



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**MENCIÓN MOTORES**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
TECNÓLOGO EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**TEMA: INSPECCIÓN DE 500 HORAS DE LOS MAGNETOS MARCA  
BENDIX SERIAL-1200 DEL MOTOR LYCOMING O-540-A4E5 DE  
ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OVERHAUL L-1363F  
PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE**

**AUTOR: CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL**

**DIRECTOR: TLGO. ARÉVALO RODRÍGUEZ, ESTEBAN ANDRÉS**

**LATACUNGA**

**2020**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

#### MENCIÓN MOTORES

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, *INSPECCIÓN DE 500 HORAS DE LOS MAGNETOS MARCA BENDIX SERIAL-1200 DEL MOTOR LYCOMING O-540-A4E5 DE ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OVERHAUL L-1363F PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE* fue realizado por el señor *CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 04 de Febrero del 2020.

.....  
TLGO. ARÉVALO RODRÍGUEZ, ESTEBAN ANDRÉS

C.C.: 0604248062



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

### CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA

#### MENCIÓN MOTORES

#### AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: ***INSPECCIÓN DE 500 HORAS DE LOS MAGNETOS MARCA BENDIX SERIAL-1200 DEL MOTOR LYCOMING O-540-A4E5 DE ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OVERHAUL L-1363F PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 04 de Febrero del 2020.

.....  
CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL

C.C.: 0250074390



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA**

**MENCIÓN MOTORES**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: ***INSPECCIÓN DE 500 HORAS DE LOS MAGNETOS MARCA BENDIX SERIAL-1200 DEL MOTOR LYCOMING O-540-A4E5 DE ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OVERHAUL L-1363F PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 04 de Febrero del 2020.

.....  
CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL

C.C.: 0250074390

## DEDICATORIA

Mi trabajo de graduación lo dedico principalmente a nuestro Dios Todopoderoso, por permitirme por medio de su voluntad cumplir una meta más en mi vida. Han sido días difíciles de pasar, pero con la ayuda y la confianza en Él logramos todo lo que nos proponemos.

Dedico con mucho cariño a mi familia quienes se sienten tan orgullosos de mí y yo de ellos por haber elegido esta carrera profesional y con su ayuda finalmente lo estoy culminando.

Dedico todo mi esfuerzo a mi madre Neyda Andrade por el amor, la confianza y el apoyo incondicional que me ha dado desde que vine a este mundo, a mi padre Luis Carvajal por ser el pilar fundamental de todos mis logros de formación académica y personal.

A mis hermanos y hermanas quienes con un mensaje de texto, una llamada telefónica y por medio de las redes sociales, me han estado dando ánimos para no rendirme durante mi carrera profesional.

A mis profesores y amigos de la universidad con quienes hemos compartido muchos conocimientos, consejos y experiencias de la vida cotidiana para ser cada día mejores y no volver a cometer los mismos errores.

En fin dedico mi esfuerzo y logro a todas las personas que de alguna forma formaron parte de mi vida, quienes estuvieron siempre cuando más los necesitaba, apoyándome moral y económicamente en momentos de desesperación y angustia y que ahora son testigos de este gran logro.

CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL

## AGRADECIMIENTO

Estoy muy agradecido principalmente con Dios, por haber escuchado mis oraciones y por permitir que mi sueño se haga realidad. Gracias Dios por darme la vida con salud, por darme la inteligencia necesaria para poder estudiar mi carrera profesional, por ser mi compañía en momentos de soledad y por ser siempre mi guía a donde quiera que vaya.

Agradezco de todo corazón a mi madre, por acompañarme cuando más la necesitaba. Gracias mamá por estar siempre pendiente de mí, gracias por sus consejos que siempre alimentan el alma y mi personalidad, gracias por ser una madre de ejemplo y de buenos valores, gracias por todas tus oraciones pidiendo a Dios que me vaya bien y no me pase nada en donde sea que me encuentre, gracias mamá por todo el amor y el apoyo incondicional que me ha brindado durante mi carrera.

A mi padre le doy gracias por ser un hombre muy valiente, trabajador y decidido, por tener ese coraje de afrontar lo que sea, sin importar las consecuencias pero con tal ver a su hijo prepararse y salir adelante. Gracias papá, porque a pesar de tus años trabajas duro en el campo para ayudarme económicamente en las necesidades que tenía como estudiante. Gracias por confiar en mí y por ser un buen papá.

Agradezco también a mis hermanos y hermanas que de alguna forma me supieron ayudar para estudiar esta carrera, gracias por el apoyo mutuo que me han brindado, a mi cuñado Mesías por muchos favores que me ha hecho, a mi hermano Iván que siempre me ha estado aconsejando para ser un buen profesional, a mi hermano Paúl que siempre me ayudado económicamente.

Finalmente quiero agradecer a mis profesores quienes me han impartido muchos conocimientos durante la carrera, a mi tutor del trabajo de graduación y a todas las personas que me han acompañado y me han apoyado para culminar con mi profesión.

CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### CARÁTULA

CERTIFICACIÓN .....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESÚMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.3 Justificación e importancia .....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 General .....	3
1.4.2 Específicos.....	4
1.5 Alcance .....	4

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Los motores de aviación.....	5
2.1.1	Motores alternativos .....	5
2.1.2	Motores a reacción .....	6
2.2	Principios de operación del motor alternativo de aviación. ....	7
2.3	Tipos de motores alternativos de aviación .....	8
2.3.1	Según la posición de los cilindros .....	8
2.3.2	Según su modo de refrigeración .....	10
2.3.3	Según el modo de alimentación de combustible .....	11
2.3.4	Según el modo de alimentación de aire.....	12
2.4	Aplicación de los motores alternativos de aviación en la actualidad .....	13
2.5	Aeronaves equipadas con motores alternativos.....	13
2.6	Fabricantes de los motores alternativos de aviación .....	14
2.6.1	Lycoming Engine Company.....	14
2.6.2	Motor Lycoming O-540 e IO-540 .....	15
2.6.3	Continental Motors, Inc.....	16
2.6.4	Motor Continental 470 Series.....	16
2.7	Identificación de los motores alternativos aeronáuticos.....	17
2.8	Sistemas de los motores alternativos de aviación.....	19
2.8.1	Sistema de combustible .....	19
2.8.2	Sistema de lubricación.....	20
2.8.3	Sistema de enfriamiento .....	21
2.8.4	Sistema de encendido .....	22
2.9	Antecedentes del sistema de encendido .....	23
2.10	Generalidades del sistema de encendido. ....	24
2.11	Funcionamiento del sistema de encendido .....	25
2.12	Tipos de sistemas de encendido .....	27
2.13	Componentes del sistema de encendido .....	27



2.13.1	Switch o interruptor de encendido.....	27
2.13.2	Cables de encendido de alta tensión.....	28
2.13.3	Bujías.....	30
2.13.4	Magneto.....	32
2.14	Numeración de los cilindros del motor alternativo.....	33
2.15	Orden de encendido.....	33
2.15.1	Orden de encendido del motor Lycoming.....	33
2.15.2	Orden de encendido del motor Continental.....	34
2.16	Propósito del magneto.....	34
2.17	Funcionamiento del magneto.....	34
2.18	Principios de operación del magneto en el motor.....	35
2.19	Partes del magneto de alta tensión.....	36
2.19.1	Rodamiento de bolas.....	36
2.19.2	Imán rotatorio.....	37
2.19.3	Bobina.....	37
2.19.4	Condensador.....	38
2.19.5	Platinos o contactos de ruptura.....	38
2.20	Operación de los circuitos internos del magneto.....	39
2.20.1	Circuito magnético.....	39
2.20.2	Circuito eléctrico primario.....	43
2.20.3	Análisis de la secuencia de eventos de la operación del magneto.....	46
2.20.4	Puntos de interrupción o platinos.....	48
2.20.5	Operación del circuito eléctrico secundario.....	51
2.21	Magneto de baja tensión.....	54
2.22	Según su constitución.....	56
2.22.1	Magneto simple.....	56
2.22.2	Dual magneto.....	56

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1	Preliminares.....	57
3.2	Inspección de 500 horas .....	58
3.3	Remoción del magneto del motor.....	59
3.4	Procedimiento de inspección del magneto .....	63
3.4.1	Inspección del bloque distribuidor .....	63
3.4.2	Inspección del conjunto de engranaje del distribuidor .....	64
3.4.3	Inspección de la escobilla de carbón .....	64
3.4.4	Inspección de la carcasa del magneto.....	65
3.4.5	Inspección de la bobina .....	65
3.4.6	Ensamble el bloque distribuidor .....	65
3.4.7	Inspección de los platinos.....	66
3.4.8	Inspección del condensador.....	66
3.5	Instalación del magneto en el motor.....	67

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones.....	70
4.2	Recomendaciones .....	70

<b>GLOSARIO .....</b>	<b>71</b>
-----------------------	-----------

<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>74</b>
--------------------------	-----------

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
---	-----------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>
---------------------	-----------

**ANEXO A:** Remoción del magneto figura

**ANEXO B:** Remoción del magneto manual

**ANEXO C:** Desarmado del magneto

**ANEXO D:** Inspección del bloque distribuidor

**ANEXO E:** Inspección de engranaje del distribuidor

**ANEXO F:** Inspección y medida de la escobilla de carbón

**ANEXO G:** Inspección de la bobina

**ANEXO H:** Instalación del bloque distribuidor y engranaje

**ANEXO I:** Inspección de los platinos

**ANEXO J:** Inspección del condensador

**ANEXO K:** Instalación del magneto en el motor

**ANEXO L:** Definiciones y Abreviaturas

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> <i>Designación de los motores alternativos aeronáuticos.</i> .....	17
<b>Tabla 2.</b> <i>Numeración de los cilindros del motor Lycoming.</i> .....	33
<b>Tabla 3.</b> <i>Numeración de los cilindros del motor Continental</i> .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Motor alternativo de aviación. ....	6
<b>Figura 2.</b> Motor a reacción. ....	7
<b>Figura 3.</b> Motor en línea Ranger L-440. ....	9
<b>Figura 4.</b> Motor en estrella o radial. ....	9
<b>Figura 5.</b> Motor horizontal y opuesto. ....	10
<b>Figura 6.</b> Enfriamiento del motor por aire de impacto. ....	11
<b>Figura 7.</b> Logo Cessna. ....	13
<b>Figura 8.</b> Motor Lycoming IO-540 ....	15
<b>Figura 9.</b> Continental Engine 470 Series. ....	16
<b>Figura 10.</b> Esquema de sistema de combustible. ....	20
<b>Figura 11.</b> Esquema del sistema de lubricación. ....	21
<b>Figura 12.</b> Sistema de enfriamiento del motor. ....	22
<b>Figura 13.</b> Esquemático del sistema de encendido del motor. ....	23
<b>Figura 14.</b> Switch de encendido. ....	26
<b>Figura 15.</b> Circuito del interruptor de encendido. ....	28
<b>Figura 16.</b> Partes del cable de encendido. ....	29
<b>Figura 17.</b> Partes de la bujía. ....	31
<b>Figura 18.</b> Bujía caliente y fría. ....	32
<b>Figura 19.</b> Magneto de alta tensión. ....	35
<b>Figura 20.</b> Rodamiento de bolas. ....	36
<b>Figura 21.</b> Imán rotatorio. ....	37
<b>Figura 22.</b> Bobina del magneto. ....	37
<b>Figura 23.</b> Condensador de encendido. ....	38
<b>Figura 24.</b> Platinos del magneto. ....	39
<b>Figura 25.</b> Flujo magnético en tres posiciones del imán giratorio. ....	40
<b>Figura 26.</b> Cambio en la densidad del flujo a medida que el imán gira. ....	42
<b>Figura 27.</b> Circuito eléctrico primario. ....	43
<b>Figura 28.</b> Componentes del magneto alta tensión. ....	45

<b>Figura 29.</b> Curvas del flujo magnético.....	46
<b>Figura 30.</b> Conjunto de platinos del magneto. ....	49
<b>Figura 31.</b> Tipos de conjuntos de interruptores.....	51
<b>Figura 32.</b> Conexión del distribuidor y los cilindros.....	53
<b>Figura 33.</b> Esquema simplificado del sistema de encendido de baja tensión.....	55
<b>Figura 34.</b> Magneto simple. ....	56
<b>Figura 35.</b> Dual magneto.....	56
<b>Figura 36.</b> Motor Lycoming O-540-A4E5.....	58
<b>Figura 37.</b> Master switch.....	59
<b>Figura 38.</b> Remoción de la bujía. ....	59
<b>Figura 39.</b> Punto muerto superior del cilindro No.1 .....	60
<b>Figura 40.</b> Marca de sincronización 20 grados. ....	60
<b>Figura 41.</b> Marca del engranaje del magneto. ....	61
<b>Figura 42.</b> Maneto LH del motor. ....	61
<b>Figura 43.</b> Arnés de encendido.....	62
<b>Figura 44.</b> Almohadilla de transmisión.....	62
<b>Figura 45.</b> Bloque distribuidor. ....	63
<b>Figura 46.</b> Conjunto de engranaje.....	64
<b>Figura 47.</b> Escobilla de carbón.....	64
<b>Figura 48.</b> Bobina del magneto.....	65
<b>Figura 49.</b> Platinos del magneto.....	66
<b>Figura 50.</b> Condensador del magneto.....	66
<b>Figura 51.</b> Remoción de la bujía del cilindro No. 1 .....	67
<b>Figura 52.</b> Colocar un tapón adecuado en el orificio de la bujía.....	67
<b>Figura 53.</b> Girando el cigüeñal a travez de la hélice.....	68
<b>Figura 54.</b> Marca de sincronización 20 grados. ....	68
<b>Figura 55.</b> Instalación del magneto en el motor.....	69

## **RESÚMEN**

La temática de estudio de la presente obra trata de la Inspección de 500 horas de los magnetos Bendix serial 1200. En el capítulo uno, detallamos todo lo referente a la disposición del motor en el cual se instaló los magnetos como parte del sistema de encendido del mismo. La parte teórica de nuestra obra se detalla a partir del capítulo dos, donde se realizó la investigación de los motores de aviación, dando a conocer todo lo referente a los motores alternativos de aviación general y sus sistemas, haciendo hincapié en el sistema de encendido del motor y la operación de cada uno de sus componentes. También se realizó un estudio profundo del magneto, dando a conocer su modo de operación y su funcionamiento interno de sus circuitos. El desarrollo de la temática de esta obra se detalla en el capítulo tres, dando a conocer todos los pasos que se realizaron en la inspección de 500 horas a los magnetos Bendix 1200 en base a los respectivos manuales de mantenimiento tanto del magneto como del motor en el que está instalado. Finalmente los procedimientos de inspección se realizaron a cabalidad, dando como conclusiones un correcto funcionamiento del motor cumpliendo con los parámetros establecidos en el manual de operación y tomando en cuenta las debidas recomendaciones con respecto a la operación.

### **PALABRAS CLAVE:**

- **AERONAVES – MOTORES - MAGNETO**
- **AERONAVES - MANTENIMIENTO**
- **AERONAVES - INSPECCIÓN**

## **ABSTRACT**

The present study focuses in the working 500 hour inspection of the Bendix 1200 series magnetos. In chapter one, we detail everything related to the disposition of the engine in which the magnetos are installed as part of the ignition system of the same. The theoretical part of our work is detailed from chapter two, making a brief summary of the aviation engines, giving to know everything related to the alternative engines of general aviation and their systems, emphasizing the ignition system of the engine and the operation of each one of its components. It also makes an in-depth study of the magneto, giving information about its mode of operation and the internal functioning of its circuits. The development of the thematic of this work is detailed in chapter three, giving to know all the steps that must be followed to make an inspection of 500 hours to the Bendix 1200 magnets based on the respective maintenance manuals of the magnet as well as the engine in which it is installed. Finally, the inspection procedures are fully required, giving as conclusions the correct operation of the engine, complying with the parameters established in the operation manual and taking into account the appropriate recommendations regarding the operation.

### **KEY WORDS:**

- **MAGNETO – ENGINE – AIRCRAFT**
- **MAINTENANCE – AIRCRAFT**
- **INSPECTION – AIRCRAFT**



## **CAPÍTULO I**

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **INSPECCIÓN DE 500 HORAS DE LOS MAGNETOS MARCA BENDIX SERIAL-1200 DEL MOTOR LYCOMING O-540-A4E5 DE ACUERDO AL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y OVERHAUL L-1363F PARA LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE.**

##### **1.1 Antecedentes**

El proyecto de tesis surge por medio de una relación global con los conocimientos teórico-prácticos del egresado que adquirió durante su carrera profesional en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE y en base a una necesidad de carácter académico y con fines de instrucción.

En colaboración con cinco estudiantes egresados de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, se realizó la adquisición de un motor recíproco de aviación menor Lycoming O-540-A4E5 con todos los sistemas operativos que permitirán realizar una inspección de 500 horas de los magnetos marca Bendix Serial 1200, en la que se deberá examinar el magneto según sea necesario de acuerdo con las instrucciones estipuladas en el manual de Overhaul y Mantenimiento código L-1363F.

Los magnetos Bendix Serial 1200, servirán como material de apoyo y serán utilizados en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, quienes necesitan afianzar los conocimientos acerca del funcionamiento, operación y a la vez realizar este tipo de inspección para que puedan desenvolverse dentro del campo laboral.

## **1.2 Planteamiento del problema**

La inspección según la definición estipulada en la RDAC 043 es el acto de examinar una aeronave o componente de aeronave para establecer la conformidad con un dato de mantenimiento, por lo cual, en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, al tratarse de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica se ha observado que es fundamental llevar la práctica de la mano con la teoría en equipos y componentes aeronáuticos utilizando la respectiva información técnica de los mismos.

Por tal razón se ha visto la necesidad de que los estudiantes tengan una noción clara y concisa acerca de la inspección que se los hace a los magnetos de marca Bendix Serial 1200 por cada 500 horas de operación del motor y aportando con material de apoyo y documentos de instrucción.

## **1.3 Justificación e importancia**

Tomando en cuenta que la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE ubicado en la ciudad de Latacunga de la provincia de Cotopaxi, Ecuador, es un Centro de Instrucción de Aeronáutica Civil Certificado por la Dirección General de Aviación Civil bajo la RDAC 147, aplicable y vigente para la carrera de Mecánica Aeronáutica único en el país que forma tecnólogos aptos para optar por una licencia de mecánico aeronáutico y que día a día

sigue mejorando su calidad y calidez de enseñanza y aprendizaje, se está aportando con material didáctico y documentos de instrucción para realizar una inspección de 500 horas a los magnetos de marca Bendix Serial 1200.

Esto servirá como material didáctico para que los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica puedan realizar este tipo de inspección en los magnetos y de esa forma puedan relacionar la teoría con la práctica. A medida que los estudiantes avanzan con la carrera universitaria deben realizar prácticas pre profesionales en las diferentes empresas aeronáuticas del país, por lo cual se ha visto la necesidad de que tengan conocimientos más profundos para que se puedan desenvolver en el campo laboral y resalten el nombre de nuestra institución.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 General**

Ejecutar la inspección de 500 horas de los magnetos marca Bendix Serial-1200 del motor Lycoming O-540-A4E5 de acuerdo al manual de mantenimiento y overhaul L-1363F para la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE.

### **1.4.2 Específicos**

- Buscar información técnica de los magnetos marca Bendix Serial – 1200 para realizar una inspección de 500 horas.
- Realizar la inspección de 500 horas de los magnetos marca Bendix Serial-1200 en base al Manual de Mantenimiento y Overhaul L-1363F.
- Comprobar el funcionamiento de los magnetos marca Bendix Serial-1200 en el motor Lycoming O-540-A4E5.

### **1.5 Alcance**

Se pretende establecer un motor reciproco de aviación menor Lycoming O-540-A4E5 con todos sus sistemas operativos en un banco de pruebas, que nos permitirá realizar una inspección de 500 horas a los magnetos marca Bendix Serial 1200 en la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE.

La inspección de los magnetos marca Bendix Serial-1200 se realizará en base al Manual de Mantenimiento y Overhaul L-1363F el cual servirá como material de apoyo para facilitar el desarrollo del proyecto.

Con la implementación de este proyecto de tesis de carácter instructivo el estudiante de Mecánica Aeronáutica podrá familiarizarse con los diferentes elementos que conforman los magnetos internamente mediante esta tarea de inspección y de esta forma aportar con material didáctico para el mejor desarrollo de enseñanza y aprendizaje dentro del campo de estudio.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Los motores de aviación

Se han diseñado motores especiales para las aeronaves basándose en la posición de los cilindros, de manera que el fabricante de acuerdo con el diseño siempre buscaba aliviar el peso, mejorar el rendimiento y un mejor perfil aerodinámico para las aeronaves. Después para propulsar una aeronave de mayor tamaño se inventaron los motores a reacción los cuales se fueron rediseñando hasta la actualidad de acuerdo a las necesidades de rendimiento y operación.

##### 2.1.1 Motores alternativos

Los motores alternativos son los motores a pistón, los que cumplen con el llamado ciclo Otto: Admisión, Compresión, Combustión y Escape. Estos motores están constituidos por un cigüeñal, árbol de levas, bielas, cilindros, pistones, bujías y un sinnúmero de sistemas adicionales que permiten su funcionamiento. Los motores alternativos de aviación llevan acoplado a su eje una hélice que dependiendo de las RPM del motor ésta gira a grandes velocidades generando de esta forma el empuje de la aeronave.

Como se muestra en la figura 1 la hélice es un dispositivo impulsor de una aeronave que posee palas sobre un eje impulsado por un motor que cuando rota produce por su acción en el aire un empuje aproximadamente perpendicular a su plano de rotación y el cual incluye componentes de control normalmente suministrados por el fabricante, pero no incluye los rotores principales y auxiliares o planos aerodinámicos giratorios del motor. El motor contiene un sistema que se llama

gobernador de la hélice, mediante el cual el piloto en cabina puede tomar el control por medio de la palanca de paso de la hélice según el tipo de operación que esté realizando la aeronave, ya sea en la fase de despegue, ascenso, vuelo crucero, descenso, aproximación y aterrizaje.



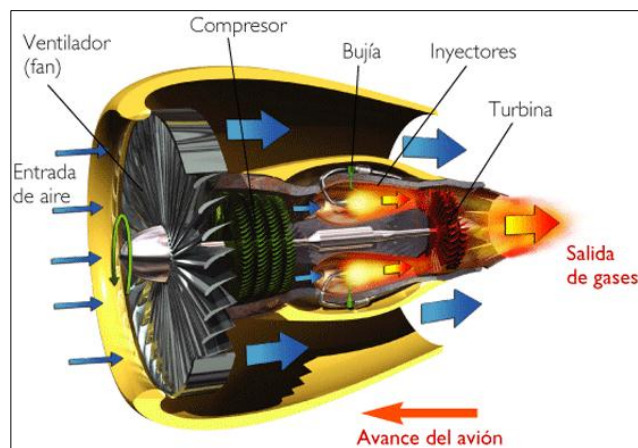
**Figura 1.** Motor alternativo de aviación.

Fuente: (ToB, 2012)

### **2.1.2 Motores a reacción**

Los motores a reacción son los motores que cumplen con el ciclo Brayton: Admisión, Compresión, Combustión, Expansión y Escape. El funcionamiento del motor basado en este ciclo describe el trayecto de la masa de aire que pasa a través de las secciones del motor. Las secciones del motor a reacción son la sección de admisión donde el motor aprovecha la masa de aire del exterior por medio de una toma de aire aerodinámicamente construida. Luego la masa de aire ingresa a la sección de compresión del motor, donde el aire se comprime pasando por varias etapas de compresor aumentando su presión y temperatura. Después pasa a la sección de combustión donde el aire entra en la cámara de combustión para mezclarse con el combustible y luego quemarse. Seguidamente sale de la cámara de combustión y entran a la sección de turbina, donde estos gases calientes se expanden por medio de un disco de turbina aumentando la presión y

velocidad relativamente para que finalmente pasen a una sección de escape, donde todos estos gases se direccionan por medio de una tobera de escape hacia el exterior a grandes velocidades generando el empuje de la aeronave.



**Figura 2.** Motor a reacción.  
Fuente: (ToB, 2012)

## 2.2 Principios de operación del motor alternativo de aviación.

Los motores alternativos de aviación, también conocidos como motores recíprocos y motores a pistón contienen mecanismos internos los cuales transforman la energía química presente en el combustible en energía mecánica. La energía mecánica se manifiesta en la rotación del eje del motor al cual se puede unir una hélice. El motor alternativo de aviación está formado por una serie de cilindros donde se comprime el aire, se mezcla éste con la gasolina y se inflama la mezcla resultante. La mezcla está previamente preparada en un dispositivo llamado carburador o bien en un sistema de inyección. La combustión de la mezcla de gasolina y aire produce el incremento de la presión del gas en el interior del cilindro. El movimiento lineal del pistón, ascendente y

descendente en el cilindro, se transforma, finalmente en otro movimiento circular mediante un sistema articulado de bielas, que hace girar el eje del motor. (Oñate, 1997)

## **2.3 Tipos de motores alternativos de aviación**

Existen diferentes tipos de motores alternativos de aviación los cuales se han venido desarrollando desde la segunda guerra mundial. Los fabricantes se han enfocado en el perfeccionamiento de sus sistemas de operación, su forma aerodinámica y sobre todo en su construcción, aportando de esta forma con la disminución del peso y costos de mantenimiento. Los motores alternativos de aviación se clasifican según la posición de los cilindros, según su modo de refrigeración, según el modo de alimentación de combustible y según el modo de alimentación de aire.

### **2.3.1 Según la posición de los cilindros**

#### *a. Motores de cilindros en línea*

Estos motores se caracterizan por tener instalados sus cilindros de forma recta uno atrás de otro a lo largo del motor y actualmente ya no se utilizan en aviación debido a su dificultad de enfriamiento. El enfriamiento de estos motores se aprovechaba por medio del aire de impacto. Este aire ingresaba por las tomas hacia los cilindros del motor, pero como los cilindros de estos motores se constituían uno atrás de otro a lo largo del eje longitudinal del motor. El aire de enfriamiento que ingresaba, enfriaba relativamente solo a los tres o cuatro primeros cilindros. El cilindro que sufría problemas de enfriamiento es el que se situaba al último, ya que éste no recibía el aire suficiente de enfriamiento y por ende el motor tenía problemas de rendimiento y operación. Este



motor ya quedó obsoleto tras la salida del motor radial ya que es relativamente más compacto y reduce paulatinamente sus dimensiones en cuanto a su construcción.

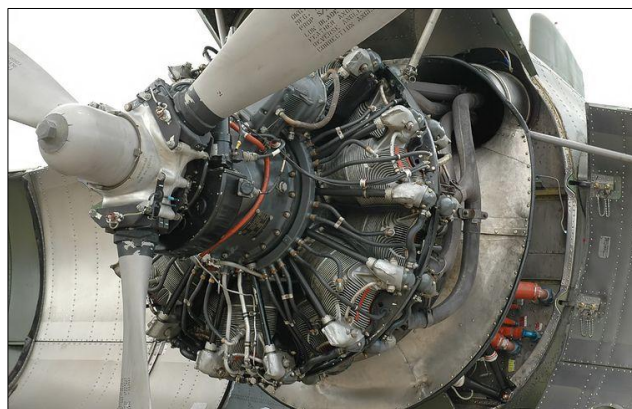


**Figura 3.** Motor en línea Ranger L-440.

Fuente: (VeryBadGirl, 2013)

*b. Motores en estrella o radiales*

Estos motores se caracterizan por tener sus cilindros ubicados en forma de estrella o radialmente alrededor del cigüeñal. Esta configuración fue muy usada en aviación, sobre todo en grandes aeronaves civiles y militares, hasta la aparición del motor a reacción.

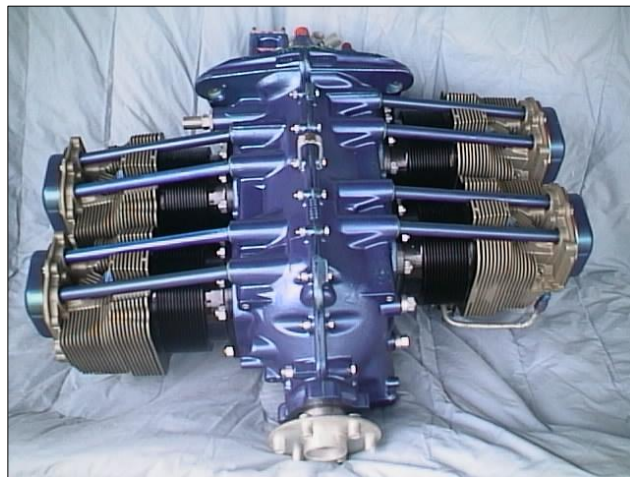


**Figura 4.** Motor en estrella o radial.

Fuente: (VeryBadGirl, 2013)

*c. Motores de cilindros horizontales y opuestos*

Es el estándar actual en la gama de baja potencia, consisten en cuatro o más cilindros opuestos, situados en un plano horizontal. En efecto, esta disposición de los cilindros, permite disminuir la longitud del motor, formando una unidad compacta y de menor vibración. Cabe recalcar que dentro del grupo de los motores de cilindros horizontales y opuestos esta la su clasificación de motores según el modo de alimentación de combustible y según el modo de alimentación de aire. (Oñate, 1997)



**Figura 5.** Motor horizontal y opuesto.

Fuente: (VeryBadGirl, 2013)

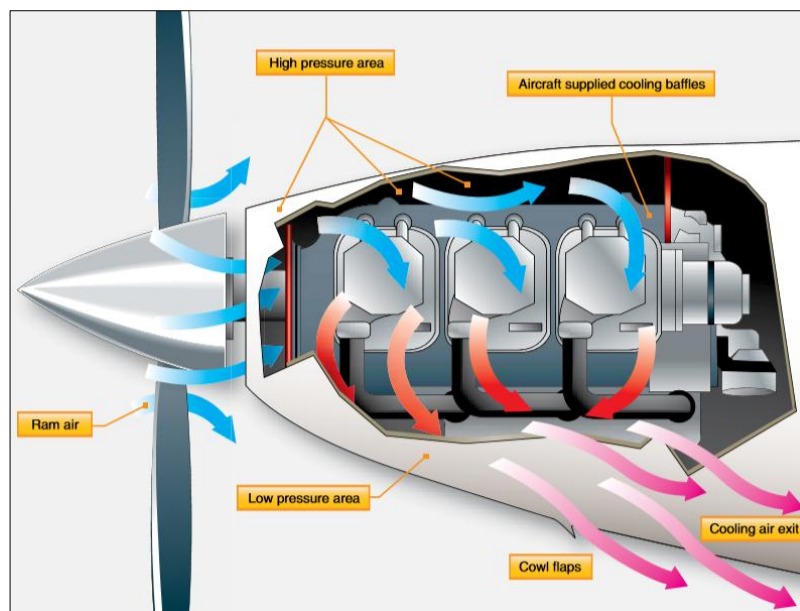
### **2.3.2 Según su modo de refrigeración**

*a. Motores refrigerados por agua*

Estos motores ya no se emplean en la actualidad de la aviación, sin embargo se utilizan en algunas aplicaciones particulares. Este método de refrigeración fue estándar debido a su eficacia en los aviones de la II Guerra Mundial. (Oñate, 1997)

*b. Motores refrigerados por aire*

Actualmente se utilizan en la aviación motores con este modo de refrigeración, debido a que el flujo de aire de impacto del exterior baña las superficies calientes del motor, especialmente las aletas de los cilindros que es la parte con mayor temperatura durante la operación del motor.



**Figura 6.** Enfriamiento del motor por aire de impacto.

Fuente: (Federal, 2012)

### 2.3.3 Según el modo de alimentación de combustible

*a. Motores de carburador*

El sistema de combustible de estos motores está equipado con un componente llamado carburador. El carburador es el que prepara la mezcla de aire-combustible en proporciones adecuadas para enviar a los cilindros por medio de unos tubos llamados colectores de admisión.

### *b. Motores de inyección*

Estos motores se diferencian de los motores a carburador porque permite la inyección directa del combustible a los cilindros por medio de unos inyectores que se encuentran ubicados en cada cilindro. El combustible llega desde los tanques por medio de cañerías al colector, luego se distribuye por medio de cañerías individuales a cada inyector de cada cilindro.

## **2.3.4 Según el modo de alimentación de aire**

### *a. Motores de aspiración normal*

Estos motores se basan en el principio de que la presión atmosférica disminuye con la altura, entonces al momento que ganan altura de vuelo experimentan una disminución de potencia debido que a menor densidad del aire ambiente hay menor coeficiente de llenado de aire dentro del cilindro. (Oñate, 1997)

### *b. Motores sobrealimentados o turbo cargados*

Los motores sobrealimentados se caracterizan por tener un componente llamado turbo cargador interconectado entre el sistema de escape y el sistema de alimentación de aire. El turbo cargador es un compresor centrífugo que aprovecha los gases de escape del motor de manera que aumenta la presión del aire de alimentación a los cilindros. De esta forma las aeronaves equipadas con estos motores pueden volar a altitudes elevadas sin ningún problema en la potencia.

## 2.4 Aplicación de los motores alternativos de aviación en la actualidad

Actualmente el motor de cuatro y seis cilindros horizontales y opuestos, refrigerados por aire son motores relativamente pequeños, livianos y económicos usados comúnmente en pequeñas aeronaves de aviación general que requieren una potencia no superior a 400 HP (300 kW) por motor.

## 2.5 Aeronaves equipadas con motores alternativos

La empresa Cessna Aircraft Company, es un fabricante de aeronaves estadounidenses ubicado en la ciudad de Wichita, Kansas, La empresa fue fundada por Clyde Cessna en 1911 y construyó su primera aeronave tipo Bleriot propulsado por un motor de 60 cv. En 1925 Cessna se asoció con Lloyd Stearman y Walter Beech para formar la compañía Travel Air Manufacturing Company hasta septiembre de 1927 cuando formo con Victor Roos, la Cessna-Roos Aircraft Company convertida en Cessna Aircraft Company Inc dos meses más tarde tras la salida de Roos. (EcuRed, 2010)



*Figura 7.* Logo Cessna.  
Fuente: (EcuRed, 2010)

Las aeronaves más comunes del fabricante Cessna que incorporan motores alternativos y que aún están en producción son los siguientes modelos: Cessna 162, 172, 182, 206, 208, 350 y 400. Los modelos que se fabricaron en la post guerra y que aún siguen en uso son los siguientes: Cessna 120/140, 150, 152, 170, 175, 177, 180, 185, 188, 205, 210, 303 y 305. (EcuRed, 2010)

## **2.6 Fabricantes de los motores alternativos de aviación**

Los fabricantes más conocidos de motores alternativos de aviación general son Lycoming y Continental Motors.

### **2.6.1 Lycoming Engine Company**

Comenzó en 1845 como Demorest Manufacturing Company produciendo máquinas de coser y bicicletas en Williamsport, PA. La maquinaria siempre insinuaba que vendrían cosas mayores. Al convertirse en Lycoming Foundry and Machine Company en 1907, Lycoming desarrolló motores de automóviles en un mercado impulsado por las necesidades de una nación en guerra. Inspirado en el vuelo transatlántico de Charles Lindberg, Lycoming comenzó a desarrollar motores de aviación. A partir de 1929, la aviación nunca sería la misma.

El primer Lycoming R-680, un motor radial de 9 cilindros y 200 hp impulsado por pistones salió de la línea de ensamblaje y estableció un nuevo estándar en la aviación general. Nuestros motores de pistón continúan evolucionando hoy a medida que desarrollamos tecnologías avanzadas para mantener la potencia detrás de las aeronaves de aviación general. (Lycoming, Historia, n.d.)

### 2.6.2 Motor Lycoming O-540 e IO-540

Las series O-540 e IO-540 son motores de seis cilindros, de accionamiento directo, opuestos horizontalmente, refrigerados por aire. Los cilindros están numerados de adelante hacia atrás, números impares a la derecha, números pares a la izquierda. (Lycoming, Operator's Manual O-540, IO-540 Series, 2006). En la historia reciente de la aviación, Lycoming es sinónimo de motor de pistón para la aviación general y deportiva. Los modelos más populares son el O-235, el O-360 y el O-540, fabricados en innumerables versiones y variantes.

Lycoming ha entregado más de 325.000 motores de esta gama, que han sido instalados en las familias de aeronaves más usadas en la aviación, desde la ligera y veterana Piper PA-18, alas fiables herramientas de trabajo multimotores como por ejemplo el Piper Navajo, pasando por aeronaves acrobáticas Extra o Pitts, o helicópteros Robinson o Bell, entre muchísimos otros. (CESDA, 2012)



**Figura 8.** Motor Lycoming IO-540

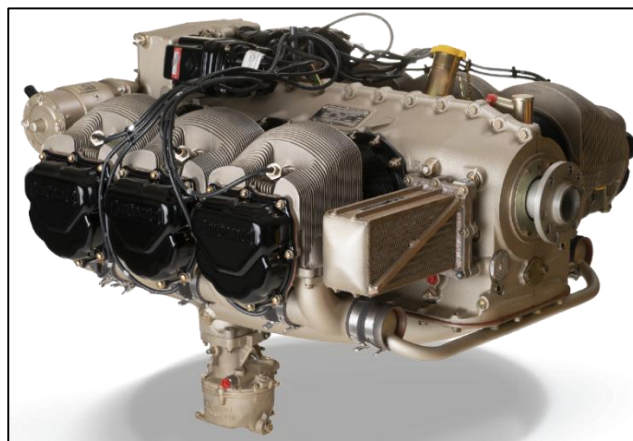
Fuente: (AeroEXPO, n.d.)

### 2.6.3 Continental Motors, Inc.

Continental Motors, Inc. es un fabricante de motores aeronáuticos, situado en Brookley Aeroplex en Mobile, Alabama, Estados Unidos. Giró inicialmente fuera del fabricante del motor de automóvil Continental Motors Company en 1929 y es propiedad de Teledyne Technologies hasta diciembre de 2010. La compañía es ahora parte de la Industria de Aviación Corporation de China, que es propiedad del gobierno de la República Popular de China. (Wikipedia, n.d.)

### 2.6.4 Motor Continental 470 Series

Los motores aeronáuticos de fabricación Continental Motors, Inc también son motores a pistón que se han fabricado en varias series entre ellos está el Continental 470 Series AvGas Engine. La serie 400 es una familia de motores de 6 cilindros, refrigerados por aire, opuestos horizontalmente, motores de aeronaves de accionamiento directo con elevadores hidráulicos, 2 válvulas accionadas por varilla de empuje por cilindro, cárter de aceite e inyección de combustible o carburador con control de mezcla manual. (Aerospace, n.d.)



**Figura 9.** Continental Engine 470 Series.  
Fuente: (Aerospace, n.d.)



## 2.7 Identificación de los motores alternativos aeronáuticos

Toda aeronave y motor de aeronave deben portar una placa de identificación. Las placas de identificación deben ser de metal incombustible o de otro material incombustible que posea propiedades físicas adecuadas y deben ser colocadas en un lugar visible para técnico.

**Tabla 1.**

*Designación de los motores alternativos aeronáuticos.*

### DESIGNACIÓN DE LOS MOTORES ALTERNATIVOS AERONÁUTICOS

#### AEIO-540-L1B5

PREFIJOS	SIGNIFICADO	SUFIJOS	SIGNIFICADO
<b>AE</b>	Acrobático	<b>L</b>	Indica cambios en la planta de poder
<b>H</b>	Horizontal para helicóptero	<b>1</b>	Indica sección de nariz
<b>I</b>	Inyección directa de combustible	<b>B</b>	Indica sección de accesorios
<b>L</b>	Contrarotativo	<b>5</b>	Indica aplicación de peso
<b>O</b>	Cilindros Opuestos		
<b>T</b>	Turboalimentado		
<b>540</b>	Desplazamiento en pulgadas cúbicas de los cilindros		

Los datos que podemos encontrar en una placa de identificación de los motores alternativos aeronáuticos son los siguientes:

- Nombre del fabricante
- Designación del modelo
- Número de serie
- Número del certificado de tipo
- Número del certificado de producción
- Regímenes de potencia establecidos

En la designación del modelo se encontrará con una particularidad dependiendo del tipo de motor al cual esté revisando por ejemplo:

O – 540

IO – 540

TSIO – 540

***Descripción técnica:***

**O:** Significa motor de cilindros horizontales y Opuestos.

**I:** Significa motor a Inyección directa de combustible.

**S:** Significa motor con Turbo Super cargado.

**540:** La carrera del pistón en pulgadas cúbicas.

*Ejemplos:*

**O – 540:** Motor de cilindros horizontales y opuestos a carburador.

**IO – 540:** Motor de cilindros horizontales y opuestos a inyección directa de combustible.

**TSIO – 540:** Motor de cilindros horizontales y opuestos a inyección directa de combustible que contiene el sistema de Turbo Super cargado.

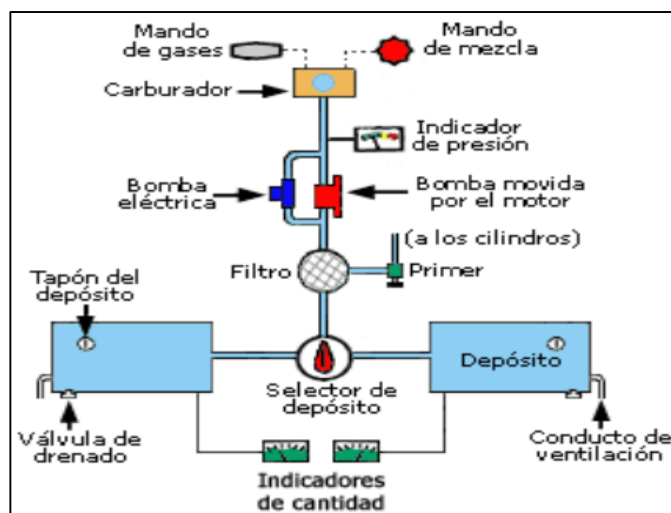
## **2.8 Sistemas de los motores alternativos de aviación**

Los sistemas de los motores alternativos de aviación, cumplen un papel muy importante en el funcionamiento del motor. Entre los sistemas más importantes está el sistema de combustible, sistema de lubricación, sistema de enfriamiento y sistema de encendido.

### **2.8.1 Sistema de combustible**

El sistema de combustible del motor alternativo dependiendo de su modo de operación ya sea a inyección o carburación, se basa en el principio de entregar una mezcla de aire-combustible en proporciones adecuadas dentro del cilindro para que posteriormente sea quemada. El sistema consta de los siguientes componentes: depósitos, bomba mecánica y eléctrica, cañerías, filtro,

carburador o sistema de inyección, cebador (primer), mando de mezcla, indicadores de cantidad y presión. A continuación se presenta un esquema explicando la posición de los componentes del sistema de combustible básico de un motor alternativo de aviación.



**Figura 10.** Esquema de sistema de combustible.

Fuente: (Manualvuelo, n.d.)

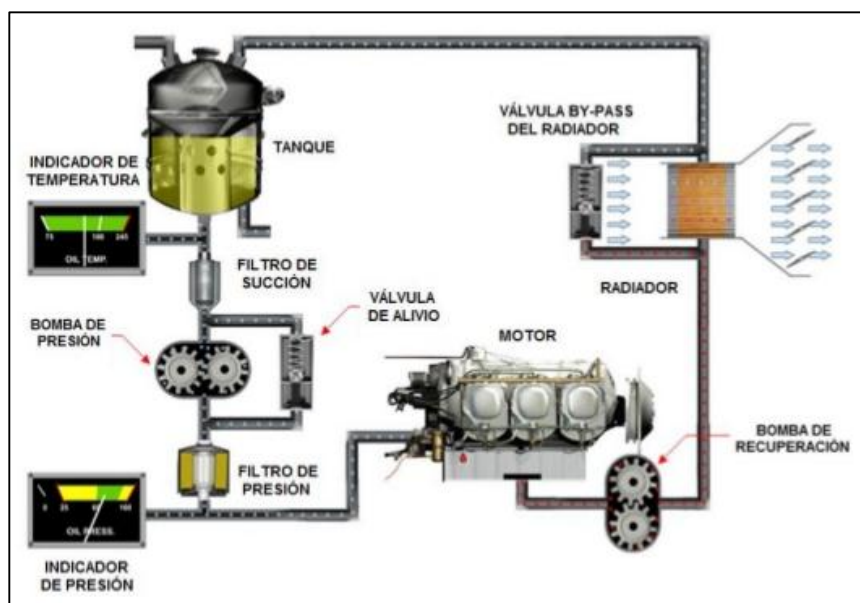
## 2.8.2 Sistema de lubricación

El propósito del sistema de lubricación dependiendo si es de cárter seco o cárter húmedo, es suministrar aceite lubricante al motor, a la presión correcta y en cantidad suficiente, para lubricar y refrigerar las partes del mismo expuestas a los efectos de fricción. (Oñate, 1997)

La lubricación es el método utilizado para evitar en lo posible el contacto directo entre dos piezas que se mueven una respecto a la otra, reduciendo la fricción, lo cual se consigue interponiendo una fina película de lubricante entre estas piezas. El sistema de lubricación tiene como función mantener y renovar de forma continua esta película, y además refrigerar mediante el propio lubricante las partes del motor a las que no puede acceder el sistema de refrigeración.

Los lubricantes comúnmente empleados son aceites que provienen del refino del petróleo, debiendo cumplir una serie de requisitos, principalmente relativos a su viscosidad, de acuerdo con la severidad de las condiciones de operación del motor. (Manualvuelo, n.d.)

Los componentes del sistema de lubricación son los siguientes: reservorio, filtro de succión, bomba de presión, filtro de presión, válvula de alivio, intercambiador de calor o radiador, válvula by-pass del radiador, bomba de recuperación e indicadores de temperatura y presión.



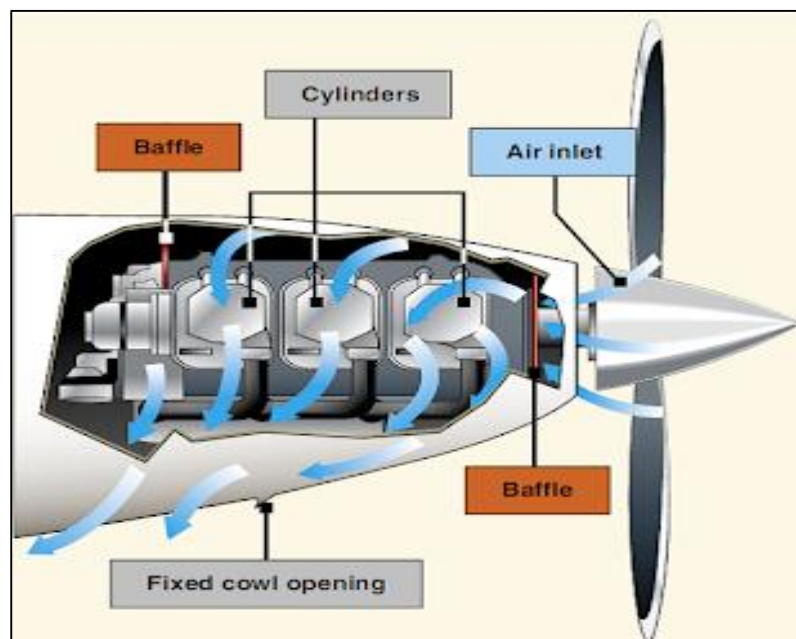
**Figura 11.** Esquema del sistema de lubricación.

Fuente: (Coyure, 2017)

### 2.8.3 Sistema de enfriamiento

Si bien el sistema de aceite es vital para la refrigeración interna del motor, existe un método adicional de enfriamiento. Es necesario que la superficie externa del motor tenga contacto con el aire. La mayoría de las aeronaves pequeñas son enfriadas por aire ambiente de impacto.

La refrigeración del motor con aire, se realiza debido a que el aire que fluye en el compartimiento del motor a través de aberturas que se ubican en la parte delantera del capó del motor llamadas baffles, direccionan el aire sobre las aletas de enfriamiento adheridas a los cilindros del motor y en otras partes del motor, donde el aire absorbe el calor del motor. La expulsión del aire caliente se lleva a cabo a través de una o más aberturas en la parte baja de la cubierta del motor. (Mendez, 2011)



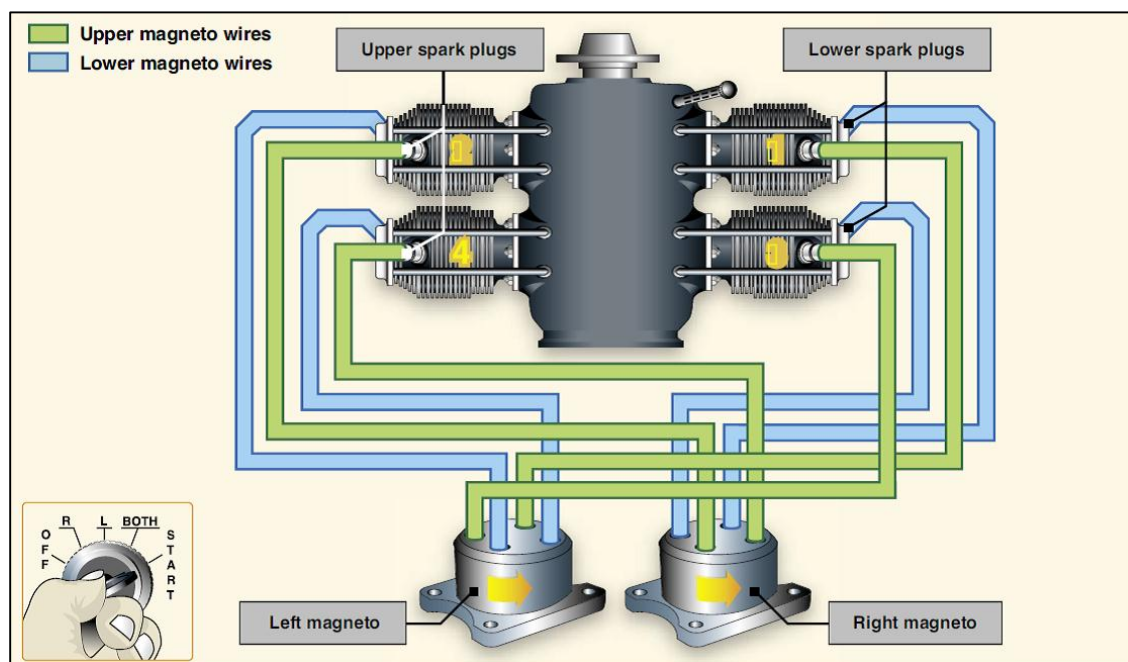
**Figura 12.** Sistema de enfriamiento del motor.

Fuente: (Mendez, 2011)

#### 2.8.4 Sistema de encendido

El propósito del sistema de encendido es proporcionar una chispa en las bujías que enciende la mezcla aire/combustible en los cilindros del motor. Los componentes del sistema de encendido

son: switch o interruptor de encendido, cables de alta tensión, bujías y magnetos. A continuación se presenta un esquemático del sistema de encendido de los motores alternativos de aviación.



**Figura 13.** Esquemático del sistema de encendido del motor.

Fuente: (Mendez, 2011)

## 2.9 Antecedentes del sistema de encendido

Las primeras aplicaciones del sistema de encendido se remontan a los últimos años del siglo XIX cuando los sistemas de encendido empleados en un motor a pistón eran aún muy numerosos, inciertos y delicados. El primer vehículo que fue matriculado en la provincia de Murcia – España incorporaba el más antiguo sistema de encendido por magneto, patentado en 1897 por el mecánico de precisión alemán Robert Bosch, un sistema de ignición más seguro que sustituía al anterior encendido de tubo incandescente que se utilizaba en los vehículos de la década de 1880, este sistema tenía un constante peligro de incendio debido a la presencia constante de la llama

del mechero, necesario para mantener al rojo vivo el tubo metálico que, a su vez, prendía la mezcla de combustible.

Entre el año 1929 y 1930, nuestros inventores deciden patentar un sistema de encendido de seguridad doble, lo que resulta fundamental en los motores de aviación, la Mors fue la primera empresa que aplicó dicho sistema, denominado también magneto de media tensión. Debido a la dificultad de mantener eficientes y aislados los órganos móviles en la cámara de combustión, este sistema fue abandonado enseguida, siendo reemplazado por la magneto de baja tensión, es decir, una magneto que producía corriente alterna cuya tensión era aumentada después por una bobina exterior.

En los automóviles fue abandonado pronto, siendo reemplazado por la magneto de alta tensión, denominada así porque no existía una bobina o transformador exterior para aumentar la tensión, sino que el circuito del alternador constaba de 2 bobinas, una de las cuales actuaba como transformador. El progreso último de la magneto de alta tensión estuvo unido al perfeccionamiento de los materiales dieléctricos y al de los imanes, lo cual permitió aligerar enormemente el componente y reducir las dimensiones logrando emplearse en motores hasta de 8 y más cilindros, tanto de encendido simple como doble. (RedGiga, n.d.)

## **2.10 Generalidades del sistema de encendido.**

La mayoría de las aeronaves estándar incorporan un sistema de encendido doble; con dos magnetos individuales, dos conjuntos de cables y dos bujías de encendido por cilindro, para aumentar la confiabilidad del sistema. Cada magneto funciona de forma independiente a la chispa



de cada una de las dos bujías en cada cilindro. La operación de dos bujías por cilindro mejora la combustión de la mezcla de aire/combustible y da lugar a una potencia ligeramente superior. Si uno de los magnetos falla, el otro no se ve afectado. El motor seguirá funcionando con normalidad, a pesar de una ligera disminución en la potencia del motor. Lo mismo ocurre si una de las dos bujías del cilindro falla. El funcionamiento del magneto es controlado en la cabina de vuelo por el switch de encendido. (Mendez, 2011)

## **2.11 Funcionamiento del sistema de encendido**

En el panel de instrumentos de la cabina de vuelo de la aeronave, hay un switch de encendido/starter que debe ser accionado por la llave de la aeronave, el cual tiene cinco posiciones que son: OFF, L, R, BOTH y START.

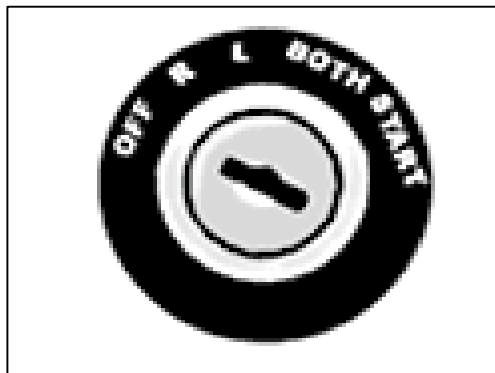
### *a. Operación*

Para generar electricidad los magnetos deben girar, así que el piloto debe poner en marcha el motor como sigue:

1. El piloto acciona el arranque con la llave girando a la posición START, alimentado por la batería, con lo cual se hace girar el cigüeñal y este a su vez los magnetos.
2. Una vez que comienzan a girar los magnetos, producen corriente y hacen saltar una chispa en las bujías que inflama la mezcla de aire-combustible en los cilindros.

3. En el momento que el motor comienza a girar por sus propios medios (explosiones en los cilindros), el piloto suelta la llave, la cual vuelve automáticamente a su posición BOTH quedando desactivado el sistema de arranque.

4. El motor sigue su ciclo de trabajo, con el sistema de encendido alimentado por la corriente generada por los magnetos gracias al giro del motor y la batería deja de operar.



**Figura 14.** Switch de encendido.

Fuente: (ManualVuelo, n.d.)

**OFF:** (Apagado)

**R:** (Right=Derecha) Solo el magneto derecho suministra corriente a su juego de bujías.

**L:** (Left=Izquierda) Solo el magneto izquierdo suministra corriente a su juego de bujías.

**BOTH:** (Ambos) Ambos magnetos suministran corriente a su juego correspondiente de bujías.

**START:** (Arranque) Es la posición donde se acciona el motor de arranque.

Esta autonomía de los magnetos posibilita que en vuelo el motor siga funcionando aún con el sistema eléctrico averiado o desconectado. (ManualVuelo, n.d.)

## **2.12 Tipos de sistemas de encendido**

Existen dos sistemas de encendido:

1. Por medio de una batería.
2. Por medio del uso de magnetos.

En ambos casos se produce una energía eléctrica de alta tensión que se hace pasar por un dispositivo eléctrico llamado bujía. Todos los motores de aviación llevan 2 bujías por cilindro y se conoce como doble encendido. (Redacción, 2010)

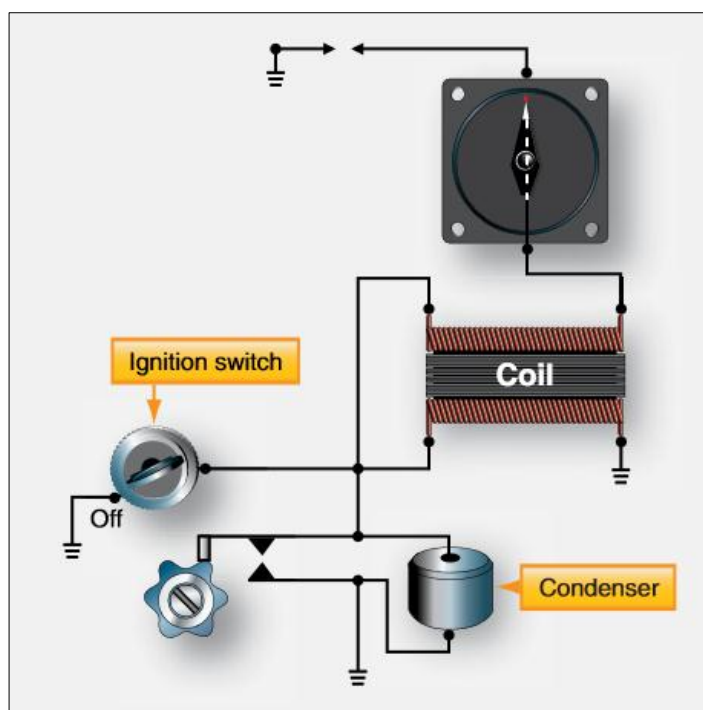
## **2.13 Componentes del sistema de encendido**

### **2.13.1 Switch o interruptor de encendido**

Todas las unidades en un sistema de encendido de una aeronave están controladas por un interruptor de encendido. El tipo de interruptor utilizado varía con la cantidad de motores en la aeronave y el tipo de magnetos utilizados. Sin embargo, todos los interruptores apagan y encienden el sistema de la misma manera. El interruptor de encendido es diferente en al menos un aspecto de todos los demás tipos de interruptores: cuando el interruptor de encendido está en la posición de apagado, un circuito se completa a través del interruptor a tierra. En otros interruptores eléctricos, la posición de apagado normalmente rompe o abre el circuito. (FAA, 2012, pp. 4-9)

*b. Conexión del interruptor de encendido*

El interruptor de encendido tiene un terminal conectado al circuito eléctrico primario entre la bobina y los puntos de contacto del interruptor. El otro terminal del interruptor está conectado a la estructura de tierra de la aeronave.



**Figura 15.** Circuito del interruptor de encendido.

Fuente: (FAA, 2012, pp. 4-10)

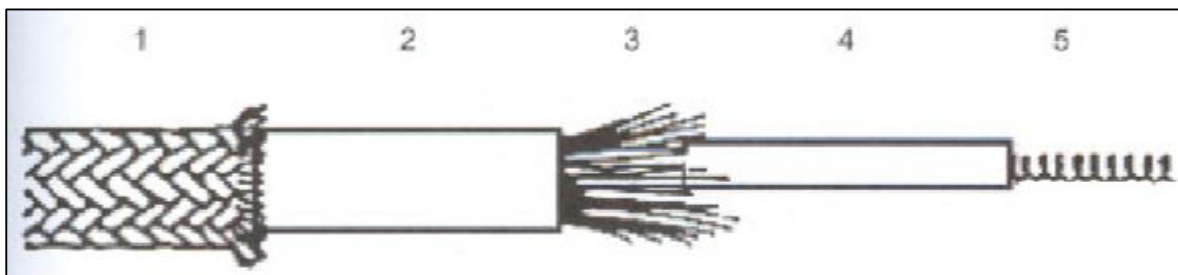
### 2.13.2 Cables de encendido de alta tensión

Los cables de encendido transportan la energía eléctrica de alta tensión desde el magneto a cada una de las bujías. Un extremo de los cables se conecta a los postes de los electrodos del distribuidor y el otro a los terminales de la bujía.

*a. Arnés de encendido*

El arnés de encendido forma un armazón de tubos de latón de acero inoxidable o de aleación de aluminio, que se sujeta de formas muy diversas a la estructura del motor. El arnés es un sistema de protección y de rutaje que conducen los cables de alta tensión desde el magneto hasta las bujías por el compartimiento del motor.

*b. Partes del cable de encendido*



**Figura 16.** Partes del cable de encendido.

Fuente: (Oñate, 1997)

1. Funda de trenzas metálicas
2. Funda impregnada en silicona
3. Tejido de fibra de vidrio
4. Aislante
5. Conductor

### 2.13.3 Bujías

La bujía es el componente que produce las chispas eléctricas en el interior de la cámara de combustión del cilindro.

#### *a. Operación*

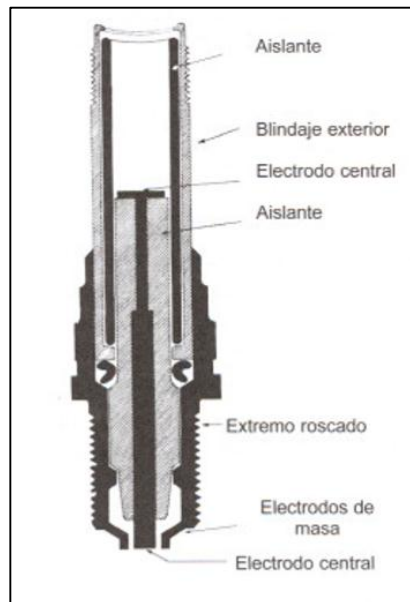
Las chispas saltan entre dos terminales eléctricos de la bujía, que están separados por una distancia pequeña y precisa. Los terminales de las bujías se denominan electrodos. Los electrodos se encuentran situados en el extremo de la bujía que se introduce en el interior del cilindro. Por tanto la chispa que salta entre los electrodos está rodeada por la mezcla de aire-combustible previamente preparada por el carburador o la inyección directa de combustible.

#### *b. Ubicación*

Las bujías se sitúan a los dos lados de cada cilindro, una en la parte superior y otra en la parte inferior del cilindro.

#### *c. Partes de la bujía*

La bujía consta de los siguientes elementos: electrodo central, electrodos de masa, extremo roscado, aislante y blindaje exterior. (Oñate, 1997)



**Figura 17.** Partes de la bujía.  
Fuente: (Oñate, 1997)

#### *d. Tipos de bujías*

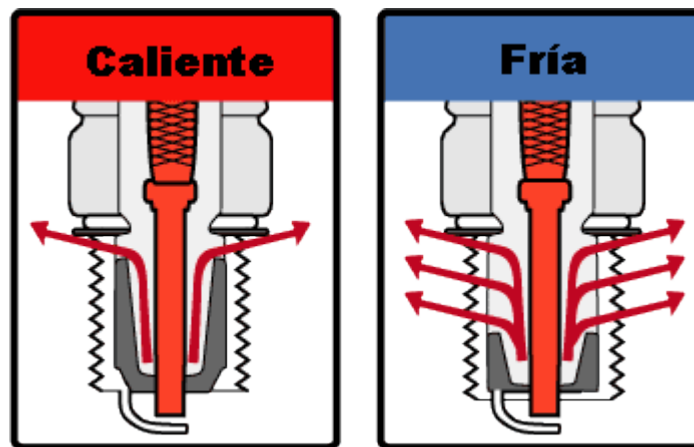
Las bujías instaladas en un motor de altas características deben disipar el calor más rápidamente que las instaladas en motores de prestaciones moderadas. De este modo, las bujías se clasifican en bujías calientes, bujías frías y bujías blindadas.

##### ➤ Bujías calientes

Se dice que la bujía es caliente cuando la trayectoria que recorre el flujo de disipación del calor es relativamente largo.

➤ Bujías frías

Se dice que la bujía es fría cuando la trayectoria que recorre el flujo de disipación del calor es relativamente corto.



**Figura 18.** Bujía caliente y fría.

Fuente: (CLASICOS, 2015)

➤ Bujías blindadas

La bujía que se emplea en los motores de aviación es la bujía blindada. Se distingue por su manguito metálico, rodeando el cuerpo aislante, que sirve para absorber la energía eléctrica radiada por el salto de la chispa, radiación que en otro caso produce interferencia en los equipos de radio. (Oñate, 1997)

### 2.13.4 Magneto

El magneto es un componente del sistema de encendido que actúa como generador de corriente alterna de alta tensión utilizado actualmente en los motores a pistón de aviación tales como Continental y Lycoming. El sistema de encendido de estos motores incorpora dos magnetos los



cuales suelen estar instalados en la parte posterior del motor y juegan un papel muy importante de sincronización con el motor para proveer una chispa a las bujías en el momento indicado.

## 2.14 Numeración de los cilindros del motor alternativo

Los cilindros del motor alternativo aeronáutico llevan un número marcado en su base justo en el block para poder identificarlos y saber su orden de encendido.

### Tabla 2.

*Numeración de los cilindros del motor Lycoming.*

#### HÉLICE

Cilindro No. 2	Cilindro No. 1
Cilindro No. 4	Cilindro No.3
Cilindro No. 6	Cilindro No. 5

## 2.15 Orden de encendido

El orden de encendido, también conocido como orden de explosión hace referencia al orden en el cual se realiza el tiempo de combustión en los cilindros, por medio de la chispa de las bujías.

### 2.15.1 Orden de encendido del motor Lycoming

Cilindro No. 1; Cilindro No. 4; Cilindro No. 5; Cilindro No. 2; Cilindro No. 3 y Cilindro No. 6

**Tabla 3.***Numeración de los cilindros del motor Continental***HÉLICE**

Cilindro No. 6	Cilindro No. 5
Cilindro No. 4	Cilindro No.3
Cilindro No. 2	Cilindro No. 1

**2.15.2 Orden de encendido del motor Continental**

Cilindro No. 1; Cilindro No. 6; Cilindro No. 3; Cilindro No. 2; Cilindro No. 5 y Cilindro No. 4

**2.16 Propósito del magneto**

Proporcionar suficiente energía eléctrica para producir una chispa de alta tensión a través de los electrodos de cada bujía en cada cilindro cuando el pistón ha alcanzado su Punto Muerto Superior. El potencial de salida del sistema debe ser adecuado para formar un arco en los electrodos de las bujías en todas las condiciones de funcionamiento.

**2.17 Funcionamiento del magneto**

Funciona según el principio de que un imán giratorio generará corriente eléctrica alterna en una bobina de alambre. Al envolver otra bobina de alambre, con muchas más vueltas, alrededor de la

bobina primaria, el voltaje puede incrementarse dramáticamente. La corriente de alto voltaje en la bobina secundaria (20,000 a 30,000 voltios) se dirige mecánicamente a la bujía apropiada cuando su pistón alcanza 20 a 24 grados antes del punto muerto superior (TDC). (Rick Durden, 2016)



**Figura 19.** Magneto de alta tensión.  
Fuente: (Rick Durden, 2016)

## **2.18 Principios de operación del magneto en el motor.**

Los sistemas de los motores están ligeramente calibrados y sincronizados entre sí para lograr con su operación y eficiencia. Al instante que se gira la llave del switch de encendido a la posición START, se envía una señal eléctrica al motor de arranque para que engrane con el volante de giro del cigüeñal del motor y éste a su vez haga girar el imán permanente de los magnetos y se produzca el encendido del motor. El magneto utiliza un imán permanente el cual es accionado por el motor, creando un campo magnético básico, el movimiento relativo del campo magnético básico genera corriente eléctrica en el cable conductor de una bobina. A medida que la corriente fluye a través de los devanados de la bobina, genera su propio campo magnético que rodea los devanados de la bobina. En el momento correcto, este flujo de corriente se detiene y el campo magnético colapsa a

través de un segundo conjunto de devanados en la bobina y se genera un alto voltaje. Este es el voltaje utilizado para atravesar el espacio de la bujía. (Federal, 2012)

## **2.19 Partes del magneto de alta tensión**

### **2.19.1 Rodamiento de bolas**

Los Rodamientos (baleros) del magneto son rodamientos de elemento rodante con elementos rodantes esféricos. Son rodamientos separables de una sola fila que cuentan con un reborde faltante en el anillo exterior. Como resultado, el rodamiento puede separarse e instalarse fácilmente. Es por esto que también los rodamientos de magneto deben instalarse en pares y pueden ajustarse uno contra otro.



*Figura 20.* Rodamiento de bolas.

Los baleros tienen solo una capacidad limitada para soportar fuerzas radiales y axiales de un lado. Por consiguiente, se usan usualmente en aplicaciones de bajo esfuerzo. Sin embargo, algunos diseños están configurados para altas velocidades. (Item, n.d.)

### 2.19.2 Imán rotatorio

El imán rotatorio esta engranado al motor y gira a medida que gira el cigüeñal. Es un imán permanente multipolar de cuatro polos que tiene sus polos de forma alterna para lograr la inducción de líneas magnéticas a través de los circuitos de la bobina.



*Figura 21.* Imán rotatorio.

### 2.19.3 Bobina

El propósito de la bobina del magneto es aumentar el voltaje inducido por el circuito magnético unas diez mil veces superando ampliamente su capacidad normal.



*Figura 22.* Bobina del magneto.

#### 2.19.4 Condensador

Un condensador es un componente eléctrico que almacena carga eléctrica en forma de diferencia de potencial para liberarla posteriormente. También se suele llamar capacitor eléctrico.



*Figura 23.* Condensador de encendido.

#### 2.19.5 Platinos o contactos de ruptura

El platino o ruptor es un contacto que corta o permite el paso de la corriente eléctrica a través de la bobina. La apertura o cierre del platino, es provocado por una leva accionada por el eje del distribuidor, con el cual está sincronizado para que la apertura de contactos y salto de chispa se produzca a cada cilindro en el momento oportuno.



*Figura 24.* Platinos del magneto.

## **2.20 Operación de los circuitos internos del magneto**

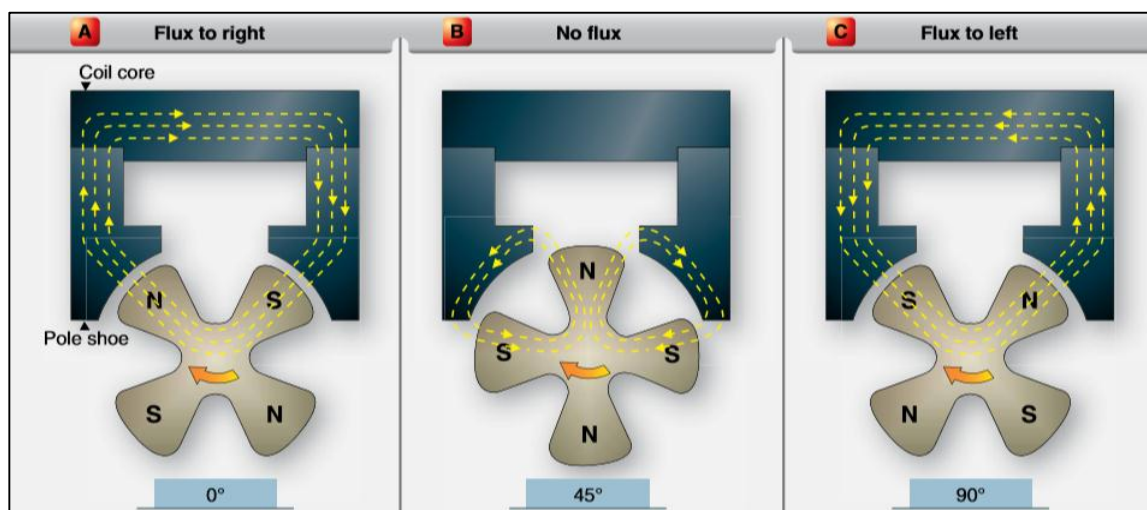
El magneto de alta tensión contiene tres circuitos internos distintos necesarios para su operación: circuito magnético, circuito eléctrico primario y circuito eléctrico secundario.

### **2.20.1 Circuito magnético**

Este circuito consta de un imán rotativo multipolar permanente, un núcleo de hierro blando y zapatas para los polos. El imán giratorio está engranado a los accesorios del motor de la aeronave y gira en el espacio entre los pole shoes, para proporcionar las líneas magnéticas de fuerza conocido como flujo magnético, necesarias para producir un voltaje eléctrico. Los polos del imán están dispuestos en polaridad alternativa para que el flujo pueda salir del polo norte a través del núcleo de la bobina y regresar al polo sur del imán.

a. Operación

1. Cuando el imán está en la posición que se muestra en la (Figura 25 – A), la cantidad de líneas de fuerzas magnéticas a través del núcleo de la bobina es máxima porque dos polos magnéticamente opuestos están perfectamente alineados con los Pole Shoe.
2. Esta posición del imán giratorio se denomina *posición de registro completo* y produce un número máximo de líneas de fuerzas magnéticas, permitiendo que el flujo se dirija en sentido horario debido a la rotación del imán y de izquierda a derecha a través del núcleo de la bobina.



**Figura 25.** Flujo magnético en tres posiciones del imán giratorio.

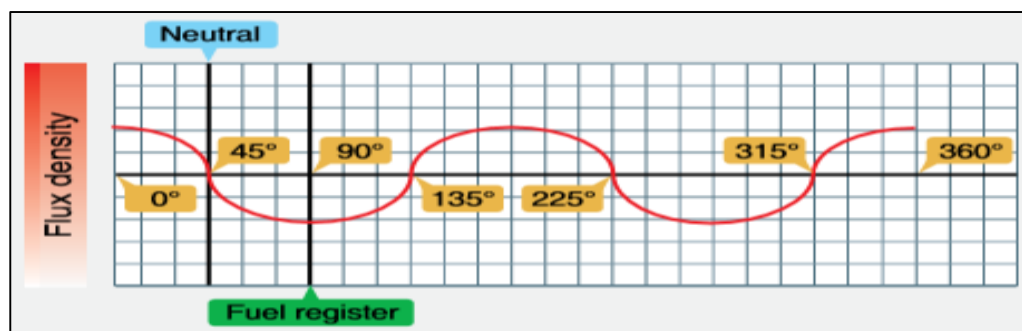
Fuente: (Federal, 2012)

3. Cuando el imán se aleja de la posición de registro completo, la cantidad de flujo que pasa a través del núcleo de la bobina comienza a disminuir. Esto ocurre porque los polos del imán se alejan de las zapatas, lo que permite que algunas líneas de flujo tomen un camino más corto a través de los extremos de los pole shoe.



4. A medida que el imán se mueve más lejos de la posición de registro completo, se cortan más líneas de flujo a través de los extremos del pole shoe.
5. Finalmente, en la posición neutral a  $45^\circ$  de la posición de registro completo, todas las líneas de flujo están en cortocircuito y no fluye a través del núcleo de la bobina (Figura 25 – B).
6. A medida que el imán se mueve desde el registro completo a la posición neutral, el número de líneas de flujo a través del núcleo de la bobina disminuye de la misma manera que el colapso gradual del flujo en el campo magnético de un electroimán ordinario.
7. La posición neutral del imán es donde uno de los polos del imán está centrado entre los pole shoe del circuito magnético.
8. A medida que el imán se mueve en el sentido de las agujas del reloj desde esta posición, las líneas de flujo que habían sido cortocircuitadas a través de los extremos del pole shoe, comienzan a fluir nuevamente a través del núcleo de la bobina, pero en sentido contrario (Figura 25 – C).
9. El flujo magnético se invierte cuando el imán se mueve de la posición neutral porque el polo norte del imán permanente giratorio está opuesto al pole shoe derecho en lugar del izquierdo.
10. Cuando el imán se mueve nuevamente un total de  $90^\circ$ , se alcanza otra posición de registro completo con un flujo máximo en la dirección opuesta.

Los 90° del recorrido del imán se analizan en la (Figura 26) donde una curva muestra cómo la densidad del flujo en el núcleo de la bobina, cambia a medida que gira el imán sin tener una bobina primaria alrededor del núcleo.



**Figura 26.** Cambio en la densidad del flujo a medida que el imán gira.

Fuente: (Federal, 2012)

*b. Descripción de la figura 26*

1. A medida que el imán se mueve desde la posición de registro completo 0°, el flujo magnético disminuye y alcanza un valor cero a medida que se mueve a la posición neutral 45°.
2. Mientras el imán se mueve a través de la posición neutral, el flujo magnético se invierte y comienza a aumentar como lo indica la curva debajo de la línea horizontal.
3. En la posición de 90°, se alcanza otra posición de flujo máximo. Por lo tanto, para una revolución de 360° del imán de cuatro polos, hay cuatro posiciones de flujo máximo, cuatro posiciones de flujo cero y cuatro inversiones de flujo.

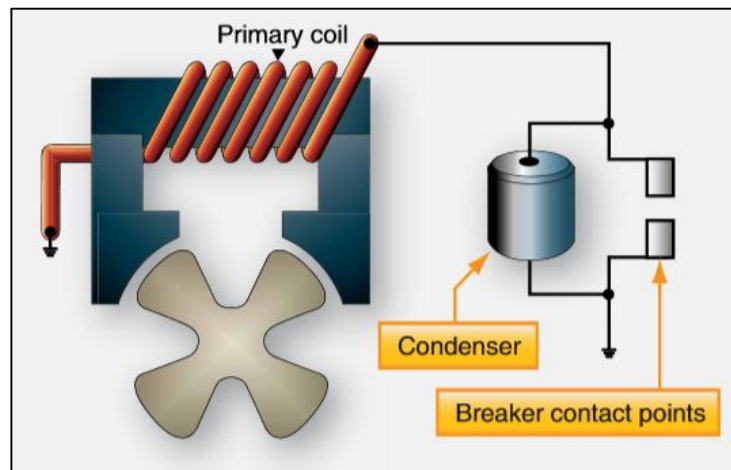
4. El circuito magnético demuestra entonces cómo el núcleo de la bobina se ve afectado por el imán giratorio, por lo tanto está sujeto a un campo magnético creciente y decreciente y a un cambio de polaridad cada  $90^\circ$  de recorrido del imán. (Federal, 2012)

### 2.20.2 Circuito eléctrico primario

Según (Federal, 2012). El circuito eléctrico primario consta de un conjunto de puntos de contacto del interruptor, un condensador y una bobina aislada (Figura 27).

La bobina está compuesta de unas pocas vueltas de alambre de cobre pesado, un extremo está conectado a tierra al núcleo de la bobina y el otro extremo al lado sin conexión a tierra de los puntos del interruptor.

El circuito primario se completa solo cuando el punto de interruptor sin conexión a tierra entra en contacto con el punto de interruptor con conexión a tierra. La tercera unidad en el circuito, el condensador, está conectada en paralelo con los puntos de interrupción.



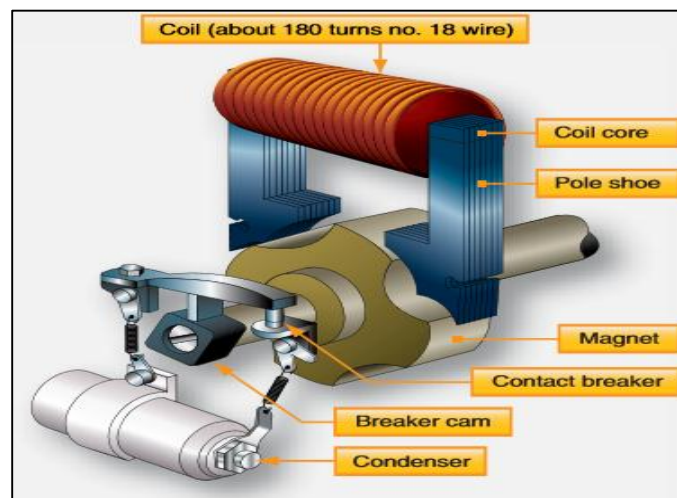
**Figura 27.** Circuito eléctrico primario.

Fuente: (Federal, 2012)

*a. Operación*

1. El interruptor primario se cierra aproximadamente en la posición de registro completo.
2. Cuando los puntos de interrupción están cerrados, el circuito eléctrico primario se completa y el imán giratorio induce el flujo de corriente en el circuito primario.
3. Este flujo de corriente genera su propio campo magnético, en una dirección tal que se opone a cualquier cambio en el flujo magnético del circuito del imán permanente.
4. Mientras la corriente inducida fluye en el circuito primario, se opone a cualquier disminución en el flujo magnético en el núcleo.
5. La corriente que fluye en el circuito primario mantiene el flujo en el núcleo a un valor alto en una dirección hasta que el imán giratorio tenga tiempo de girar a través de la posición neutral hasta un punto unos pocos grados más allá del neutral. Esta posición se llama posición E-gap (E significa eficiencia).
6. Con el rotor magnético en la posición E-gap y la bobina primaria sosteniendo el campo magnético del circuito magnético en la polaridad opuesta, se puede obtener una tasa muy alta de cambio de flujo al abrir los puntos de interruptores primarios.
7. Al abrir los puntos de interrupción se detiene el flujo de corriente en el circuito primario y permite que el rotor magnético invierta rápidamente el campo a través del núcleo de la bobina.

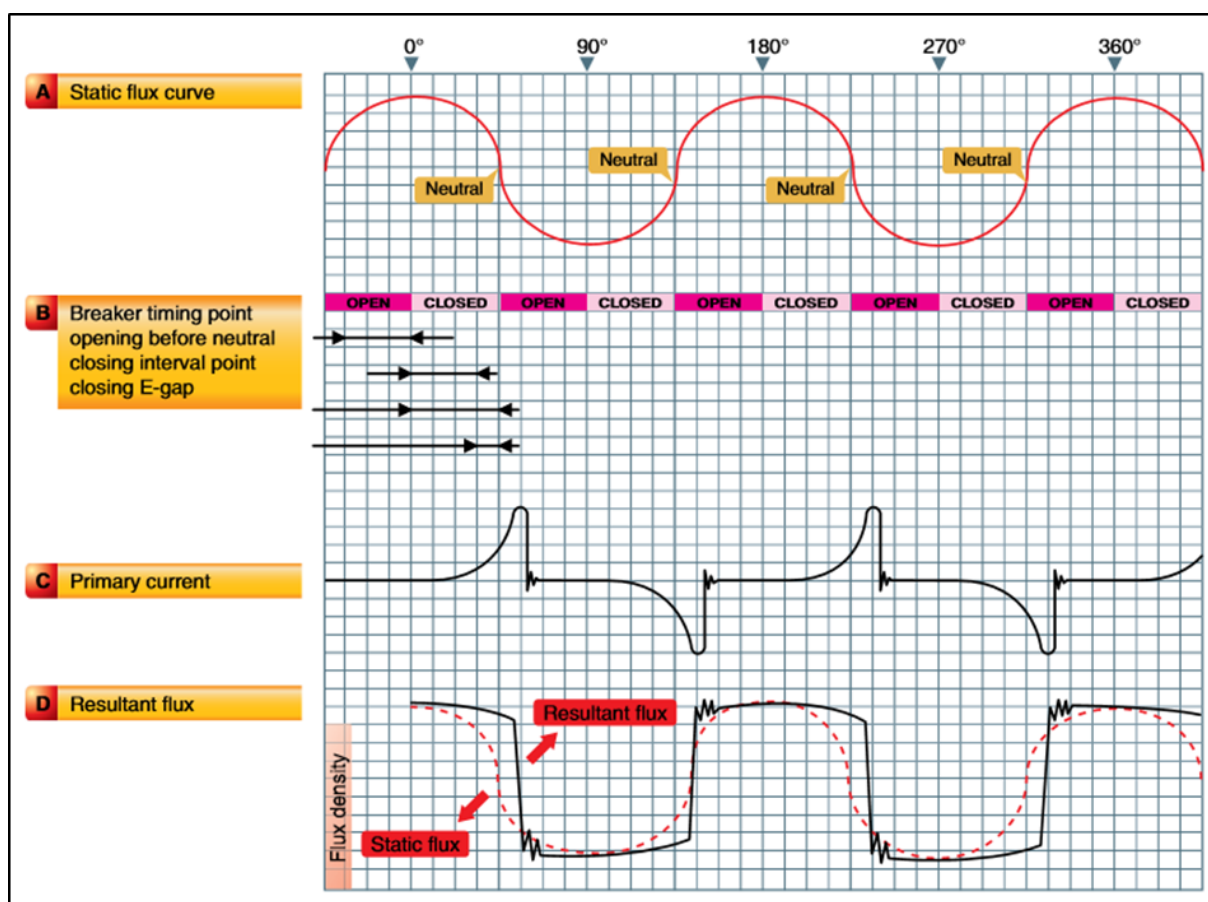
8. Ésta inversión repentina de flujo produce una alta tasa de cambio de flujo en el núcleo, que atraviesa la bobina secundaria del magneto (enrollado y aislado de la bobina primaria), induciendo el pulso de electricidad de alto voltaje en el secundario necesario para disparar una bujía.
9. A medida que el rotor continúa girando a una posición de registro aproximadamente completa, los puntos de interruptor primario se cierran nuevamente y el ciclo se repite para disparar la siguiente bujía en orden de encendido.
10. Los puntos se cierran cuando una cantidad máxima de flujo pasa a través del núcleo de la bobina y se abren en una posición después de la neutral.
11. Como hay cuatro lóbulos en la leva, los puntos de ruptura se cierran y se abren en la misma relación con cada una de las cuatro posiciones neutras del imán del rotor. Además, los intervalos de apertura y cierre de puntos son aproximadamente iguales.



**Figura 28.** Componentes del magneto alta tensión.  
Fuente: (Federal, 2012)

### 2.20.3 Análisis de la secuencia de eventos de la operación del magneto.

La secuencia de eventos ahora se puede revisar con mayor detalle para explicar cómo se produce el estado de estrés magnético extremo. Comenzando en la posición de flujo máximo marcada  $0^\circ$  en la parte superior de la (Figura 29), se produce la secuencia de eventos en los siguientes párrafos.



**Figura 29.** Curvas del flujo magnético.

Fuente: (Federal, 2012)

1. A medida que el imán gira hacia la posición neutral, la cantidad del flujo a través del núcleo comienza a disminuir, (D). Este cambio en los enlaces de flujo induce una corriente en el devanado primario, (C).

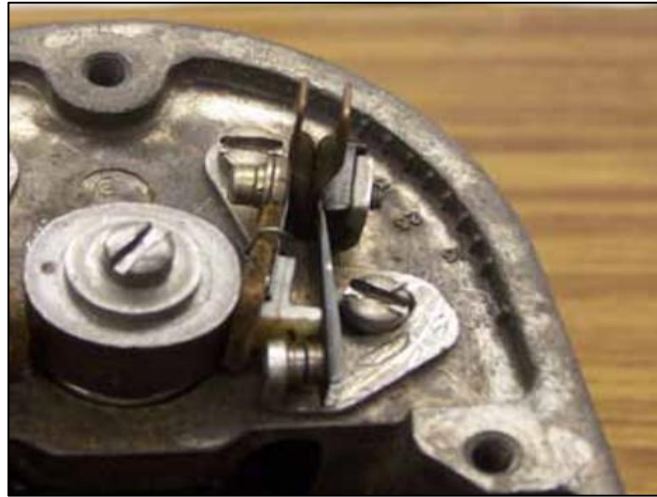
2. Esta corriente inducida crea un campo magnético propio que se opone al cambio de los enlaces de flujo que inducen la corriente.
3. Sin flujo de corriente en la bobina primaria, el flujo en el núcleo de la bobina disminuye a cero a medida que el imán se vuelve neutral y comienza a aumentar en la dirección opuesta (curva de flujo estático punteado en D). Pero, la acción electromagnética de la corriente primaria evita que el flujo cambie y mantiene temporalmente el campo en lugar de permitir que cambie (línea de flujo resultante en D).
4. Como resultado del proceso de retención, existe una tensión muy alta en el circuito magnético cuando el rotor magnético ha alcanzado la posición en la que los puntos de ruptura están a punto de abrirse.
5. Los puntos de interrupción, cuando se abren, funcionan con el condensador para interrumpir el flujo de corriente en la bobina primaria, causando un cambio extremadamente rápido en los enlaces de flujo.
6. El alto voltaje en el devanado secundario se descarga a través del espacio en la bujía para encender la mezcla de aire/combustible en el cilindro del motor.
7. Cada chispa en realidad consiste en un pico de descarga, después del cual tiene lugar una serie de pequeñas oscilaciones.
8. Continúan ocurriendo hasta que el voltaje se vuelve demasiado bajo para mantener la descarga.

9. La corriente fluye en el devanado secundario durante el tiempo que tarda la chispa en descargarse por completo.
10. La energía o el estrés en el circuito magnético se disipan por completo en el momento en que los contactos se cierran para la producción de la próxima chispa.
11. Los conjuntos de interruptores, utilizados en sistemas de ignición-magneto de alta tensión, abren y cierran automáticamente el circuito primario en el momento adecuado en relación con la posición del pistón en el cilindro en el que se suministra una chispa de ignición.
12. La interrupción del flujo de corriente primario se logra a través de un par de puntos de contacto del interruptor hechos de una aleación que resiste picaduras y quemaduras.

#### **2.20.4 Puntos de interrupción o platinos**

La mayoría de los puntos de interrupción utilizados en los sistemas de encendido de aeronaves son del tipo sin pivote en el que uno de los puntos de interrupción es móvil y el otro estacionario. En la (Figura 30) el punto de ruptura móvil unido al resorte de lámina está aislado del alojamiento del magneto y está conectado a la bobina primaria y el punto de ruptura estacionario está conectado a tierra a la carcasa del magneto para completar el circuito primario cuando los puntos están cerrados y se pueden ajustar para que los puntos se puedan abrir en el momento adecuado.



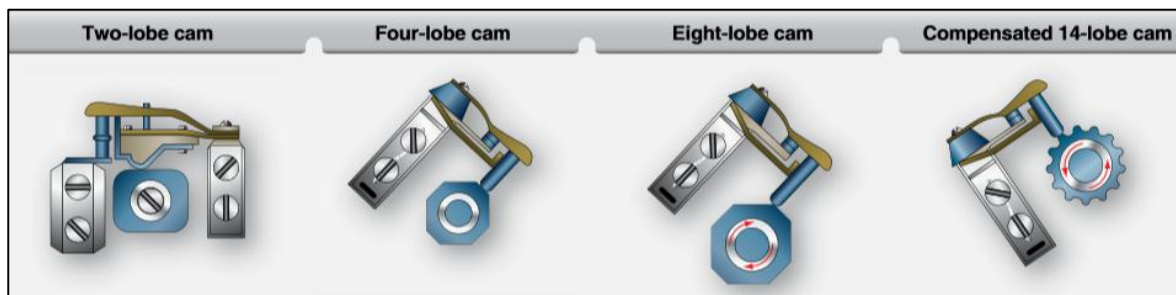


**Figura 30.** Conjunto de platinos del magneto.  
Fuente: (Federal, 2012)

*a. Operación*

1. La leva de accionamiento del interruptor puede ser conducida directamente por el eje del magneto rotatorio o a través de un tren de engranajes desde el eje del rotor. La mayoría de los motores radiales grandes usan una leva compensada que está diseñada para operar con un motor específico y tiene un lóbulo para que cada cilindro sea disparado por el magneto.
2. Los lóbulos de la leva se muelen a máquina a intervalos desiguales para compensar la trayectoria elíptica de las bielas articuladas.
3. Esta trayectoria hace que la posición del punto muerto superior del pistón varíe de un cilindro a otro con respecto a la rotación del cigüeñal. En la (Figura 9) se muestra una cámara compensada de 14 lóbulos, junto con una cámara no compensada de dos, cuatro y ocho lóbulos.

4. La separación desigual de los lóbulos de las levas compensadas, aunque proporciona la misma posición relativa del pistón para que se produzca la ignición, provoca una ligera variación de la posición del E-gap del imán giratorio y, por lo tanto, una ligera variación en los impulsos de alta tensión generados por el magneto.
5. Dado que el espacio entre cada lóbulo se adapta a un cilindro particular de un motor particular, las levas compensadas se marcan para mostrar la serie del motor, la ubicación de las barras maestras, el lóbulo utilizado para la sincronización del magneto, la dirección de rotación de la leva y la especificación E-gap en grados más allá del neutro de la rotación del imán.
6. Además de estas marcas, se corta un escalón a través de la cara de la leva, que, cuando se alinea con las marcas marcadas en la carcasa del magneto, coloca el imán giratorio en la posición E-gap para el cilindro de sincronización.
7. Dado que los puntos de ruptura deberían comenzar a abrirse cuando el imán giratorio se mueve a la posición E-gap, la alineación del escalón en la leva con las marcas en la carcasa proporciona un método rápido y fácil de establecer la posición exacta de E-gap para verificar y ajustar los puntos de ruptura. (Federal, 2012)



**Figura 31.** Tipos de conjuntos de interruptores.

Fuente: (Federal, 2012)

### 2.20.5 Operación del circuito eléctrico secundario

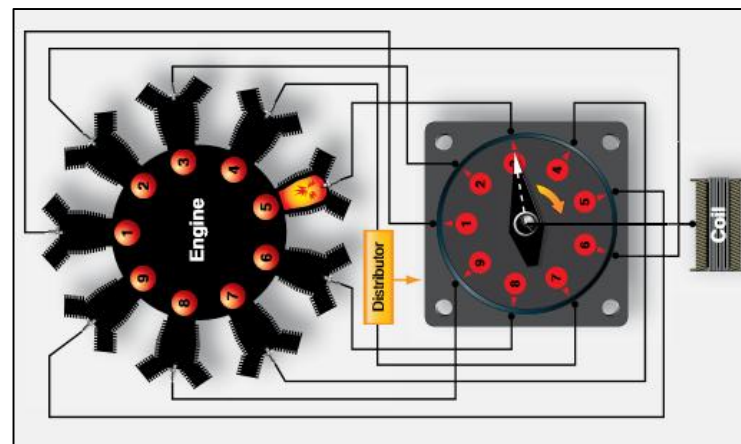
El circuito secundario está compuesto por los devanados secundarios de la bobina, el rotor del distribuidor, la tapa del distribuidor, el cable de encendido y la bujía. La bobina secundaria está formada por un devanado que contiene aproximadamente 13,000 vueltas de alambre fino y aislado; uno de los cuales está conectado a tierra a la bobina primaria o al núcleo de la bobina y el otro extremo está conectado al rotor del distribuidor. Las bobinas primaria y secundaria están encerradas en un material no conductor. Todo el conjunto se sujeta a las zapatas con tornillos y abrazaderas.

#### *a. Operación.*

1. Cuando el circuito primario está cerrado, el flujo de corriente a través de la bobina primaria produce líneas de fuerza magnéticas que atraviesan los devanados secundarios, induciendo una fuerza electromotriz.
2. Cuando se detiene el flujo de corriente del circuito primario, el campo magnético que rodea los devanados primarios se colapsa, lo que hace que los devanados secundarios sean cortados por las líneas de fuerza.

3. La fuerza del voltaje inducido en los devanados secundarios, cuando todos los demás factores son constantes, está determinada por el número de vueltas de cable.
4. Como la mayoría de los magnetos de alta tensión tienen miles de vueltas de cable en los devanados de la bobina secundaria, se genera un voltaje muy alto, a menudo tan alto como 20,000 voltios, en el circuito secundario.
5. El alto voltaje inducido en la bobina secundaria se dirige al distribuidor, que consta de dos partes: giratoria y estacionaria.
6. La parte giratoria se llama rotor distribuidor y la parte estacionaria se llama bloque distribuidor.
7. La parte giratoria, que puede tomar la forma de un disco, tambor o dedo, está hecha de un material no conductor con un conductor incrustado.
8. La parte estacionaria consiste en un bloque también hecho de material no conductor que contiene terminales y receptáculos terminales en los que se conecta el cableado del cable de encendido que conecta el distribuidor a la bujía.
9. Este alto voltaje se usa para saltar el espacio de aire de los electrodos de la bujía en el cilindro para encender la mezcla de aire/combustible.
10. A medida que el imán se mueve a la posición E-gap para el cilindro No. 1 y los puntos del interruptor se separan o abren, el rotor del distribuidor se alinea con el electrodo No. 1 en el bloque del distribuidor.

11. El voltaje secundario inducido cuando los puntos de ruptura se abren ingresa al rotor donde forma un pequeño espacio de aire para el electrodo No. 1 en el bloque.
12. Como el distribuidor gira a la mitad de la velocidad del cigüeñal en todos los motores de ciclo de cuatro tiempos, el bloque distribuidor tiene tantos electrodos como cilindros de motor, o tantos electrodos como cilindros servidos por el magneto.
13. Los electrodos se ubican circunferencialmente alrededor del bloque distribuidor de modo que, cuando el rotor gira, se completa un circuito a un cilindro y a una bujía diferente cada vez que hay una alineación entre el dedo del rotor y un electrodo en el bloque distribuidor.
14. Los electrodos del bloque distribuidor están numerados consecutivamente en la dirección del recorrido del rotor del distribuidor, (Figura 32).



**Figura 32.** Conexión del distribuidor y los cilindros.

Fuente: (Federal, 2012)

Los números del distribuidor representan el orden de encendido del magneto y están conectados según el orden de encendido de los cilindros del motor. El electrodo del distribuidor marcado con

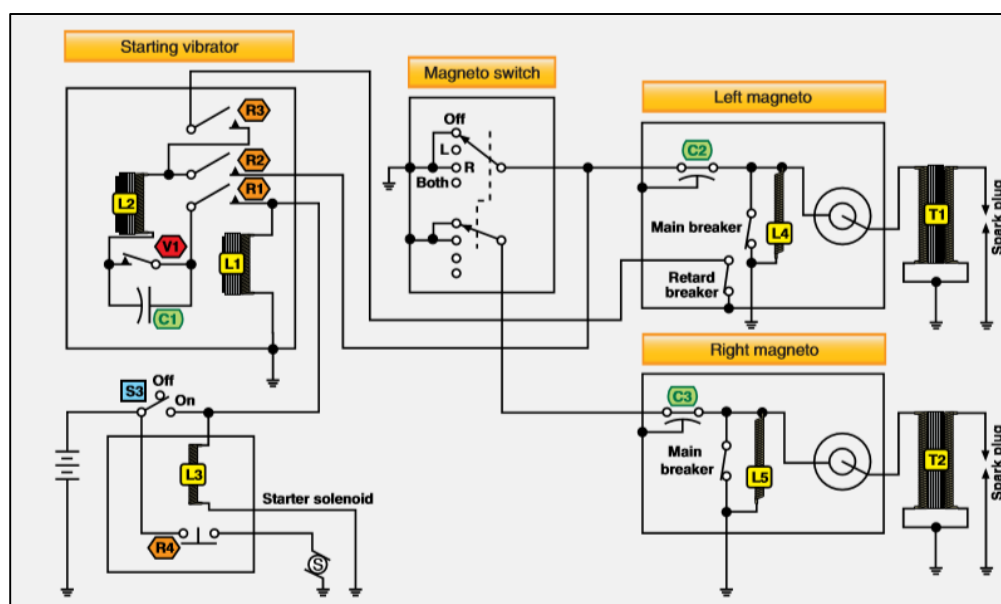
"1" está conectado a la bujía del cilindro No. 1; el electrodo del distribuidor marcado con "2" está conectado al segundo cilindro que se disparará de acuerdo al orden de encendido del motor; el electrodo del distribuidor marcado con "3" conectado al tercer cilindro que se disparará, y así sucesivamente.

En la (Figura 32), el dedo del rotor del distribuidor está alineado con el electrodo del distribuidor marcado con "3", que dispara el cilindro No. 5 de un motor radial de nueve cilindros. Dado que el orden de encendido de un motor radial de nueve cilindros es 1-3-5-7-9-2-4-6-8, el tercer electrodo en el orden de encendido de magneto sirve al cilindro No. 5. En el caso de motores de seis cilindros y de cuatro cilindros consultar el orden de encendido en el manual del fabricante respectivo. (Federal, 2012)

## **2.21 Magneto de baja tensión**

Electrónicamente, el sistema de baja tensión es diferente del sistema de alta tensión. En el sistema de baja tensión, se genera bajo voltaje en la magneto y fluye hacia el devanado primario de una bobina transformadora ubicada cerca de la bujía. Allí, el voltaje aumenta a alto por la acción del transformador y se conduce a la bujía por cables muy cortos de alta tensión. El sistema de baja tensión prácticamente elimina las descargas repentinas tanto en el distribuidor como en el arnés porque los espacios de aire dentro del distribuidor se han eliminado mediante el uso de un distribuidor tipo cepillo, y el alto voltaje está presente solo en cables cortos entre el transformador y la bujía.

Aunque una cierta cantidad de fuga eléctrica es característica de todos los sistemas de encendido, es más pronunciada en las instalaciones con protección de radio porque el conducto de metal está a potencial de tierra y cerca de los cables de encendido en toda su longitud. Sin embargo, en los sistemas de baja tensión, esta fuga se reduce considerablemente porque la corriente en la mayor parte del sistema se transmite a un potencial de bajo voltaje. Aunque los cables entre las bobinas del transformador y las bujías de un sistema de encendido de baja tensión son cortos, son conductores de alta tensión, y están sujetos a las mismas fallas que ocurren en los sistemas de alta tensión. Los sistemas de ignición de baja tensión tienen un uso limitado en las aeronaves modernas debido a los excelentes materiales y blindaje disponibles para construir cables de ignición de alta tensión y el costo adicional de una bobina para cada bujía con el sistema de baja tensión. (Federal, 2012)



**Figura 33.** Esquema simplificado del sistema de encendido de baja tensión.

Fuente: (Federal, 2012)

## 2.22 Según su constitución

### 2.22.1 Magneto simple

Las magnetos de sistema de alta tensión utilizados en motores de aeronaves son magnetos de tipo simple o doble. El diseño de magneto simple, incorpora el distribuidor en la carcasa con el conjunto del interruptor magneto, el imán giratorio y la bobina, para tener una noción mas clara la magneto de tipo simple, es el que consta de un solo distribuidor.

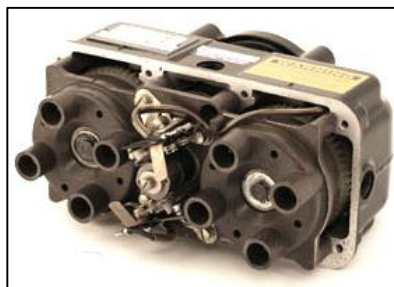


**Figura 34.** Magneto simple.

Fuente: (Cluzel, n.d.)

### 2.22.2 Dual magneto

El dual magneto o magneto doble, incorpora dos magnetos contenidos en una sola carcasa. Un imán giratorio y una leva son comunes a dos conjuntos de puntos de corte y bobinas, dos unidades distribuidoras separadas están montadas en la magneto del tipo doble.



**Figura 35.** Dual magneto.

Fuente: (Cluzel, n.d.)



## CAPÍTULO III

### 3. DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1 Preliminares

Este capítulo detalla todos los procedimientos que se realizó específicamente durante la inspección de 500 horas de los magnetos bendix serial 1200. Empezando por los procedimientos de remoción del magneto desde el motor Lycoming O-540-A4E5. Luego se procede a la inspección interna del magneto siguiendo todos los parámetros en el manual correspondiente, seguidamente se instala el magneto en el motor siguiendo las instrucciones de instalación en el manual y finalmente se comprueba su funcionamiento procediendo a encender el motor.

Este proyecto tiene como objetivo aportar con un motor alternativo de aviación con todos sus sistemas operativos como material de apoyo y con fines de instrucción a la Unidad de Gestión de Tecnologías para que los estudiantes de Mecánica Aeronáutica tengan acceso al mismo por medio de los docentes y adquieran los conocimientos necesarios para realizar las tareas de mantenimiento e inspección de los sistemas de estos motores.

Cabe recalcar que este motor que se adquirió está fuera del TBO (Time Between Overhaul) es decir, que ya cumplió sus tiempos de Overhaul y que ya no volverá a ser instalado en una aeronave debido a que no garantiza la aeronavegabilidad ni la seguridad del vuelo de las aeronaves. Sólo servirá para fines de instrucción del estudiante, para que tenga conocimientos generales acerca del sistema de encendido de los motores alternativos de aviación.

Para realizar cualquier tipo de mantenimiento y overhaul en los sistemas de estos motores que estén en operación, la persona que lo vaya a realizar debe tener una licencia de mecánico aeronáutico con sus debidas certificaciones y habilitaciones otorgadas por una institución certificada por la aeronáutica civil de cualquier país en gestión. De éste modo el mecánico aeronáutico se hace responsable de la aeronavegabilidad del componente, motor o hélice.



*Figura 36.* Motor Lycoming O-540-A4E5.

### **3.2 Inspección de 500 horas**

Para realizar la inspección de 500 horas del magneto, se procede primero a remover el magneto desde el motor. Para remover el magneto desde el motor, nos basamos en el manual de mantenimiento del motor Lycoming O-540-A4E5, 74-30. Magneto Maintenance. (ANEXO B)

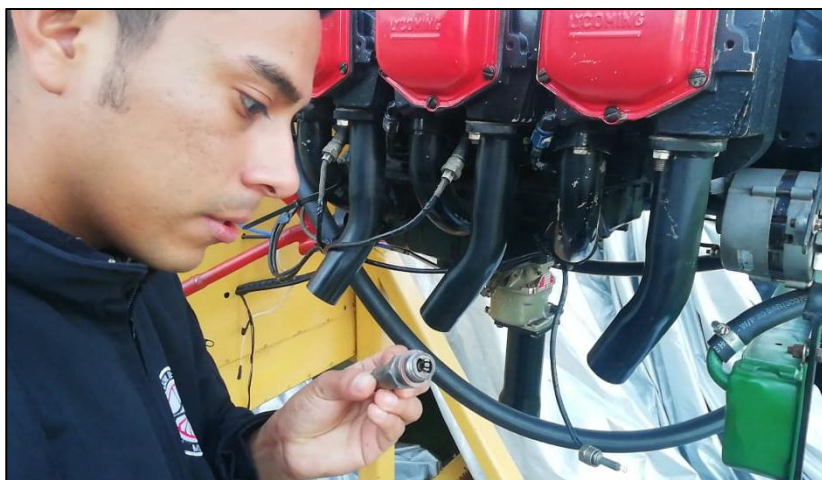
### 3.3 Remoción del magneto del motor

- a. Antes de empezar con esta tarea, asegúrese de que el motor no esté energizado y que el master switch esté en OFF.



*Figura 37.* Master switch.

- b. Retire la bujía del cilindro No. 1



*Figura 38.* Remoción de la bujía.

- c. Coloque el pistón del cilindro No. 1 en el punto muerto superior haciendo girar la hélice en el sentido de rotación normal.



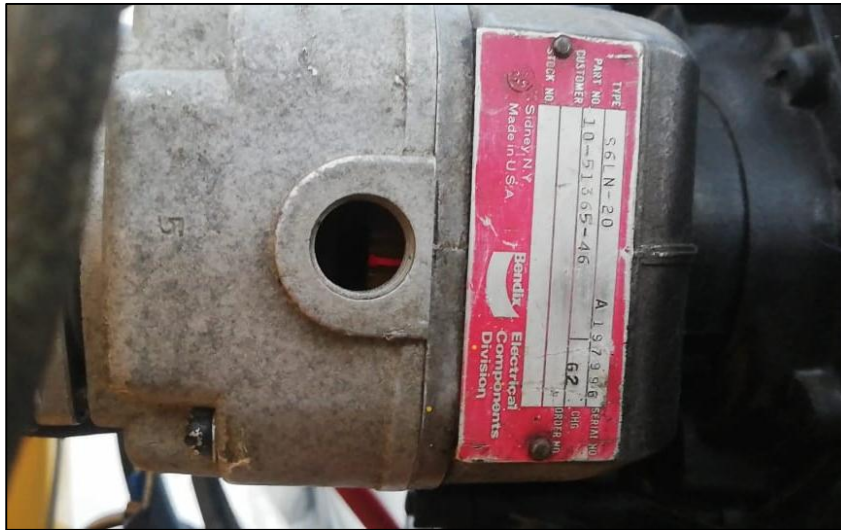
**Figura 39.** Punto muerto superior del cilindro No.1

- d. Alinear la marca de sincronización de 20 grados en la cara frontal de la corona dentada del motor con el orificio pequeño situado a las dos en punto en la cara frontal de la carcasa del motor de arranque.



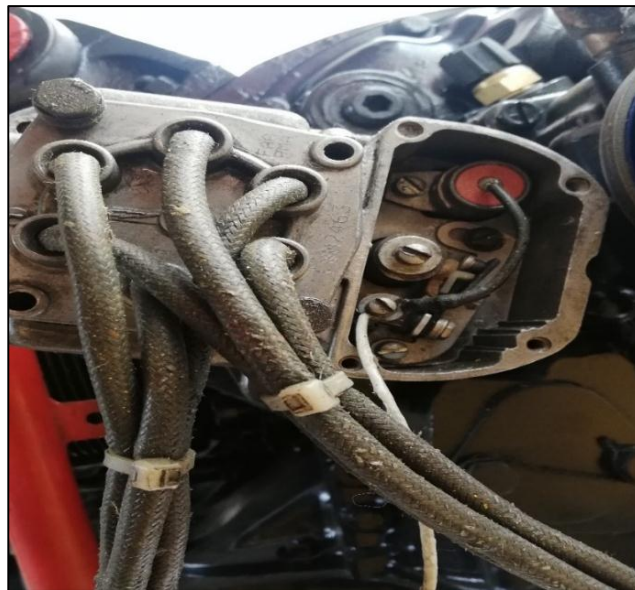
**Figura 40.** Marca de sincronización 20 grados.

- e. Verificar que la marca roja del engranaje del magneto esté alineada con el orificio de la carcasa.



*Figura 41.* Marca del engranaje del magneto.

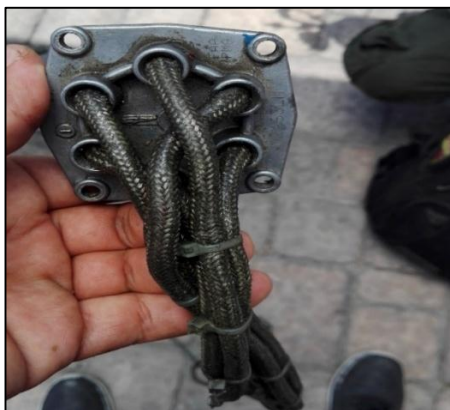
- f. Desconecte el cable que conecta el switch de encendido al condensador del magneto.



*Figura 42.* Maneto LH del motor.



- g. Desconecte el arnés de encendido del magneto. (ANEXO A)



*Figura 43.* Arnés de encendido.

- h. Sujete el magneto y retire las 2 tuercas, arandelas y abrazaderas que aseguran el magneto al motor.

**NOTA:** Para evitar que cualquier contaminante ingrese al orificio del accesorio del magneto, cubra el orificio con un material adecuado mientras se retira el magneto del motor.

- i. Retire el magneto y la junta.
- j. Retire el cojín de transmisión y el conjunto de engranajes de la almohadilla de transmisión.



*Figura 44.* Almohadilla de transmisión.

**CAUTION:** CUANDO SE RETIRE EL MAGNETO SE DEBE TENER MUCHO CUIDADO PARA EVITAR QUE CUALQUIER OBJETO EXTRAÑO INGRESE AL MOTOR A TRAVÉS DEL AGUJERO DEL ACCESORIO DEL MAGNETO.

### 3.4 Procedimiento de inspección del magneto

Se realizó la inspección del magneto procediendo a desarmar sus partes como se muestra en el (ANEXO C)

#### 3.4.1 Inspección del bloque distribuidor

Se verificó visualmente que el bloque del distribuidor no tenga grietas u otros daños físicos. Asegurandonos de que las superficies estén libres de aceite y polvo. (ANEXO D)



*Figura 45.* Bloque distribuidor.

### 3.4.2 Inspección del conjunto de engranaje del distribuidor

Se procede a limpiar el engranaje y el eje del distribuidor de residuos de aceite y otros contaminantes, luego se verifica que no tenga daños estructurales o desgaste inusual. (ANEXO E)



*Figura 46.* Conjunto de engranaje.

### 3.4.3 Inspección de la escobilla de carbón

Se verificó que la escobilla de carbón no esté desgastada y que su diámetro y longitud sea uniforme. Hay que medir la longitud de la escobilla de carbón según el manual, La longitud total será de 0.375 in como mínimo. (ANEXO F)



*Figura 47.* Escobilla de carbón.



### 3.4.4 Inspección de la carcasa del magneto

Verifique que la carcasa no tenga daños estructurales y limpie con un paño seco y sin pelusas.

### 3.4.5 Inspección de la bobina

Limpie las contaminaciones de las superficies accesibles de la bobina y realice la inspección según el (ANEXO G)



*Figura 48.* Bobina del magneto.

### 3.4.6 Ensamble el bloque distribuidor

Ensamble el bloque distribuidor junto con el engranaje dentro de la carcasa como se muestra en el (ANEXO H)

### 3.4.7 Inspección de los platinos

Examine los puntos de contacto por desgaste excesivo o quemaduras. Los conjuntos de contacto con puntos que están muy picados o quemados deben desecharse. (ANEXO I)



*Figura 49.* Platinos del magneto.

### 3.4.8 Inspección del condensador.

Se verificó que el condensador esté ajustado en la carcasa y que no haya evidencia de roces de plomo, aislamiento deshilachado o cables expuestos que puedan entrar en contacto con el marco. También se verificó que el cable del condensador no esté torcido y que el condensador no tenga signos de corrosión. Se debe limpiar según sea necesario con aire comprimido limpio y seco. (ANEXO J)



*Figura 50.* Condensador del magneto.

### 3.5 Instalación del magneto en el motor.

1. Remueva la bujía del cilindro No. 1



*Figura 51.* Remoción de la bujía del cilindro No. 1

2. Coloque un tapón adecuado en el orificio de la bujía.



*Figura 52.* Colocar un tapón adecuado en el orificio de la bujía.

3. Gire el cigüeñal en la dirección de rotación normal hasta que se indique la carrera de compresión sintiendo la presión de empuje en el orificio de la bujía.



**Figura 53.** Girando el cigüeñal a través de la hélice.

Continúe girando el cigüeñal hasta que la marca de sincronización 20 grados en la cara frontal de la corona dentada del motor esté alineada con el orificio pequeño en la posición de las dos en punto en la cara frontal de la carcasa del motor de arranque.



**Figura 54.** Marca de sincronización 20 grados.

4. Instale el magneto con las dos abrazaderas, las dos tuercas y las dos arandelas de seguridad.

(ANEXO K)



**Figura 55.** Instalación del magneto en el motor

## CAPÍTULO IV

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 Conclusiones

- La información técnica de los magnetos marca Bendix Serial – 1200 cuentan con todos los procedimientos para realizar una inspección de 500 horas de manera satisfactoria.
- La inspección de 500 horas de los magnetos marca Bendix Serial – 1200 se ejecutó de una manera muy cuidadosa siguiendo todos los parametros en el manual de Mantenimiento y Overhaul L-1363F.
- El funcionamiento de los magnetos marca Bendix Serial – 1200 se comprobó con el encendido del motor Lycoming O-540-A4E5, dando buenos resultados de operación en relantí y RPM consideradas.

#### 4.2 Recomendaciones

- Para buscar información técnica de los magnetos, acuda a la tarjeta de datos técnicos del componente, esto le ayudará a buscar de manera precisa por medio del internet publicaciones de manuales de mantenimiento y overhaul.
- Para realizar la inspección de 500 horas de los magnetos, previamente entérese en el manual de todas las herramientas especiales que debe utilizar y alístelas para que de esa forma no tenga inconvenientes durante la inspección.
- Para comprobar el funcionamiento del componente siga todas las instrucciones de encendido del motor y asegúrese de que todo este bajo los parámetros de operación del componente, de lo contrario corte la mezcla y apague el motor.



## GLOSARIO

### A

**Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

**Altitud de Vuelo:** Distancia vertical de la aeronave respecto al nivel del mar.

**Aeronavegabilidad:** Es la aptitud técnica y legal que deben tener todas las aeronaves y componentes de aeronave de manera que garantiza la seguridad de operación en vuelo.

### C

**Cámara de combustión:** Es el lugar en donde se produce la combustión en el motor de la mezcla aire combustible.

**Certificado tipo:** Es el certificado básico de diseño para aeronave, motor y hélice que establece el diseño tipo como: planos y especificaciones, dimensiones etc.

**Conjunto:** Todo aquello que está constituido de: Subconjuntos, partes, componentes y otros materiales que una vez montados dan origen a una aeronave. Incluyen también diseños institucionales de fabricación y montaje, manual de vuelo, lista de equipos, condición de peso y balance, otros datos técnicos y documentos requeridos para la construcción y operación de una aeronave.

**Corrosión:** Es una reacción química producto de la unión del metal con el oxígeno, causando un alto impacto electroquímico de carácter oxidativo.

### D

**Decoloración:** Eliminación de los pigmentos naturales y de los productos colorantes de un componente.

**Degradación:** Es una reacción química que consiste en romper uno o varios enlaces en el interior de una molécula, dividiéndose en otras más pequeñas.

**Derrame:** Porción de producto líquido o sólido que se pierde por defecto o rotura, o mal manejo del envase.

**Desarrollo:** Etapas previas a la concreción de un determinado producto. Incluye estudio, diseño, cálculo y ensayos.

## E

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

**Estado de Diseño:** El Estado que tiene jurisdicción sobre la entidad responsable del montaje final de la aeronave.

**Estado de Fabricación:** El Estado que tiene jurisdicción sobre la entidad responsable del montaje final de la aeronave.

## H

**Habilitación:** Autorización inscrita en una licencia o asociada con ella, y de la cual forma parte, en la que se especifican condiciones especiales, atribuciones o restricciones referentes a dicha licencia.

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



**I**

**Inspección:** Examen o reconocimiento para comprobar el estado de algún componente.

**Instalación:** Se refiere a una estructura que puede variar en tamaño y que está dispuesta a cumplir un objetivo específico.

**Instrumento:** Componente que utiliza un mecanismo interno para mostrar visual o auditivamente la actitud, altura y operación de una aeronave o una parte de la misma. Esto incluye dispositivos electrónicos para controlar automáticamente a una aeronave en vuelo, (piloto automático).

**M**

**Mantenimiento:** Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de componentes, modificación o rectificación de defectos.

**Modificación:** Cambio en una aeronave o componentes de ella aprobados por el fabricante, con objeto de introducir mejoras o actualizarla de acuerdo al desarrollo técnico aeronáutico.

**R**

**Rozaduras:** Marca dejada sobre una superficie por un roce.

**Requisitos:** Condiciones por las cuales se certifica un producto.

**V**

**Vibración:** Movimiento oscilatorio de una partícula o de un cuerpo que genera alrededor de su posición central o de equilibrio.

## ABREVIATURAS

**ATC:** Air Traffic Control (controlador de tráfico aéreo)

**AC:** Circular de aviso

**IFR:** Instrument Flight Rules (reglas de vuelo instrumental)

**DME:** Distance Measure Equipment (equipo medidor de distancia)

**APU:** Auxilliary Power Unit (unidad de potencia auxiliar)

**GPS:** Global Position System (sistema de localización universal)

**DGAC:** Dirección General de Aviación Civil

**EPP:** Equipos de Protección Personal

**ADF:** Automatic Direccional Finder( buscador de dirección automático)

**A&P:** Aircraft and Powerplant (motor y planeador)

**EGT:** Exhaust Gas Temperature(temperatura de gases de escape)

**CHT:** Cylinder Head Temperature (temperatura de la cabeza del cilindro)

**RPM:** Revoluciones Por Minuto

**AMM:** Aircraft Maintenace Manual (manual de mantenimiento de la aeronave)

**TC:** Type Certificate (certificado tipo)

**STC:** Supplemental Type Certificate (certificado tipo suplementario)

**S/B:** Service Bulletin (boletín de servicio)

**A/D:** Directiva de Aeronavegabilidad

**VHF:** Very High Frequency( muy alta frecuencia)

**IAS:** Indicated Airspeed (velocidad aérea indicada)

**ICAO:** International Civil Aeronautical Organization (Organización Aeronáutica Civil Internacional)

**FAA:** Federal Aviation Administration (administración federal de aviación civil).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AeroEXPO. (n.d.). *Lycoming*. Retrieved Enero 18, 2020 from MOTOR DE ÉMBOLO PARA HELICÓPTERO / 100 - 300 CABALLOS / + 300 CHABALLOS / 100 - 300 KG: [https://www.aeroexpo.online/es/prod/lycoming-engines/product-171397-1039.html#product-item\\_1048](https://www.aeroexpo.online/es/prod/lycoming-engines/product-171397-1039.html#product-item_1048)
- Aerospace, C. (n.d.). *Continental 470 Series AvGas Engine*. Retrieved Enero 20, 2020 from Continental 470 Series AvGas Engine: <http://www.continentalmotors.aero/engines/400.aspx>
- CESDA. (2012, 06 21). *motores LYCOMING, referentes en la aviación*. Retrieved Enero 18, 2020 from <http://blog.cesda.com/2012/06/21/los-motores-lycoming-referentes-en-la-aviacion>
- CLASICOS, F. (2015, 12 17). *El grado térmico de las bujía - su importancia*. Retrieved Enero 24, 2020 from <https://fierrosclasicos.com/el-grado-termico-de-las-bujia-su-importancia/>
- Cluzel, L. (n.d.). *Quality Aircraft Accessories*. Retrieved Enero 17, 2020 from Types of Aircraft Magnetos: <https://www.qaa.com/aircraft-magnetos>
- colaboradores de Wikipedia. (2018, Noviembre 24). *Wikipedia, La enciclopedia libre*. Retrieved Enero 24, 2020 from Wikipedia, La enciclopedia libre.: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Magneto\\_\(ignici%C3%B3n\)&oldid=112226558](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Magneto_(ignici%C3%B3n)&oldid=112226558)
- Coyure, R. (2017, 04 05). *SlideShare*. Retrieved Enero 22, 2020 from Motores de aviación 3: <https://www.slideshare.net/RicardoCoyureTito/motores-de-aviacin-3>
- Dani meganeboy. (2014). *Sistemas de encendido*. Retrieved Enero 25, 2020 from Sistemas de encendido: <http://www.aficionadosalamecanica.net/encendido-magneto.htm>
- EcuRed. (2010, 12 13). *Cessna*. Retrieved Enero 17, 2020 from Cessna: <https://www.ecured.cu/Cessna>
- FAA. (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook - Powerplant, Volume 1*. United States: U.S. Department of Transportation.
- Federal, A. A. (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook–Powerplant, Volume 1*. United States: Kindle.

- Item. (n.d.). *Item*. Retrieved Enero 24, 2020 from Rodamiento de magneto: <https://glossar.item24.com/es/indice-de-glosario/articulo/item//rodamiento-de-magneto-1.html>
- Lycoming. (2006). *Operator's Manual O-540, IO-540 Series*. Kansas: Williamsport, PA. 17701 U.S.A.
- Lycoming. (n.d.). *Historia*. Retrieved Enero 17, 2020 from Historia de Lycoming: <https://www.lycoming.com/history>
- ManualVuelo. (n.d.). *Sistemas Funcionales*. Retrieved Enero 06, 2020 from Sistema de encendido: <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF35.html>
- Manualvuelo. (n.d.). *SISTEMAS FUNCIONALES - COMBUSTIBLE*. Retrieved Enero 21, 2020 from <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF36.html>
- Mendez, E. (2011, 02 25). *Sistemas de la aeronave*. Retrieved Enero 22, 2020 from Sistema de enfriamiento: <http://sistemasdelaaeronave.blogspot.com/2011/02/sistema-de-enfriamineto.html>
- Oñate, E. (1997). *Conocimientos del avión*. Paraninfo.
- Pascual Santos López. (2011, Enero). *Sistema de encendido para motores de aviación*. Retrieved Enero 30, 2020 from Sistema de encendido para motores de aviación: [https://www.researchgate.net/publication/307576062\\_Sistema\\_de\\_encendido\\_para\\_motores\\_de\\_aviacion\\_-\\_Ignition\\_system\\_for\\_aviation\\_engines](https://www.researchgate.net/publication/307576062_Sistema_de_encendido_para_motores_de_aviacion_-_Ignition_system_for_aviation_engines)
- Redacción. (2010, 02 14). *ASOC. PASIÓN POR VOLAR*. Retrieved Enero 23, 2020 from Sistema de encendido-magnetos: <http://www.pasionporvolar.com/sistema-de-encendido-magnetos/>
- RedGiga. (n.d.). *MOTORGIGA*. Retrieved Diciembre 15, 2019 from MOTORGIGA: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/magneto-definicion-significado/gmx-niv15-con194721.htm>
- Rick Durden. (2016, Abril 20). *The aviation consumer*. Retrieved Enero 23, 2020 from The aviation consumer: <https://www.aviationconsumer.com/maintenance/magneto-upkeep-not-worth-overhauling/>
- ToB. (2012, 12 21). *Blog Motores Sistemas*. Retrieved Enero 14, 2020 from ¿Cómo funciona un motor alternativo? Motor a pistón.: <http://www.takeoffbriefing.com/category/motores/page/2/>

VeryBadGirl. (2013, 02 12). *TARINGA*. Retrieved Enero 15, 2020 from Motores aeronáuticos (parte 2) - Motor en línea: [https://www.taringa.net/+apuntes\\_y\\_monografias/motores-aeronauticos-parte-2-motor-en-linea\\_i511b](https://www.taringa.net/+apuntes_y_monografias/motores-aeronauticos-parte-2-motor-en-linea_i511b)

Wikipedia. (n.d.). *Continental Motors, Inc. - Continental Motors, Inc.* Retrieved Enero 19, 2020 from Continental Motors, Inc. - Continental Motors, Inc.: [https://es.qwe.wiki/wiki/Continental\\_Motors,\\_Inc.?ddexp4attempt=1](https://es.qwe.wiki/wiki/Continental_Motors,_Inc.?ddexp4attempt=1)

# ANEXOS



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

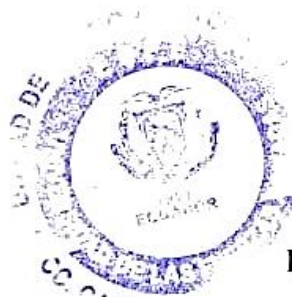
**CERTIFICACIÓN**

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor **CARVAJAL ANDRADE, WILTER SAÚL**.

En la ciudad de Latacunga a los 04 días del mes de febrero del 2020.

**Aprobado por:**

**TLGO. ANDRÉS ARÉVALO  
DIRECTOR DEL PROYECTO**



**ING. RODRIGO BAUTISTA  
DIRECTOR DE LA CARRERA**



**ABG. SARITA PLAZA  
SECRETARIA ACADÉMICA**