



Preservación del motor Lycoming O-540-A4E5, mediante la carta de servicio nro. L180b y documentación técnica aplicable, para el Laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Sanchez Maximova, Damian Artyom

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Monografía, previo a la obtención del Título de Tecnólogo en Mecánica
Aeronáutica Mención Aviones

Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés

11 de Febrero 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “*Preservación del motor Lycoming O-540-A4E5, mediante la carta de servicio nro. L180b y documentación técnica aplicable, para el laboratorio de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*” fue realizado por el señor **Sanchez Maximova, Damian Artyom** 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 de 2022



Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés
C. C.: 060424806-2

Reporte de verificación de contenido



Proyecto de Titulacion Damian Sanchez.docx

Scanned on: 1:5 February 15, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	866
Words with Minor Changes	33
Paraphrased Words	17
Omitted Words	0



Tlgo. Arévalo Rodríguez, Esteban Andrés
C. C.: 060424806-2



Website | Education | Businesses



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Sanchez Maximova, Damian Artyom**, con cédula de ciudadanía n° **172343441-9**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: *Preservación del motor Lycoming O-540-A4E5, mediante la carta de servicio nro. L180b y documentación técnica aplicable, para el laboratorio de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas 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, 11 de febrero de 2022

Sanchez maximova, Damian Artyom
C.C.: 172343441-9



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo ***Sanchez Maximova, Damian Artyom*** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***Preservación del motor Lycoming O-540-A4E5, mediante la carta de servicio nro. L180b y documentación técnica aplicable, para el laboratorio de mecánica aeronáutica de 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

.....
Sanchez Maximova, Damian Artyom
C.C.: 172343441-9

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mi familia, mi madre, mi padre y mis hermanos, por creer en mí y acompañarme a lo largo del camino. Su soporte y su presencia, tanto moral como material, me permitieron llevar a cabo mis metas, sintiéndome siempre respaldado y firme frente a las dificultades. Mi hogar ha sido un refugio para recargar me de fuerzas, que me ha impulsado a conectar mis proyectos y me ha permitido proyectarme a futuro.

Agradecimiento

Agradezco a todas las personas, que, a lo largo de estos años, creyeron en mi capacidad a todas las personas, que me dieron la oportunidad de ponerme a prueba para expandir mis límites y crecer como humano. Agradezco a todos esos maestros que a lo largo del camino, pudieron entregarme los saberes técnicos y teóricos que hoy me permiten culminar una nueva etapa en mi vida.

Tabla de contenido

Carátula	1
Certificación	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenido	8
Índice de figuras	11
Resumen	14
Abstract	15
Problema de investigación	16
Tema	16
Antecedentes	16
Planteamiento del problema	17
Justificación e Importancia	17
Objetivos	18
Objetivo General	18
Objetivos Específicos	18

Alcance.....	18
Marco teórico	20
Leyes de Newton y el motor aeronáutico.....	20
Clasificación de motores de aviación	22
Clasificación de motores alternativos.....	23
Partes principales de un motor alternativo.....	28
<i>Block o case del motor.</i>	<i>28</i>
<i>Cigüeñal.....</i>	<i>29</i>
<i>Bielas.....</i>	<i>29</i>
<i>Pistón</i>	<i>30</i>
<i>Perno o bulón de pistón.....</i>	<i>31</i>
<i>Segmentos o anillos de pistón.....</i>	<i>32</i>
<i>Cilindro.....</i>	<i>33</i>
<i>Cabeza de cilindro o culata</i>	<i>34</i>
Ciclo Otto	35
<i>Los cuatro tiempos del ciclo Otto</i>	<i>36</i>
Codificación de motores alternativos de aviación	40
Caso de estudio: Motor Lycoming.....	41
Preservación y almacenamiento de motores	42
Materiales preventivos de la corrosión	43
<i>Compuestos preventivos de la corrosión</i>	<i>44</i>
Desarrollo del tema.....	48

Introducción al capítulo:	48
Carta de Servicio:	48
<i>Efectividad</i>	48
<i>Introducción</i>	48
<i>Designación de número de cilindros</i>	49
<i>General</i>	49
Evaluación de condiciones generales del Motor O-540-A4E5	50
Procedimientos para la preservación del motor O-540-A5E4.	53
<i>Procedimiento realizado para la preservación.</i>	61
<i>Procedimiento para preservación del motor Lycoming O-540-A5-E4 según manual de operador.</i>	62
<i>Procedimiento realizado para la preservación del motor Lycoming O-540-A5E4.</i>	65
<i>Carta de Servicio L180b para motores inactivos.</i>	66
Conclusiones y recomendaciones	72
Conclusiones	72
Recomendaciones.	73
Bibliografía	74
Anexos	77

Índice de figuras

Figura 1. <i>Primera ley de newton</i>	21
Figura 2. <i>Segunda ley de Newton</i>	21
Figura 3. <i>Tercera ley de Newton</i>	21
Figura 4. <i>Motor a reacción</i>	23
Figura 5. <i>Motor en Línea de Havilland Gipsy</i>	24
Figura 6. <i>Motor rotativo de Le Rhone 9c</i>	25
Figura 7. <i>Motor en "V" de Curtiss OX-5</i>	26
Figura 8. <i>Motor Radial de GR-2600-C14BB</i>	27
Figura 9. <i>Motor de cilindros opuestos de Continental</i>	27
Figura 10. <i>Block de un motor de cilindros opuestos</i>	28
Figura 11. <i>Cigüeñal</i>	29
Figura 12. <i>Bielas</i>	30
Figura 13. <i>Pistones</i>	31
Figura 14. <i>Pistón con su bulón</i>	32
Figura 15. <i>Anillos del pistón</i>	33
Figura 16. <i>Cilindro de un motor Continental</i>	34
Figura 17. <i>Cabeza de un cilindro</i>	35
Figura 18. <i>Diagrama de ciclo Otto con relación velocidad/presión</i>	36
Figura 19. <i>Ciclo de Admisión</i>	37
Figura 20. <i>Ciclo de compresión</i>	38
Figura 21. <i>Ciclo de Expansión</i>	39

Figura 22. <i>Ciclo de escape.</i>	40
Figura 23. <i>Código de un motor de aviación.</i>	40
Figura 24. <i>Aceite preservante.</i>	45
Figura 25. <i>Tapones deshidratadores.</i>	46
Figura 26. <i>Inhibidor de aceite/solvente.</i>	47
Figura 27. <i>Designación de cilindros.</i>	50
Figura 28. <i>Motores de aviación.</i>	50
Figura 29. <i>Motor O-540-A5E4.</i>	51
Figura 30. <i>Motor sobre la plataforma.</i>	51
Figura 31. <i>Entrada al laboratorio.</i>	52
Figura 32. <i>Plataforma con los motores.</i>	52
Figura 33. <i>Motor colocado en su lugar de trabajo.</i>	53
Figura 34. <i>Motor sin elementos para su limpieza.</i>	54
Figura 35. <i>Lijado de la pintura.</i>	55
Figura 36. <i>Lijado con gratas para remoción de oxido.</i>	55
Figura 37. <i>Tratamiento desoxidante.</i>	56
Figura 38. <i>Partes de la estructura con oxido.</i>	57
Figura 39. <i>Partes de la estructura ya tratada con desoxidante.</i>	57
Figura 40. <i>Protección de la mica del parabrisas.</i>	58
Figura 41. <i>Acabado en rojo de las tapas de válvulas</i>	58
Figura 42. <i>Empapelado del motor y sus componentes.</i>	59
Figura 43. <i>Acabado en color amarillo.</i>	59

Figura 44. <i>Acabado en rojo del montante del motor.</i>	60
Figura 45. <i>Acabado en negro del motor lado derecho.</i>	60
Figura 46. <i>Acabado en negro del motor lado izquierdo</i>	61
Figura 47. <i>Rociado de aceite WD-40.</i>	62
Figura 48. <i>Sitio donde será realizado la preservación.</i>	63
Figura 49. <i>Bujías del motor O-540-A5E4.</i>	63
Figura 50. <i>Rociado de cámara de combustión con inhibidor de Corrosion.</i>	64
Figura 51. <i>Componentes principales del motor O-540 series.</i>	65
Figura 52. <i>Inhibidor de corrosión LPS 3.</i>	66
Figura 53. <i>Rociado de inhibidor de corrosión en la cabeza de cilindro.</i>	66
Figura 54. <i>Aceite preservante y aceite lubricante.</i>	67
Figura 55. <i>Aceite Aeroshell 10 Qt.</i>	68
Figura 56. <i>Aceite preservante, CamGuard.</i>	68
Figura 57. <i>Llenado de aceite.</i>	69
Figura 58. <i>Llenado con aceite preservante.</i>	69
Figura 59. <i>Rociado de inhibidor de corrosión en las paredes del cilindro.</i>	70
Figura 60 <i>Bujías instaladas después del rociado con inhibidor.</i>	70

Resumen

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo la preservación de los motores Lycoming con su respectiva información técnica especificada en el Service Letter (Carta de Servicio) L180B aplicable para todo los propietarios y operadores de motores de aviación Lycoming. Puesto que la Universidad posee un motor con estas características en sus instalaciones es necesario realizar las tareas de preservación. La tarea se desarrolló de acuerdo con el detalle que se redacta a continuación; capítulo 1, esta focalizado en la necesidad de preservar los motores descritos en el texto, debido que para la realización el presente proyecto se deben analizar el problema, la necesidad que tiene la Universidad y de ahí justificar la presentación del trabajo. El capítulo 2 describe una investigación sobre los motores alternativos o de pistón como su funcionamiento, tipos de motores, componentes, partes, sistemas. Además de un relato sobre la preservación, los inhibidores y la importancia de preservar los motores cuando están en inactividad. El capítulo 3 detalla sobre los procedimientos de inspección, limpieza y preservación. empleando de una manera correcta el uso de inhibidores de corrosión, aceites preservantes y así conservar los motores por un tiempo prolongado. Por último, en el capítulo 4 están las recomendaciones y conclusiones que se obtuvo una vez culminado el proyecto.

Palabras clave:

- **MOTORES – AVIONES - PRESERVACIÓN.**
- **INHIBIDORES DE CORROSIÓN**
- **MOTORES – AVIONES - LYCOMING.**

Abstract

The objective of this degree work is the preservation of Lycoming engines with their respective technical information specified in the Service Letter L180B applicable to all owners and operators of Lycoming aircraft engines. Since the University has an engine with these characteristics in its facilities, it is necessary to carry out the preservation tasks. The task was developed according to the following details; chapter 1, is focused on the need for preservation of the engines described in the text, because for the realization of this project, the problem must be analyzed, the need that the University has and from there justify the presentation of the work. Chapter 2 describes a research on reciprocating or piston engines such as their operation, types of engines, components, parts, systems. In addition to an account of preservation, inhibitors and the importance of preserving the engines when they are idle. Chapter 3 details the inspection, cleaning and preservation procedures, employing in a correct way the use of corrosion inhibitors, preservative oils and thus preserving the engines for a long time. Finally in chapter 4 are the recommendations and conclusions that were obtained once the project was completed.

Key words:

- **ENGINE – AIRCRAFT – PRESERVATION.**
- **CORROSION INHIBITION.**
- **ENGINE – AIRCRAFT – LYCOMING.**

Capítulo I

1. Problema de investigación

1.1. Tema

Preservación del motor Lycoming O-540-A4E5, mediante la carta de servicio nro. L180b y documentación técnica aplicable, para el laboratorio de mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.2. Antecedentes

Los motores de aviación son bastantes similares en funcionamiento a los motores utilizados en coches o motocicletas. El principio de funcionamiento de estos motores se basa en la transformación de energía calórica en energía mecánica mediante la combustión de aire y carburante, que puede ser gasolina, gas, queroseno. Esto se realiza en una cámara de combustión se trata de principios básicos de funcionamiento.

Los motores son una parte fundamental de todo vehículo propulsado por sus propios medios, y en el caso de una aeronave, la hace avanzar a través del aire en que lo llamamos empuje del motor, es decir, a fuerza que se opone a la resistencia (resistencia del aire).

Desde los inicios de la aviación, el primer vuelo propulsado y controlado fue realizado por los hermanos Wright, los motores incorporados a las aeronaves procedía de motocicletas o coches. Posteriormente los diseños de los motores fueron mejorando en varios aspectos, ya que necesitaban de mayor fuerza y menor peso. Los primeros motores especiales que fueron diseñados para aviación son los motores lineales es decir con los cilindros colocados uno atrás de otro, los motores radiales es decir motores con cilindros colocados en forma de estrella y los motores horizontales opuestos es decir con los cilindros opuestos.

La Carrera de Mecánica Aeronáutica para conseguir ser una institución de renombre debe mantener los aviones escuela y sus componentes como los motores en

condiciones óptimas. Los motores parte fundamental de los aviones escuela y su mantenimiento es primordial; por lo que, la limpieza y preservación de los motores constituyen un factor importante dentro de este proceso.

1.3. Planteamiento del problema

El parque aeronáutico de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE brinda a la institución la oportunidad de impartir educación teórico-práctica, razón por la cual la conservación de los aviones y motores escuela resulta un pilar fundamental para el desarrollo de esta, por esta razón, se ha visto la necesidad de realizar mantenimientos preventivos a las aeronaves para preservar su estado físico y por lo tanto alargar su vida útil.

Los aviones escuela y los motores de instrucción no poseen un hangar que permita proteger la estructura de las condiciones climáticas de la provincia de Cotopaxi, motivo por el cual, se ha observado el deterioro progresivo de los mismos; esto ha provocado que varios componentes sufran daños y como resultado la mayoría de los docentes y estudiantes tienen inconvenientes el momento de realizar prácticas.

1.4. Justificación e Importancia

Una vez aplicado el trabajo descrito anteriormente, todos los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, específicamente quienes forman parte de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, se verán beneficiados debido a que contarán con un motor para sus prácticas como técnicos.

El desarrollo del proyecto ayudará tanto a docentes como a estudiantes a conocer más detalladamente los procesos de preservación de un motor y la aplicación de documentación técnica, todo esto dentro de los mantenimientos de los distintos equipos siempre guiándose en la documentación técnica vigente como es el Manual de Mantenimiento, este trabajo proporcionará mayor facilidad en el proceso enseñanza-aprendizaje y proporcionará a los estudiantes las habilidades necesarias para el

correcto desempeño durante las prácticas preprofesionales y a futuro, en su vida laboral.

El presente proyecto es de gran importancia para el proceso de enseñanza-aprendizaje dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE ya que permitirá que los conocimientos se adquieran de manera más fácil e interactiva aumentando el interés del estudiante en temas de vital importancia.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Preservación del motor Lycoming O-540-A4E5 mediante la carta de servicio nro. L180B, y documentación técnica aplicable, para el laboratorio de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recopilar toda la información necesaria para la preservación del motor Lycoming O-540-A4E5 acorde a la tarea de mantenimiento y datos de técnicos.
- Realizar una inspección mediante la carta de servicio L180B al motor Lycoming O- 540-A4E e implementar una guía con las especificaciones y datos importantes para su correcta preservación y almacenaje.
- Mantener en buenas condiciones el motor Lycoming O- 540-A4E en un sitio más adecuado para proteger la preservación de este.

1.6. Alcance

El presente proyecto se llevará a cabo en el Campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, sede Latacunga, provincia de Cotopaxi. El propósito de esta inspección es llevar a cabo la carta de servicio L180B aplicable para el motor Lycoming O-540-A4E5 para preservar dicho motor en condiciones óptimas para su posterior utilización como motor escuela dentro

de la Institución Educación Superior.

Capítulo II

2. Marco teórico

Para el desarrollo de este proyecto se ha tenido en cuenta definiciones y calificaciones técnicas fundamentales, referentes a los motores aeronáuticos, particularmente los alternativos o de pistones, así como las leyes de la física que determinan su funcionamiento. Además, se ha incluido un apartado para describir el caso de estudio, motor Lycoming.

2.1. Leyes de Newton y el motor aeronáutico

Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que utiliza el empuje de una corriente de aire para dar movimiento a las aeronaves. Los motores transforman la energía química del combustible por medio de la combustión en energía mecánica. En el motor, la energía mecánica produce la rotación de un eje al que se une el mecanismo que se quiere mover, por ejemplo, una hélice.

En caso de los motores aeronáuticos lo hace por la combustión o explosión de gases y esto mueve los demás mecanismos que a su vez generan la fuerza de empuje o tracción por la masa de aire que se encuentra en el ambiente, este hace que actuase según las leyes de Newton y por estas razones es que se les ha denominado motores de combustión interna. (Bernal, 2012)

Ley de la inercia o mejor conocida como *la primera ley de Newton*, estipula que, si sobre un objeto no actúa sobre ningún otro, este estará en movimiento constante esto incluye el estado de reposo que es lo mismo que la velocidad de 0. (Universidad Simón Bolívar, 2013)

Figura 1.*Primera ley de newton*

$$\sum F = 0 \leftrightarrow \frac{dv}{dt} = 0$$

Nota. Formula de la primera ley de Newton. Tomado de Universidad Simón Bolívar. (2013).

La segunda ley de Newton, o ley fundamental de la dinámica, postula que la fuerza neta que es aplicada sobre un cuerpo es proporcional a la aceleración que adquiere en su trayectoria. (Universidad Simón Bolívar, 2013)

Figura 2.*Segunda ley de Newton*

$$F = m \cdot a$$

Nota. Formula de la segunda ley de Newton. Tomado de Universidad Simón Bolívar. (2013).

La tercera ley de Newton determina que toda acción genera una reacción igual, pero en sentido opuesto. Tomado de (Universidad Simón Bolívar, 2013).

Figura 3.*Tercera ley de Newton*

$$F_{1-2} = F_{2-1}$$

Nota. Formula de la tercera ley de Newton. Tomado de (Universidad Simón Bolívar,

2013).

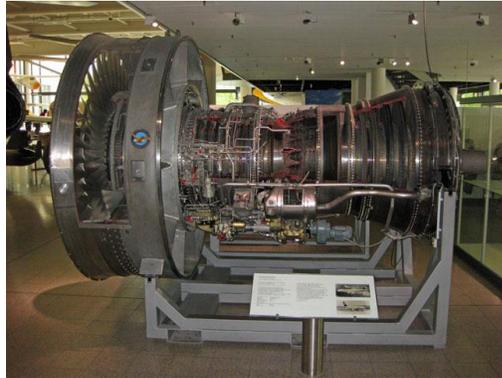
En aviación se distingue el elemento propulsor y la moto propulsora. El propulsor es el órgano que transforma la energía mecánica del motor en energía cinética de una corriente de aire, o de gases. Por otra parte, se llama elemento moto propulsor al conjunto formado por el motor y el propulsor (motor y hélice, por ejemplo). (Aeroespacio, 2013)

Existen distintos tipos de motores de aviación, aunque se dividen en dos clases básicas: motores recíprocos, o de pistón, y de motores de reacción, donde se incluyen las turbinas.

2.2. Clasificación de motores de aviación

Los motores de aviación por lo general se dividen en dos grupos: motores alternativos y motores de reacción (Paredes, 2014), a continuación, se detallarán las principales características que corresponden a ambos tipos.

Motores a reacción, son conocidos por realizar una fuerte descarga de chorro de fluido (aire) a una gran velocidad para generar un empuje adecuado requerido, por lo general estos tipos de motores usan una turbina para realizar ese empuje, es por esto que se les relaciona más con la tercera ley de Newton.

Figura 4.*Motor a reacción*

Nota. Partes internas de un motor turbo fan. Tomado de Cruz, F (15 de noviembre de 2013).

Motores alternativos, o de pistón, son aquellos motores que transforman la energía química que se encuentra en el combustible en energía mecánica y a la vez este se manifiesta haciendo la rotación del cigüeñal. La serie de cilindros comprimen la mezcla aire-combustible haciendo que se inflamen, pero esta mezcla se suele dar gracias a un dispositivo ya sea por un sistema de inyección o un carburador, la inflamación de la mezcla realiza presión de gas y esto se lo aplica al pistón, este con el movimiento que realiza de forma ascendente y descendente en el cilindro hace que el movimiento sea circular y por el sistema de articulación hace girar el eje del motor, este tipo de motores trabajan bajo el ciclo Otto (subcap. 1.5).

El presente proyecto aborda la preservación de un motor alternativo de cilindros de oposición, por lo que a continuación se abonará en la Clasificación de los motores alternativos.

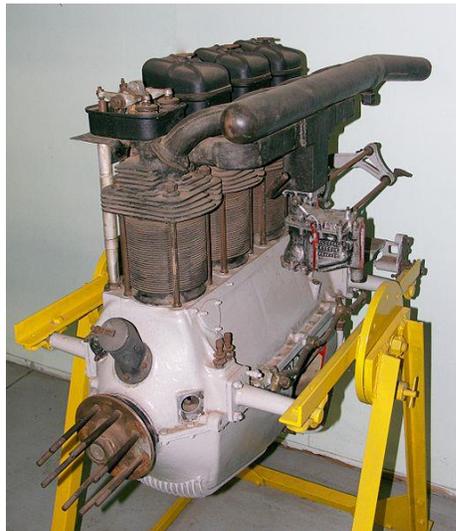
2.3. Clasificación de motores alternativos

Los motores alternativos se clasifican por su configuración: motor en línea, motor rotativo, motor en V, motor radial y motor en cilindro de oposición.

Motor en línea. Este tipo de motor tiene los cilindros colocados en una sola fila. Por lo general tienen un número par de cilindros, pero existen casos de motores los cuales tienen de tres o cinco cilindros. La ventaja principal de un motor en línea es que permite diseños con un área frontal de un avión sea reducida que ofrece menor resistencia aerodinámica.

Figura 5.

Motor en Línea de Havilland Gipsy



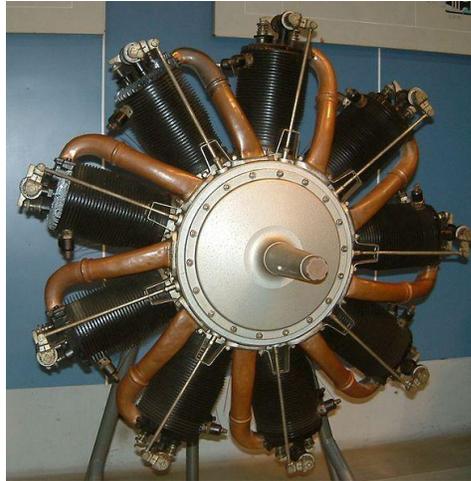
Nota. Un motor usado en la II Guerra Mundial. Tomado de Cruz, F (15 de noviembre de 2013).

Motor rotativo. Los motores rotativos - que no se deben confundir con los motores Wankel — tienen todos los cilindros distribuidos en forma de estrella en torno al cárter como un motor radial convencional, pero con la diferencia de que el cigüeñal está fijado a la estructura del avión, y la hélice está asegurada a la carcasa del motor. De

esta forma, el motor entero gira junto a la hélice, proporcionando un mayor flujo de aire para la refrigeración, independientemente de la velocidad de la aeronave.

Figura 6.

Motor rotativo de Le Rhone 9c



Nota. Motor de pistón usado en un avión bombardero. Tomado de Cruz, F (15 de noviembre de 2013).

Motor en V. En este tipo de motores los cilindros están ubicados en dos bancadas, inclinadas con una diferencia de entre 60 y 30 grados, es decir que forman una "V". La gran mayoría de motores en V son refrigerados con agua. Esto proporciona una relación potencia/peso mayor que un motor en línea, mientras que mantiene un área frontal reducida

Figura 7.

Motor en "V" de Curtiss OX-5

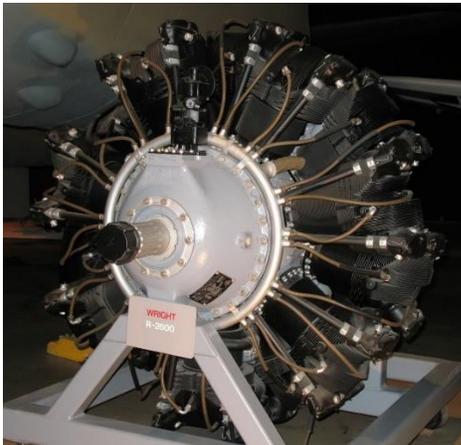


Nota. Motor usado en un caza de combate. Tomado de Cruz, F (15 de noviembre de 2013).

Motor radial o en estrella. Este motor apareció cerca de los años 1925. Este tipo de motores poseen una o más filas de cilindros distribuidos circularmente en forma de estrella en torno al cárter. Cada fila tiene un número impar de cilindros para que el motor un balance dinámico y así ayude a su buen funcionamiento. Estos motores son de cuatro tiempos y refrigerados por aire, los motores radiales sólo tienen una muñequilla en el cigüeñal por cada fila de cilindros y por tanto un cárter reducido, ofreciendo una buena relación potencia/peso.

Figura 8.

Motor Radial de GR-2600-C14BB



Nota. Motor en estrella usado en un bombardero. Tomado de Cruz, F (15 de noviembre de 2013).

Motor de cilindros en oposición. Un motor que posee en oposición las dos bancadas de cilindros situadas en los lados del cárter una en contraposición de la otra. Puede ser refrigerado por aire o por líquido, pero las refrigeradas por aire son las predominantes en la industria aeronáutica. (Miguel, Tipos de motores según los cilindros, 2020).

Figura 9.

Motor de cilindros opuestos de Continental.



Nota. Un motor moderno usado en aviación menor. Tomado de Cruz, F (15 de

noviembre de 2013).

2.4. Partes principales de un motor alternativo

Las partes características de un motor alternativo son: block o case del motor, cigüeñal, bielas, pistón, perno o bulón de pistón, segmentos o anillos de pistón, cilindro, cabeza de cilindro o culata. A continuación, se detallan las funciones y principales características de cada una. (Introducción a los motores aeronáuticos, arquitectura de motores aeronáuticos)

2.4.1 Block o case del motor.

Las funciones principales que debe cumplir son la de dar soporte y proteger todos los elementos móviles del motor, sujetar el motor a la estructura, soportar elementos auxiliares importantes (arranque, alternador, magnetos, etc.). Los materiales de construcción deben fabricarse de acuerdo con las características deseadas. En motores de aviación son empleados aleaciones ligeras y para las potencias elevadas se emplea fundición de acero.

Figura 10.

Block de un motor de cilindros opuestos.



Nota. Block de un motor fabricado en acero de fundición. Tomado de Área Departamental Aeronáutica (s.f.)

2.4.2 Cigüeñal

El Cigüeñal se encarga de transformar el movimiento lineal de los pistones y bielas en movimiento de rotación que se transfiere a lo largo de su eje y así se transfiere hacia la hélice con energía mecánica.

En la actualidad el cigüeñal de los motores tiene unas funciones muy importantes como son la de cinemática (transferir el movimiento alternativo en rotativo), dinámica (recibe las fuerzas transmitidas por la biela y transferir la energía mecánica al exterior) y directriz (mover otros sistemas de vital importancia como son el encendido, distribución, lubricación y alimentación de combustible).

Generalmente los materiales de construcción de los cigüeñales son aceros al cromo-níquel-molibdeno y fundiciones de grafito esferoidal. Las partes que soportan grandes cantidades de trabajo son generalmente tratadas con templado, nitruración, cementación, etc. Para aumentar su dureza.

Figura 11.

Cigüeñal.



Nota. Un cigüeñal de un motor O-470. Tomado de Área Departamental Aeronáutica (s.f.)

2.4.3 Bielas.

Las bielas realizan la función de transmitir la fuerza el pistón al cigüeñal. Debe

ser suficientemente fuerte para soportar las cargas de compresión y estiramiento y liviano para reducir las cargas de inercia que son producidas por el cambio de dirección en cada ciclo del motor.

Figura 12.

Bielas



Nota. Bielas con forma en H. Tomado de Área Departamental Aeronáutica (s.f.)

2.4.4 Pistón

Este elemento tiene varias funciones principales que cumplir dentro del motor:

- Formar frontera móvil entre la cámara de combustión y el Carter.
- Soportar la presión de gases, recibir, transferir la fuerza generada por la combustión.
- Transferir el calor generado a otras partes del motor.
- Participar en el vaciado y llenado de la cámara de combustión.

Los materiales usados en la fabricación de los primeros motores eran las fundiciones, que tienen buenas características para ser usados en motores de bajas revoluciones y compresiones. En la actualidad por las distintas condiciones de trabajo tan exigentes en los motores de aviación, los materiales que se vienen usando son de aleaciones ligeras que tienen varias ventajas como su alto índice de conductividad

térmica y bajo peso son utilizados para alcanzar potencias elevadas.

Figura 13.

Pistones.



Nota. Pistones usados en un motor O-470. Tomado de Área Departamental Aeronáutica (s.f.)

2.4.5 Perno o bulón de pistón

Este elemento cumple la función de transferir fuerzas entre pistón y biela. Está sometido a varias cargas, como son cargas elevadas por el movimiento alternativo, temperaturas altas y choques bruscos.

Tiene una forma cilíndrica y es hueca en su interior con el fin de disminuir la carga de inercia. Por su colocación pueden ser:

- Fijo en el embolo y flotante en el pie de biela.
- Fijo en pie de biela y flotante en el embolo.
- Flotante en el embolo y pie de biela.

Figura 14.

Pistón con su bulón.



Nota. Sistema de sujeción del bulón al pistón. Tomado de Área Departamental Aeronáutica (s.f.)

2.4.6 Segmentos o anillos de pistón

Los Segmentos o anillos de pistón deben desarrollar estas funciones:

- Mejorar la estanquidad de manera que el paso de gases de la cámara de combustión al resto del motor sea mínimo.
- Mejorar la estanqueidad de forma que se impida el paso del aceite del motor a la cámara de combustión.
- Colaborar con el intercambio de calor entre el embolo y cilindro, ya que son piezas que comunican las zonas superiores de la pared del embolo con el cilindro.
- Controlar la película de aceite de forma que el coeficiente de rozamiento sea el mínimo posible.

Como es evidente que estas funciones no se pueden realizar en una sola pieza, porque generalmente están distribuidas en tres segmentos:

- El primer anillo denominado segmento de compresión o de fuego, más próximo a la cabeza del pistón cuya función principal es de sellar y separar lo que más se

pueda la cámara de combustión del resto del motor y distribuir el calor del pistón al cilindro.

- El segundo anillo denominado segmento de compresión, la cual tienen como misión apoyar el primer segmento en cuanto al sellado de la cámara de combustión y de transferir calor, además evitar que pase demasiado aceite al primer anillo debiéndose dejar una película muy fina para la lubricación.
- El tercer anillo denominado barredor de aceite cuya función principal es raspar la mayor parte de aceite existente en la pared, pero dejando una capa muy fina de aceite para la lubricación.

Figura 15.

Anillos del pistón.



Nota. Disposición de los anillos en el pistón. Tomado de Área departamental aeronáutica (s.f.)

2.4.7 Cilindro

Las funciones principales del cilindro son guiar al embolo en su movimiento y transferir el calor hacia la atmosfera. Es el elemento donde se realiza y desarrolla la potencia del motor, proporciona una cámara donde se realiza el combustión y aloja al

pistón y la biela. Hay 4 factores que hay que tomar en cuenta antes de la fabricación:

- Ser lo suficientemente resistente para mantener las presiones internas desarrollada durante la operación del motor.
- Ser contruidos de un material liviano para reducir el peso del motor.
- Tener buenas propiedades de conductividad térmica para una eficiente refrigeración.
- Ser fácil y barato para fabricar e inspeccionar y mantener.

Figura 16.

Cilindro de un motor Continental.



Nota. Cilindro de un motor O-470. Tomado de Área departamental aeronáutica (s.f.)

2.4.8 Cabeza de cilindro o culata

Este componente de vital importancia debe realizar las siguientes funciones:

- Definir el límite variable del volumen donde se desarrolla el ciclo del motor.
- Soportar las válvulas, mecanismos de accionamiento y conductos de admisión y escape.
- Servir de soporte de bujías y los inyectores.

- Formar la cámara de combustión (muy importante en motores a Diesel)
- Participar activamente en el proceso de refrigeración del motor.

Los materiales con los cuales están fabricados las cabezas de cilindros son por lo general fundiciones y aleaciones ligeras con buenas características para el moldeo. En las zonas donde existen más esfuerzos (asientos, guías de válvulas) se insertan piezas, para las guías se insertan materiales de bronce o acero, mientras que para los asientos sobre todo en los de escape suelen utilizarse materiales cerámicos los cuales son muy resistentes al desgaste y al mismo tiempo presentan una buena tenacidad en caliente.

Figura 17.

Cabeza de un cilindro.



Nota. Cabeza de un cilindro con sus guías de válvulas. Tomado de Área Departamental Aeronáutica (s.f.)

2.5. Ciclo Otto

El Ciclo Otto es un ciclo termodinámico que se aplica a todos los motores alternativos, donde se presenta una serie de eventos en que la energía está en un nivel elevado, así transformándose a un trabajo de mayor cantidad y lo transmite al resto de componentes que lo rodean.

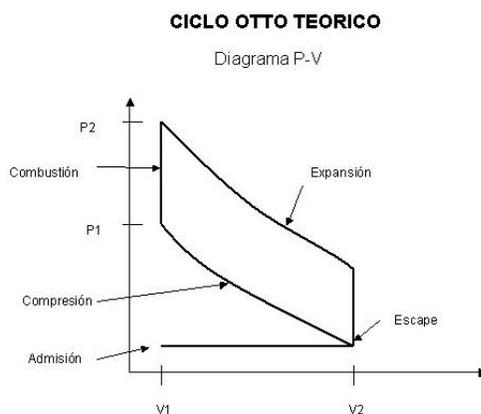
El primer motor donde fue comprobado este ciclo fue uno de cuatro tiempos, que

completa cuatro carreras del pistón, dos vueltas del cigüeñal y una del eje de levas, es por esto que este ciclo se aplica a todos los motores a pistón, ya sea de cinco o más pistones. El ciclo tiene cuatro etapas: admisión, compresión, expansión y escape.

(Mercedes & Hernández, 2014)

Figura 18.

Diagrama de ciclo Otto con relación velocidad/presión.



Nota. Se muestra las 4 etapas en el diagrama. Tomado de Comofunciona (s.f.)

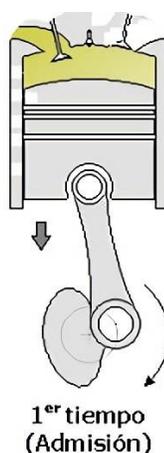
2.5.1 Los cuatro tiempos del ciclo Otto

El motor de cuatro tiempos utiliza cuatro fases para completar el ciclo Otto: admisión, compresión, explosión y escape. Para todo ello, utiliza dos giros del cigüeñal. Este ciclo Otto es el más utilizado en la actualidad, ya que ofrece unas prestaciones de rendimiento mejoradas y genera menos contaminación ambiental, además de consumir menos y producir menos vibraciones y desgaste. Por el contrario, es más pesado y es más caro porque tiene más componentes, incrementándose también el gasto del mantenimiento. A continuación, se detallan cada una de las cuatro fases del ciclo.

Admisión. Se inicia cuando el pistón se encuentra en el punto más alto (punto muerto superior) y termina cuando llega al punto más bajo (punto muerto inferior). La válvula de admisión se abre y la de escape está cerrada. El movimiento descendente del pistón crea un efecto de succión que hace que la mezcla de aire y combustible llene la cámara de combustión. En este ciclo el cigüeñal ha girado 180 grados y el árbol de levas 90 grados.

Figura 19.

Ciclo de Admisión.

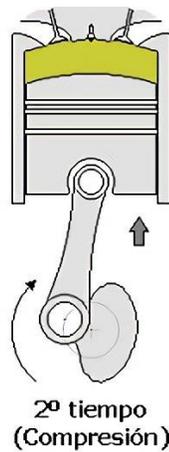


Nota. Referencia la válvula de admisión está abierta. Tomado de David P. (s.f.)

Compresión. Al llegar al punto más bajo (punto muerto inferior), la válvula de admisión se cierra, lo cual empieza a subir el pistón y reduciendo el volumen de la mezcla de la cámara de combustión. Ello comprime la mezcla. El cigüeñal ya ha girado una vuelta completa, mientras que el árbol de levas ha completado medio giro (180 grados).

Figura 20.

Ciclo de compresión.

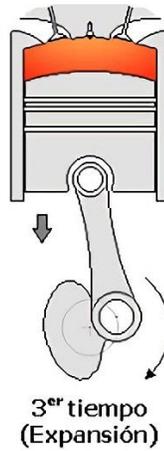


Nota. Referencia las dos válvulas están cerradas. Tomado de David P. (s.f.)

Explosión. Al llegar a la parte más alta (punto muerto superior) se comprime por completo la mezcla y permanecen las válvulas de admisión y escape cerradas, la bujía crea una chispa que combustiona la mezcla. La explosión generada empuja el pistón hacia abajo creando una carga de trabajo. El cigüeñal ha realizado un giro de 540 grados, mientras que el árbol de levas ha girado 270 grados.

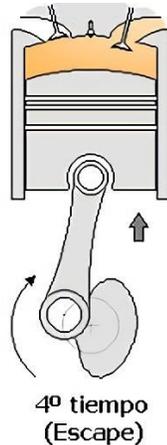
Figura 21.

Ciclo de Expansión.



Nota. Es el ciclo donde existe la carga de trabajo. Tomado de David P. (s.f.)

Escape. Cuando el pistón vuelve a la parte más baja (punto muerto inferior), la válvula de escape se abre, propiciando que el pistón nuevamente vuelva a subir y expulse los gases resultantes de la combustión. A continuación, se repite el ciclo. El cigüeñal ha recorrido dos vueltas completas (720 grados) y el árbol de levas una (360 grados).

Figura 22.*Ciclo de escape.*

Nota. Referencia la válvula de escape está abierta. Tomado de David P. (s.f.)

2.6. Codificación de motores alternativos de aviación

Los motores a pistón, a partir de los motores radiales y generalmente de producción estadounidense, están organizados en letras y números que permiten conocer su disposición, cilindrada y en algunos casos, la referencia del sistema de combustible que los fabricantes ofrecen para estas plantas motrices. La codificación se encuentra de la siguiente forma:

Figura 23.*Código de un motor de aviación.*

IO-520-F

Nota. Siglas de un motor muy usado en aviación menor. Tomado de Curtis E (2021)

El primer conjunto de letras dice las disposiciones de los cilindros y las características de los motores:

Letras (disposición de los cilindros):

- L: En Línea
- O: Con cilindros opuestos
- R: Radial
- V: En V

Letras (características de un motor de cilindros opuestos):

- G: Geared (con caja reductora de engranajes)
- I: Injected (cuenta con sistema de inyección)
- S: Supercharger (con Sobrealimentador)
- A: Acrobatic (capacidad acrobática)
- T: Turbo (con turboalimentador)

El segundo conjunto de números es la cilindrada del motor expresada en pulgadas cúbicas (in³) en este caso viene a ser 520 pulgadas cúbicas o 8521centrimetros cúbicos.

El tercer conjunto de letras son las variantes específicas que tienen el motor.

2.7. Caso de estudio: Motor Lycoming

Lycoming Engines (o simplemente Lycoming) es un fabricante estadounidense de motores de aviación, principalmente conocido por sus motores de aviación general. Con sede en Williamsport (Pensilvania), Lycoming produce una línea de motores de pistón que incluye el único certificado de la FAA para usos acrobáticos y helicópteros. La compañía ha construido más de 325. 000 motores de pistón más de la mitad de los aviones de aviación general del mundo, tanto aviones como helicópteros. Durante la

mayor parte de su historia, Lycoming ha sido parte del grupo AVCO como AVCO Lycoming. En 1987 AVCO fue adquirida por Textron y la compañía se convirtió en Textron Lycoming. En 2002 la compañía cambió su nombre a Lycoming Engines.

Especificaciones de los motores O-540 series

- Certificado tipo de la FAA Numero 295
- Rango de caballos de fuerza de 250
- Rango de revoluciones de 2575 RPM
- Diámetro del pistón de 5.125 in
- Carrera del pistón de 4.375 in
- Desplazamiento en pulgadas cubicas de 541.5
- Rango de compresión de 8.5:1
- Orden de encendido 1-4-5-2-3-6
- Encendido de la bujía de 25 grados después de punto muerto
- Rango de giro de la hélice de 1:1
- Sentido de giro de la hélice horario.

2.8. Preservación y almacenamiento de motores

Son todas aquellas operaciones para realizar al motor con el objetivo de protegerlo durante periodos de inactividad de este, ya sea por las condiciones atmosféricas a la que este expuesto, o ya sea por la posible intrusión de agentes o líquidos extraños, estos procedimientos van a depender de los factores que este el motor como los siguientes. (Galmés, 2018)

- Duración de la inactividad del motor
- Operatividad del motor: si el motor es operativo o no
- Condiciones ambientales locales: temperatura y humedad, proximidad a zonas de agua salada, etc.

- Ubicación del motor durante el periodo de preservación (exterior o interior)

Un motor en espera de revisión o que vuelva a funcionar después de la revisión debe recibir una atención minuciosa. No recibe el cuidado diario y la atención necesaria para detectar y corregir las primeras etapas de la corrosión. Por esta razón, se debe tomar alguna medida definitiva para evitar que la corrosión afecte al motor. Es posible que los motores que no se ponen en marcha regularmente no alcancen una vida útil normal debido a la corrosión dentro y alrededor de los cilindros. El proceso de combustión normal crea humedad y subproductos corrosivos que atacan las superficies desprotegidas de las paredes de los cilindros, las válvulas y cualquier otra zona expuesta que esté desprotegida. En los motores que han acumulado 50 horas o más de tiempo en servicio en un período corto, las paredes de los cilindros han adquirido un barniz que tiende a protegerlos de la acción corrosiva; los motores en condiciones atmosféricas favorables pueden permanecer inactivos durante varias semanas sin evidencia de daños por corrosión. Este es el mejor escenario posible, pero las aeronaves que operan cerca de océanos, lagos, ríos y regiones húmedas tienen una mayor necesidad de preservar los motores que los motores que operan en zonas secas y poco húmedas. (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2018)

2.9. Materiales preventivos de la corrosión

Un motor en servicio es en cierto sentido auto-purgante de humedad, ya que el calor de la combustión evapora la humedad dentro y alrededor del motor, y el aceite lubricante que circula por el motor forma temporalmente una capa protectora sobre el metal con el que entra en contacto.

Si se limita o suspende el funcionamiento de un motor en servicio durante un período de tiempo, el motor se conserva en mayor o menor medida, según el tiempo

que vaya a estar inoperante. (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2018)

Existen tres tipos de almacenamiento de motores:

- **Motor Activo** Un motor en almacenamiento activo se define como aquel que tiene al menos una hora continua de funcionamiento con una temperatura de aceite de al menos 165 °F a 200 °F y un tiempo de almacenamiento no superior a 30 días
- **Temporal** Describe una aeronave y un motor que no se vuela durante 30 a 90 días
- **Indefinido** Para una aeronave que no se vuela durante más de 90 días o que se retira de la aeronave durante un tiempo prolongado (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION, 2018)

2.9.1 *Compuestos preventivos de la corrosión*

Los materiales de preservación que se examinan se utilizan para todos los tipos de almacenamiento de motores. Los compuestos anticorrosivos son productos derivados del petróleo que forman una película similar a la cera sobre el metal al que se aplican. Se fabrican varios tipos de compuestos anticorrosivos de acuerdo con diferentes especificaciones para adaptarse a las diversas necesidades de la aviación. El tipo que se mezcla con el aceite de motor para formar una mezcla anticorrosiva es un compuesto relativamente ligero que se mezcla fácilmente con el aceite de motor cuando la mezcla se calienta a la temperatura adecuada

La mezcla ligera está disponible en tres formas: MIL-C-6529C tipo I, tipo II o tipo III.

Figura 24.

Aceite preservante.



Nota. Aceite preservante de la marca Route 66. Tomado de Cronaser. (16 de Abril de 2018).

Agentes deshidratantes

Hay varias sustancias (denominadas desecantes) que pueden absorber la humedad presente en el ambiente en cantidades suficientes para ser útiles como deshidratantes. Una de ellas es el gel de sílice. Este gel es un agente deshidratante ideal ya que no se disuelve cuando se satura. Como prevención de la corrosión, se colocan bolsas de gel de sílice alrededor y dentro de varias partes accesibles de un motor almacenado. También se utiliza en los tapones de plástico transparente, llamados tapones deshidratadores, que se pueden atornillar en las aberturas del motor, como los agujeros de las bujías. El cloruro de cobalto se añade al gel de sílice que se utiliza en las bujías del deshidratador. Este aditivo hace posible que las bujías indiquen el contenido de humedad, o humedad relativa, del aire que rodea al motor. El gel de sílice

tratado con cloruro de cobalto permanece de un color azul brillante con baja humedad relativa; a medida que la humedad relativa aumenta, el tono del azul se hace progresivamente más claro, convirtiéndose en lavanda a un 30 por ciento de humedad relativa y desvaneciéndose a través de los diversos tonos de rosa, hasta que a un 60 por ciento de humedad relativa es un color natural o blanco.

Figura 25.

Tapones deshidratadores.



Nota. Tapón deshidratador usado en lugar de las bujías. Tomado de Federal Aviation Administration. (2018).

Inhibidores de la corrosión

Se lo denomina de esta manera a aquella sustancia que, añadida en cantidades pequeñas a una sustancia corrosiva, este trata de minorar el daño ante el metal, pues, saben efectuar con la formación de películas en las áreas metálicas o por lo general también explicado cede sus electrones al centro. (Rojas, 2012)

Características de los inhibidores

- Recubren las áreas metálicas tanto física como químicas.

- Crean un muro aislante ante la humedad que se observe en la superficie metálica.
- Crean una barrera para quitar el oxígeno del área metálica.
- Logra contrarrestar la acidez o la alcalinidad del área. (Rojas, 2012)

Inhibidores de base Aceite/Solvente

Establecen una alineación de muros protectores para advertir la presencia del agua con las áreas metálicas, estos inhibidores suelen ser empleados en componentes que requieran un recubrimiento de un periodo extensos o para aquellas que se encuentren en condiciones ambientales severas, como puede ser productos que se encuentren al aire libre y este inhibidor es muy recomendado debido que la película que forma es pesada y por sus propiedades rechaza por totalidad el agua. (Milacron, 2012)

Figura 26.

Inhibidor de aceite/solvente.



Nota. Aplicación de un inhibidor de corrosión. Tomado de Federal Aviation Administration. (2018).

Capítulo III

3. Desarrollo del tema

3.1. Introducción al capítulo:

En este capítulo se explicará el proceso que se realizó para la preservación y el mantenimiento del motor Lycoming O-540-A5E4, igual que sus partes y componentes de acuerdo con el service letter N° L180B (carta de servicio) y manuales de mantenimiento del motor.

3.2. Carta de Servicio:

Preservación de motores para aeronaves activas y almacenadas

3.2.1 *Efectividad*

Todos los propietarios y operadores de los motores de aviación Textron Lycoming

3.2.2 *Introducción*

Los motores de aviación que son volados ocasionalmente puede que no logren una vida de servicio normal por causa de la corrosión. Esto ocurre cuando la humedad del aire y productos de la combustión atacan las paredes del cilindro y las superficies de rozamiento durante periodos cuando la aeronave no es usada. El procedimiento para reducir esta condición consiste en cubrir con una capa fina las superficies vulnerables con un inhibidor de compuestos como los que son descritos.

Nuestra experiencia es mostrada en las regiones de alta humedad, la corrosión activa puede encontrarse en las paredes de cilindros nuevos inoperativos por periodos tan breves como dos días. En motores que han acumulado 50 horas o más en servicio en un corto periodo de tiempo, las paredes del cilindro tendrán adquirida una cobertura que tiende a proteger los componentes de la acción de la corrosión, como los motores bajo las condiciones de desventajas de la atmosfera pueden contenerlos por inactividad

por varias semanas de inactividad.

Las aeronaves que son operadas cerca de los océanos, lagos, ríos y regiones de humedad tienen una gran necesidad de preservación de los motores de los que son operados en las regiones masa áridas regiones.

3.2.3 Designación de número de cilindros

La hélice está al frente del motor y los accesorios en la parte posteríos del motor.

Cuando vea el motor desde el frente, el lado izquierdo de los cilindros son los números 2,4,6, el cilindro dos está al frente del motor 2 Cuando vea el motor desde el frente, el lado derecho de los cilindros son los números 1,3,5, el cilindro que esta afrete del motor es el 1

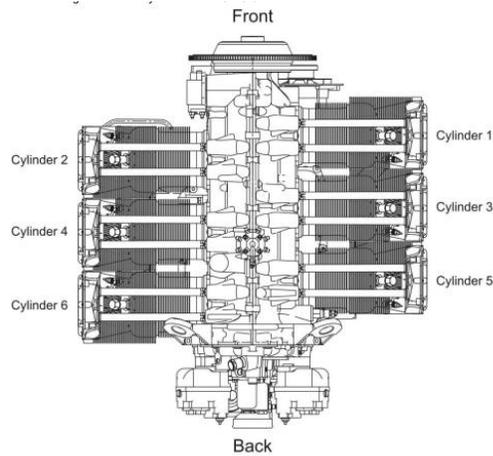
El Orden de encendido es 1-4-5-2-3-6.

3.2.4 General

La serie de motores O-540 y IO-540 son motores de seis cilindros, impulsador directo, horizontalmente opuesto, refrigerado por aire.

En referencia a la localización de varios componentes del motor, las partes están descritas con relación a los motores ya instalados en la aeronave. Por lo tanto, la parte del empuje es considerado el frente, la parte de los accesorios la parte trasera. El Carter es considerado la parte baja y el lado opuesto del motor donde están fundas de las varillas están en la parte superior.

Referenciado la parte izquierda y derecha está relacionada con la facilidad de observar la parte trasera del motor. Los cilindros son enumerados desde la parte delantera hasta la parte trasera, los números impares en la derecha y los números pares en la izquierda.

Figura 27.*Designación de cilindros.*

Nota. Disposición de cilindros en un motor Lycoming. Tomado de Curtis E (2021)

3.3. Evaluación de condiciones generales del Motor O-540-A4E5.

El motor se encontraba en la parte del patio de la Universidad junto con varios otros motores lo cuales estaban a la intemperie y sin una adecuada protección contra los agentes externos y medios ambientales. Por lo cual se tomó la decisión de transportar los motores a una zona más apropiada para realizar los trabajos pretendientes para su conservación.

Figura 28.*Motores de aviación.*

Nota. Estado de los motores de aviación del campus.

Para la transportación de los motores se contrató a una plataforma con grúa para un transporte sin riesgo y de forma segura. El sitio donde se decidió colocar los motores es junto al nuevo laboratorio que va a ser para las prácticas de los nuevos estudiantes de la carrera de mecánica aeronáutica.

La plataforma con la grúa transporto a los motores y los ubico de una manera estratégica para que puedan ser trabajos y mantenidos en unas condiciones aceptables para su posterior almacenaje en el laboratorio.

Figura 29.

Motor O-540-A5E4.



Nota. Estado del motor O-540-A5E4 previo a la preservación.

Figura 30.

Motor sobre la plataforma.



Nota. Motor montado sobre la plataforma para su movilización.

El laboratorio está ubicado en la parte delantera del campus de la Universidad y esta adecuado con una calle de adoquines en donde vamos a colocar los motores para realizar los distintos trabajos que necesitemos para la preservación del motor.

Figura 31.

Entrada al laboratorio.



Nota. Lugar donde se va almacenar el motor después de la preservación.

Figura 32.

Plataforma con los motores.



Nota. Lugar donde vamos a colocar los motores para su limpieza

Figura 33.

Motor colocado en su lugar de trabajo.



Nota. Motor ya colocado en su posición para realizar los trabajos.

3.4. Procedimientos para la preservación del motor O-540-A5E4.

Se realizó una inspección visual de todos los componentes del motor como hélice, radiador de aceite, alternador, arranque, magnetos, carburador, cilindros, pistones, balancines, válvulas, tapas de válvulas, arnés de bujías, bujías instrumentos de cabina, cableado eléctrico y cañerías de combustible. Para chequear su condición y que estén listos para su preservación.

Una vez que se concluyó con la inspección visual se realizó una limpieza externa al motor para que no exista ningún rastro de polvo o algún elemento extraño al motor. Se desmontó la hélice, siguiendo los pasos provistos por el manual de mantenimiento, se desmontó el resto de los componentes como radiador de aceite, alternador, magnetos, arnés de bujías y las bujías.

Figura 34.

Motor sin elementos para su limpieza.



Nota. Motor listo para empezar limpiando componentes externos.

Posterior a la inspección del motor, realizamos una inspección general de la estructura donde está montado el motor y evidenciamos que posee mucho óxido y daño a la pintura. Por lo que ejecutamos un trabajo de restauración a toda la estructura donde está sujeto el motor. Inspeccionamos la cabina de mando y evidenciamos que estaba deteriorada por estar a la intemperie.

Los trabajos realizados en la cabina y estructura fueron realizados para mantener las condiciones óptimas ya que es un banco de pruebas, por lo cual lijamos todas las partes de la cabina y soportes del motor y procedimos para colocar el tratamiento desoxidante a la estructura para su adecuada preservación.

Figura 35.

Lijado de la pintura.



Nota. Trabajos previos al tratamiento de pintura.

Figura 36.

Lijado con gratas para remoción de oxido.



Nota. Lijado con gratas para la remoción de oxido en la estructura.

Figura 37.

Tratamiento desoxidante.



Nota. Producto utilizado para el tratamiento de desoxidante.

Se colocó el tratamiento desoxidante en todas las partes que presentaban una gran cantidad de óxido, esto con el fin de una adecuada preservación de la estructura. El procedimiento recomendado por el fabricante del producto menciona que; debemos diluir en 2 partes de agua el material, antes de pasar el tratamiento debemos lijar con un cepillo de alambre para que penetre bien, luego debemos aplicar con una brocha el tratamiento y esperar de 10 a 15 minutos hasta que se forme una película blanca de fosfato. Luego si podemos proceder con el tratamiento de pintura.

Figura 38.

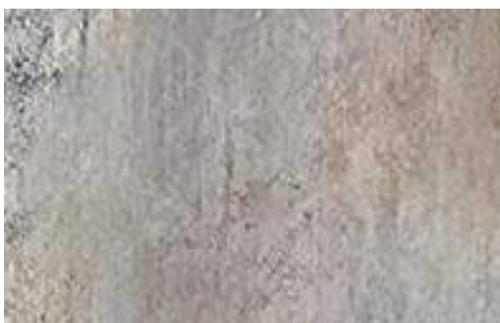
Partes de la estructura con oxido.



Nota. Oxido superficial en partes de la estructura.

Figura 39.

Partes de la estructura ya tratada con desoxidante.



Nota. Estructura curada de oxido.

Una vez realizado el tratamiento de restauración de los materiales empezamos con el proceso de pintura el cual es necesario para una adecuación apropiada. Antes de empezar con la pintura hay tomar ciertas medidas como lo es el empapelado adecuado, y limpiar la zona para que ningún objeto extraño nos dañe el acabado de la pintura.

Figura 40.

Protección de la mica del parabrisas.



Nota. Proceso de protección previo a el tratamiento de pintura.

Figura 41.

Acabado en rojo de las tapas de válvulas



Nota. Pintura de las tapas de válvulas para un mejor estado estético.

Figura 42.

Empapelado del motor y sus componentes.



Nota. Se empapela componentes para que no se manchen de pintura.

Figura 43.

Acabado en color amarillo.



Nota. Se coloco señales reflectivas en la parte de la estructura.

Figura 44.

Acabado en rojo del montante del motor.



Nota. Tratamiento con pintura roja del montante del motor.

Una vez terminado con el proceso de restauración de la estructura, cabina y montante del motor decidimos darle una capa protectora de pintura al motor. En este caso decidimos utilizar pintura de poliuretano para una mayor duración en el motor.

Figura 45.

Acabado en negro del motor lado derecho



Nota. El motor en terminación negra.

Figura 46.

Acabado en negro del motor lado izquierdo



Nota. El motor en terminación negra.

3.2.5 Procedimiento realizado para la preservación.

Se empezó rociando WD-40 en la cámara de combustión de cada cilindro para liberar cualquier rastro de oxidación ya que el motor al tratar de girar el cigüeñal se encontraba atascado y demasiado duro de hacerlo girar manualmente. Una vez rociado se trató hacer girar el cigüeñal al contrario del sentido de giro de la hélice.

Así liberamos los segmentos que se encontraban trabado los cuales causaban esos defectos en el motor. Posteriormente se procedió a realizar un flushing del resto del aceite que se encontraba en el Carter y así empezar colocando el nuevo aceite mesclado con el preservante.

Figura 47.

Rociado de aceite WD-40.



Nota. Rociado de los componentes internos del motor.

3.2.6 Procedimiento para preservación del motor Lycoming O-540-A5-E4 según manual de operador.

La corrosión puede ocurrir, especialmente en motores nuevos u overhauledos, en las paredes del cilindro de motores que no operaran en periodos tan breves como dos días. Sin embargo, el siguiente procedimiento de preservación es recomendado para motores inactivos y será efecto en minimizar la condición de corrosión por un periodo superior a 30 días.

NOTA

El corrido en tierra del motor por un corto periodo de tiempo no es un sustituto del siguiente procedimiento; en efecto, la práctica de corrido en tierra agravara el daño mas que minimizar la condición de corrosión.

- Tan pronto como sea posible después de que el motor fue detenido, deberá mover la aeronave dentro del hangar u otro sitio cubierto donde el proceso de preservación será realizado.

Figura 48.

Sitio donde será realizado la preservación.



Nota. La entrada al laboratorio donde vamos a realizar los trabajos de preservación

- Remueva las capotas para ganar acceso a las bujías y remueva ambas bujías de cada cilindro.

Figura 49.

Bujías del motor O-540-A5E4.



Nota. Remoción de las bujías superiores de cada cilindro.

- Rocíe el interior de cada cilindro con aproximadamente 2onz de aceite preventivo de corrosión mientras arranqué el motor alrededor de 5 revoluciones con el arranque. La pistola rociadora debe ser colocada en cada hoyo de las bujías.

NOTA

El rociado debe ser acompañado de una pistola de airless (Spraying Systems Co., "Gunjet" Model 24A-8395 or equivalent). En el evento que una pistola de airless no esté disponible, la persona debe instalar una trampa de humedad en la línea de aire de una pistola convencional y asegurarse que el aceite este caliente antes de pulverizar la boquilla de los cilindros.

- Con el cigüeñal inmóvil, otra vez rocié cada cilindro atreves de los hoyos de las bujías con aproximadamente 2 onza de aceite preservante de corrosión.
Ensamble las bujías y no gire el cigüeñal después de que se roció cada cilindro.

Figura 50.

Rociado de cámara de combustión con inhibidor de Corrosion.



Nota. Rociado con inhibidor de corrosión LPS3 para preservar los componentes.

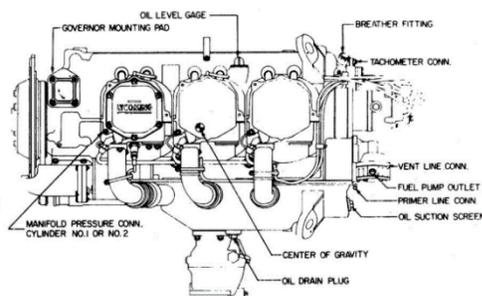
El aceite preservante de corrosión a ser usado en este procedimiento se muestra conforme a la especificación MILL-6529, tipo 1 calentado a 200°F/220°F.

NOTA

Los aceites de este mencionado tipo son usados en los motores de aeronaves Lycoming para la prevención de la corrosión solamente, y no para lubricación. Vea la última revisión de las Instrucción de Servicio de Lycoming No.1014 y el Service Bulletin No. 318 para aceite lubricante recomendado.

Figura 51.

Componentes principales del motor O-540 series.



Nota. Ubicación de los componentes principales del motor O-540 series.

3.2.7 Procedimiento realizado para la preservación del motor Lycoming O-540-A5E4.

Se realizó un rociado de un inhibidor de corrosiones a todos los componentes internos del motor como son la cámara de combustión con el pistón y las válvulas, y en la cabeza del cilindro como son en los balancines, varillas de empuje, guías de válvulas, y nuevamente se hizo girar la hélice esta vez en sentido de giro para que las paredes

del cilindro se cubran con una capa fina de inhibidor de corrosión.

Después se colocó 2 onzas de aceite preservante como especifica el manual del operador en la cámara de combustión y se instaló las bujías.

Figura 52.

Inhibidor de corrosión LPS 3.



Nota. Colocación de un inhibidor de corrosión en partes del cilindro.

Figura 53.

Rociado de inhibidor de corrosión en la cabeza de cilindro.



Nota. Componentes del cilindro rociado con inhibidor de corrosión.

3.2.8 Carta de Servicio L180b para motores inactivos.

Si es de conocimiento que la aeronave estará en inactividad por 30 o más días, el siguiente procedimiento será aplicable al motor, especialmente si la aeronave está en una localidad cerca de agua salada o en ambiente de humedad similar.

Se instaló el aceite preservante por medio este método:

- Se drenó el aceite lubricante desde el Carter y del sistema y se reemplazó con una mezcla de aceite preservante. Esta mezcla de preservante consiste en una parte de volumen MIL-C-6529C tipo I compuesto concentrado de preservante añadido a tres partes de volumen de MIL-L-6082C (SAE J1966), grado 1100, aceite mineral de motores de aviación o aceite conforme al MIL-C-6529C tipo II. Siga con cuidado las instrucciones del fabricante antes de su uso.

En el caso del motor O-540-A5E4 se mezcló aceite preservante marca CamGuard ASL con la proporción de una parte de preservante en tres partes de aceite Aeroshell W100 para motores a pistón.

Se vertió directamente en el Carter 9 cuartos de aceite Aeroshell W100 y 3 cuartos de aceite preservante CamGuard ya que el motor tiene una capacidad de 12 Qt.

Figura 54.

Aceite preservante y aceite lubricante.



Nota. Aceites utilizados para la preservación del motor O-540-A5E4

Figura 55.

Aceite AeroShell 10 Qt



Nota. Aceite utilizado para la mezcla idónea de aceite preservante.

Figura 56.

Aceite preservante, CamGuard.



Nota. Aceite preservante utilizado para mezclar con aceite lubricante.

Figura 57.

Llenado de aceite.



Nota. Llenado con la proporción adecuada de aceite.

Figura 58.

Llenado con aceite preservante.



Nota. Llenado con aceite preservante para la correcta mezcla.

Se removió las bujías superiores. A través de los hoyos de las bujías en el cilindro, se roció el interior de cada cilindro con un inhibidor de humedad y corrosión. Se reinstalo las bujías y no se debe girar el cigüeñal después de que han sido rociados.

Figura 59.

Rociado de inhibidor de corrosión en las paredes del cilindro.



Nota. Se roció con inhibidor de corrosión los componentes del motor.

Figura 60

Bujías instaladas después del rociado con inhibidor.



Nota. Se instaló las bujías para finalizar la preservación del motor.

Nota

Los aceites del tipo mencionados son usados en motores de aeronaves Lycoming para preservación y no para lubricación. Vea la última revisión del Servicio de Instrucción de Textron Lycoming No. 1014 para recomendaciones de aceite lubricante.

Para retornar la aeronave al servicio, remueva los sellos, cintas y bolsas humedad. Use un solvente para remover los residuos de las cintas. Remueva las bujías o tapones deshidratadoras. Con los magnetos en posición OFF gire la hélice con la mano para remover el exceso de aceite preservante desde los cilindros. Drene el remanente de preservante desde el motor a través del sumidero.

Capítulo IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se recopiló toda la información necesaria para la preservación del motor Lycoming O-540- A4E5 acorde a la tarea de mantenimiento y datos de técnicos, ya que sirvió de apoyo para ejecutar los distintos ítems, utilizar los materiales adecuados para preservación del motor.
- Se realizó una inspección mediante la carta de servicio L180B al motor Lycoming O- 540-A4E y se implementó una guía con las especificaciones y datos importantes para su correcta preservación y almacenaje, puesto que los procedimientos descritos fueron de ayuda para poder lograr el entendimiento y el uso de la carta de servicio y establecer junto con el manual de mantenimiento una ejecución correcta de la preservación de los motores.
- Se mantuvo en buenas condiciones el motor Lycoming O- 540-A4E en un sitio más adecuado para proteger la preservación de este, ya que una vez culminado el trabajo de titulación se pudo comprobar que la preservación de los motores es un factor de vital importancia para mantener en condiciones los mismos.

4.2. Recomendaciones.

- Al momento de recopilar toda la información necesaria para la preservación del motor, se recomienda primero realizar la traducción técnica, recopilar datos, especificar herramientas a usarse para evitar conflictos al momento de realizar las tareas de mantenimiento.
- Al ejecutar la inspección se recomienda realizar en un lugar con luz y con tiempo para poder realizar el requerimiento de cualquier herramienta necesaria para evitar conflictos con el avance de la práctica.
- Al almacenar el motor se recomienda que se mantenga la preservación del motor monitoreando y realizando su cambio periódico de los inhibidores de humedad y corrosión.

Bibliografía

- Administration, F. A. (2018). *Technical handdbook-powerplant*. Obtenido de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/media/FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-2.pdf. Reccuperado el 15 de diciembre de 2021
- Area Departamental Aeronáutica. (s.f.). *Arquitectura de motores aeronáuticos*. Obtenido de <http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/Introduccion%20a%20motores%20aeronauticos%20-%20Arquitectura%20de%20motores%20alternativos.pdf>. Recuperado el 15 de diciembre de 2021
- Ascension , S. (24 de 01 de 2018). *Slideshare*. Obtenido de Tecnicas de Inspección: <https://es.slideshare.net/>. Recuperado el 15 de diciembre de 2021
- Ascension Sanz, T. (s.f.). *Quimica Organica Industrial*. Obtenido de Lubricantes: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-13.php>. Recuperado el 15 de diciembre de 2021
- Bravo, H. (30 de 03 de 2012). *Como funciona el motor de un Avión*. Obtenido de <https://tecnoblogueando.blogspot.com/2012/03/como-funciona-el-motor-deun-avion.html>. Recuperado el 15 de diciembre de 2021
- Cronaser. (16 de 04 de 2018). *Aditivos para lubricantes: tipos y funciones*. Obtenido de <https://cronaser.com/blog/aditivos-para-lubricantes-tiposfunciones/>. Recuperado el 16 de diciembre de 2021
- Cruz, F. (15 de 11 de 2013). *Academia.edu*. Obtenido de Analisis de motores aeronáuticos: https://www.academia.edu/5920785/Motor_aeron%C3%A1utico. Recuperado el 16 de diciembre de 2021
- Curtis, E. (2021). *Motores Lycoming*. Obtenido de Historia: https://hmong.es/wiki/Lycoming_engine. Recuperado el 05 de enero de 2022
- Morales, M. (2014). *Instituto Mexicano de Transporte*. Obtenido de Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>. Recuperado el 05 de enero de 2022
- Moreno, A. (02 de 05 de 2005). *Motores de combustión*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-motores-combustion-interna/motor->

combustion-interna-combustion-volumenconstante-ciclo-otto. Recuperado el 05 de enero de 2022

Muñoz Navarro, M. (s.f.). *Manual de vuelo*. Obtenido de Sistemas funcionales: https://www.manualvuelo.es/3sifn/31_motor.html. Recuperado el 05 de enero de 2021

Noria latin America S.A. (05 de 11 de 2014). *Noria*. Obtenido de Medición de la densidad relativa de los lubricantes: <https://noria.mx/lublearn/medicion-de-la-densidad-relativa-de-los-lubricantes/>. Recuperado el 05 de enero de 2022

Plaza, D. (s.f.). *Motor.es*. Obtenido de Ciclo Otto: motores de dos tiempos y cuatro tiempo: <https://www.motor.es/que-es/ciclo-otto>. Recuperado el 06 de enero de 2022

Ricardo, C. (05 de 04 de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Generalidades del motor a pistón: <https://es.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/motores-de-aviacin-1>. Recuperado el 06 de enero de 2022

Rojas, A. (21 de 10 de 2012). *Slideshare*. Obtenido de Inhibidores de Corrosión: <https://es.slideshare.net/acazro/inhibidores-dela-corrosion>. Recuperado el 06 de enero de 2022

Sanchez, D. (s.f.). *Ciclo Otto, Tipos, fases y como funciona*. Obtenido de <https://como-funciona.co/el-ciclo-otto/>. Recuperado el 06 de enero de 2022

Tito, R. (05 de 05 de 2017). *Slideshare*. Obtenido de Generalidades de los motores: <https://www.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/motores-de-aviacin-1>. Recuperado el 06 de enero de 2022

Universidad Simón Bolívar. (02 de 2013). *Las leyes de Newton y de la mecánica*. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/71022947.pdf>. Recuperado el 10 de enero de 2022

Vecoin. (2016). *Vecoin*. Obtenido de Inhibidores de corrosión: <http://www.vecoin.net/anticorrosivos/>. Recuperado el 10 de enero de 2022

Vivanco, B. (2020). *Repositorio ESPE*. Obtenido de Preservación de los motores instalados Rolls Royce Dart Mk532-7L del avión Fairchild de acuerdo al Boletín de servicio de alerta N Da70-10 para la unidad de Gestión de Tecnología - ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/>. Recuperado el 10 de enero de 2022

Wikipedia. (15 de 02 de 2011). *Anexo: codificación de los motores de explosión aeronáuticos*. Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Codificaci%C3%B3n_de_los_motores_de_explosi%C3%B3n_aeron%C3%A1uticos. Recuperado el 10 de enero de 2022

Anexos