



**Rehabilitación del sistema de combustible para el correcto funcionamiento del motor  
Lycoming modelo o-540 A4E5 en la carrera de Mecánica Aeronáutica mención motores  
de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE**

Morales Cacpata, Diana Carolina

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

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

Motores

Tlgo. Granda Gualpa, Edison Mauricio

22 de octubre del 2020



DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA

#### CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, "**REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR LYCOMING MODELO O-540 A4E5 EN LA CARRERA DE MÉCANICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**" fue realizado por el señorita **Morales Cacpata, Diana Carolina** 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, 23 de octubre del 2020

Firma:

Tlgo. Granda Gualpa Edison Mauricio

C.C. 0502736648

## REPORTE DE VERIFICACIÓN



## Urkund Analysis Result

Analysed Document: CACPATA MORALES DIANA CAROLINA.pdf (D79351839)  
Submitted: 9/18/2020 1:46:00 AM  
Submitted By: depantoja1@espe.edu.ec  
Significance: 7 %

## Sources included in the report:

Edison de la Cruz. Pdf.pdf (D77983837)  
TESIS KEVIN LOACHAMIN.pdf (D50380230)  
ANTEPROYECTO.1 - TESIS.pdf (D40317276)  
TESIS FINAL ALEX PERALTA.pdf (D47195202)  
<http://www.pasionporvolar.com/instrumentos-del-motor-de-aviacion-cap-1/>  
<http://www.sabelotodo.org/automovil/relojgasolina.html>  
[https://manualvuelo.es/3sifn/36\\_comb1.html](https://manualvuelo.es/3sifn/36_comb1.html)  
<http://www.pasionporvolar.com/instrumentos-del-motor-de-aviacion-cap-2/>  
<https://www.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/motores-de-aviacin-1>

## Instances where selected sources appear:

19

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a solid black horizontal line.

Tlgo. Granda Gualpa Edison Mauricio  
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACION

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a solid black horizontal line.

Ing. Bautista Zurita rodrigoCristobal  
DIRECTOR DE CARRERA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECANICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Morales Cacpata, Diana Carolina**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR LYCOMING MODELO O-540 A4E5 EN LA CARRERA DE MÉCANICA AERONAÚTICA MENCIÓN MOTORES**, 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, 17 de septiembre del 2020**

Firma

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir "Diana Morales" sobre una línea punteada.

**Morales Diana**

C.C.:0503640575



**DEPARTAMENTO DE ENERGIA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONAÚTICA**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Morales Cacpata, Diana Carolina** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Título:** "Rehabilitación del sistema de combustible para el correcto funcionamiento del motor lycoming modelo o-540 a4e5 en la carrera de mecánica aeronáutica mención motores", en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 17 de septiembre 2020**

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Diana Morales', is written over a horizontal dotted line.

**Morales Diana**

C.C: 0503640575

## **DEDICATORIA**

En el presente trabajo de titulación el cual va dedicado principalmente a Dios, quien me ha bendecido con la salud, sabiduría e inteligencia y fuerza para alcanzar mis metas trazadas, las cuales me han permitido llegar hasta este punto tan importante en mi formación profesional.

A mi madre por creer en mí, y estar siempre apoyándome incondicionalmente en todas las decisiones de mi vida, y hacerme ver lo bueno y lo malo de las cosas, por sus consejos y sobre todo por todo su cariño y amor que me ha sabido brindar.

A mi padre por sus esfuerzos de trabajo, perseverancia y constancia, valores que siempre eh admirado de él, por su apoyo que a pesar de nuestras diferencias y opiniones, siempre está pendiente de cada uno de sus hijos tratando de ser un buen padre y dar lo mejor de sí.

A mis hermanos Marisol, Kerly y Gustavo, mis confidentes, mis amigos, quienes han sabido estar junto a mí en los buenos y malos momentos de mi vida, me han dado fuerza para no desfallecer y seguir adelante con mis sueños.

A mis maestros por impartir sus conocimientos teórico-práctico basados desde su experiencia laboras hasta la actualidad, a mis diferentes compañeros quienes con sus carisma y bondad han sabido llegar a sacarme una sonrisa en los días más difíciles, por la ayuda brindada por los momentos compartidos dentro y fuera de las aulas de clase.

**MORALES CACPATA DIANA CAROLINA**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecida a Dios por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida, dándome las mejores de las bendiciones como es el tener a mi familia junta, y permitirme vivir.

A mis padres Gustavo y Fanny por ser siempre las personas que me brindan su apoyo incondicional, ser el pilar de mi familia, ser la fuerza que cada hijo necesita para salir adelante, por sus sabios consejos y su lucha constante por ver a sus hijos ser unas personas de bien y unos buenos profesionales.

A mis hermanos por no dejarme vencer frente a las adversidades y críticas de los demás, por siempre estar alimentándome a cumplir cada uno de las metas trazadas.

A mis abuelitos Blanca, Hernán, Víctor y Amelia, estas nobles personas que desde que nací han estado junto a mí, cuidándome, dándome ánimos y sobretodo inculcando valores.

A todos mis tíos ya que de una manera u otra estuvieron conmigo, brindándome su apoyo incondicional y desinteresado.

Por ultimo agradecer a mi querida Institución, la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE, en especial a la Unidad de Gestión de Tecnologías, por haberme abiertos las puertas durante toda mi instancia en las aulas de clase y permitirme no solo adquirir conocimientos de excelentes maestros, sino también conocer nuevas personas y amigos.

**MORALES CACPATA DIANA CAROLINA**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARÁTULA</b> .....	1
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	2
<b>REPORTE DE VERIFICACIÓN</b> .....	3
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	4
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	5
<b>DEDICATORIA</b> .....	6
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	7
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	8
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	11
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	12
<b>RESUMEN</b> .....	15
<b>ABSTRACT</b> .....	16
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	17
1.1. Tema.....	17
1.2. Antecedentes .....	17
1.3. Planteamiento del problema .....	18
1.4. Justificación .....	19
1.5. Objetivos .....	20
1.5.1. Objetivo General.....	20
1.5.2. Objetivos Específicos .....	20
1.6. Alcance.....	21
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	22
2.1. Motores Aeronáuticos .....	22
2.2. Tipos de motores aeronáuticos.....	22
2.2.1. Motores Alternativos .....	22
2.2.2. Motores a reacción.....	23
2.2.3. Motores Cohete .....	23
2.3. Tipos de Motores Alternativos ( Ciclo otto).....	25



2.3.1. Motor en Línea.....	26
2.3.2. Motor en V.....	27
2.3.3. Motor de Cilindros Opuestos.....	28
2.4. Motores Lycoming.....	29
2.4.1. Lycoming O-540.....	33
2.5. Partes y Componentes del motor Lycoming.....	34
2.5.1. Cáster.....	34
2.5.2. Cigüeñal.....	35
2.5.3. Biela.....	36
2.5.4. Pistón.....	37
2.5.5. Cilindro.....	38
2.5.6. Válvulas.....	40
2.6. Instrumentos del motor.....	40
2.6.1. Indicador Tacómetro.....	41
2.6.2. Indicador de presión de aceite.....	43
2.6.3. Indicador de temperatura de aceite.....	44
2.6.4. Indicador de cantidad de combustible.....	45
2.7. Depósitos de combustible.....	51
2.7.1. Características de tanque de combustible.....	52
2.7.2. Tipos de depósitos de combustible.....	52
2.8. Combustible para motores recíprocos.....	55
2.8.1. Características del combustible para motores recíprocos.....	56
2.8.2. Identificación de combustible.....	58
2.9. Sistema de combustible del motor.....	61
2.10. Componentes del sistema de combustible del motor.....	62
2.10.1. Depósitos de combustible.....	62
2.10.2. Ventilación de los estanques.....	63
2.10.3. Líneas de combustible.....	63
2.10.4. Filtros.....	65
2.10.5. Bombas de combustible.....	66

	10
2.10.6. Válvulas .....	66
2.10.7. Carburador .....	67
<b>3. DESARROLLO DEL TEMA .....</b>	<b>69</b>
3.1. Preliminares .....	69
3.2. Motor Lycoming O-540 <sup>a</sup> .....	69
3.3. Desarrollo.....	70
3.3.1. Inspección visual .....	70
3.3.2. Obtención e implantación del Throttle y Mixture control .....	71
3.3.3. Instalación bomba eléctrica de combustible, cañerías, válvula de corte y filtro de combustible.....	76
3.3.4. Diseño y construcción del tanque de combustible.....	81
3.3.5. Instalación del tanque de combustible.....	96
3.3.6. Pruebas de funcionamiento del sistema de combustible.....	103
3.4. Manual de mantenimiento del tanque de combustible.....	104
3.5. Manual de seguridad en el manejo de combustible Avgas .....	106
3.6. Manual de Operación.....	110
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>113</b>
4.1. Conclusiones.....	113
4.2. Recomendaciones.....	114
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1:</b> <i>Tipos de motores Aeronáuticos</i> .....	24
<b>Tabla 2:</b> <i>Motores recíprocos Lycoming</i> .....	30
<b>Tabla 3:</b> <i>Operación del motor</i> .....	70
<b>Tabla 4:</b> <i>Comparación de componentes de sistema de combustible de un motor reciproco con el motor O-540 A4E5</i> .....	71
<b>Tabla 5:</b> <i>Listado de kit de instalación del tanque de combustible</i> .....	96

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> <i>Motores de combustión interna</i> .....	25
<b>Figura 2:</b> <i>Motor en línea</i> .....	27
<b>Figura 3:</b> <i>Motor en V</i> .....	28
<b>Figura 4:</b> <i>Motor Opuesto Horizontalmente</i> .....	29
<b>Figura 5:</b> <i>Motor Lycoming O-540</i> .....	33
<b>Figura 6:</b> <i>Motor Lycoming O-540</i> .....	35
<b>Figura 7:</b> <i>Cigüeñal</i> .....	36
<b>Figura 8:</b> <i>Biela</i> .....	37
<b>Figura 9:</b> <i>Pistón</i> .....	38
<b>Figura 10:</b> <i>Vista del conjunto del cilindro</i> .....	39
<b>Figura 11:</b> <i>Ubicación de válvulas</i> .....	40
<b>Figura 12:</b> <i>Tacómetro</i> .....	42
<b>Figura 13:</b> <i>Manifold</i> .....	43
<b>Figura 14:</b> <i>Indicador de presión de aceite</i> .....	44
<b>Figura 15:</b> <i>Indicador de temperatura de aceite</i> .....	45
<b>Figura 16:</b> <i>Indicador de cantidad de combustible</i> .....	46
<b>Figura 17:</b> <i>Transmisor de tanque de combustible</i> .....	47
<b>Figura 18:</b> <i>Placas concéntricas</i> .....	48
<b>Figura 19:</b> <i>Puente de capacitancia</i> .....	49
<b>Figura 20:</b> <i>Indicador de cantidad de combustible tipo flotador</i> . .....	50
<b>Figura 21:</b> <i>Sensor de nivel que se coloca en el tanque</i> .....	51
<b>Figura 22:</b> <i>Deposito rígido</i> .....	53
<b>Figura 23:</b> <i>Deposito Flexible</i> .....	54
<b>Figura 24:</b> <i>Tanque Integral</i> .....	55

<b>Figura 25:</b> <i>Etiquetado y marcado con códigos de colores para el abastecimiento de combustible</i> .....	59
<b>Figura 26:</b> <i>Esquema de sistema de combustible</i> .....	62
<b>Figura 27:</b> <i>Identificación de líneas de combustible</i> .....	64
<b>Figura 28:</b> <i>Filtro de combustible del motor</i> .....	65
<b>Figura 29:</b> <i>Carburador</i> .....	67
<b>Figura 30:</b> <i>Cables del mixture control and throttle</i> .....	72
<b>Figura 31:</b> <i>Piezas metálicas adaptables</i> . .....	73
<b>Figura 32:</b> <i>Adaptaciones colocadas en palancas de carburador</i> .....	74
<b>Figura 33:</b> <i>Colocación de cables</i> .....	75
<b>Figura 34:</b> <i>Controles de carburador en cabina</i> .....	76
<b>Figura 35:</b> <i>Colocación de cañería en la entrada del carburador</i> .....	77
<b>Figura 36:</b> <i>Válvula reguladora y corte de combustible asegurada</i> .....	78
<b>Figura 37:</b> <i>Instalación de adaptador de tres vías</i> . .....	79
<b>Figura 38:</b> <i>Instalación de la bomba eléctrica, adaptador y válvula de corte</i> .....	80
<b>Figura 39:</b> <i>Instalación de filtro de combustible</i> .....	81
<b>Figura 40:</b> <i>Simulación de esfuerzos y tensiones aplicadas en el Modelado</i> .....	83
<b>Figura 41:</b> <i>Modelado del tanque con sus respectivas medidas</i> .....	83
<b>Figura 42:</b> <i>Modelado del tanque y especificaciones generales</i> . .....	84
<b>Figura 43:</b> <i>Láminas de aleación de aluminio</i> .....	85
<b>Figura 44:</b> <i>Sellante PRC</i> .....	85
<b>Figura 45:</b> <i>Trazado de láminas de aluminio de acuerdo a los planos realizados</i> .....	86
<b>Figura 46:</b> <i>Perforación de láminas con un diámetro ½ para costillas</i> .....	87
<b>Figura 47:</b> <i>División de la lámina de aluminio por la parte trazada</i> . .....	87
<b>Figura 48:</b> <i>Dobles de las láminas de aluminio</i> .....	88

<b>Figura 49:</b> <i>Perforaciones en los puntos señalados de las láminas.</i> .....	89
<b>Figura 50:</b> <i>Pintado de las diferentes partes del tanque de combustible</i> .....	90
<b>Figura 51:</b> <i>Colocación de PRC en las uniones de cada parte.</i> .....	90
<b>Figura 52:</b> <i>Unión de partes del tanque y remachado de las mismas.</i> .....	91
<b>Figura 53:</b> <i>Perforado de la parte superior del tanque con las medidas respectivas de la adaptación de la tapa de llenado.</i> .....	92
<b>Figura 54:</b> <i>Colocación de la adaptación de tapa de combustible en la lámina.</i> .....	92
<b>Figura 55:</b> <i>Implementación de la válvula de desfogue de gases.</i> .....	93
<b>Figura 56:</b> <i>Implementación del sensor tipo flotador.</i> .....	94
<b>Figura 57:</b> <i>Perforación y acoples para el vaciado de combustible.</i> .....	95
<b>Figura 58:</b> <i>Tanque de combustible terminado.</i> .....	96
<b>Figura 59:</b> <i>Ubicación en cabina donde se instalara el tanque de combustible.</i> .....	98
<b>Figura 60:</b> <i>Fijación del tanque, con remachado y colocación de pernos.</i> .....	99
<b>Figura 61:</b> <i>Conexión de retorno de combustible y de salida de combustible.</i> .....	100
<b>Figura 62:</b> <i>Indicador de combustible en cabina.</i> .....	101
<b>Figura 63:</b> <i>Conexión de cables de la bomba e indicador al master switch.</i> .....	102
<b>Figura 64:</b> <i>Conexiones del flotador de combustible.</i> .....	102
<b>Figura 65:</b> <i>Circuito esquemático de conexiones de indicador y sensor flotador de combustible.</i> .....	103

## RESUMEN

La presente monografía tiene como finalidad el readecuar el sistema de combustible del motor Lycoming O-540 A4E5, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas, extensión Belisario Quevedo, a través del manejo de los diferentes manuales de mantenimiento del motor, y el conocimiento adquirido durante todo el ciclo académico. Es necesario conocer los principios básicos de operación y funcionamiento del motor, y familiarizarse con cada uno de los respectivos componentes del sistema de combustible del mismo, para poder realizar la readecuación del sistema sin ningún inconveniente. Ya que el sistema de combustible es uno de los sistemas más importantes, para el correcto funcionamiento de cualquier motor, se debe tratar con mucha precaución y tomando todas las medidas de seguridad necesarias, ya que se manipula combustible de alta volatilidad, como el Avgas 100LL, al momento de realizar cualquier tarea, ya sea de mantenimiento o como en este caso la readecuación del sistema, así evitar posibles daños tanto de la maquina o componente, como también del personal que se encuentre realizando dicho trabajo. Realizar una inspección visual previa a las tareas que se realizaran, identificando los componentes faltantes en el sistema de combustible, posterior a eso adquirir dichos componentes faltantes y/o construirlos, para su posterior instalación.

– **PALABRAS CLAVE :**

- **MOTOR RECIPROCO**
- **SISTEMA DE COMBUSTIBLE**
- **PRESIÓN**

## **ABSTRACT**

The purpose of this monograph is to readjust the fuel system of the Lycoming O-540 A4E5 engine, belonging to the University of the Fuerzas Armadas, Belisario Quevedo extension, through the use of the different engine maintenance manuals, and the knowledge acquired throughout the academic cycle. It is necessary to know the basic principles of operation of the engine, and become familiar with each of the respective components of the fuel system of the same, to be able to carry out the readjustment of the system without any inconvenience. Since the fuel system is one of the most important systems, for the correct operation of any engine, it must be treated with great caution and taking all the necessary safety measures, since high volatility fuel is handled, such as Avgas 100LL, at the time of carrying out any task, either maintenance or, as in this case, the readjustment of the system, thus avoiding possible damage to both the machine or component, as well as to the personnel who are performing the work. Carry out a visual inspection prior to the tasks to be carried out, identifying the missing components in the fuel system, after that acquire said missing components and / or build them, for their subsequent installation.

– **KEY WORDS:**

- **RECIPROCAL ENGINE**
- **FUEL SYSTEM**
- **PRESSURE**



## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Tema

REHABILITACIÓN DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE PARA EL CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR LYCOMING MODELO O-540 A4E5 EN LA CARRERA DE MÉCANICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS – ESPE

### 1.2. Antecedentes

En la actualidad se ha visto que en la Institución se ha dado prioridad a la implementación de motores con sistema de inyección de combustible, sin tener en cuenta que aun en el campo laboral se sigue utilizando los carburadores en motores alternativos aeronáuticos, donde la inyección electrónica aun no representa un avance sustancial. La ejecución del trabajo de titulación corresponde a los conocimientos teórico-prácticos del estudiante, partiendo de los conocimientos adquiridos en la institución de preparación, el campo laboral y medios informales

Un primer trabajo correspondiente a Polupa (Isdrael P, 2013), quien realizó en la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE” una propuesta de trabajo de titulación similar en donde fue la “Rehabilitación del sistema de inyección de combustible en el Motor TELEDYNE CONTINENTAL MODELO IO-360 D” de diferentes características, los cuales por falta de mantenimiento han dejado de funcionar, por diversas razones como el tiempo de uso y el mal trato por parte de los mismos estudiante, lo mismo que

impide que cumplan el propósito para el que fueron adquiridos como es el familiarizar al estudiante con equipos que puede encontrar en su vida profesional.

Por tal motivo, se ha visto la colaboración con cinco estudiantes egresados de la Carrera de Mecánica Aeronáutica en Mención Motores, lo cuales se plantean la adquisición de un motor Lycoming O-540 para la realización de la Rehabilitación del sistema de combustible para el correcto funcionamiento del motor, el cual servirá como material de apoyo en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

### **1.3. Planteamiento del problema**

En la Unidad de Gestión de Tecnologías, se cuenta con laboratorios equipados para cada una de sus diferentes carreras, lo cuales están destinados a promover la formación de calidad de los estudiantes en profesionales capacitados en las diferentes áreas de su carrera. No obstante la falta de conocimiento práctico en motores recíprocos con un sistema de combustible a carburación, en los estudiantes de dicha institución se viene acarreando desde hace un tiempo atrás ya que no cuenta con un motor con dichas características.

El presente proyecto surge de la falta de material de apoyo en la Unidad de Gestión de Tecnologías "ESPE" en la Carrera de Mecánica Aeronáutica, en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudiantes, quienes necesitan adquirir los conocimientos previos en motores recíprocos, de diversas maneras de comprobación

como los bancos de prueba, los cuales permiten observar la operación y el funcionamiento del mismo .

Permitiendo que el alumno pueda familiarizarse y adquirir los conocimientos de dichos equipos, los cuales están presentes en aviación menor, por tanto los alumnos no solo recibirán un instructivo teórico sino también práctico en motores recíprocos con un sistema de combustible a carburador. Siendo esto muy importante para su formación como profesionales y su correcto desenvolvimiento en el campo laboral aeronáutico.

#### **1.4. Justificación**

La implementación de un motor con sistema de combustible a base de carburador nace como una necesidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje para los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica, quienes requieren obtener conocimientos teóricos y prácticos en motores recíprocos, los cuales permiten observar el funcionamiento y la operación de dichos motores, logrando que el estudiante pueda tener un acercamiento con equipos que pueden estar presentes en su futuro profesional.

En consecuencia la Rehabilitación del sistema de combustible del motor Lycoming O-540, ayuda tener un buen funcionamiento y operación del mismo motor, lo

cual es importante en la formación integral de los estudiantes en profesionales eficientes y eficaces.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Rehabilitar del sistema de combustible mediante el uso de documentación técnica del motor Lycoming modelo O-540 para el correcto funcionamiento del mismo en la Unidad de Gestión de Tecnologías en la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

1. Recopilar información bibliográfica acerca del sistema de combustible del motor Lycomign O-540, en documentación aeronáutica.
2. Inspeccionar el estado del sistema de combustible del motor, de acuerdo a documentación técnica .
3. Adecuar el sistema de combustible de acuerdo a los componentes faltantes.
4. Realizar pruebas funcionales del sistema, verificando que el funcionamiento sea óptimo.

## 1.6. Alcance

Al realizar la rehabilitación del sistema de combustible de motor Lycoming O-540 se mejorará de una manera más eficiente el rendimiento del mismo motor, lo que es beneficioso tanto para estudiantes y docentes, ya que facilitará de una mejor manera el proceso enseñanza-aprendizaje, de motores recíprocos, en la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Por lo que este equipo servirá como material de instrucción para que los alumnos puedan fortalecer sus conocimientos adquiridos en las aulas de la institución, y así aplicar lo aprendido y ponerlo en práctica, lo que permite que los estudiantes tengan un acercamiento más profesional al campo aeronáutico y mejorar su tecnificación, sirviendo así de una mejor manera a la impartición de conocimientos por parte de los señores facilitadores de la materia, hacia los estudiantes.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Motores Aeronáuticos**

Los motores aeronauticos son componentes esenciales para una aeronave, ya que estos vehiculos autopulsados requieren empuje para producir suficiente velocidad para que las alas proporcionen sustentación y eleven todo el peso del avión. Estos tipos de motores adecuados de combustion interna aeronauticos proveen este tipo de fuerza propulsora (Ricardo Ccoyure, 2017).

### **2.2. Tipos de motores aeronáuticos**

Son tres las categorias en las que se divide los motores aeronauticos, los cuales son: motores alternativos, motores a reacción y motores cohetes.

#### **2.2.1. Motores Alternativos**

Estos motores son más utilizados en lo que se refiere aviación menor ya que estos aviones necesitan poca potencia y son de reducido peso, a diferencia de aeronaves grandes que necesitan de gran potencia y vuelan a grandes velocidades de crucero. Por lo tanto estos motores no son tan factibles para aviones grandes, por su gran peso y producción de poca potencia (Anonimo, 2003).

### **2.2.2. Motores a reaccion**

Esta categoría de motores a reacción se sub dividen en tres tipos, los cuales son: turboreactor, turbo hélice ( en este grupo se lo incluye al turbo eje, el cual no genera empuje sino tracción son utilizados en helicópteros) y el turbofan (Anonimo, 2003).

### **2.2.3. Motores Cohete**

Estos motores son los mas potentes de la industria aeronautica , por su relacion de peso/potencia, esta característica es lo que los hac ideales para ser usados en naves espaciales (Anonimo, 2003).

Es importante tambien dar a conocer el medio de compresión, fluido de trabajo del motor y el fluido de trabajo propulsivo de los diferentes tipos de motores, dichas características se observarán en la siguiente tabla, en donde se resaltará los motores recíproco ya que estos serán estudiados más detalladamente.

**Tabla 1:***Tipos de motores Aeronáuticos*

<b>Tipo de Motor</b>	<b>Medio de Compresión</b>	<b>Fluido de trabajo del motor</b>	<b>Fluido de trabajo proulsivo</b>
Turborreactor	Compresor	Aire y combustible	Gases de la combustión
Turbohélice	Compresor	Aire y combustible	Aire ambiente
Turbofán	Compresor	Aire y combustible	Gases de la combustión + aire ambiente
Ramjet	Compresión dinámica por alta velocidad	Aire y combustible	Gases de la combustión
Pulsorreactores	Combustión	Aire y combustible	Gases de la combustión
Recíprocos	Pistón	Aire y combustible	Aire ambiente
Cohete	Combustión	Oxidante y combustible	Gases de la combustión

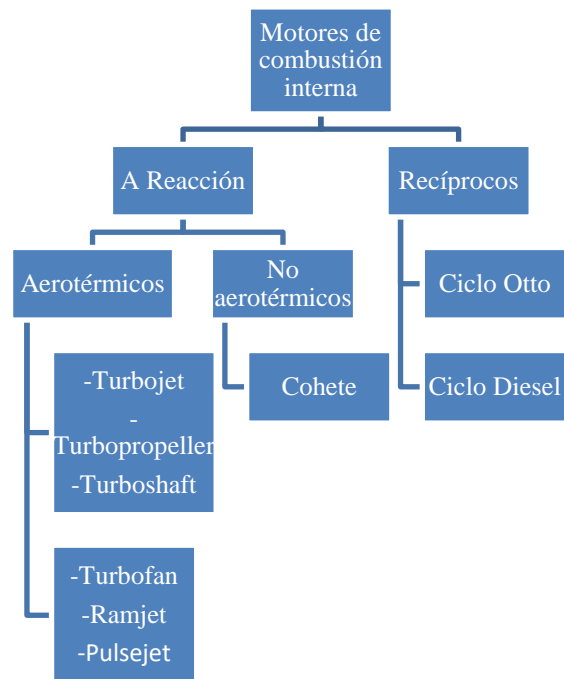
Nota: Esta tabla indica algunas características que poseen los diferentes tipos de motores aeronáuticos, en la cual se resalta los motores recíprocos, ya que estos serán los que se revisara más adelante.

Los motores aeronáuticos tambien pueden ser clasificados por la combustión interna que estos realizan, los cuales son clasificads de la siguiente manera:



**Figura 1:**

*Motores de combustión interna.*



Nota: En el gráfico se da a conocer los tipos de motores aeronauticos, los cuales se clasifican por el tipo de combustión interna que realizan.

### 2.3. Tipos de Motores Alternativos ( Ciclo otto)

Muchos han sido los diseños de los motores recíprocos o alternativos, pero muy pocos han sabido ser considerados óptimos y más utilizados comúnmente en el campo aeronáutico, por lo que se los consideran convencionales. Estos motores suelen ser clasificados según bajo dos criterios, según la disposición de los cilindros, estos son: los motores en línea, motor tipo V, radial y opuesto, el otro criterio de clasificación viene

dado por el método de enfriamiento, estos suelen ser: refrigeración por líquido o refrigeración por aire (Federal Aviation Administration,, 2012).

En este caso se tratara acerca de la clasificación de los motores a pistón según la disposición de los cilindros, los cuales son:

### **2.3.1. Motor en Línea**

Motores en línea, estos motores por lo general son construidos de un número par de cilindros aunque existen ejemplares de tres cilindros. Su refrigeración puede ser por líquido o por aire y posee un solo cigüeñal, el cual se encuentra en la parte superior o inferior de los cilindros. Depende mucho la ubicación del cigüeñal en el diseño del motor, ya que si este se encuentra en la parte superior de los cilindros el motor se lo considera como motor invertido (Federal Aviation Administration,, 2012).

**Figura 2:**

*Motor en línea*



Nota: En el gráfico se puede apreciar como luce un motor alternativo de tipo a línea con 6 cilindros. Tomada de (Anónimo, Takeoff Briefing, 2013)

**2.3.2. Motor en V**

Los motores en V cuentan con dos bancadas, las cuales están dispuestas con una inclinación de entre 30 y 60 grados, como su nombre lo dice en forma de V. muchos de estos motores son refrigerados con agua (Francisco González, 2012).

**Figura 3:**

*Motor en V*



Nota: Motores alternativos en forma de V. Tomada de (Francisco Gonzales, 2012)

**2.3.3. Motor de Cilindros Opuestos**

El motor de tipo opuesto tiene dos bancos de cilindros directamente opuestos entre sí con un cigüeñal en el centro. Los pistones de ambos bancos de cilindros están conectados al cigüeñal único. Este tipo de motor puede ser enfriado tanto por líquido o por aire, pero la más utilizada en aviación son los refrigerada por aire , los cuales suelen ser de cuatro a seis cilindros. Generalmente se monta con los cilindros en posición horizontal (Federal Aviation Administration,, 2012).

Por lo general en los aeroplanos, estos motores se encuentran ubicados con el cárter en posición horizontal, sin embargo en los helicópteros suelen ser instalados en posición vertical. Este tipo de motores son los que más se utilizan en aviones pequeños,

por sus diversas características que son muy factibles para este tipo de aviones, entre esas características se puede notar su tamaño el cual es relativamente pequeño, liviano y económicos, además no necesitan de un potencia superior a los 400hp por cada motor (Francisco González, 2012).

**Figura 4:**

*Motor Opuesto Horizontalmente*









Nota: Motor alternativo de cuatro cilindros Opuesto Horizontalmente. Tomada de (Federal Aviation Administration, , 2012)

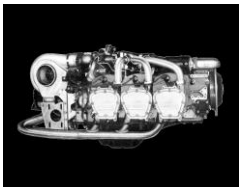


#### **2.4. Motores Lycoming**

En la actualidad la fábrica Lycoming la cual se encuentra ubicada en Williamsport, Pensilvania, no solo fabrica motores a pistón de cuatro, seis y ocho cilindros opuestos horizontalmente, si no tambien que se especializa en ingenieria, montaje, prueba y mantenimiento de dichos motores. La compañía hoy en dia mueve más de la mitad de la flota mundial, en su sector ya sea para aviones de ala rotativo o ala fija (Cándido, 2012).

**Tabla 2:***Motores recíprocos Lycoming*

<b>SERIE Y GRÁFICA</b>	<b># DE CILINDROS</b>	<b>HP</b>	<b>RPM</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
 Serie 233	4	115 hp	2.800 RPM	Esta disponible para OEM no certificado y aviones deportivos ligeros de fábrica.
 Serie 235	4	125 hp	2.800 RPM	Utilizados en aviones de fabricación propia y fabricados x fábricas de equipo original.
 Serie 320	4	150-160	2.700 RPM	Estos impulsan aviones populares producidos por compañías como Cessna, Piper. La serie 320 también alimenta el primer helicóptero Robinson R22

SERIE Y GRÁFICA	# DE CILINDROS	HP	RPM	DESCRIPCIÓN
 <p>Serie 360</p>	4	145-210 hp	2.700RPM	Sirvió de base para los motores de serie 540 y 720
 <p>Serie 390</p>	4	210 hp	2.700 RPM	El IO-390 A, diseñado para cumplir los requisitos de potencia, carga util y velocidad de segmento de aviones de kit
 <p>Serie 540</p>	6	235-310 hp	Hasta 2.700 RPM	Con carburador o con inyección de combustible

SERIE Y GRÁFICA	# DE CILINDROS	HP	RPM	DESCRIPCIÓN
	6	380 hp	2.700RPM	Motores de inducción superior, de escape hacia abajo, turboalimentados y de accionamiento directo.
Serie 541				
	6	315 hp	2.700 RPM	Trasmisión directa confiable y excelente relacion potencia/peso
Serie 580				
SERIE Y GRÁFICA	# DE CILINDROS	HP	RPM	DESCRIPCIÓN
	8	400 hp	2.650 RPM	Es la serie de motor mas grande en producción hoy en día en la fabricación Lycoming
Serie 720				

Nota: La tabla nos indica algunos de los modelos de motores recircopos, con sus respectivas caracteristicasmas comunes, que son fabricados por la compania Lycoming.



### 2.4.1. Lycoming O-540

El Lycoming O-540 es un motor de seis cilindros opuestos horizontalmente, de accionamiento directo, equipado con un carburador y refrigerados por aire. Para los modelos O-540 A la potencia suele ser de 250 HP, 2575 RPM, a una relación de compresión de 8.5:1 y un peso en seco de 356 libras. (LatinWebTesc)

Este motor puede ser montado en aviones de ala fija o en helicópteros. Este motor es una derivación del motor Lycoming O-360, pero en este caso con seis cilindros.

#### **Figura 5:**

*Motor Lycoming O-540*



Nota: Motor opuesto Horizontalmente Lycoming modelo O-540 de la serie A de seis cilindros, Tomado de (Audiopedia, 2015).

## **2.5. Partes y Componentes del motor Lycoming**

Los componentes principales básicos de un motor alternativo son: el cárter, cilindros, pistones, bielas, válvulas, mecanismo de accionamiento de válvula y cigüeñal. En la cabeza de cada cilindro se encuentran las válvulas y las bujías. Una de las válvulas están en un pasaje que sale del sistema de inducción; el otro está en un pasaje que conduce al sistema de escape. Dentro cada cilindro hay pistón móvil conectado a un cigüeñal por una biela (Federal Aviation Administration,, 2012).

### **2.5.1. Cárter**

El carter es la base del motor el cual contienen rodamientos que hacen girar al cigüeñal. Este componente debe estar hermeticamente sellado , ya que contiene aceite lubricante y soporta varios mecanismos tanto internos como externos, por lo tanto debe ser rígido y fuerte, para prevenir posibles desalineamientos tanto de el cigüeñal y sus rodamientos, y dar soporte tanto a los cilindros del motor como al motor mismo (Federal Aviation Administration,, 2012).

**Figura 6:**

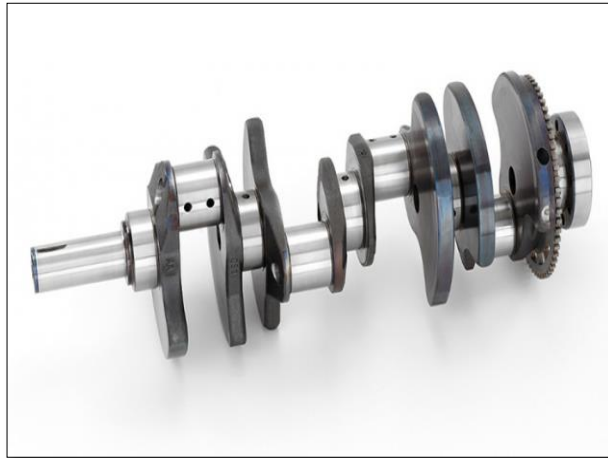
*Motor Lycoming O-540*



Nota: Cárter componente fundamental del motor recíproco, el cual alija piezas móviles del motor. Tomado de (Federal Aviation Administration, , 2012)

### **2.5.2. Cigüeñal**

Una parte importante del motor es el cigüeñal, el cual es un eje torsional, que se une al pistón a través de la biela, compuesto por muñones los cuales se encuentran localizados en puntos específicos. Aprovecha la fuerza que crea la combustión para hacer girar la hélice del motor. Su fabricación suele ser de aleación de acero-cromo-níquel-molibdeno, la cual es muy resistente (Tito Ccoyure, 2017).

**Figura 7:***Cigüeñal*

Nota: Cigüeñal o árbol de levas, un eje con codos y contrapesos, transforma el movimiento rectilíneo en movimiento rotativo. Tomado de (Menna, 2018)

### 2.5.3. Biela

Es la parte que une el pistón con el cigüeñal, misma parte es la encargada en transmitir la fuerza que se genera al movimiento del cigüeñal. Es el enlace que transmite fuerzas entre el pistón y el cigüeñal. Una de las características que debe poseer la biela es que debe ser resistente y rígido ya que trabaja bajo carga y también debe ser lo suficientemente ligero para menorar la fuerza de inercia los son producidos en cada cambio de dirección realizado por el motor (Tito Ccoyure, 2017).

**Figura 8:**

*Biela*



Nota: Biela o unión de pistón con cigüeñal. Tomada de (Tito, 2017)

#### **2.5.4. Pistón**

Este componente cilíndrico en un motor reciproco, que se mueve de arriba hacia abajo en el cilindro de acero del motor.

El pistón actúa como una pared en movimiento dentro de la cámara de combustión. A medida que el pistón se mueve hacia arriba, comprime la carga, se produce la ignición y los gases en expansión fuerzan el pistón hacia abajo. Esta fuerza se transmite al cigüeñal a través de la biela. En la carrera de retorno hacia arriba, el pistón fuerza los gases de escape del cilindro y el ciclo se repite (Federal Aviation Administration,, 2012).

**Figura 9:**

*Pistón*



Nota: Pistón con ranuras en donde se ubican aros o anillos de vital importancia para los motores de combustión interna. Tomada de (Federal Aviation Administration, , 2012)

“Posee ranuras en la superficie externa donde se colocan los anillos y en la parte interna tiene aletas de enfriamiento para mayor transferencia de calor al aceite” (Tito Ccoyure, 2017).

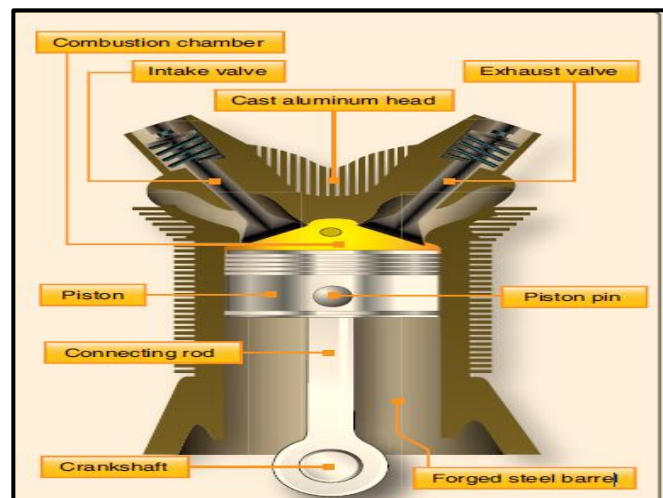
### **2.5.5. Cilindro**

“Componente por el cual se desplaza el pistón y la biela, ya que proporciona una cámara lo más lisa posible para evitar rozamiento, en donde se produce la combustión y se desarrolla la potencia del motor” (Tito Ccoyure, 2017).

Se debe considerar que un cilindro debe ser lo suficientemente fuerte, para aguantar las presiones internas producidas durante la operación del motor, por lo tanto debe tener una buena conducción de calor para una mejor refrigeración. Sin embargo este componente debe ser fácil y económico de construir, también debe ser liviano ya que no debe generar mucho peso en el motor, por lo tanto la parte superior es de una aleación de aluminio y su cuerpo de acero inoxidable (Tito Ccoyure, 2017).

**Figura 10:**

*Vista del conjunto del cilindro*



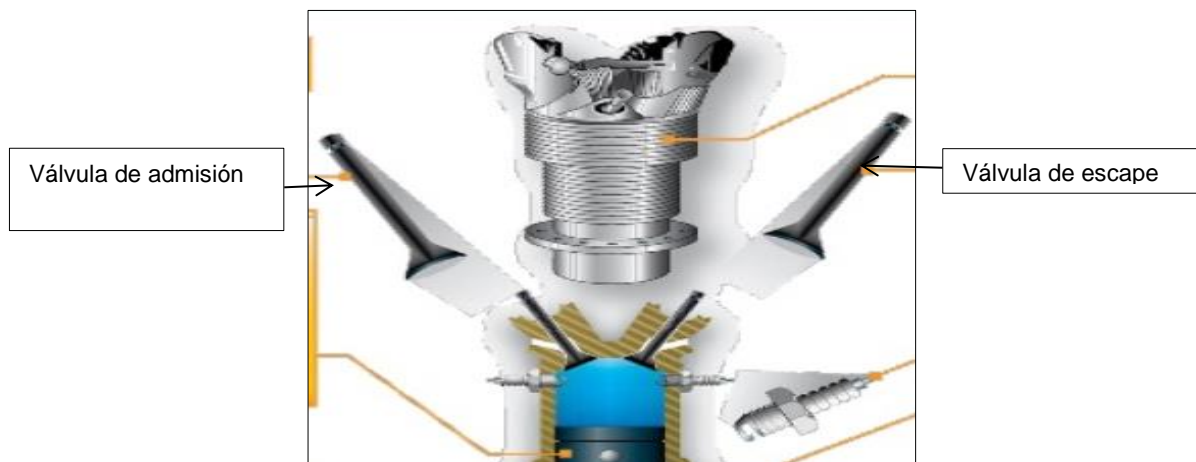
Nota: La imagen nos indica todo el conjunto del cilindro con sus respectivas partes y así poder identificarlas cada una su ubicación. Tomada de (Federal Aviation Administration, , 2012)

### 2.5.6. Válvulas

El cilindro consta de una válvula de admisión, por donde ingresa la mezcla Aire/combustible y una válvula de escape por donde salen los gases quemados.

**Figura 11:**

*Ubicación de válvulas*



Nota: Se muestra la ubicación de la válvula de admisión como la de escape, en el conjunto del cilindro. Tomada de (Federal Aviation Administration, , 2012)

### 2.6. Instrumentos del motor

Los instrumentos del motor son dispositivos, los cuales sirven para medir los parámetros de funcionamiento del motor o motores que contenga la aeronave. Estos dispositivos nos ayudan con la indicación de cantidad, presión y temperatura de un



motor, estos también suelen incluir la medición de las rpm del motor (Anónimo, Flight Mechanic, 2017).

### **2.6.1. Indicador Tacómetro**

El tacómetro es un indicador, el cual nos proporciona o indica el número de RPM del motor, y se puede ver su máximo de RPM utilizados, marcado con una línea referencial de color roja. Al realizar el ajuste de potencia del motor, es necesario realizarlo con este instrumento, ya que el consumo de combustible puede ser afectado por un incremento innecesario de RPM. (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018) .

En aviones con hélice de paso fijo, este instrumento proporciona el número de RPM del cigüeñal del motor y por extensión de la hélice, en aviones con hélice de paso variable, indica el número de RPM de la hélice (Carlos Delgado, 2015).

**Figura 12:**

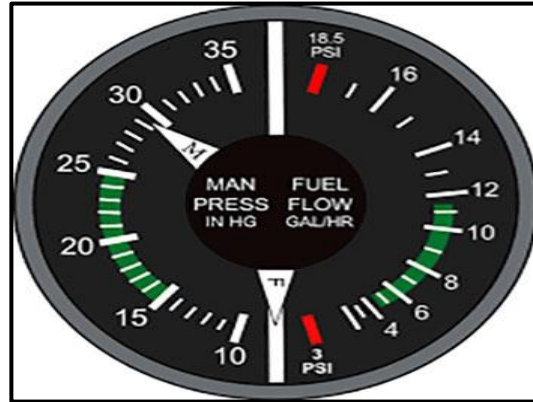
*Tacómetro*



Nota: La imagen representa el tipo de tacómetro más utilizado en aeronaves pequeñas.

Tomada de (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018) Indicador de presión de admisión

El indicador de admisión de presión también se lo considera como manifold. Este indicador, en aeronaves con hélices de paso variable, indica la cantidad de presión de la mezcla aire/combustible que ingresa a los cilindros. Este indicador se lo debe utilizar junto con el indicador de RPM para realizar el ajuste de potencia del motor en aviones con hélices de paso variable (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018).

**Figura 13:***Manifold*

Nota: La imagen representa el tipo de Manifold más utilizado en aeronaves pequeñas.

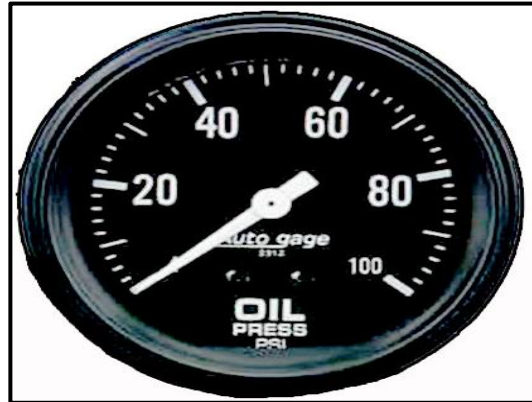
Tomada de (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018)

### 2.6.2. Indicador de presión de aceite

Este indicador es de suma importancia para el correcto funcionamiento del motor, ya que si se verifica que la presión no es la correcta al momento de arrancar el motor, esta puede ser causante de múltiples daños en el mismo. Este instrumento consta de un tubo curvado, tipo bourdo, con una conexión mecánica la cual manda la presión al interior del tubo. La presión de aceite tiende a estirar el tubo. Este movimiento es recogido por el conjunto mecánico. (Redacción, 2018)

**Figura 14:**

*Indicador de presión de aceite*



Nota: La imagen representa el tipo de Indicador de presión de aceite más utilizado en aeronaves pequeñas. Tomada de (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018)

### **2.6.3. Indicador de temperatura de aceite**

Este instrumento indica la temperatura de aceite a la entrada del motor, usualmente está colocado junto al indicador de presión de aceite, de esta manera se puede visualizar a los dos indicadores al mismo tiempo. Tener en cuenta que la temperatura de aceite no genera una reacción rápida por lo tanto se debe esperar un momento a que el motor se caliente, antes de realizar alguna prueba o despegar el avión (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018).

**Figura 15:**

*Indicador de temperatura de aceite*



Nota: La imagen representa el tipo de Indicador de temperatura de aceite más utilizado en aeronaves pequeñas. Tomada de (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018)

#### **2.6.4. Indicador de cantidad de combustible**

Como su nombre lo dice este instrumento indica la cantidad de flujo de combustible por hora hacia los inyectores de combustible. Este muestreo es muy importante debido a que con esta indicación se puede controlar el consumo del mismo tanto en vuelo como en crucero y comprobar la actuación del motor (Carlos Delgado, 2015).

**Figura 16:**

*Indicador de cantidad de combustible*



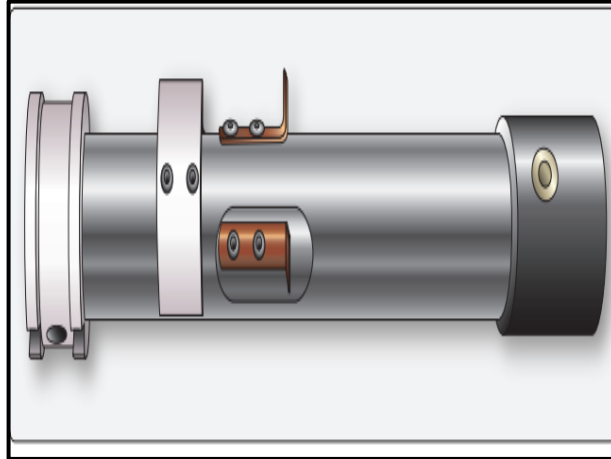
Nota: La imagen representa el tipo de Indicador de cantidad de combustible, más utilizado en aeronaves pequeñas. Tomada de (Anónimo, Instrumentos del motor de aviación cap.1, 2018)

#### **2.6.5.1. Indicador de cantidad de combustible tipo capacitancia**

Es un sistema electrónico de indicación de cantidad de combustible que no tiene partes móviles en el tanque de combustible. Las unidades de tanque son condensadores cilíndricos, llamados sondas, montados a través del tanque, de arriba a abajo. Los transmisores de capacitancia variable se instalan en los tanques de combustible que se extienden desde la parte superior hasta la parte inferior de cada tanque. Están cableados en paralelo. A medida que cambia el nivel de combustible, cambia la capacitancia de cada unidad. (Federal Aviation Administration,, 2018)

**Figura 17:**

*Transmisor de tanque de combustible*



Nota: La imagen nos muestra un Transmisor comúnmente utilizado, el cual mide el flujo eléctricamente. Tomado de (Federal Aviation Administration, , 2012)

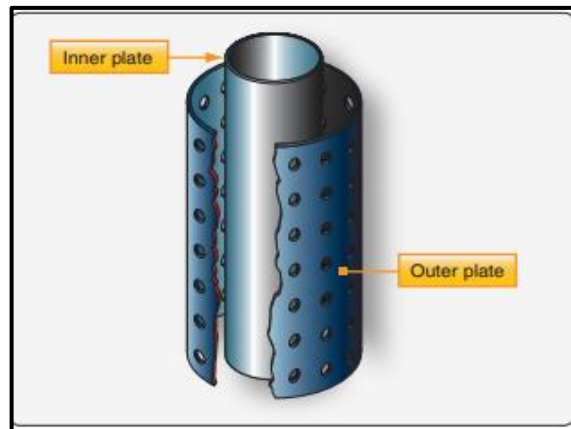
Se utiliza un trimmer para hacer coincidir la salida de capacitancia con el indicador de cantidad pre-calibrada. Un condensador es un dispositivo que almacena electricidad. La cantidad que puede almacenar depende de tres factores: el área de sus placas, la distancia entre las placas y la constante dieléctrica del material que separa las placas. Una unidad de tanque de combustible contiene dos placas concéntricas que están separadas por una distancia fija. (Federal Aviation Administration,, 2018)

Por lo tanto, la capacitancia de una unidad puede cambiar si la constante dieléctrica del material que separa las placas varía. El dieléctrico del material entre las placas es combustible (si el tanque está lleno), aire (si el tanque está vacío) o alguna proporción de combustible y aire, dependiendo de cuánto combustible quede en el

tanque, y la capacidad de la sonda varía con la cantidad de combustible en el tanque. El indicador es un instrumento de tipo servo impulsado por la salida amplificada de un puente de capacitancia. (Federal Aviation Administration,, 2018) .

**Figura 18:**

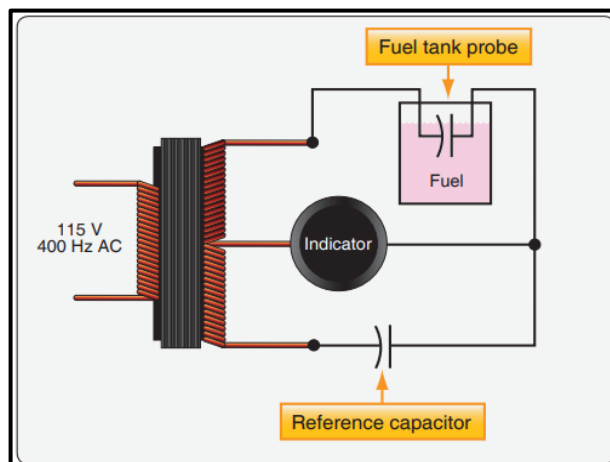
*Placas concéntricas*



Nota: la imagen muestra la ubicación de las placas concéntricas utilizadas en el sistema de indicador de combustible por capacitancia Tomado de (Federal Aviation Administration,, 2018)

El circuito puente que mide la capacitancia de las unidades de tanque utiliza un condensador de referencia para la comparación. Cuando se induce voltaje en el puente, la reactancia capacitiva de las sondas del tanque y el condensador de referencia puede ser igual o diferente. La magnitud de la diferencia se traduce en una indicación de la cantidad de combustible en el tanque calibrado en libras (Federal Aviation Administration,, 2018).



**Figura 19:***Puente de capacitancia*

Nota: Puente de capacitancia simplificado para sistema de cantidad de combustible.

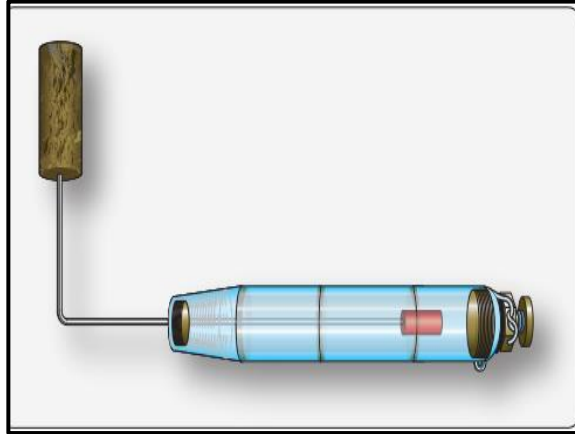
Tomado de (Federal Aviation Administration,, 2018)

### **2.6.5.2. Indicador de cantidad de combustible tipo flotador**

Este es otro tipo de indicador visual, el cual utiliza un flotador con una varilla indicadora unida a él. A medida que el flotador se mueve hacia arriba y hacia abajo con el nivel de combustible en el tanque, la porción de la varilla que se extiende a través de la tapa del combustible indica la cantidad de combustible en el tanque (Federal Aviation Administration,, 2018).

**Figura 20:**

*Indicador de cantidad de combustible tipo flotador.*



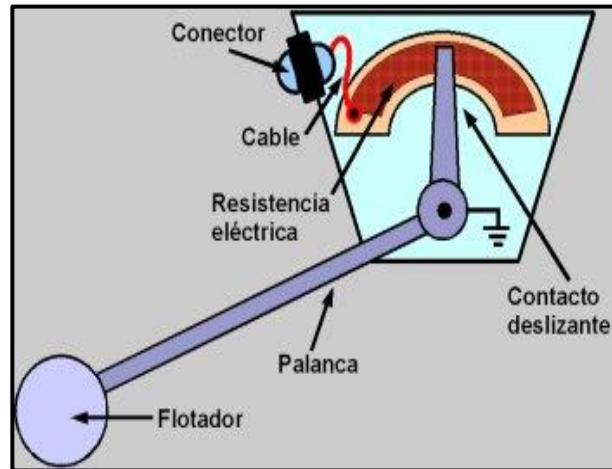
Nota: La imagen muestra la boya o flotador que se utiliza para indicar la cantidad de combustible de un tanque. Tomado de (Federal Aviation Administration,, 2018).

Un flotador que sigue el nivel de combustible es el elemento sensor primario, el cual se conecta un enlace mecánico para mover un puntero a través de la cara del dial de un instrumento. (Federal Aviation Administration,, 2018)

El cuerpo metálico del sensor está montado en la superficie del depósito y tiene un flotador en el extremo de una palanca giratoria cuya posición dependerá del nivel del líquido. En el otro extremo consta de un contacto el cual se desliza junto con su resistencia eléctrica, lo cual nos indica que la posición del contacto y la resistencia eléctrica también depende del nivel del líquido. Esta resistencia se conecta en serie con el indicador del tablero, de forma tal que el circuito se cierra a tierra por la vía resistencia (Anónimo, Indicador de nivel de combustible e automovil ).

**Figura 21:**

*Diagrama del sensor flotador.*



Nota: La imagen muestra la construcción del sensor de nivel que se coloca en el tanque. Tomado de (Anónimo, Indicador de nivel de combustible e automovil )

## 2.7. Depósitos de combustible

El tanque de combustible es un componente importante del sistema de combustible ya que es este depósito es el que contienen y almacena el combustible, que propulsado mediante una bomba de combustible o es liberado mediante gravedad hacia el motor (Alexander Mendivelso, 2012).

Los depósitos de combustible varían considerablemente de tamaño y de complejidad, desde un diminuto depósito de butano para un mechero hasta un depósito externo de combustible criogénico multicámara de un transbordador espacial. (Alexander Mendivelso, 2012)

### 2.7.1. Características de tanque de combustible

- Normalmente, un tanque de combustible debe permitir o proporcionar lo siguiente:
- Almacenamiento de combustible: el sistema debe contener una determinada cantidad de combustible y evitar fugas y limitar las emisiones por evaporación.
- Relleno: debe llenarse el tanque de combustible de forma segura, sin chispas.
- Proporcionar un método para determinar el nivel de combustible en el tanque, de medición (la cantidad restante de combustible en el tanque debe medirse o evaluarse).
- Ventilación (si la presión no está permitida, los vapores de combustible deben ser gestionados a través de válvulas).
- Alimentación del motor (a través de una bomba) (Alexander Mendivelso, 2012)

### 2.7.2. Tipos de depósitos de combustible

Por lo general en la aeronáutica existen tres tipos de tanques o depósitos de combustible que se pueden aplicar en las aeronaves.

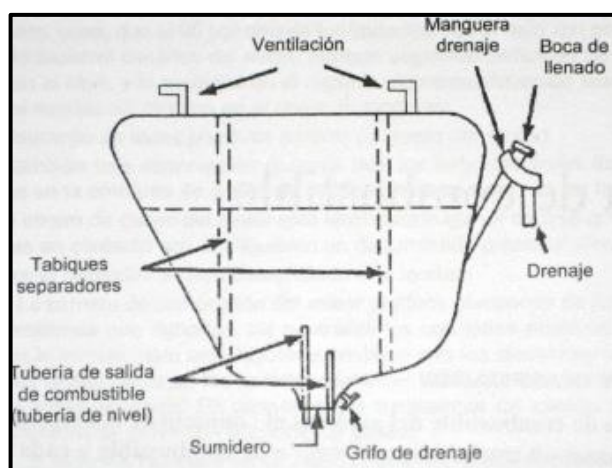
#### 2.7.2.1. *Tanque Rígido extraíble.*

Los depósitos rígidos desmontables se instalan en un compartimento diseñado para este propósito. Normalmente son de construcción metálica y pueden desmontarse

para ser revisados, reemplazados o reparados. Este tipo de tanques no afecta la estructura del avión y se los puede encontrar en aviones de aviación menor, por ejemplo en el Cessna 172 (Alexander Mendivelso, 2012).

**Figura 22:**

*Esquema de un depósito rígido.*



Nota: En la imagen se puede apreciar como la forma típica del tanque y como está constituido el mismo. Tomada de (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aeronaves, 2017)

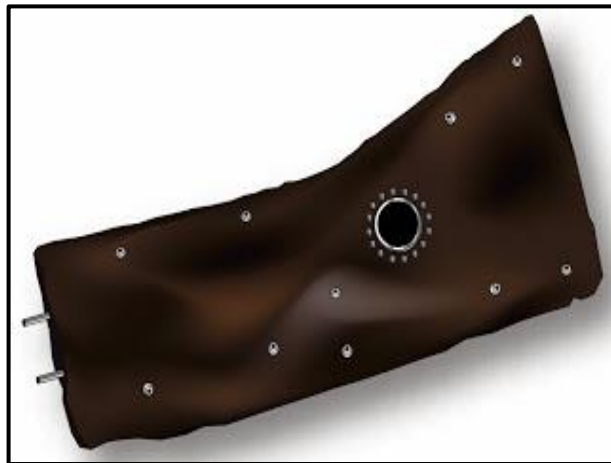
### **2.7.2.2. Tanque flexible**

Este tipo de tanques son fabricados de material elastómero. También llamado celda de combustible, se lo puede doblar e instalar en una bahía la cual se encuentre debidamente preparada para su colocación, a través de una abertura pequeña, como es la de inspección. Una vez dentro, se puede desplegar a su tamaño completo. Los

tanques de vejiga deben estar unidos a la estructura con clips u otros dispositivos de sujeción (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017).

**Figura 23:**

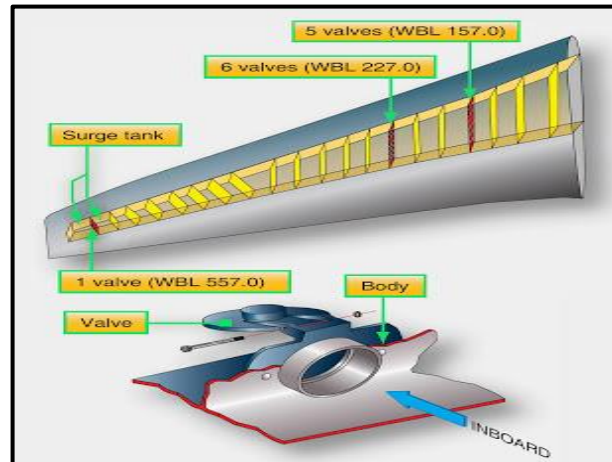
Deposito Flexible



Nota: La imagen una forma típica de tanque de combustible flexible. Tomada de (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

### **2.7.2.3. Tanque integral.**

Estos depósitos integrales, son aquellos que forman parte de la estructura del avión, las cuales son áreas que se encuentra en las alas del avión u otro compartimiento que sean debida mente preparadas para almacenar combustible. Por lo tanto estos taques no son desmontables como para realizar reparaciones, inspección o mantenimiento, en consecuencia a esto se los provee un panel o paneles para realizar este tipo de tareas (Alexander Mendivelso, 2012).

**Figura 24:***Tanque Integral*

Nota: La imagen muestra como es un tanque integral dentro del ala de una avion.

Tomada de (Anónimo, Flight Mechanic, 2017)

## 2.8. Combustible para motores recíprocos

Los motores alternativos queman gasolina, también conocido como AVGAS. Está especialmente formulado para su uso en motores de aviones. La combustión libera energía en el combustible, que se convierte en el movimiento mecánico del motor. AVGAS de cualquier variedad es principalmente un compuesto de hidrocarburo refinado del petróleo crudo por destilación fraccionada. La gasolina de aviación es diferente del combustible refinado para su uso en aviones con turbina. AVGAS es muy volátil y extremadamente inflamable, con un bajo punto de inflamación. El combustible de turbina es un combustible de tipo queroseno con un punto de inflamación mucho mayor,

por lo que es menos inflamable (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017).

### **2.8.1. Características del combustible para motores recíprocos**

#### **➤ Volatilidad**

Una de las características más importantes del combustible de un avión es su volatilidad. La volatilidad es un término utilizado para describir la facilidad con que una sustancia cambia de líquido a vapor. Para motores alternativos, se desea combustible altamente volátil. La gasolina líquida entregada al carburador del sistema de inducción del motor debe vaporizarse en el carburador para quemar en el motor. El combustible con baja volatilidad se vaporiza lentamente. Esto puede causar un arranque difícil del motor, un calentamiento lento y una aceleración deficiente.

#### **➤ Bloqueo de vapor**

El bloqueo de vapor es una condición en la cual AVGAS se vaporiza en la línea de combustible u otros componentes entre el tanque de combustible y el carburador. Esto generalmente ocurre en días cálidos en aviones con bombas de combustible accionadas por motor que succionan combustible del tanque (s). El bloqueo de vapor puede ser causado por combustible excesivamente caliente, baja presión o turbulencia excesiva del combustible que viaja a través del sistema de combustible. En cada caso,



el combustible líquido se vaporiza prematuramente y bloquea el flujo de combustible líquido al carburador. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

### ➤ **Octanaje**

Las clasificaciones de octano y los números de rendimiento se dan a los combustibles para describir su resistencia a la detonación. Los combustibles con alta presión crítica y números de alto octanaje o rendimiento tienen la mayor resistencia. Se utiliza un sistema de referencia para calificar el combustible. Se usa una mezcla de dos hidrocarburos, isooctano ( $C_8H_{18}$ ) y heptano ( $C_7H_{16}$ ), la cual da como resultado propiedades antidetonantes (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017).

Es decir el octanaje de un combustible es la capacidad antidetonante para resistir la compresión a que es sometida la mezcla aire/combustible en la cámara de combustión del motor, iniciando la combustión solo cuando salta la chispa de la bujía.

Para aumentar las características de antidetonación del combustible, se pueden agregar sustancias. El plomo tetraetilo (TEL) es el aditivo más común que aumenta la presión crítica y la temperatura de un combustible. Sin embargo, también se deben agregar aditivos adicionales, como dibromuro de etileno y fosfato de tricresilo, para que el TEL no deje depósitos sólidos en la cámara de combustión. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

➤ **Pureza**

El uso de filtros en las diversas etapas de transferencia y almacenamiento de AVGAS elimina la mayoría de los sedimentos extraños del combustible. Una vez en los tanques de combustible de la aeronave, los desechos deben depositarse en los sumideros de drenaje del tanque de combustible para ser retirados antes del vuelo. Los filtros y filtros en el sistema de combustible de la aeronave pueden capturar con éxito cualquier sedimento restante. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017).

La pureza de la gasolina de aviación se ve comprometida con mayor frecuencia por el agua. El agua también se deposita en los sumideros con suficiente tiempo. Sin embargo, los filtros y filtros de la aeronave no eliminan el agua tan fácilmente como las partículas sólidas. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

### **2.8.2. Identificación de combustible**

Los fabricantes de aviones y motores designan combustibles aprobados para cada avión y motor. Consulte los datos del fabricante y use solo el combustible especificado en ellos. La existencia de más de un combustible hace imperativo que el combustible se identifique positivamente y nunca se introduzca en un sistema de combustible que no esté diseñado para él. El uso de tintes en el combustible ayuda a

los aviadores a monitorear el tipo de combustible. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

**Figura 25:**

*Etiquetado y marcado con códigos de colores para el abastecimiento de combustible*

Fuel Type and Grade	Color of Fuel	Equipment Control Color	Pipe Banding and Marking	Refueler Decal
AVGAS 82UL	Purple			
AVGAS 100	Green			
AVGAS 100LL	Blue			
JET A	Colorless or straw			
JET A-1	Colorless or straw			
JET B	Colorless or straw			

Nota: La imagen muestra la clasificación de los tipos de combustibles comúnmente utilizados en la industria aeronáutica, también indica los colores representativos de cada uno de estos. Tomada de (Anónimo, Flight Mechanic, 2017)

- 100LL AVGAS es el AVGAS más fácilmente disponible y utilizado en los Estados Unidos. Está teñido de azul. Un combustible de 100 octanos o 100/130 puede estar disponible, pero está teñido de verde. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)
- 80/87 AVGAS ya no está disponible. Estaba teñido de rojo. Muchos certificados de tipo suplementario se han emitido a las combinaciones de motores y motores

que permiten el uso de gasolina para automóviles en motores diseñados originalmente para AVGAS rojos. Un combustible relativamente nuevo de AVGAS, 82UL (sin plomo), ha sido introducido para su uso por este grupo de motores de compresión relativamente bajos. Se tiñe de púrpura. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

- 115/145 AVGAS es un combustible diseñado para los motores alternativos grandes y de alto rendimiento desde la Segunda Guerra Mundial. Está disponible sólo por pedido especial de las refinerías, y también está teñido de color púrpura. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

Identificar el combustible y garantizar que se entregue el combustible correcto en los tanques de almacenamiento, los camiones de combustible y los tanques de combustible de los aviones es un proceso ayudado por el etiquetado. Se utilizan calcomanías y marcas con los mismos colores que los colores AVGAS. Los camiones de entrega y las mangueras están marcados al igual que las tapas de combustible de los tanques de los aviones y las áreas de llenado. Las boquillas de las mangueras de llenado de combustible para reactores tienen un tamaño demasiado grande para caber en una abertura de llenado del tanque AVGAS. (Anónimo, Tipos de tanques de combustible para aronaves, 2017)

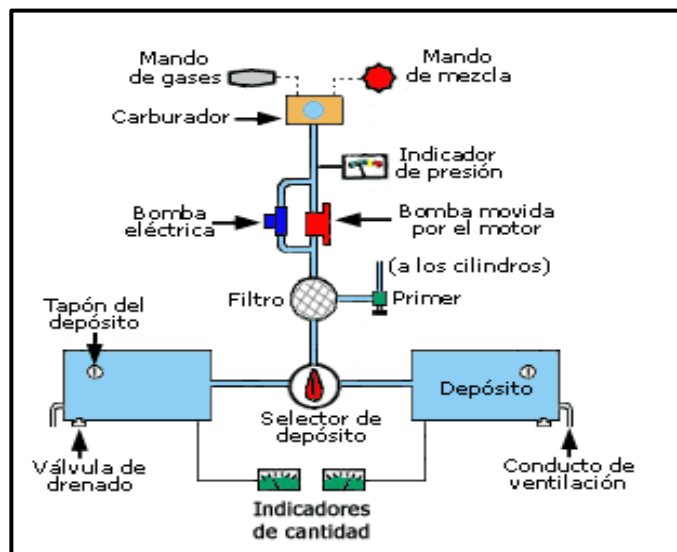
## **2.9. Sistema de combustible del motor**

Es el conjunto de instalaciones cuyo objetivo es proporcionar un caudal ininterrumpido de combustible a cada motor de la aeronave.

Por lo tanto, la energía que propulsa una aeronave, sin importar el tipo de motor que esta utilice, se genera a partir de la quema de combustible, es decir por la transformación química del combustible en energía mecánica. Por ende toda aeronave debe tener un sistema óptimo de combustible el cual sea muy eficaz tanto para el almacenamiento, como para poder llevar el combustible a todos los dispositivos que requieran combustible para la mezcla de aire/combustible (Muñoz).

**Figura 26:**

*Esquema de sistema de combustible*



Nota: La imagen muestra como está conformado un sistema de combustible, la cual nos indica todos los componentes necesarios para un buen funcionamiento. Tomado de (Muñoz)

## 2.10. Componentes del sistema de combustible del motor.

### 2.10.1. Depósitos de combustible

Depende del avión en donde se colocara el depósito de combustible y la utilidad que le dará, se verá la forma, tamaño y construcción del mismo. Ya que en la mayoría de los aviones se encuentran de una forma integral es decir forma parte de la estructura, por lo general su construcción es de aleación de aluminio (Rodríguez O, 2014).

Un depósito tienen:

- “Una apertura para llenado ya sea por gravedad o a presión, con su respectiva tapa de cierre.
- Unas tomas de aire, las cuales permiten que el aire sustituya al combustible gastado” (Muñoz).
- Placas deflectoras (baffles) que reducen o eliminan el golpeteo (surge) del combustible dentro del estanque, cuando hay cambios de actitud. Las costillas cumplen esta función.
- En la parte inferior del estanque se encuentra una válvula de drenaje
- Un poco más arriba del sump se encuentra la toma de combustible hacia el motor (Rodriguez O, 2014)

### **2.10.2. Ventilación de los estanques**

Este sistema permite que el aire entre y salga de todos los estanques logrando así un buen almacenamiento y distribución del combustible.

Lo anterior se cumple ya que este sistema entrega siempre presión positiva al interior del estanque, protegiendo la estructura alar. Disminuye la evaporación. A la entrada de las bombas boosters hay presión positiva (Rodriguez O, 2014)

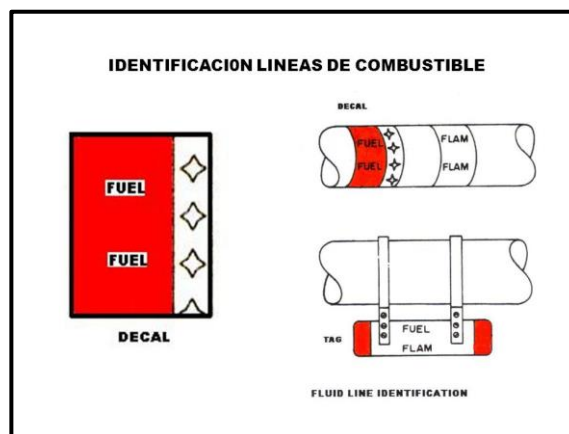
### **2.10.3. Líneas de combustible**

Se usan cañerías de aleaciones de aluminio y cuando se debe usar mangueras estas serán de goma sintética o de teflón. Las cañerías y las mangueras que están mas allá del corta fuego tienen que ser resistentes a las altas temperaturas. (Rodriguez O, 2014)

- El diámetro de la tubería dependerá del flujo del motor.
- Se identifican por el color rojo- calcomanía o cartel -ubicado cerca de los extremos.
- Las tuberías deben ser aseguradas por medio de abrazaderas a los elementos estructurales del avión (Rodriguez O, 2014).

**Figura 27:**

*Identificación de líneas de combustible*



Nota: En la imagen se puede observar la identificación líneas del combustible. Tomado de (Rodriguez O, 2014)



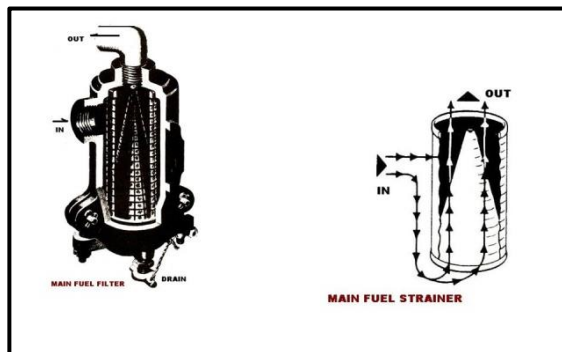
#### 2.10.4. Filtros

Están instalados en las bocas de llenado por gravedad, a la salida de los estanques y a la entrada del carburador, motores recíprocos o en la bomba del motor (turbinas).

Los instalados en la boca de llenado o a la salida de los estanques son de trama gruesa e impiden que las partículas mas grandes contaminen el sistema (Rodriguez O, 2014)

#### Figura 28:

*Filtro de combustible del motor*



Nota: En la imagen se puede apreciar el filtro de combustible del motor. Tomado de (Rodriguez O, 2014)

### **2.10.5. Bombas de combustible**

Este dispositivo es el encargado de suplir cantidad y presión necesaria de combustible hacia el motor mientras esté en funcionamiento. Sin importar que sean de engranajes o a pistones estos dispositivos son de desplazamiento positivo. El término “Desplazamiento positivo” nos indica que para cada vuelta de los engranajes, o a cada carrera del pistón, se entregará una cantidad fija de combustible al sistema.

### **2.10.6. Válvulas**

Deben permitir el libre paso del flujo en la cañería a la cual sirve y sin filtraciones.

“Se usan para: cortar combustible (shutoff), alimentación cruzada (crossfeed), transferir combustible (defueling), vaciar combustible (dump), cargar combustible (fueling)” (Rodriguez O, 2014).

Se pueden operar manualmente mediante el uso de cables, poleas, varillas, etc.. Las válvulas se pueden operar en forma manual usando el indicador de posición que se encuentra en el cuerpo de ella y solo en caso de hacer algún trabajo de mantenimiento. (Rodriguez O, 2014)

### 2.10.7. Carburador

La carburación es el conjunto de procesos físicos que preparan la mezcla aire-combustible para la combustión en los cilindros del motor.

“Los carburadores son normalmente utilizados en motores no muy potentes debido a que son relativamente económicos y sencillos de fabricar” (Rodríguez O, 2014).

**Figura 29:**

*Carburador*



Nota: La imagen muestra el funcionamiento de un carburador. Tomado de (Dani M, 2014)

El funcionamiento del carburador se basa en el efecto Venturi que provoca que toda corriente de aire que pasa por una canalización, genera una depresión (succión) que se aprovecha para arrastrar el combustible proporcionado por el propio carburador. La depresión creada en el carburador dependerá de la velocidad de entrada del aire que será mayor cuanto menor sea la sección de paso de las canalizaciones (Dani M, 2014).

Si dentro de la canalización tenemos un estrechamiento (difusor o venturi) para aumentar la velocidad del aire y en ese mismo punto se coloca un surtidor comunicado a una cuba con combustible a nivel constante, la depresión que se provoca en ese punto producirá la salida del combustible por la boca del surtidor que se mezclara con el aire que pase en ese momento por el estrechamiento, siendo arrastrado hacia el interior de los cilindros del motor (Meganeboy, 2014).

### 3. DESARROLLO DEL TEMA

#### 3.1. Preliminares

Para proceder a realizar el trabajo de Rehabilitación del sistema de combustible del motor O-540 A4E5, se ejecuta en primera instancia una inspección visual del motor con la finalidad de verificar que el motor contara con todos los componentes de un sistema de combustible de un motor reciproco.

En la inspección que se realizó se pudo observar que en el motor no constaba con algunos componentes que eran útiles para su buen funcionamiento, por lo tanto se procede a la adquisición de los mismos y a su respectiva instalación, para realizar las respectivas tareas de mantenimiento y verificar su funcionamiento.

Con ayuda de manuales del motor, libros técnicos e internet se pudo recopilar toda la información necesaria para efectuar los trabajos necesarios en el motor y conseguir un buen funcionamiento del sistema de combustible.

#### 3.2. Motor Lycoming O-540<sup>a</sup>

Las condiciones de operación del motor Lycoming O-540-A, las cuales fueron tomadas del manual del operador, nos indica lo siguiente:

**Tabla 3:***Operación del motor*

<b>Operation</b>	<b>RPM</b>	<b>HP</b>	<b>Fuel Cons. Gal./Hr.</b>	<b>Max. Oil Cons. Qts./Hr.</b>	<b>Max.Cyl. Head Temp.</b>
Normal Rate	2575	250	-----	0.83	500°F(260°C)
Performance Cruise (75%Rate)	2350	190	16.3	0.63	500°F(260°C)
Economy Cruise (60% Rate)	2200	150	12.5	0.50	500°F(260°C)

Nota: La tabla indica las condiciones de operación del motor O-540 de la serie A.

Recuperdo del Operator Manual Lycoming O-540 de Lycoming Company, 2006 .

### 3.3. Desarrollo

#### 3.3.1. Inspección visual

Se realizó una una inspección visual para verificar que el motor contenga los componentes necesarios para el adecuado funcionamiento del sistema de combustible. Por ende se pudo constatar que el motor O-540 A4E5, no contaba con los elementos necesarios para su adecuado funcionamiento, requiriendo la implementación de

componentes, especialmente en el sistema antes mencionado, para proporcionar el abastecimiento necesario de combustible al motor.

En la siguiente tabla se dará a conocer los componentes necesarios de un sistema de combustible de un motor alternativo, para un correcto funcionamiento y se marcara con una X los componentes faltantes en el motor O-540.

**Tabla 4:**

*Comparación de componentes de sistema de combustible de un motor reciproco con el motor O-540 A4E5*

Componentes del Sistema De Combustible –MOTOR ALTERNATIVO	Componentes del Sistema de Combustible -MOTOR O-540 A4E5
Depósito de combustible	X
Líneas de combustible	X
Bombas de combustible	X
Válvulas	X
Filtro	X
Carburador	
Throttle and Mixture control	X
Indicador de combustible	

Nota: En la Tabla se puede observar dos los columnas, en la una nos muestran los componentes necesarios para un sistema de combustible de un motor alternativo y en la otra cuales son los componentes faltantes para el motor O-540 marcados con una X

### 3.3.2. Obtención e implantación del Throttle y Mixture control

Al verificar que el carburador del motor no contaba con los cables de mixture control y el throttle, los cuales son de mucha importancia para el desempeño correcto del carburador al proporcionar la mezcla aire/combustible necesaria a los cilindros del motor. Se procede a la obtención de los mismos.

**Figura 30:**

*Cables del mixture control and throttle*



Nota: obtención de cables de control de mezcla del carburador y del acelerador.

Con la obtención de los cables de control de mezcla y throttle se procede a verificar que estos sean adaptables en las respectivas palancas que se encuentran en el carburador, se dio a notar que necesita de unas adecuaciones para su posterior instalación en el carburador y poder controlar desde cabina. Por lo tanto con ayuda de un torno se realizó unas pequeñas piezas metálicas las cuales se adaptaran en las palancas del carburador.



**Figura 31:**

*Piezas metálicas adaptables.*



Nota: piezas metálicas adaptables para los conroles del carburador.

Se procede a instalar las piezas metálicas en las palancas del carburador, con ayuda de dos llaves #12 haciendo contratuerca se ajusta la piezas metálicas, considerando que estas deben tener un movimiento libre y así poder controlar la palanca de manera correcta.

**Figura 32:**

*Adaptaciones colocadas en palancas de carburador.*



Nota: colocación de piezas adaptables en los controles del carburador del motor.

Con las adaptaciones colocadas en las palancas de carburador se procede a colocar los respectivos cables de control, los cuales se podrán observar en el panel que se encuentra en cabina para su posterior manipulación por parte del personal autorizado al encender el motor.

**Figura 33:**

*Colocación de cables*

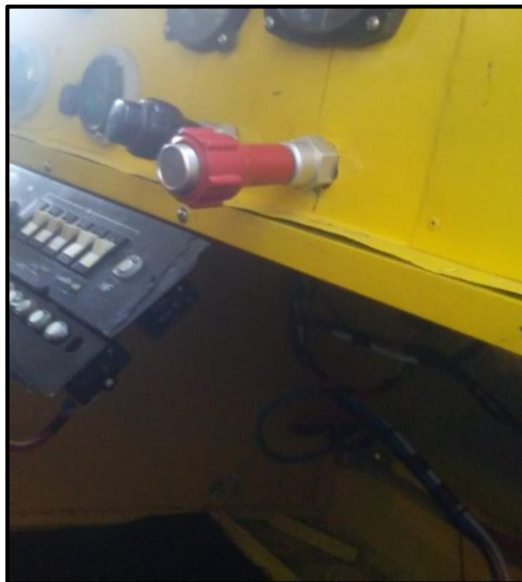


Nota: colocación de los cables de control de mezcla y acelerador en las piezas adaptables del carburador.

Para proceder a colocar los cables de control del carburador en cada uno se coloca una tuerca hasta el final de los hilos, luego traspasar por los orificios de las piezas adaptadas y colocando otra tuerca y arandela se procede hacer contra-tuerca con 2 llaves #13 en las tuercas de los cables y los otros extremos de mando se los coloca en el panel de cabina.

**Figura 34:**

*Controles de carburador en cabina*



Nota: Colocación de perillas para controles del carburador tanto del acelerador como el de control de mezcla en cabina.

### **3.3.3. Instalación bomba eléctrica de combustible, cañerías, válvula de corte y filtro de combustible.**

Se considera óptima la adquisición e instalación de una bomba de combustible de baja presión debido a que está diseñada para circuitos de combustible de baja presión, de motores a carburador.

- 1) Colocamos la cañería de combustible, un extremo a la entrada de combustible del carburador, y con una abrazadera de presión aseguramos

esta cañería. Y al otro extremo de la cañería hacia una válvula reguladora de caudal.

**Figura 35:**

*Colocación de cañería en la entrada del carburador.*



Nota: En la imagen se puede visualizar la colocación de cañería de combustible en la entrada del carburador

- 2) Se procede a colocar una válvula de reguladora de flujo o corte, en una parte accesible para el operador del motor. Por lo tanto se ha colocado en la parte inferior izquierdo de la cabina del motor, sujetándola hacia la estructura de la cabina con ayuda de unas abrazaderas de amarre.

**Figura 36:**

*Válvula reguladora y corte de combustible asegurada.*



Nota: En la imagen se puede apreciar la instalación de una válvula de corte de flujo de combustible.

- 3) A continuación se instala un acople en forma de T 5/16 in, una de sus vías se conecta a la bomba a través de una cañería de 5/16 in que se asegura con una abrazadera, de la misma manera, la vía principal es conectada hacia la válvula de corte, en cuanto la otra vía secundaria la cual servirá si se da la necesidad de un posible corte de combustible, para el retorno del mismo, mientras tanto esta cañería se encontrara previamente sellada con un tapón.

**Figura 37:**

*Instalación de adaptador de tres vías.*



Nota: en la imagen se puede observar la instalación de un adaptador de 3 vías para el paso del combustible.

- 4) Una vez ya conectada la válvula y el adaptador se procede a instalar la bomba eléctrica de combustible. Como se había mencionado antes la salida de la bomba será conectada mediante una cañería hacia una vía del adaptador, mientras que la entrada de la bomba estará conectada de igual forma con una cañería hacia el tanque de combustible.

En cuanto la conexión eléctrica de la bomba se procede a conectar la masa o tierra directamente a la batería, la terminal positiva conectada al master switch, la cual recibirá corriente de la batería, dando paso de energía al ser accionado para que la bomba pueda trabajar.

**Figura 38:**

*Instalación de la bomba eléctrica, adaptador y válvula de corte.*



Nota: En la imagen se puede apreciar las conexiones de la bomba, adaptador y válvula de corte mediante cañerías de combustible.

- 5) Conectada la bomba eléctrica de combustible y la válvula de corte, se procede a instalar el filtro de combustible, se conecta con una cañería de 5/16 in el extremo de salida hacia la bomba, mientras que con una cañería de 3/8 in la entrada que viene desde el tanque de combustible, en la parte inferior de la cabina.



**Figura 39:***Instalación de filtro de combustible*

Nota: En la imagen se puede apreciar la colocación del filtro de combustible con sus respectivas conexiones de cañerías.

### 3.3.4. Diseño y construcción del tanque de combustible

En el diseño del tanque de combustible, se vio la necesidad de adquirir el programa solid Word, el cual será de gran utilidad para realizar un diseño de tanque de combustible óptimo para el motor Lycoming O 540, para lo cual se realizó una serie de cálculos, para hallar la presión del proyecto, en donde se sabe que:

P=presión, F= Peso y A= unidad del área, entonces:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot V \cdot g}{A} = \frac{\rho \cdot A \cdot h \cdot g}{A} = \rho \cdot g \cdot h$$

$$P = \rho \cdot g \cdot h ; g \cong 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$\rho = \text{densidad de combustible} = 0.71 \text{kg} = 710 \frac{kg}{m^3}$$

$$P = \left(710 \frac{kg}{m^3}\right) \left(9.8 \frac{m}{s^2}\right) h$$

$$P = 6958h \left(N/m^3\right)$$

$$P_{max} = 6958 h_{max}$$

$$P_{max} = \left(6958 \frac{N}{m^3}\right) (0.4m) = 2783.2 \frac{N}{m^2}$$

$$P_{max} = 2783.2 Pa$$

## **PRESIÓN DEL PROYECTO**

$$P_p > 1.1 P_{max} \text{ (operación)}$$

$$P_p > 1.1 \times 2783.2 Pa$$

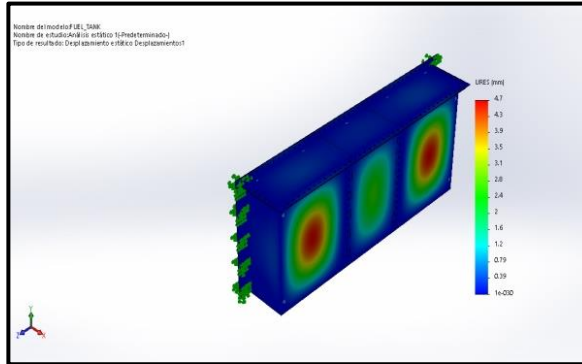
$$P_p > 3061.52 Pa = 0.0031MPa$$

Al obtener la presión del proyecto se procede a realizar el modelado en el programa solidwork , del tanque de combustible considerando los diferentes datos encontrados.

- a. Al tener los datos necesarios, y el modelo del tanque, se procede a ingresarlos y dibujar. En donde nos arroja los esfuerzos y tensiones que se aplicaran en el modelo.

**Figura 40:**

*Simulación de esfuerzos y tensiones aplicadas en el Modelado.*

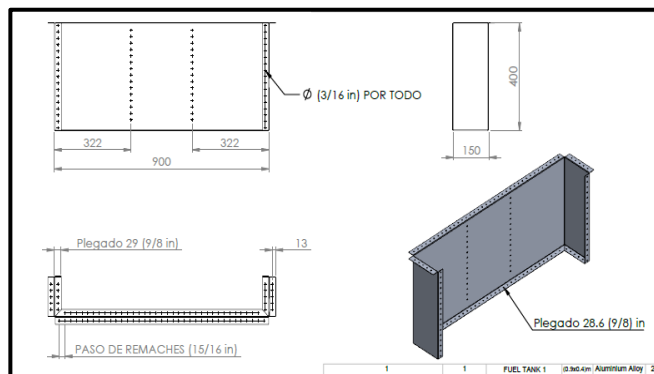


Nota: En la imagen se puede apreciar los esfuerzos y las tensiones que soportara el material con el que se construirá el tanque de combustible.

- b. En el modelado del tanque se ha considerado todas
- c. las medidas en milímetros, a menos que se especifique lo contrario.

**Figura 41:**

*Modelado del tanque con sus respectivas medidas.*

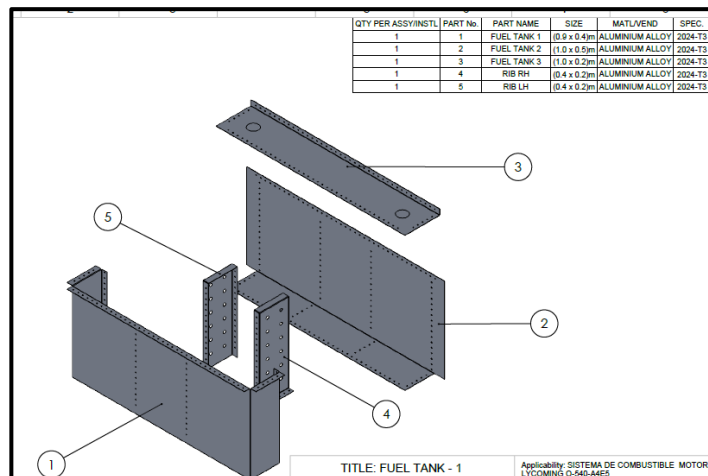


Nota: Se observa el modelado de las diferentes piezas de aluminio y sus respectivas medidas para la construcción del tanque .

- d. El paso de los remaches es de 15/16in, aproximadamente 5 diámetros.
- e. Las especificaciones generales de las medidas y la forma de construcción, como plegados y las distancias de colocación de los remaches, los agujeros de para ubicar las tapas de llenado y válvulas, se dan a conocer en la parte de anexos, en donde se encuentran todos los planos del tanque

**Figura 42:**

*Modelado del tanque y especificaciones generales.*



Nota: En la imagen se puede observar la ubicación de cada una de las piezas de aluminio para el tanque de combustible.

Una vez terminado el modelado del tanque de combustible, se procede a revisar los planos para la posterior construcción del tanque de combustible para el motor Lycoming O540 A4E5 de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE).

1. Para empezar con la construcción del tanque de combustible procedemos a adquirir los materiales a utilizar, como son:
  - a. Láminas de aleación de aluminio 2024-T3.

**Figura 43:**

*Láminas de aleación de aluminio*

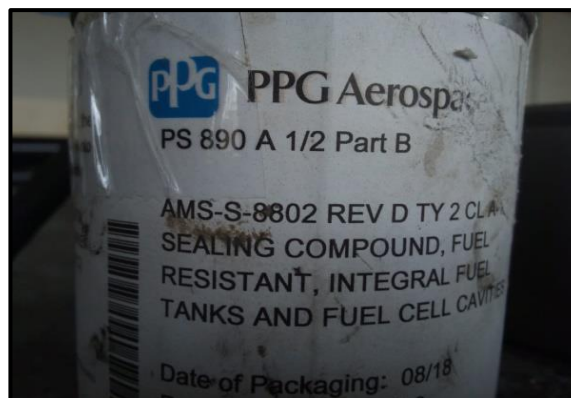


Nota: En la imagen se puede apreciar las láminas de aluminio que se utilizarán para la construcción del tanque.

- b. Sellante aeronáutico PRC, para tanques de combustible.

**Figura 44:**

Sellante PRC



Nota: se puede observar el tipo de sellante que se utilizara para sellar las uniones al momento de unir las piezas.

- c. Remaches avellanados d 3/16 in.
2. Al contar con todos los materiales que se van a utilizar, procedemos con la construcción del tanque, de acuerdo a lo especificado en los planos. Comenzando con el trazado en las láminas de aluminio, de las diferentes piezas del tanque.

**Figura 45:**

*Trazado de láminas de aluminio.*



Nota: en la imagen se puede apreciar el trazado de las laminas de aluminio de acuerdo a los planos adquiridos.

Y a realizar 12 perforaciones en las láminas pertinentes para la formación de costillas del tanque, con un diámetro  $\frac{1}{2}$  in, de acuerdo a las medidas indicadas en el plano de la Part N°4.

**Figura 46:**

*Perforación de láminas*



Nota: Perforación de las láminas con un diámetro  $\frac{1}{2}$  para costillas

3. Se procede a cortar los trazos que no son útiles en las láminas de aluminio, de acuerdo con el modelo especificado, para un mejor y fácil dobles de la lámina.

**Figura 47:**

*División de la lámina de aluminio por la parte trazada.*



Nota: División de las partes trazadas en las láminas de aluminio.

4. Al trazar y cortar todas las piezas de acuerdo a las medidas de los planos, se procede con el dobles de las láminas, con ayuda de la prensa dobladora.

**Figura 48:**

*Dobles de las láminas de aluminio*



Nota: Doblado de las láminas de aluminio según mande los planos.

5. Una vez ya cortadas y dobladas las diferentes piezas, se procede a realizar las perforaciones para unir las partes.



**Figura 49:**

*Perforaciones en los puntos señalados de las láminas.*



Nota: Perforación en las diferentes piezas para proceder a su unión y remachado .

6. Se procede a lijar y pintar la parte interna de las diferentes piezas que conforman el tanque de combustible, utilizando el respectivo equipo de protección personal, se procede a pasar el primer.

**Figura 50:**

*Pintado de las diferentes partes del tanque de combustible*



Nota: Pasada de primer en las partes internas del tanque de combustible.

7. Antes de remachar las partes que componen el tanque de combustible, se deberá colocar PRC en todas las uniones, para generar estanqueidad y evitar fugas de combustible.

**Figura 51:**

*Colocación de PRC en las uniones de cada parte.*

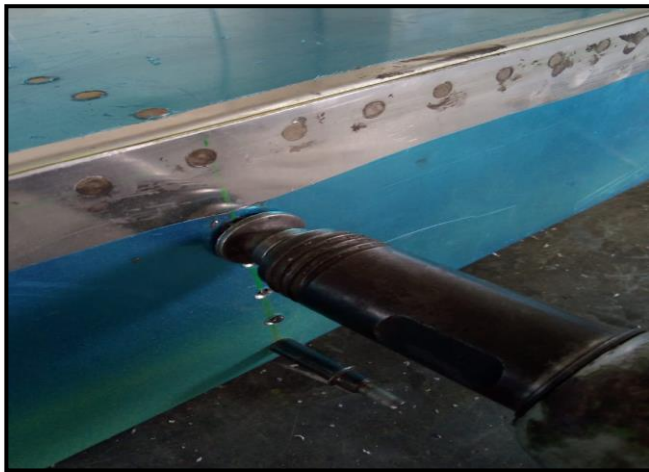


Nota: Se coloca sellante PRC en todas las uniones de las piezas del tanque.

8. Se unen las diferentes partes, excepto la parte superior del tanque con remaches de 3/16 in de diámetro, el paso de estos remaches es de 15/16 in. De acuerdo a las especificaciones de los planos adquiridos.

**Figura 52:**

*Unión de partes del tanque y remachado de las mismas.*

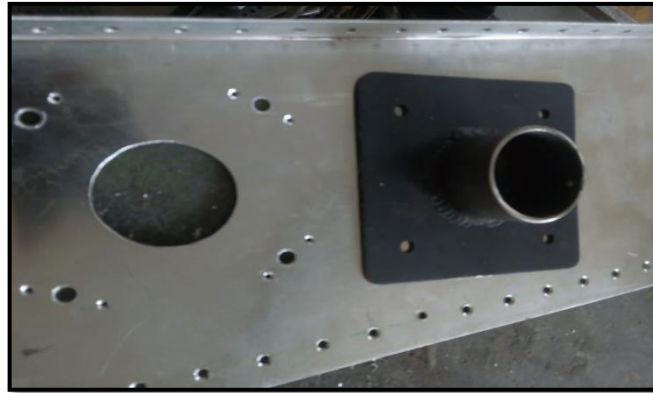


Nota: Unión de las partes del tanque de combustible con clecos y u respectivo remachado.

9. Con la parte superior del tanque se procede a colocar los diferentes componentes:
  - a. La tapa de llenado de combustible, con su respectiva adaptación, para lo cual se realiza un agujero con las respectivas medidas de la adaptación.

**Figura 53:**

*Perforado para tapa de combustible.*



Nota: Perforado de la parte superior del tanque con las medidas respectivas de la adaptación de la tapa de llenad

Colocamos PRC en toda la parte inferior de la adaptación y lo aseguramos con pernos y tuercas de 7/16 in, hacia la lámina superior del tanque de combustible.

**Figura 54:**

*Colocación de la adaptación de tapa de combustible en la lámina.*



Nota: Colocacion y sellado de la tapa de de llenado de combustible en la lámina.

- b. De la misma manera se coloca la una válvula de desfogue de gases de combustible en la misma lamina o parte superior del tanque, se
- c. realiza un agujero del diámetro de la válvula y se lo sella con PRC.

**Figura 55:**

*Implementación de la válvula de desfogue de gases.*

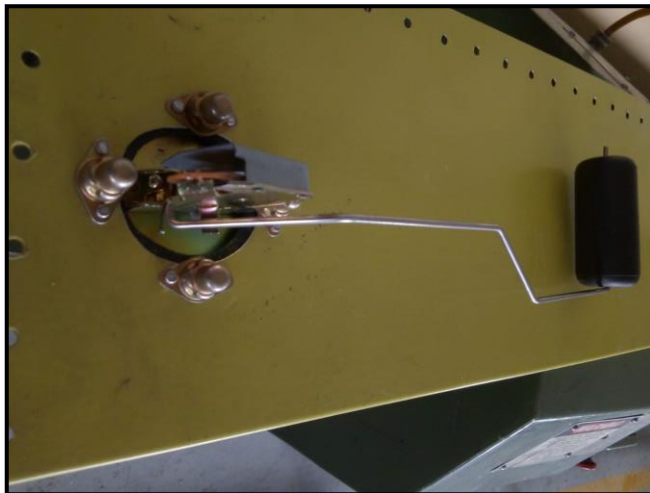


Nota: Colocación de una válvula de desfogue y sellado de la misma en la lámina superior del tanque.

- d. Por último se coloca el sensor de medidor de nivel de combustible, se coloca un empaque y poder sellarlo de una manera adecuada ya que este es desmontable.

**Figura 56:**

*Implementación del sensor tipo flotador.*



Nota: Instalación del sensor flotador en la parte superior del tanque de combustible.

- e. Se colocó en el extremo inferior derecho unos acoples los cuales también fueron sellados con PRC, para el vaciado de combustible.

**Figura 57:**

*Perforación y acoples para el vaciado de combustible*



Nota: Instalación de acoples para salida del combustible del tanque.

10. Terminado la construcción el tanque de combustible, su ensamblado y colocado todos los componentes necesarios se procede a pintar su parte externa de color rojo.

**Figura 58:**

*Tanque de combustible terminado.*



Nota: Tanque de combustible pintado y terminado.

### 3.3.5. Instalación del tanque de combustible.

Para dar a conocer el procedimiento de instalación del kit de tanque de combustible, primero se tomara en cuenta los implementos que este kit conlleva, por lo tanto se hará una lista con los implementos.

**Tabla 5:**

*Listado de kit de instalación del tanque de combustible.*

COMPONENTES E MPLEMENTOS	CANTIDAD
Tanque de combustible	1



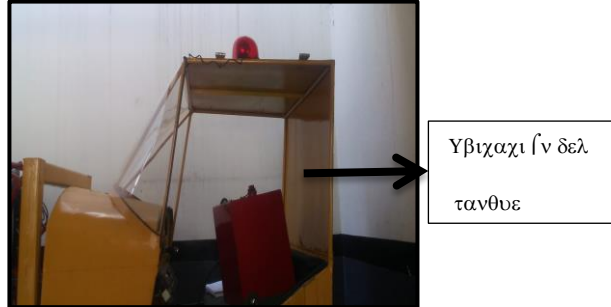
<b>COMPONENTES E MPLEMENTOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
Manguera de combustible High pressure 3/8 y 5/16	4 metros
Abrazaderas de presión	2
Pernos de 7/16 inch	4
Tuercas de 7/16 inch	4
Cable fino eléctrico	4 metros
Taype	1
Arandelas de presión	4
Remaches 1/8 in	8

Nota: En la tabla se puede observar todos los implementos se consideran necesarios para la instalación del tanque de combustible y sus respectivas conexiones de cañería e instalaciones eléctricas.

1. Para proceder a instalar el tanque de combustible en la parte posterior de la cabina de del motor Lycoming O-540, se realizara las debidas perforaciones en las pestañas laterales del tanque de combustible y en la parte estructural de la cabina, de acuerdo a las medidas que se consideren necesarias, por seguridad se considera necesario colocar una lámina de tool.

**Figura 59:**

*Ubicación en cabina donde se instalara el tanque de combustible.*



Nota: Cabina del motor Lycoming O-540, posición en donde se instalara el tanque de combustible.

2. Realizadas las debidas perforaciones para el remachado y la colocación s de pernos, se procede a fijar el tanque hacia la cabina con pernos de 7/8 in, tuercas y arandelas, en los 4 puntos señalados, y se remacha con remaches de 1/8 in en la estructura de la cabina, laterales del tanque y lámina de tool, la cual se colocara en medio de la estructura y los extremos del tanque.

**Figura 60:**

*Fijación del tanque.*



Nota: Colocación del tanque en la parte posterior de la cabina con pernos y remaches.

3. Luego de tener fijo el tanque de combustible contra la cabina, se procede a conectar la manguera de combustible de 3/8in en el acople fijado en la parte inferior derecha del tanque, por donde se suplirá el combustible hacia el filtro y luego a la bomba, y se asegura con una abrazadera de presión. Se procede a conectar la manguera de retorno de combustible hacia el mismo tanque.

**Figura 61:**

*Conexión de retorno de combustible y de salida de combustible.*

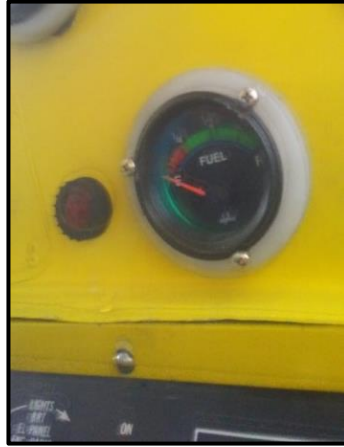


Nota: Conexión de cañerías de retorno y salida de combustible.

4. Se procede a realizar las conexiones eléctricas pertenecientes al flotador e indicador de combustible.
  - a. De acuerdo con las señales que se encuentran en el indicador donde: - será negativo, + será positivo y G será la señal que es tomada del flotador.

**Figura 62:**

*Indicador de combustible en cabina.*

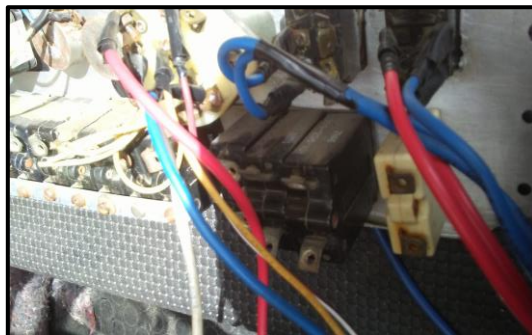


Nota: Ubicación del indicador de combustible en cabina.

- b. De acuerdo con el terminal negativo del indicador se procede a conectarlo a masa o tierra, el cual puede ser conectado directamente de la batería.
- c. El polo positivo será tomado o conectado directamente de la batería, en este caso se puede conectar al switch de encendido del motor, el cual al ser accionado nos libere energía para el indicador.

**Figura 63:**

*Conexión de cables de la bomba e indicador al master switch.*

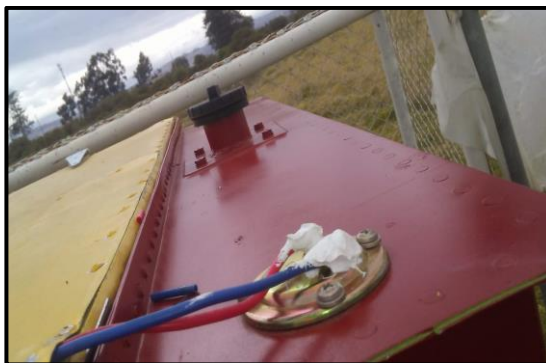


Nota: Conexiones de la bomba eléctrica e indicador de combustible en master switch.

- d. Por ultimo de una parte del chasis del flotador se conecta a tierra o masa de la batería.

**Figura 64:**

*Conexiones del flotador de combustible.*



Nota: Conexión eléctrica en el sensor flotador de combustible.


**Figura 65:***Circuito eléctrico.*

Nota: Esquemático de conexiones de indicador y sensor flotador de combustible.

### 3.3.6. Pruebas de funcionamiento del sistema de combustible

1. Verificar que no haya ninguna conexión o cañería desconectada.
2. En cabina accionar los interruptores, master switch, el cual libera energía para los indicadores y para la bomba eléctrica de combustible.
3. Una vez accionado el master switch se verificar en cabina el indicador de combustible y la bomba si emite algún sonido el cual es un indicador de funcionamiento.
4. Observar que no exista fugas en ninguna cañería y el paso del combustible por el filtro.

### 3.4. Manual de mantenimiento del tanque de combustible.

	MECANICA AERONAUTIVA MENCIÓN MOTORES	Pag: 1-2
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR LYCOMING O-540 A4E5	
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Esteban Pantoja	Fecha : 20-08-2020

#### 1. OBJETIVO:

Obtener una guía adecuada, de acuerdo a la documentación técnica adquirida, la cual nos dé a conocer los procedimientos necesarios para dar un buen mantenimiento al tanque de combustible del motor Lycoming O-540 A4E5, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas.

#### 2. MATERIALES:

- Destornilladores estrella y plano.
- Recipiente para líquidos.
- Waípe o franela.

#### 3. DOCUMENTACION DE REFERENCIA

*Airframe vol 2, O-540-A4E5 Series Engine Maintenance Manual*


#### 4. PROCEDIMIENTO

Todo tanque de combustible sea del tipo que sea debe ser inspeccionado, para determinar su estado general e identificar posibles daños y evitar daños futuros.


SEMESTRAL





<p>ESPE- UGT</p> 	MECANICA AERONAUTIVA MENCIÓN MOTORES	Pag: 2-2
	MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR LYCOMING O-540 A4E5	
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Esteban Pantoja	Fecha : 20-08-2020
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección visual del exterior del tanque, en busca de fugas o fisuras.</li> <li>• Inspección visual de todas las líneas de combustible y los accesorios de combustible, en busca de algún daño o fuga.</li> <li>• Reemplace las líneas de combustible que estén dobladas o torcidas.( Pueden desarrollarse grietas o en los lugares de las curvas o torceduras)Asegurarse de que todas las líneas de combustible esen seguras y tengan abrazaderas fijadas de forma segura.</li> </ul> <p>ANUAL</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar los procedimientos del mantenimiento semestral del tanque de combustible del motor Lycoming 0-540 A4E5</li> <li>• Inspección visual de conexiones eléctricas, observar que no se encuentre algún deterioro o algún cable pelado. En caso de encontrarse algún daño, cambiar el cable.</li> <li>• Vaciar el contenido de la manguera, si no lo ha hecho antes.</li> <li>• Realizar una limpieza del tanque de combustible y chequear que no se encuentre con algún tipo de daño o contaminantes.</li> </ul> <p>NOTA:</p> <p>Los tanques de combustible serán inspeccionados por contaminantes tales como agua o crecimiento microbiano, sedimentos, objetos extraños, pérdida o descascarado de la capa protectora (pintura o sellante).</p>		

### 3.5. Manual de seguridad en el manejo de combustible Avgas

	MECANICA AERONAUTIVA MENCION MOTORES	Pag:
	MANUAL DE SEGURIDAD PARA EL MOTOR LYCOMING O-540 A4E5	1-4
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Esteban	Fecha : 20-08-2020

#### 1. OBJETIVO:

Indicar las precauciones de seguridad básica, dando a conocer en este manual las situaciones de peligro y advertencia, y así evitar posibles daños humanos o de equipos.

#### 2. ALCANCE:

Implementar un manual adecuado, en donde nos dé a conocer sobre los riesgos que puede haber en el manejo de combustible y las señales específicas que se deben colocar al operar el motor.


#### 3. MEDIDAS DE SEGURIDAD

##### a. Equipo de protección persona

Todo el personal que requiera trabajar en el motor Lycoming O-540 deberá utilizar el equipo de protección que se requiere como es:

- Casco en caso de ser requerido
- Gafas de protección y guantes.
- Overol adecuado para el trabajo.
- Calzado adecuado.
- Protección auditiva (Orejas o tapones auditivos) en caso de ser necesario.

Nota: no use ropa floja o joyas que puedan engancharse en controles u otras partes del motor.

<p>ESPE- UGT</p> 	MECANICA AERONAUTIVA MENCION MOTORES	
	MANUAL DE SEGURIDAD PARA EL MOTOR LYCOMING O-540 A4E5	Pag: 2-4
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código; TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Esteban	Fecha : 20-08-2020

b. Información general sobre riesgos.

- Conocer las características del combustible y los riesgos de su manipulación
- Colocar una etiqueta de advertencia de “ No Operar” o etiqueta similar en el motor, interruptor de arranque y controles antes de efectuar cualquier trabajo en el motor y sus sistemas.


NOTA: No permitir la presencia de personal no autorizado en el motor, cuando a este se esté dando un mantenimiento o se realice algún trabajo.

PRECAUCION: No almacene ningún tipo de fluido en recipientes de vidrio, ya que estos pueden romperse con mucha facilidad.

- Desconecte la batería o suministro eléctrico, cuando se esté dando algún mantenimiento o realizando trabajos de reparación. Desconecte las conexiones a tierra de la batería. Coloque cinta aislante en los cables para que evite la producción de chispas.

NOTA: No realice trabajos en el motor si no entiende, así evitara posibles daños futuros graves para el motor.

- Antes de realizar cualquier trabajo en el motor, se debe colocar dentro del área de trabajo los equipos contra incendios necesarios.


	MECANICA AERONAUTIVA MENCION MOTORES	Pag:
	MANUAL DE SEGURIDAD PARA EL MOTOR LYCOMING O-540 A4E5	3-4
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Esteban	Fecha : 20-08-2020

- Cortar el sumidero eléctrico de todos los equipos comprometidos en el área de trabajo.  
NOTA: En caso de necesitar energía eléctrica para algún trabajo que requiera electricidad, dicha energía debe ser alimentada a través de conductores debidamente protegidos.


- Colocar avisos de " No Fumar " y mantener los equipos fuera del alcance de cualquier flama abierta o fuente de ignición.
- Tomar las medidas necesarias para prevenir la acumulación y descarga de energía estática sobre el tanque o junto al combustible. Ya que si se produce una descarga estática puede producir chispas y posibles quemaduras.
- Desconecte con cuidado las líneas de combustible, este puede formar posibles irritaciones al contacto con la piel, y tener un recipiente para desechar los residuos de combustible, no dejando derramarse en el ambiente.

c. El combustible en el organismo.

- Evitar el contacto del combustible con los ojos, ya que el combustible es altamente irritante, y su grado de peligrosidad depende de la cantidad y del tiempo que se encuentre en los ojos. Por lo tanto se recomienda lavar los ojos con abundante agua por lo menos 15 minuto o hasta recibir asistencia médica.
- Evitar el contacto prolongado con la piel, el combustible puede ocasionar irritación, resquebrajamiento y sequedad en la misma.

<p>ESPE- UGT</p> 	MECANICA AERONAUTIVA MENCION MOTORES	
	MANUAL DE SEGURIDAD PARA EL MOTOR LYCOMING O-540 A4E5	Pag: 4-4
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Esteban	Fecha : 20-08-2020
<p>Por lo tanto es recomendable lavarse con abundante agua y jabón</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No inhalar el combustible debido a que es altamente toxico. Si esto ocurre, alejar a la persona del lugar de contaminación hacia un lugar de aire fresco.</li> </ul>		

### 3.6. Manual de Operación.

	MECANICA AERONAUTIVA MENCION MOTORES	Pag:
	MANUAL DE OPERACION.	1-3
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Esteban	Fecha : 20-08-2020

#### I. OBJETIVO:

Implementar un manual con los procesos adecuados, con ayuda de la documentación técnica adquirida, para el buen arranque del motor Lycoming O-540A4E5, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas.

#### II. ALCANCE:

Dar a conocer el proceso requerido para el funcionamiento del sistema de combustible y operación del motor.

#### III. DOCUMENTOS DE REFERENCIA:


Lycoming operator's manual, *O-540-A4E5 Series Engine Installation and Operation Manual*.

#### IV. DESARROLLO

##### a) SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Los componentes principales de este sistema son:
  - Un tanque de combustible, construido de aleación de aluminio, constituido de su respectiva boca de llenado, una válvula de desfogue de gases, una boca de salida y elementos indicadores de cantidad de combustible. Es de tipo removible, el cual puede ser separado de la estructura de la cabina para su

	MECANICA AERONAUTIVA MENCION MOTORES	Pag:
	MANUAL DE OPERACIÓN	2-3
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Eteban	Fecha : 20-08-2020
<p>posible reparación o recibir algún servicio adecuado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Una bomba eléctrica, la cual será accionada desde cabina por el interruptor denominado “FUEL PUM”.</li> <li>– Una válvula de corte de combustible, la cual también nos permitirá regular el flujo, misma que se encuentra instalada junto con la bomba eléctrica de combustible, la cual será colocada en posición “OFF” si se presenta alguna posible emergencia como fuego en el motor.</li> <li>– Un carburador, el cual proporcionara la mezcla aire/combustible necesario a los cilindros del motor, y será controlado por las palancas de “control de mezcla”(palanca Roja en cabina) y “acelerador” (palanca negra en cabina)</li> <li>– Al accionar los interruptores, master switch y fuel pum, las cuales, liberan energía para los indicadores y para la bomba eléctrica de combustible.</li> </ul> <p>Una vez ya energizado el motor y la bomba, verificar en cabina el indicador de combustible y la bomba si emite algún sonido el cual es un indicador de funcionamiento.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Colocar la válvula de corte en posición abierta.</li> <li>– Continuar con el proceso de arranque de motor.</li> </ul>		

	MECANICA AERONAUTICA MENCION MOTORES	Pag:
	MANUAL DE OPERACIÓN	3-3
	ELABORADO POR : Estudiante: Diana Morales	Código: TJP-MA-25
	APROBADO POR: TLGO: Pantoja Esteban	Fecha : 20-08-2020

b) ARRANQUE DEL MOTOR

- A. Realce una inspección previa al arranque.
- B. Coloque el gobernador de la hélice (si corresponde) en la posición "RPM máximas".
- C. Gire la válvula de combustible a la posición "on".
- D. Mueva el control de mezcla a "Completamente rico", es decir ale la perilla roja que se encuentra a un costado de la cabina del motor. Dicha palanca tiene tres posiciones: IDLE( mezcla pobre), FULL RICH(mezcla completamente rica) e IDLE CUT OFF(corte de mezcla)
- E. Encienda la bomba de eléctrica.
- F. Bombee el acelerador a la posición de apertura total y de regreso a la posición de ralenti durante 2 a 3 golpes para un motor frío. Si el motor es equipado con un sistema de cebado, los motores fríos se pueden cebar con 1 a 3 golpes de cebado bomba.
- G. Abra el acelerador (perilla negra junto a la perilla de mezcla) aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de recorrido.
- H. Coloque el interruptor selector de magneto. Consulte el manual del fabricante de la estructura del avión para conocer la posición correcta.
- I. Activar el motor de arranque (girando el interruptor magneto en sentido horario).
- J. Cuando arranque el motor, coloque el interruptor selector magnético en la posición "Ambos".
- K. Verifique el manómetro de aceite para ver la presión indicada. Si la presión de aceite no se indica dentro de treinta segundos, detenga el motor y determine el problema



## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Mediante la adecuada información adquirida, se ha podido comprender de una mejor manera el funcionamiento del sistema de combustible y cuán importante es el mismo para el correcto funcionamiento de un motor recíproco.
- De acuerdo con la documentación técnica del motor Lycoming O-540 se ha realizado una inspección visual del sistema de combustible en donde se observó los componentes faltantes, para su respectiva adquisición.
- Se diseñó y construyó un depósito de combustible, el cual es removible para un mejor mantenimiento, de acuerdo a los requerimientos, para el buen funcionamiento del motor Lycoming O-540.
- Se adecuo e instalo los componentes faltantes en el sistema de combustible, tanto en el motor, cabina y estructura, con el fin que estos se encuentren en una buena posición y mejor asegurados.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Adquirir información de fuentes confiables, relacionadas con el campo de estudio en este caso la aeronáutica, ya que estamos tratando de un sistema que componen un motor de aviación.
- Referirse a los manuales de mantenimiento, instalación y operación del motor Lycoming O-540, para sus respectivas inspecciones y verificar los procesos de operación del motor.
- Tomar las medidas necesarias de seguridad equipo de protección personal, al momento de realizar algún trabajo en el motor y sus sistemas.
- Antes de encender el motor verificar el estado de los demás sistemas, ya que si estos no se encuentran en buenas condiciones no se podrá realizar un correcto encendido del motor.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alexander Mendivelso. (29 de Noviembre de 2012). *Prezi*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de Tipos de tanques de combustible:  
<https://prezi.com/ok1ig8hwhzdm/tipos-de-tanques-de-combustible/>
- Anonimo. (2003). *Universidad Politecnica de Madrid* . Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Motores :  
<https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/informe2003/archivos.pdf/4.6.pdf>
- Anónimo. (05 de Enero de 2013). *Takeoff Briefing*. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de <http://www.takeoffbriefing.com/clasificacion-de-los-motores-segun-la-disposicion-de-los-cilindros/>
- Anónimo. (s.f de s.f de 2017). *Flight Mechanic*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de Instrumentos clasificadores: <http://www.flight-mechanic.com/classifying-instruments/>
- Anónimo. (Junio de 2017). *Aeronautics Guide*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de Tipos de tanques de combustible para aronaves :  
<https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/types-of-aircraft-fuel-tanks.html>
- Anónimo. (Junio de 2017). *Tipos de tanques de combustible para aronaves*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de Aeronautics Guide:  
<https://www.aircraftsystemstech.com/2017/06/types-of-aircraft-fuel-tanks.html>
- Anónimo. (21 de Enero de 2018). *Instrumentos del motor de aviación cap.1*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de ASOC.Pasión por volar:  
<http://www.pasionporvolar.com/instrumentos-del-motor-de-aviacion-cap-1/>
- Anónimo. (s.f.). *Indicador de nivel de combustible e automivil* . Recuperado el 30 de Noviembre de 2019, de Sabelotodo.org:  
<http://www.sabelotodo.org/automovil/relojgasolina.html>
- Audiopedia. (19 de Noviembre de 2015). *Lycoming O-540 (Imagen)*. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de Youtube:  
<https://www.youtube.com/watch?v=C5GPtwRzxYY>
- Cándido. (01 de Septiembre de 2012). *Alma de hierro*. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de <http://almadeherrero.blogspot.com/2012/09/montaje-de-un-motor-lycoming.html>
- Carlos Delgado. (20 de Junio de 2015). *El vuelo por Instrumentos*. Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de

<http://elvueloporinstrumentos.blogspot.com/2015/06/instrumentos-de-motor-de-un-avion.html>

Dani M. (2014). *Aficionados a la mecánica* . Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de Carburador : <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

Federal Aviation Administration, . (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Poweplant vol1*. U.S.

Federal Aviation Administration,. (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Poweplant vol1.(Fotografía)*. U.S.

Federal Aviation Administration,. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-Airframe vol2 (Imagen)*. E.E.U.U.

Francisco Gonzales. (06 de Mayo de 2012). *ING.AERONAUTICA(Fotografia)*. Recuperado el 20 de 08 de 2019, de <https://ingaeronautica.wordpress.com/2012/05/06/431/>

Francisco González. (06 de Mayo de 2012). *ING. AERONAUTICA*. Recuperado el 20 de Julio de 2019, de Motores Aeronauticos: <https://ingaeronautica.wordpress.com/2012/05/06/431/>

Isdrael P. (2013). *Rehabilitacion del sistema de inyeccion combustible del motor Continental*. Latacunga.

LatinWebTesc. (s.f.). Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de Motores Lycoming a piston para Aeronaves: <http://lycoming.com.mx/modelos.php?IdMotor=10>

LatinWebTesc. (s.f.). *Motores Lycoming a Piston para aeronaves* . Recuperado el 20 de Julio de 2019, de <http://lycoming.com.mx/modelos.php?IdMotor=10>

Lycoming . (2019). *Lycoming*. Recuperado el Octubre de 28 de 2019, de <https://www.lycoming.com/engines>

Lycoming Company. (2006). *LYCOMING OPERATOR'S MANUAL*. U.S.

Meganeboy, D. (2014). *Carburador ( Gráfico)*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2019, de Aficionados a la mecánica: <http://www.aficionadosalamecanica.net/carburador.htm>

Menna. (04 de Octubre de 2018). *Como funciona el cigüeñal (fotografia)*. Recuperado el 22 de Agosto de 2019, de COMO FUNCIONA: <https://como-funciona.co/el-ciguenal/>

Muñoz, M. (s.f.). *Sistemas Funcionales(Gráfico)*. Recuperado el 3 de Diciembre de 2019, de Manual de vuelo: [https://manualvuelo.es/3sifn/36\\_comb1.html](https://manualvuelo.es/3sifn/36_comb1.html)

- Redacción. (10 de Febrero de 2018). *ASOC. Pasión por volar* . Recuperado el 30 de Octubre de 2019, de Instrumentos del motor de aviación cap. 2:  
<http://www.pasionporvolar.com/instrumentos-del-motor-de-aviacion-cap-2/>
- Ricardo Ccoyure. (05 de Abril de 2017). *SlideShare*. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019, de Motores de aviacion:  
<https://www.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/motores-de-aviacin-1>
- Rodriguez O. (2014). *Combustible y sistemas de combustible (Imagen)*. Recuperado el 03 de Diciembre de 2019, de Sliderplayer: <https://slideplayer.es/slide/1116471/>
- Tito Ccoyure. (05 de Abril de 2017). *Slideshare ( Fotografía)*. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de <https://www.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/motores-de-aviacin-1>
- Tito, R. C. (05 de Abril de 2017). *Slideshare*. Recuperado el 20 de Agosto de 2019, de <https://www.slideshare.net/RicardoCcoyureTito/motores-de-aviacin-1>

# ANEXOS