Manual de Diagrama Eléctrico, es un manual multifuncional emitido por el fabricante que presenta todos los diagramas eléctricos tanto de la aeronave como motor de la aeronave, su función es describir la funcionalidad de sistemas integrados eléctricamente para poder determinar cómo es la funcionalidad tanto de un sistema como de un componente.

Figura 4.

Wirind Diagram Manual.



2.1.5. SRM (Structural Repair Manual)

Manual de Reparación Estructural, este manual es netamente para uso de la aeronave, donde presenta la información necesaria para reparación de la estructura de la aeronave, ya sea porque cumplió la aeronave el tiempo límite, mantenimiento preventivo o inconvenientes producidos durante el vuelo, despegue o manejo en tierra.

Figura 5.

Structural Repair Manual.

DC-10
STRUCTURAL
REPAIR MANUAL



2.1.6. SB's (Service Bulletines).

Los boletines de servicio llamado comúnmente en español, se utilizan para divulgar información detallada sobre todas las modificaciones en un componente, motor de aeronave, inspecciones o verificaciones especiales fuera de rutina, requeridas para fines de seguridad o para una exploración satisfactoria, las verificaciones pueden realizarse una sola vez o de naturaleza periódica.

Figura 6.

Service Bulletin.



2.1.7. AD's (Airworthiness Directive).

Las directivas de aeronavegabilidad son documentos emitidos por la autoridad aeronáutica civil de cada país con carácter mandatorio, con procedimientos emitidos para la respectiva inspección, reparación, cambio de componente; con el fin de que se cumplan estándares propicios para garantizar la seguridad de un componente de aeronave, o de la misma aeronave, cuya estrategia es restringir futuros daños que ocasionen imperfecciones tanto en los componentes de la aeronave componentes del motor o de la misma aeronave.

Figura 7.*Airworthiness Directive.*

EASA AD No.: 2018-0041-E



Emergency Airworthiness Directive

AD No.: 2018-0041-E

Issued: 09 February 2018

Note: This Emergency Airworthiness Directive (EAD) is issued by EASA, acting in acceptance with Regulation (EC) 216/2008 on behalf of the European Union, its Member States and of the European third countries that participate in the activities of EASA under Article 66 of that Regulation.

This AD is issued in accordance with Regulation (EU) 748/2012, Part 21.A.38. In accordance with Regulation (EU) 1321/2014 Annex I, Part MA.301, the continuing airworthiness of an aircraft shall be ensured by accomplishing an applicable AD. Consequently, no person may operate an aircraft to which an AD applies, except in accordance with the requirements of that AD, unless otherwise specified by the Agency (Regulation (EU) 1321/2014 Annex I, Part MA.301) or agreed with the Authority of the State of Registry (Regulation (EU) 216/2008, Article 100) exemption.

Design Approval Holder's Name:	Type/Model designation(s):
AIRBUS	A320 and A321 aeroplanes
Effective Date:	09 February 2018
TCDS Number(s):	EASA.A.064
Foreign AD:	Not applicable
Supersedeure:	None

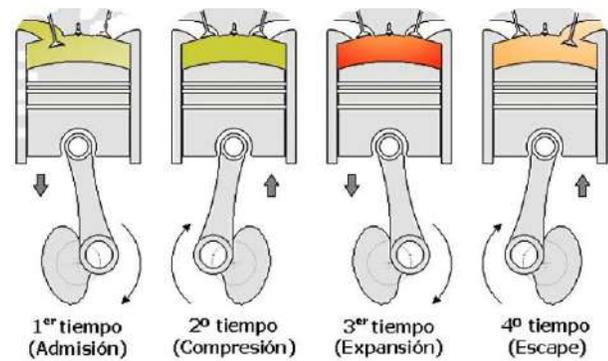
2.2. Motores usados en aviación.

2. 2.1. Motores alternativos.

A. Funcionamiento de un motor alternativo. Los motores alternativos tienen la característica de producir energía mecánica en el interior de la cámara de combustión, haciendo que estos por medio de la explosión de la mezcla aire combustible genere potencia y haga rotar la hélice de una aeronave pequeña. El funcionamiento de dicho motor consiste en el ciclo Otto o ciclo de 4 tiempos, los cuales son, el primero admisión de aire por medio de las válvulas de admisión ubicadas en la parte superior de los cilindros, segundo tiempo es la compresión, la cual comprime la mezcla aire – combustible, el tercer tiempo que figura en la explosión de la mezcla mediante un chispa por bujía que activa el triángulo de fuego (oxígeno, combustible, y chispa), el cuarto y último tiempo es el de escape de gases de escape por medio de la válvula de escape ubicada en la parte superior del cilindro.

Figura 8.

Funcionamiento de un motor alternativo.



B. Tipos de motores alternativos.

B.1. Motores en línea. La característica principal de estos motores es que los pistones están situados uno detrás del otro horizontalmente; otra característica propia es el método de refrigeración, para lo cual pueden ser de dos formas distintas, ya sea por aire o por líquido, pero estos motores por lo general se refrigeran por líquido, ya que no tienen un flujo adecuado de aire para refrigerar los cilindros que estén más alejados de la hélice.

Figura 9.

Motor en línea.



B.2. Motor radial. Este motor se caracteriza por la forma en la que constan su cilindros, ya que estos se sitúan en forma radial o estrella sobre un cárter situado en el centro del motor, y su clasificación o numeración está diseñada una después de otra, además de que también se caracteriza por tener un numero impares de cilindros ya que su misión es alternar la explosión de los cilindros.

Figura 10.

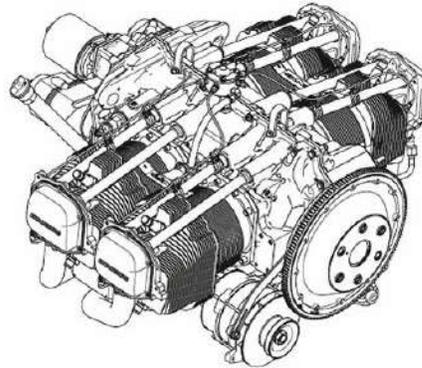
Motor radial.



B.3. Motor horizontalmente opuesto. Estos motores tienen la característica de tener un numero par de cilindros, ya sea de 4 o 6 cilindros opuestos, y estar situados opuestamente el uno del otro de tal forma que así se enumeren por consiguiente uno enfrente u opuesto al otro, la configuración de este motor permite tener una reducción de longitud del motor, que la unidad del motor sea compacta y de menor vibración.

Figura 11.

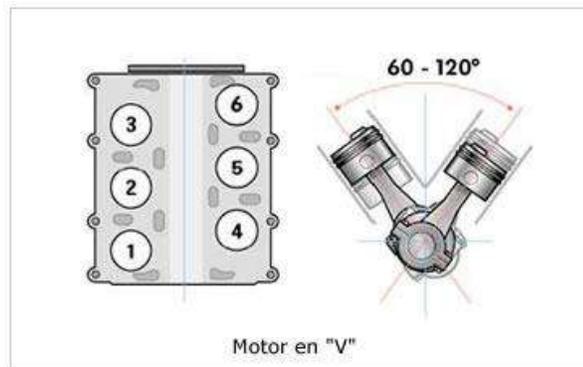
Motor Horizontalmente opuesto.



B.4. Motor en "V". Estos motores tienen la peculiaridad de tener dos bloques de cilindros que forman "un triángulo o una V", con una separación de 60° , de tal manera que la admisión de aire lo actúan desde la separación interior, y la expulsión de gases por las paredes laterales de los cilindros exteriores; así mismo tienen la característica de presentar cilindros pares, y ser refrigerados por aire o líquido.

Figura 12.

Motor en "V".

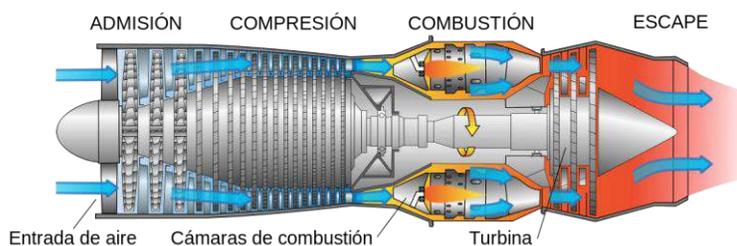


2.2.2. Motores a reacción.

A. Funcionamiento de un motor a reacción. Podemos deducir el funcionamiento de un motor a reacción a la transformación de la energía mecánica, en energía cinética; en donde la energía mecánica es producida por el combustible y aire de atmosfera, y la energía cinética es la expulsión de los gases de escape mediante la unidad de escape, es por esta manera que cumple un ciclo propiamente, cuyo nombre es el “Ciclo Brayton”, en los cuales se presenta la siguiente composición, como primera fase tenemos la entrada de aire o etapa de admisión, como segunda fase se encuentra la etapa de compresión, como tercera fase la etapa de combustión, la fase de turbina como cuarta etapa, la fase de escape como quinta etapa, y la caja de accesorios para brindar un funcionamiento propicio de todos los componentes del motor, ahora bien podemos hacer énfasis al Ciclo Brayton para lo cual por consiguiente explicaremos; el aire entra por la parte frontal del motor, este aire pasa hasta la etapa de compresión donde comprime este aire atmosférico con combustible, y pasa la etapa de combustión, en donde se combustiona la mezcla aire combustible, y pasa a la etapa de turbina en donde genera el empuje propicio a través de esta combustión anterior, y expulsa los gases de escape a través del ducto o etapa de escape.

Figura 13.

Funcionamiento de un motor a reacción.



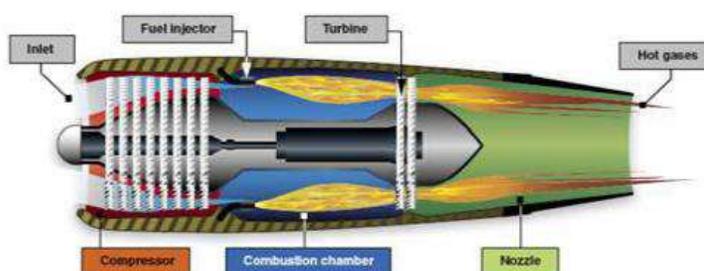
B. Tipos de motores a reacción.

B.1. Turbojet. Es el tipo de reactor más simple, y el primero que apareció, tiene una sección pequeña (forma tubular –de cigarro–) y es eficiente a velocidades supersónicas. Es ineficiente a velocidades subsónicas y es relativamente ruidoso.

(Valbona Vilajosana, 2011, p. 9)

Figura 14.

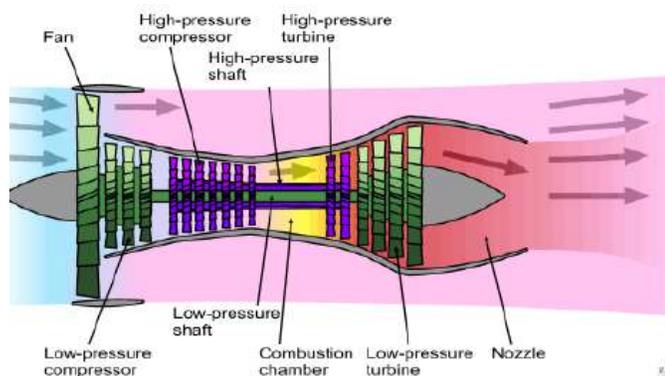
Turbojet.



B.2. Turbofan. Sólo una pequeña parte del aire que sale del fan entra en el núcleo central para promover la combustión. El resto pasa por el conducto secundario (by-pass duct) donde se volverá a encontrar con los gases del flujo primario después de la turbina. Las palas del fan son muy eficientes y generan una cantidad de empuje destacable sin necesidad de combustión; los motores turbofan tienen más de un eje (spool), doble eje (twin-spool), aquellos que la turbina de baja mueve al compresor de baja y al fan, y la turbina de alta mueve al compresor de alta; y los turbofan de triple eje (triple-spool), en donde la turbina de baja mueve al fan, la turbina intermedia mueve al compresor de baja, y la turbina de alta mueve al compresor de alta. (Valbona Vilajosana, 2011, p. 9-10)

Figura 15.

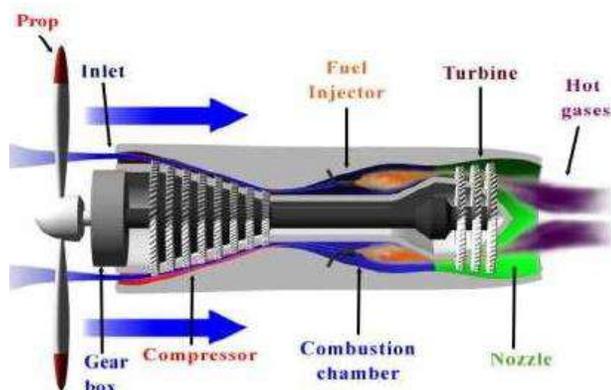
Turbofan.



B.3. Turbo hélice. La turbina se utiliza para mover una hélice, vía un mecanismo de reducción (reduction gear). Es muy eficiente propulsivamente hablando, ya que mueve mucha cantidad de aire a poca velocidad, el empuje producido se establece de la siguiente manera 90% hélice y 10% gases de escape; este motor dispone de dos configuraciones, la primera configuración es el “Direct drive (conducción directa)” en donde el eje que mueve al compresor también mueve la hélice, y la segunda configuración “free turbine (turbina libre), en donde se trata de una turbina que se dedica a mover exclusivamente la hélice. (Valbona Vulajosana, 2011, p. 11)

Figura 16.

Turbo hélice.



2.3. Motor Rolls Royce Dart MK 534-2.

2.3.1. Funcionamiento del motor.

Según el AMM (Manual de mantenimiento de la aeronave), 001 pagina 001, el Dart es un motor de turbina de gas (ver figura 17) diseñado para impulsar una hélice y para dar una pequeña cantidad de empuje a chorro; los componentes principales son, 2 etapas de compresor centrífugo, 7 cámaras de combustión y 3 etapas de turbina axial, donde la primera etapa es de alta presión y las 2 etapas de turbina posteriores son de baja presión; el compresor está directamente acoplado a través del eje a la turbina, y la hélice es impulsada por el compresor a través de una caja de reducción.

El ciclo de operación es un proceso continuo de comprimir aire en las 2 etapas de compresión, añadir combustible para producir calor en las cámaras de combustión y luego permitiendo que los gases calientes se expandan a través de la turbina, para producir energía, la mayor parte de energía de los gases en expansión es absorbida por las turbinas para impulsar el compresor y la hélice; de todas maneras algo de energía útil permanece en los gases de escape y produce empuje a chorro.

La energía del motor depende de la masa de aire y el rango de temperatura de los gases que pasan través de la turbina; el flujo de la masa de aire es controlado variando la velocidad del motor a través del ángulo variable de la hélice y la temperatura por el control de flujo de combustible.

Figura 17.

Motor Rolls Royce Dart.



2.3.2. Descripción del motor.

Las especificaciones que se muestran en las siguientes subsecciones se toman del Manual de entrenamiento del motor Rolls Royce Dart MK534-2.

A. Disposición de los ejes. La disposición de los ejes difiere según el tipo del motor, es decir, RDa 6, RDa7 y RDa 10. Pero la disposición básica en cada caso consiste en un eje de acoplamiento exterior entre el eje de la turbina y el eje del compresor, con un eje interior que transmite el movimiento al reductor. (p. 29)

B. Reductor. Según Manual de entrenamiento: Es del tipo compuesto, consiste en un piñón helicoidal de alta velocidad montado por medio de ranuras en el eje de torsión interior, tres conjuntos de ejes auxiliares con engranajes de dientes helicoidales, y una corona de dientes helicoidales que se sujeta con pernos al eje de la hélice.

Para equilibrar el movimiento axial de los ejes auxiliares debido a los engranajes helicoidales, se emplea un sistema hidráulico autónomo que utiliza aceite del motor suministrado a presión desde su propia bomba, movida desde el disco del eje de la hélice. Este es el sistema medidor de torque. Dentro de los ejes auxiliares van unos ejes reductores que limitan el movimiento axial en el caso de fallar el sistema medidor del torque. Precisamente desde el eje reductor del eje auxiliar inferior se comunica el movimiento a la bomba del combustible, al regulador de la hélice y a las bombas del aceite de lubricación del motor; el mecanismo de enganche del arrancador se monta en el piñón de alta velocidad. (p. 29-30)

C. Carter de la toma de aire. Está hecho de aleación de magnesio, formando un conducto anular que dirige el aire hacia el interior del compresor. Lleva el depósito anular de aceite, el reductor montado centralmente, y una caja de piñones cónicos para las bombas del aceite del motor y la transmisión a la bomba del combustible y al regulador de la hélice. Las dos argollas delanteras para izar el motor y la montura para el refrigerador del aceite están situadas en la parte de arriba del cárter. En el reductor

se monta una pieza de prolongación del carenado de la hélice para facilitar el peso fácil del aire que entra al motor. (p. 30)

D. Secciones del compresor. Ya hemos visto que se trata de un compresor centrífugo de dos etapas. El conjunto rotativo de cada etapa consta de un rotor y alabes guías rotativos, calados por medio de ranuras en un eje y sujetos por una tuerca; los dos ejes se encajan entre sí por medio de ranuras.

Hay tres cárteres que encierran los conjuntos giratorios, son: un cárter de admisión de aleación de magnesio, un cárter intermedio, de aleación de aluminio y un cárter de salida de aleación de aluminio. Rodeando cada rotor se monta un anillo difusor de acero, en los cárteres de entrada y de salida, el cárter intermedio sostiene los alabes guía intermedios, y en este cárter se ha previsto la colocación de las patas de montura del motor. En la parte de atrás del cárter de salida se montan siete codos, con alabes en cascada, que dirigen el aire hacia las cámaras de combustión. (p. 30)

E. Sección de combustión. Las siete cámaras de combustión se numeran en sentido sinistrorso, mirando desde atrás, estando la N° 1 en el codo superior de salida del compresor.

Cada cámara consta de lo siguiente: cámara de expansión, caja de aire, tubo de llama, interconectores, quemador. (p. 30)

E.1 Cámaras de expansión. Las cámaras de expansión van montadas en los codos de salida del compresor por medio de dos pernos, con una junta esférica entre el codo y la cámara para admitir la dilatación. Por detrás sujetan a la caja de aire por medio de una brida con pernos.

En cada cámara de expansión se aloja un quemador, y se han previsto los medios para instalar conexiones de drenaje de combustible donde es necesario. En las cámaras N° 3 y 7 hay instaladas bujías de encendido para la puesta en marcha. (p. 30-31)

E.2. Cajas de aire. Se sujetan con pernos a las cámaras de expansión por delante, pero en la parte de atrás se apoyan libremente en las toberas de descarga de la caja de toberas. Esta forma de montaje permite que el lado de salida pueda deslizarse libremente al tener lugar la dilatación. En esta parte de las cajas del aire se montan juntas del tipo de segmentos de pistón para impedir fugas de gases. (p. 31)

E.3. Tubos de llama. Los tubos se fabrican en secciones de chapa metálica, con las juntas soldadas. Se colocan por delante en la caja de aire por medio de tres espigas de coincidencia, y por detrás se colocan de manera análoga en las cajas de aire, con los extremos de descarga apoyados en las toberas con un huelgo para deslizamiento que admite la dilatación.

La cabeza de cada tubo lleva un juego de alabes de remolino que contribuyen a la mezcla eficaz del carburante y el aire, y en los tubos N° 3 y 7 se montan las bujías de encendido. (p. 31)

E.4. Interconectores. Cada interconector consiste en dos tubos concéntricos que conectan las cajas de aire y los tubos de llama por canalizaciones independientes, para igualar las presiones de los gases y permitir el arranque desde las cámaras N° 3 y 7. (p. 31)

F. Sección de la turbina. La turbina se aloja en una caja de toberas consistente en un cárter exterior, un cono interior, un tambor de montaje y el alojamiento de los cojinetes de la turbina; la caja de toberas se sujeta con pernos a un cárter intermedio que se prolonga hacia atrás desde la cara posterior del cárter de salida del compresor de alta.

El cono interior y el cárter exterior se colocan concéntricamente por medio de siete tirantes. En la caja de toberas, inmediatamente delante de cada etapa de la turbina, se hallan los alabes guía de las toberas, de perfil aerodinámico, formando una serie de toberas que aceleran los gases hacia la turbina. En los motores con turbina de

tres etapas, los termopares se alojan en los bordes de ataque de doce de los alabes guía de las toberas de presión intermedia.

La turbina consta de dos o tres discos en los cuales se sujetan los alabes por medio de raíces de perfil uniforme que encajan en una ranura de forma correspondiente; los discos se sujetan entre sí con pernos y al eje de la turbina.

En los discos de la turbina y en el eje se ponen retenes laberínticos para contener la presión del aire utilizado para refrigeración y obturación. Las dos argollas posteriores para eslingas están en la parte de arriba del cárter exterior de la caja de toberas, y hay una pantalla térmica de acero que rodea la caja de toberas. (p. 31-32)

G. Tobera de escape. La tobera de escape, que se monta en la brida posterior de la caja de toberas, consta de un cono interior y otro exterior construido de chapa metálica resistente al calor, con el cono interior sostenido en posición por medio de tres soportes carenados atornillados a placas de apoyo del cono exterior.

En esta unidad hay agujetas para el drenaje de combustible y, en los motores de dos etapas, los termopares se instalan en la tobera de escape. El ajuste anular del tubo de salida varía dependiendo del motor en que se instale, por lo que se facilitan en la tobera de escape distintas posiciones de montura, marcas de correlación y posiciones para los termopares, donde es de aplicación.

3. DESARROLLO

3.1. Preliminares.

En el presente capítulo se proporcionará toda la información concerniente al desarrollo del presente proyecto, detallando el procedimiento que se llevó a cabo conforme a las referencias del manual, y con la ayuda del tutor encargado de este proyecto Tlgo. Jonathan Zurita. Este trabajo de titulación consiste en la remoción e inspección del rodamiento de la bola de empuje de la turbina, cuya finalidad es organizar todos los componentes que fueron removidos para llegar a dicho rodamiento, con el propósito de poder implementar a la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga, una maqueta de instrucción que detalle los componentes de la zona caliente del motor Rolls Royce Dart 534-2, y sirva como un material de apoyo, tanto para docentes como para estudiantes.

3.2. Herramientas utilizadas.

- Juegos de llaves mixtas en pulgadas.
- Juego de copas mixtas en pulgadas.
- Desatornilladores planos y estrellas.
- Mazo de goma y martillo.
- Tecla.
- Estantería para presentación de componentes.

3.3. Equipo de protección personal.

- Ropa de trabajo adecuada.
- Guantes de seguridad.
- Guantes de látex para limpieza.
- Mascarilla.

3.4. Medidas de seguridad.

- Uso de overol y botas de punta de acero para manipulación del motor, con fin de evitar posibles inconvenientes.
- Uso de guantes de fuerza para manipulación de componentes, y uso de guantes de látex para limpieza de componentes.
- Uso de mascarilla para evitar posible inhalaciones de agentes tóxicos, y prevenir contagio de alguna enfermedad.
- Tener manuales del motor, para utilizar las referencias propicias como ayuda técnica.

3.5. Proceso de remoción de componentes del motor Rolls Royce Dart 534 -2.

3.5.1. Remoción de la unidad de escape.

En referencia al EMM 72-50 pág. 203 (Anexo A). Se procedió a retirar los pernos que sujetan la tobera de escape con la caja de boquillas (nozzle box) con una llave de $\frac{1}{2}$ pulgada, de tal manera que solo quede propuesta la sección de la turbina y la caja de boquillas. En las siguientes imágenes se muestran, la remoción de los pernos y el desmontaje de la tobera de escape del conjunto de boquillas, respectivamente.

Figura 18.

Remoción de pernos.



Figura 19.

Desmontaje de la tobera de escape.



3.5.2. Remoción de las cámaras de combustión.

En referencia con el EMM 72-40 pág. 201 (anexo B). Se procedió a retirar las tuercas que sujetan las cámaras de combustión con el codo de salida de aire del compresor con copa de 1/4 pulgadas, luego se retiró el anillo de junta esférico, y por último y con mucho cuidado se procedió a retirar toda la cámara de combustión para dejar libre el cárter intermedio. En las siguientes imágenes se muestran la remoción de pernos de la cámara de combustión, remoción del anillo de junta esférico y la remoción total de la cámara de combustión respectivamente.

Figura 20.

Remoción tuercas cámara de combustión.



Figura 21.

Tuercas removidas.



Figura 22.

Remoción anillo de junta esférico.



Figura 23.

Remoción de todas las cámaras de combustión.



Figura 24.

Carter intermedio libre de cámaras de combustión.



A. Remoción componentes de la cámara de combustión. Todo lo relacionado a este punto se basa en la referencia brindada por el EMM ata 72 – 40, pág. 208 y pág. 208B (anexo C).

A.1. Remoción de la cámara de expansión. Una vez revisada la información proporcionada por el manual de mantenimiento del motor, se procedió a retirar con cuidado la cámara de expansión, de tal manera que se retiró los pernos que sujetan a este con el cárter de aire de la cámara de combustión, con una copa de 3/8. En las siguientes imágenes se muestra la remoción de pernos y remoción de la cámara de expansión, respectivamente.

Figura 25.

Remoción pernos de la cámara de expansión.



Figura 26.

Remoción cámara de expansión.



A.2. Remoción correa anti – desgarrro. Para remover este componente se utilizó un desarmador plano, con el cual fuimos desajustando las amarras conectadas entres si, con la finalidad de poder dejar libre el cárter de aire. En las siguientes imágenes se muestran el desajuste de las amarras, y la remoción total de la correa anti-desgarro, respectivamente.

Figura 27.

Desajuste amarras de la correa anti – desgarrro.



Figura 28.

Remoción total correa anti - desgarr.



A.3. Remoción del empaque de tira anti calor. Para proceder a remover este componente, fue necesario remover la correa anti - desgarr, de tal manera que este empaque quede totalmente libre, y pueda ser removido del cárter de aire.

Figura 29.

Remoción empaque de tira anti calor.



A.4. remoción tubo de llama. Una vez removido los componentes anteriormente mencionados, se procedió a realizar la remoción del tubo de llama de la cámara de combustión.

Figura 30.

Remoción tubo de llama.

**3.5.3. Remoción de los discos de turbina.**

Para la remoción de los discos de turbina se verifico la información detallada en el manual de mantenimiento, y como respuesta a tal información se procedió como primer paso a remover las 5 tuercas que sujetan a la tercera etapa de la turbina con una copa de 1/2 pulgada, para poder retirar este disco de turbina, posterior se retiró el disco de separación entre la segunda y tercera etapa de turbina, así mismo se procedió a retirar el segundo disco de turbina conjuntamente con el disco de separación de la primera etapa y segunda etapa de la turbina, y finalmente se procedió a retirar el primer disco de turbina. En las siguientes imágenes, se muestran los pernos que sujetan a la tercera etapa de turbina, la remoción del disco de turbina de la tercera etapa, remoción del disco de separación entre la segunda y tercera etapa, remoción de la segunda etapa de turbina y disco de separación entre la primera y segunda etapa de turbina, remoción del disco de turbina de la primera etapa, respectivamente.

Figura 31.

Pernos sujetadores de la turbina de tercera etapa.



Figura 32.

Remoción de la tercera etapa de turbina.



Figura 33.

Remoción disco de separación de la segunda y tercera etapa de turbina.



Figura 34.

Remoción de la segunda etapa de turbina.

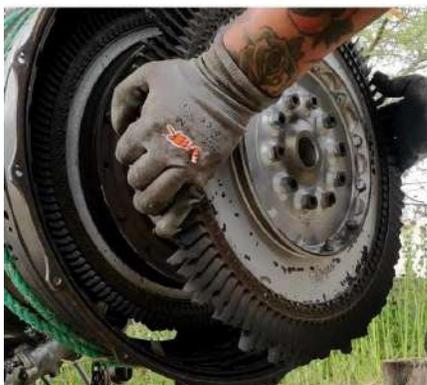


Figura 35.

Remoción disco de separación de la primera y segunda etapa de turbina.

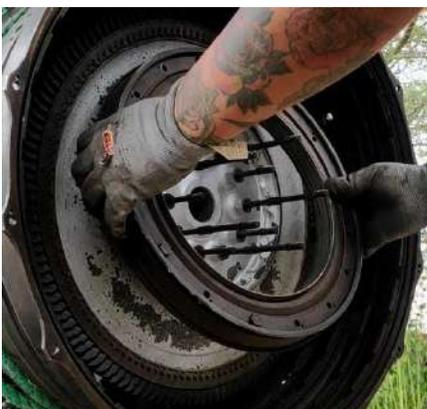


Figura 36.

Remoción de la primera etapa de turbina.



3.5.4. Remoción de la caja de toberas (Nozzle Box).

Conforme a la referencia que el manual de mantenimiento, se procedió a retirar la caja de boquillas, detallando el procedimiento de la siguiente manera, se removi6 las tuercas que sujetan al c6rter intermedio con la caja de boquillas con llave de 1/2 pulgada, posterior se levant6 el motor para que la caja de boquillas pueda ser removida. En las siguientes im6genes se muestran la remoci6n de pernos interconectados entre la caja de boquillas y el c6rter intermedio, y la remoci6n de la caja de boquillas, respectivamente.

Figura 37.

Remoci6n tuercas que conectan c6rter intermedio y la caja de boquillas.



Figura 38.

Remoci6n completa de la caja de boquillas.



3.5.5. Remoción del tambor de montaje de la caja de toberas.

Conforme a las referencias que el manual otorga, procedimos a remover el tambor montado de la caja de boquillas, detallando el procedimiento de la siguiente manera, conjuntamente con la remoción de los pernos de la conexión entre el cárter intermedio y la caja de boquillas, solo se procede a remover cuidadosamente el tambor montado de la caja de boquillas, del cárter intermedio. En las siguientes imágenes se muestran el proceso de remoción del tambor montado de la caja de boquillas, y la remoción total del tambor montado de la caja de boquillas, respectivamente.

Figura 39.

Remoción del tambor de montaje de la caja de tobera.



Figura 40.

Remoción total del tambor de montaje de la caja de tobera.



3.5.6. Remoción eje de transmisión del engranaje de reducción.

Se procedió a remover el eje que estaba montado conjuntamente con el tambor de montaje de la caja de tobera.

Figura 41.

Remoción del engranaje de reducción del eje de transmisión.



3.5.7. Remoción del conjunto de rodamiento de la turbina.

Para realizar la remoción del distintivo conjunto de rodamiento de la turbina, se procedió bajo la información técnica del manual de overhaul ata 72-6-1, pág. 301 (anexo D), el cual explica directamente los distintos procesos para llegar a uno de los puntos más importantes de este proyecto, “la remoción del rodamiento de la bola de empuje de la turbina”. Una vez removido el tambor montado en la caja de boquillas se procedió a retirar los pernos que estaban adentro de este componente con una copa de 1/2 pulgada, el cual sujeta al eje principal de la turbina, conjuntamente con el rodamiento de la turbina. En las siguientes imágenes se muestran la remoción de tuercas, y la remoción total del eje principal de la turbina, respectivamente.

Figura 42.

Remoción tuercas sujetadoras del eje principal de la turbina.

**Figura 43.**

Remoción eje principal de la turbina.



3.5.8. Remoción del rodamiento de bola de empuje de la turbina.

Una vez removido el eje principal de la turbina, y enfocándonos en la referencia brindada por parte del manual de overhaul mencionada en el punto “3.5.7”, se procedió a realizar la remoción del rodamiento de bola de empuje de la turbina, una vez colocado el eje principal de la turbina en una posición que no implique daño del componente, y asegurando el mismo componente, como primer punto y con la ayuda brindada por parte de un técnico especializado en el motor Rolls Royce Dart 534-2, nos prestó una herramienta primordial (extractor) para la remoción de anillo que sostiene el rodamiento,

una vez que se pudo remover el anillo de retención, se procedió a remover todo el rodamiento de la bola de empuje de la turbina. En las siguientes imágenes se muestran la utilización de la herramienta especial (extractor), remoción del anillo de retención, y la remoción del rodamiento de la bola de empuje de la turbina, respectivamente.

Figura 44.

Utilización de herramienta especial para remoción de anillo de sujeción.



Figura 45.

Remoción anillo de sujeción.



Figura 46.

Remoción rodamiento de la bola de empuje de la turbina.



3.6. Proceso de inspección del rodamiento de la bola de empuje de la turbina.

En este punto se ve enfocado la aplicación del servicio de boletín DA70 – 8 (anexo E), ya que es la fuente principal para resolver el tema a examinar, adicional para mayor información, conjuntamente con la guía del tutor, fue utilizado el manual de overhaul ata 89-10 pág. 6 literal “D” (anexo F), que expresa directamente el punto a tratar, el cual especifica una inspección visual, donde propone examinar el rodamiento de bola de la turbina y el ensamblaje en busca de corrosión, escoria, sangría, desgaste, o rupturas. Una vez que se tomó toda la información propicia, se procedió a determinar el estado del rodamiento, una vez que se realizó dicha examinación, se determinó que no existe mayor fallo en el rodamiento y el conjunto de ensamblaje del rodamiento, de tal manera que y con la ayuda del tutor se llegó a la conclusión de que el rodamiento no tiene un estado aspecto de falla, y puede continuar en estado funcional, hasta próxima examinación. En las siguientes imágenes se muestran la inspección del ensamblaje del rodamiento, y su rodamiento, respectivamente.

Figura 47.

Inspección ensamblaje de rodamiento.

**Figura 48.**

Inspección rodamiento de bola de la turbina.



3.7. Proceso de limpieza de los componentes

3.7.1. Limpieza del rodamiento de bola de empuje de la turbina.

Una vez realizado la inspección, se inició el proceso de limpieza del rodamiento y su conjunto tal y como propone el manual de overhaul ata 89-10 pág. 9, literal k-1 (anexo G). Este proceso propone un tratamiento después de la inspección, el cual detalla lo siguiente, como punto primordial se debe contener tres tanques, en el primer tanque se procede a realizar una mezcla de aceite de aviación, y diésel de aviación, manteniendo el solución líquida a una temperatura de 75 ° a 85°C el segundo tanque es la misma mezcla pero con una periódica ingestión de aceite para reponer la pérdida

del mismo y en el último tanque propone calentar el aceite a una temperatura de 105° a 110°C, esta referencia viene dada en el ata 89-20 pág. 4 literal 3 de la “ A hasta la C” del manual de overhaul (anexo H); una vez especificado los tanques, se procedió a realizar la limpieza conforme lo previsto, en el cual distinguen los siguientes puntos referidos por el ata 89-10 pág. 5, literal 3 de la “C hasta la J” (anexo I) como lo estipula el anexo H :

- Lavar el rodamiento y colocar en el tanque inicial.

Figura 49.

Lavado del rodamiento.



Figura 50.

Rodamiento sumergido en el tanque 1.



- Remueva el rodamiento del tanque y déjelo reposar durante 5 minutos.

Figura 51.

Reposo del rodamiento después la sumergida inicial.



- Sumerja el rodamiento en el segundo tanque de lavado verificando que las impurezas se hayan desprendido.

Figura 52.

Rodamiento sumergido en el tanque 2.



- Remueva el rodamiento y déjelo reposar por 5 minutos.

Figura 53.

Reposo del rodamiento después de ser sumergido en el tanque 2.



- Sumerja el rodamiento en el tanque de inhibición.

Figura 54.

Rodamiento sumergido en el tanque de inhibición.



- Remueva el rodamiento, y deje enfriar en seco, aire libre de polvo.

Figura 55.

Rodamiento enfriado en seco.



3.7.1. Limpieza de los componentes de la turbina.

Se procedió a realizar la limpieza mediante la aplicación de guaipe y cierta cantidad de tñer, con la finalidad de que los componentes queden limpios y libre de partículas de suciedad, los componentes a los que se les aplico el procedimiento fueron, el disco de turbina y disco de separación, tambor de montaje de la caja de tobera, eje principal de la turbina, eje de transmisión del engranaje de reducción. En las siguientes imágenes se muestran el proceso de limpieza efectuado a cada componente, respectivamente.

Figura 56.

Limpieza del disco de turbina.



Figura 57.

Limpieza disco de separación.

**Figura 58.**

Limpieza tambor de montaje de la caja de toberas.

**Figura 59.**

Limpieza eje principal de la turbina.



Figura 60.

Limpieza eje de transmisión del engranaje de reducción.



3.7.2. Limpieza de las partes de la cámara de combustión.

En este proceso se procedió a realizar la limpieza de cada unidad o parte propuesta en la cámara de combustión, con la finalidad de que las partículas de suciedad prosigan en esta unidad, el proceso fue la utilización de guaípe, agua y tñer, las partes que fueron limpiadas son las siguientes, cámara de expansión, correa anti-desgarro, empaque de tira anti calor, tubo de llama, interconectores, línea de combustible, y cárter de aire. En las siguientes imágenes se muestran el proceso de limpieza efectuado a cada unidad, respectivamente.

Figura 61.

Limpieza cámara de expansión.



Figura 62.

Limpieza correa anti-desgarro.

**Figura 63.**

Limpieza del empaque de tira anti calor.

**Figura 64.**

Limpieza del tubo de llamas.



Figura 65.

Limpieza interconector.



Figura 66.

Limpieza línea de combustible.



Figura 67.

Limpieza cárter de aire.



3.8. Diseño y construcción de la estantería.

3.8.1. Diseño de la estantería.

Para el proceso de diseño, se realizó un esquema grafico en autocad, tomando en cuenta el espacio necesario para ubicar todos los componentes y una compuerta para poder acceder a dichos componentes de una forma dinámica. En las siguientes imágenes se muestran las dimensiones de la estantería.

Figura 68.

Acotaciones de los lados de la estantería.

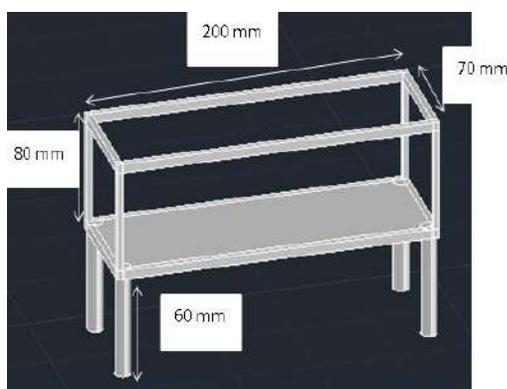


Figura 69.

Acotación con la compuerta abierta.

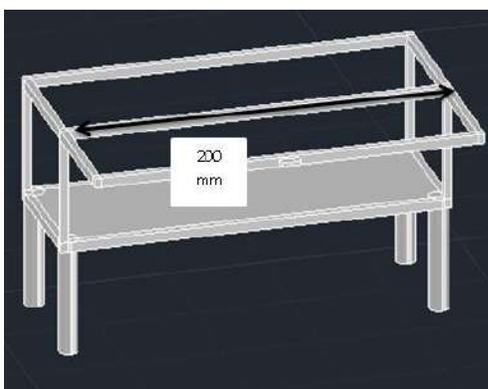
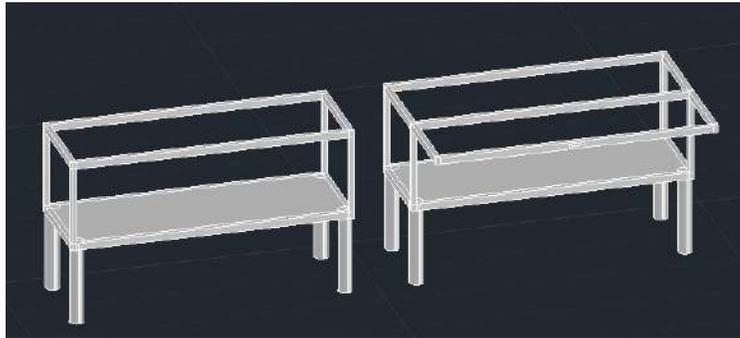


Figura 70.

Diseño final compuerta cerrada y abierta.



Como parte del diseño se decidió usar acrílico de 3mm para cubrir la estantería, de manera que los componentes tengan varios puntos de vista. Además, se adecuaron llantas con frenos para una fácil movilización de la estantería.

3.8.2. Construcción de la estantería.

Una vez que el diseño de la estantería fue aprobado, se procedió a determinar el tipo de estructura para que la estantería quede totalmente rígida, es de tal modo que se compró tubo cuadrado de 1 pulgada para el contorno de la estantería, tubo cuadrado de 10 pulgadas para las patas de la mesa y para la parte del tol, al ser estos los que más esfuerzo tendrían, posterior se adecuo ángulos para la compuerta, y láminas en “T” para las partes más propicias a sufrir movimiento por su longitud muy extensa. A continuación se muestra el procedimiento para la construcción de la estantería:

- Primero se cortó los tubos a la medida conforme el diseño lo estipula.

Figura 71.

Corte de materiales para estructura.



- Siguiendo las especificaciones del diseño, se fue uniendo los tubos con forme el diseño de la estantería para dar forma a la estantería, la unión fue por método de soldadura, con el fin de que pueda soportar el peso de total de los componentes a ser expuestos en la estantería.

Figura 72.

Unión de los tubos por medio de suelda.



Figura 73.

Unión de ruedas a estantería.



- Una vez que la estructura fue definida y unida, se prosiguió a pintar la estructura.

Figura 74.

Pintado de la estructura de la estantería.



- Finalmente se muestra la estantería terminada, con los componentes identificados.

Figura 75.

Estantería finalizada.



3.9. Análisis de costos.

En este punto se detallan los costos para el desarrollo del proyecto, tanto primarios como secundarios.

3.9.1. Costos primarios.

Materiales y equipos:

Tabla 1.

Costos primarios.

No	Características	Precio \$	Cantidad	Total
1	Transporte del motor	150	2 (viajes)	150
2	Tubo cuadrado	20	3	60
3	Angulo transversal	15	1	15
4	Lamina tipo "T"	20	1	20
5	Pintura esmalte (1/4)	6.50	3	19.50
6	Manuales del motor	1	1	250
7	Acrílico 3mm	135	3	405
Suma Total				919.5

3.9.2. Costos secundarios.

Gastos varios.

Tabla 2.

Costos secundarios.

No	Características	Precio \$	Cantidad	Total
1	Esponja (plancha)	8.50	1	8.50
2	Impresiones varias	6.5	1	6.5
3	Alquiler herramientas	65	1	65
Suma total				80

3.9.3. Costos totales.

Tabla 3.

Costo total.

No	Características	Precio	Cantidad	Total
1	Costos primarios	919.5	1	919.5
2	Costos secundarios	80	1	80
Suma total				999.5

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.

- Mediante la aplicación del servicio de boletín DA70-8, se pudo remover y hacer la inspección del rodamiento de la bola de empuje del motor Rolls Royce Dart 534-2, ya que nos da las pautas necesarias para realizar este procedimiento.
- Una vez removido el rodamiento de bola de empuje se realizó la inspección como manda el manual, y con la guía del tutor, se pudo concluir que el rodamiento no tiene falla, rupturas o condiciones anormales, y mediante esto cumple con los parámetros para que siga con su funcionalidad normal.
- Mediante la estantería realizada con el fin de exposición, se puede observar los componentes del conjunto de turbina, y sus características propias, de tal manera que se puede ilustrar y aprender acerca de las condiciones propicias de cada componente.

4.2 Recomendaciones.

- En todo trabajo que se realice dentro del campo aeronáutico es imprescindible la documentación técnica, ya que esto es un fundamento práctico para tener buenos resultados, y no arriesgar un componente de la aeronave.
- La realización de cualquier trabajo por parte del personal, debe contar con un EPP (equipo de protección personal) adecuado, ya que esto cautela la seguridad tanto personal, como la de un componente de aeronave o motor.
- Se recomienda que tras la manipulación de los componentes existentes en la estantería, se proceda a limpiar antes de volverlos a colocar en su sitio, con la finalidad de que no alteren su estado físico.

5. REFERENCIAS BIBLIORAFICAS

5.1 Bibliografía.

Landaverde, H. (12 de 11 de 2018). *Prezi*. Recuperado el 21 de Agosto de 2020, de Prezi: <https://prezi.com/p/vkkfhkhitoo7/manuales-de-mantenimiento-amm-srm-ipc/>

Royce, R. (s.f.). *Manual de entrenamiento Dart 534* . Rolls Royce.

Vallbona Vilajosana, E. (2011). *EL MOTOR DE TURBINA*. Reus, España: CESDA.

ANEXOS