



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

**“Desconservación y puesta en conservación de la Unidad de Potencia Auxiliar del helicóptero Ruso MI – 171 con la implementación de una herramienta especial de soporte para el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército”**

Tonato Conteron, Cristian Santiago

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica

Aeronáutica Mención Motores

Tlgo. Inca Yajamín Gabriel Sebastian

Latacunga, 10 de Julio del 2020



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**2. CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, “DESCONSERVACIÓN Y PUESTA EN CONSERVACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR DEL HELICÓPTERO RUSO MI – 171 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL DE SOPORTE PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO” fue realizado por el señor **TONATO CONTERON, CRISTIAN SANTIAGO** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, y 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 las Fuerzas Armadas ESPE, razón la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 10 de Julio del 2020.

**TLGO. INCA YAJAMÍN GABRIEL SEBASTIAN**

**CI. 1722580329**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**3. RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.**

Yo, señor **CRISTIAN SANTIAGO TONATO CONTERON**, declaro que este trabajo de titulación “**DESCONSERVACIÓN Y PUESTA EN CONSERVACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR DEL HELICÓPTERO RUSO MI – 171 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL DE SOPORTE PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO**”. Ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes para los proyectos y también respetando los derechos intelectuales de las terceras personas mediante la utilización de las citas bibliográficas.

En tal virtud declaro que este trabajo de investigación de es de mi autoría y me responsabilizo del contenido sobre su veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, 10 de Julio del 2020.

**TONATO CONTERON CRISTIAN SANTIAGO**

**CI. 0503497489**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA  
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**4. AUTORIZACIÓN**

Yo, **CRISTIAN SANTIAGO TONATO CONTERON** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE a publicar en la Biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación “**DESCONSERVACIÓN Y PUESTA EN CONSERVACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR DEL HELICÓPTERO RUSO MI – 171 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL DE SOPORTE PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO**” cuyos contenidos, ideas, investigaciones, criterios y conclusiones son mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, 10 de Julio del 2020.

A handwritten signature in blue ink is positioned above a horizontal line. The signature is stylized and appears to read 'Cristian Santiago Tonato Conteron'.

**TONATO CONTERON CRISTIAN SANTIAGO**

**CI. 0503497489**

## **5. DEDICATORIA**

Este proyecto de grado va dedicado primeramente a Dios, a mi esposa y a mis padres las personas más importantes de mi vida, ya que por su apoyo incondicional que me han brindado durante la duración de mis estudios hasta llegar a la meta, superando cualquier problema, ausencia y adversidad, siendo los pilares fundamentales e inspiración para brindarme su bendición, consejos y amor para no desistir del objetivo propuesto.

**CRISTIAN SANTIAGO TONATO CONTERON**

## **6. AGRADECIMIENTO**

En el trayecto hacia mi objetivo ha sido demasiado difícil pero no imposible, por ese motivo quiero agradecer primero a Dios por su fuerza, salud y bendición que diariamente me regala, también quiero agradecer a las personas que me apoyaron durante toda mi carrera hasta llegar a la meta propuesta, como son mi esposa y mis padres con sus consejos y amor me guiaron por un camino correcto y se sacrificaron durante mi ausencia.

A la ESPE y a todos los docentes con quien tuve la oportunidad de recibir las asignaturas, ya que con los conocimientos adquiridos he logrado obtener las habilidades y capacidades que el día de hoy tengo para poder desempeñarme en el ámbito laboral aeronáutico.

**CRISTIAN SANTIAGO TONATO CONTERON**

## 7. ÍNDICE DE CONTENIDOS.

1.	CARÁTULA.....	1
2.	CERTIFICACIÓN.....	2
3.	RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA.....	3
4.	AUTORIZACIÓN.....	4
5.	DEDICATORIA.....	5
6.	AGRADECIMIENTO.....	6
7.	ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	7
8.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
9.	RESUMEN.....	13
10.	ABSTRACT.....	14
11.	TEMA:.....	15
10.1	Planteamiento del Problema de Investigación.....	15
10.2	Antecedentes.....	15
10.3	Planteamiento del Problema.....	16
10.4	Justificación e Importancia.....	17
10.5	Objetivos.....	18
10.5.1	Objetivo General.....	18
10.5.2	Objetivos Específicos.....	18
10.6	Alcance.....	18

<b>12. MARCO TEÓRICO. ....</b>	<b>19</b>
11.1 Reseña Histórica de la Aviación del Ejército.....	19
11.2 Tareas y Misiones de la Brigada de Aviación del Ejército.....	20
11.3 Equipamiento de la Brigada de Aviación del Ejército.....	21
11.4 Helicóptero MI - 17 1B.....	22
11.4.1 Descripción General. ....	22
11.5 Motor TB3 – 117 BM del Helicóptero MI-171.....	23
11.5.1 Generalidades .....	23
11.5.2 Datos Técnicos del Motor .....	24
11.5.3 Principales Componentes del Motor TB3-117.....	25
11.5.4 Sistemas del Motor TB3-171.....	26
11.6 Unidad de Potencia Auxiliar. ....	27
11.6.1 Tipos de Unidad de Potencia Auxiliar.....	28
11.7 Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B (Motor de turbina de gas). ....	29
11.7.1 Descripción de la APU AI-9B .....	29
11.7.2 Componentes del Motor de Turbina de Gas AI-9B.....	30
11.7.3 Datos Principales Motor AI-9B. ....	31
11.7.4 Características del APU AI-9B. ....	32
11.7.5 Regímenes de trabajo.....	32
11.7.6 Sistemas de la Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B .....	34



	9
11.7.7 Instrumentos del AI-9B.....	37
11.7.8 Puerto de Entrega de Aire.....	37
11.8 Tipos de Mantenimientos que se Realiza el Helicóptero MI-171.....	39
11.8.1 Mantenimiento Preventivo.....	39
11.8.2 Mantenimiento Correctivo. ....	40
11.8.3 Mantenimiento Restaurativo.....	40
11.9 Mantenimiento Técnico del Motor de Turbina de Gas AI-9B.....	40
11.9.1 Descripción Tarea de Mantenimiento.....	42
11.10 Equipos de Apoyo. ....	43
<b>13. DESARROLLO DEL TEMA. ....</b>	<b>44</b>
12.1 Antecedentes. ....	44
12.2 Estudio Técnico de Campo .....	45
12.2.1 Ventajas.....	46
12.3 Descripción de la Herramienta de Soporte Requerida.....	47
12.4 Implementación y Construcción de la Herramienta de Soporte. ....	48
12.4.1 Estructuración del Soporte Lateral de la Herramienta de Soporte....	48
12.4.2 Implementación de Soporte Inferior de la Herramienta. ....	49
12.4.3 Elaboración de la Estructura de Soporte.....	50
12.5 Ejecución y Procedimiento de la Tarea de Mantenimiento. ....	53
12.5.1 Desconservación Exterior. ....	54

	10
12.5.2 Puesta en Conservación de la APU del Helicóptero MI-171.....	58
<b>14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>67</b>
13.1 Conclusiones.....	67
13.2 Recomendaciones.....	67
<b>15. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>69</b>
<b>16. ABREVIATURAS.....</b>	<b>71</b>
<b>17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>72</b>
<b>18. ANEXOS.....</b>	<b>74</b>

Anexo A: Tarea de mantenimiento que se Realiza en el APU.

Anexo B: Planos del Soporte Lateral de la Herramienta.

Anexo C: Planos del Soporte Principal Inferior.

Anexo D: Planos de la Estructura Principal Superior de la Herramienta.

Anexo E: Herramienta de Soporte del APU Completa.

Anexo F: Tarea de Mantenimiento de Desmontaje y Montaje del APU.

Anexo G: Manuales de Mantenimiento, Operación y Seguridad.

Anexo H: Acta de Entrega y Recepción de la Herramienta de Soporte.

## 8. ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Misiones de la Brigada Aérea</i> .....	21
<b>Figura 2.</b> <i>Clasificación de helicópteros que posee la Brigada Aérea</i> .....	21
<b>Figura 3.</b> <i>Características del Helicóptero MI-171</i> .....	22
<b>Figura 4.</b> <i>Capacidad de Carga del Helicóptero</i> .....	23
<b>Figura 5.</b> <i>Motor TB3 en un soporte</i> .....	25
<b>Figura 6.</b> <i>Sistemas del Motor TB3</i> .....	26
<b>Figura 7.</b> <i>Funciones del APU</i> .....	27
<b>Figura 8.</b> <i>Tipos de APU</i> .....	28
<b>Figura 9.</b> <i>Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B</i> .....	30
<b>Figura 10.</b> <i>Datos principales del APU AI-9B</i> .....	31
<b>Figura 11.</b> <i>Características del APU AI-9B</i> .....	32
<b>Figura 12.</b> <i>Régimen de trabajo del APU</i> .....	33
<b>Figura 13.</b> <i>Sistemas de la Unidad de Potencia Auxiliar</i> .....	34
<b>Figura 14.</b> <i>Sistema de Combustible del APU</i> .....	35
<b>Figura 15.</b> <i>Sistema de Combustible y sus componentes</i> .....	36
<b>Figura 16.</b> <i>Puertos de Sangrado del APU</i> .....	38
<b>Figura 17.</b> <i>Válvula de Sangrado del APU</i> .....	39
<b>Figura 18.</b> <i>Tipos de Mantenimiento para el APU</i> .....	41
<b>Figura 19.</b> <i>Unidad de Potencia Auxiliar Asentada Incorrectamente</i> .....	45
<b>Figura 20.</b> <i>Unidad de Potencia Auxiliar Embalada</i> .....	46
<b>Figura 21.</b> <i>Puntos de Sujeción del APU</i> .....	47
<b>Figura 22.</b> <i>Implementación del Soporte Lateral</i> .....	49
<b>Figura 23.</b> <i>Implementación del Soporte Principal Inferior</i> .....	50

<b>Figura 24.</b> <i>Procedimiento de Soldadura de la Estructura Superior</i> .....	51
<b>Figura 25.</b> <i>La Herramienta de Soporte en Proceso de Pintura</i> .....	52
<b>Figura 26.</b> <i>Herramienta de Soporte del APU</i> .....	53
<b>Figura 27.</b> <i>APU Montado en la Herramienta de Soporte</i> .....	54
<b>Figura 28.</b> <i>Puertos de sangrado de aire del APU</i> .....	55
<b>Figura 29.</b> <i>Tarea de Mantenimiento de Lavado de la Bujía</i> .....	57
<b>Figura 30.</b> <i>Toma de Aire Hacia los Motores</i> .....	58
<b>Figura 31.</b> <i>APU Embalada en la Herramienta de Soporte</i> .....	59
<b>Figura 32.</b> <i>Aceite de Puesta en Conservación</i> .....	60
<b>Figura 33.</b> <i>Válvula Shut Off (Corte de Incendio)</i> .....	61
<b>Figura 34.</b> <i>Boquilla de Descarga de Aire del Sistema de Combustible</i> .....	62
<b>Figura 35.</b> <i>Boquilla de Puesta en Conservación del APU</i> .....	62
<b>Figura 36.</b> <i>Panel de Control del APU</i> .....	63
<b>Figura 37.</b> <i>Depósito de Drenaje del APU</i> .....	64
<b>Figura 38.</b> <i>Embalado Final del APU</i> .....	65
<b>Figura 39.</b> <i>APU Embalada en la Caja de Traspotación</i> .....	66

## 9. RESUMEN

La conservación y desconservación de la Unidad de Potencia Auxiliar requiere una serie de tareas como la limpieza exterior, verificación de los sistemas, revisión de estado condición de los elementos los mismos que se llevan a cabo en el motor para ponerlo en almacenaje ya sea por puesta en conservación, o ya sea el caso para desconservarlo para montarlo en el helicóptero para su operación. Por tal motivo, el presente trabajo de investigación comprende en un proceso de implementación de una herramienta especial de soporte para la des conservación y puesta en conservación de la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor de Turbina de Gas AI-9B) del helicóptero Ruso MI-171 que se encuentran en la Brigada de Aviación del Ejército, mediante un análisis y alternativas disponibles de la herramienta a construir y tomando en cuenta los materiales que se encuentran en el mercado nacional cumpliendo parámetros de efectividad de la herramienta. En tal virtud la herramienta especial de soporte está construida de tal manera que posee una estructura superior donde podrá ser montado el motor de turbina de gas, mediante dos soportes laterales cada uno con un eje móvil de forma vertical, para acoplar el motor de forma lateral en los mismo puntos donde está fijado en la aeronave, además de una base inferior para asentar completamente el motor para poder maniobrar mientras se realiza las tareas de mantenimiento encomendadas en el manual de empleo técnico.

### **PALABRAS CLAVE**

- Conservación.
- Des conservación.
- Mantenimiento.
- Motor de turbina de gas (AI-9B).

## 10. ABSTRACT

The conservation and de-conservation of the Auxiliary Power Unit requires a series of tasks such as external cleaning, verification of the systems, review of the condition of the elements, the same that are carried out in the engine to put it into storage either by put in conservation, or either the case to deconserve it to mount it in the helicopter for its operation. For this reason, the present research work includes in a process of implementation of a special support tool for the conservation and des conservation of the Auxiliary Power Unit (AI-9B Gas Turbine Engine) of the Russian MI- 171 helicopter that are in the Army Aviation Brigade, through an analysis and available alternatives of the tool to be built and taking into account the materials that are in the national market fulfilling parameters of effectiveness of the tool. In this virtue, the special support tool is constructed in such a way that it has a superior structure where the gas turbine engine can be mounted, by means of two lateral supports each with a vertically moving axis, to couple the engine laterally. At the same points where it is fixed in the aircraft, in addition to a lower base to fully seat the engine to be able to maneuver while performing the maintenance tasks entrusted in the technical employment manual.

### KEYWORDS

- Conservation.
- Des conservation.
- Maintenance.
- Gas turbine engine (AI-9B).

## **11. TEMA:**

**“DESCONSERVACIÓN Y PUESTA EN CONSERVACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA AUXILIAR DEL HELICÓPTERO RUSO MI – 171 CON LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA ESPECIAL DE SOPORTE PARA EL CENTRO DE MANTENIMIENTO DE LA AVIACIÓN DEL EJÉRCITO”.**

### **10.1 Planteamiento del Problema de Investigación.**

### **10.2 Antecedentes.**

En las Fuerzas Armadas de Ecuador tenemos la Fuerza Terrestre la cual cuenta con la Aviación del Ejército para cumplir con la misión encomendada, por ese motivo la unidad posee una flota de helicópteros de ala rotatoria y una cantidad significativa forman parte los helicópteros MI – 171, los mismos que cumplen servicio de operaciones militares en la frontera e interior del país donde el acceso es significativamente difícil y con riesgo, como son el relevo de destacamento, transporte de abastecimiento y personal militar, búsqueda y rescate, ayuda en desastres naturales y operaciones especiales alrededor de toda la República del Ecuador.

Mencionadas aeronaves medianas son de fabricación Rusa que son propulsadas con 2 motores turbo eje TB3 - 117 MB y equipada con una Unidad de Potencia Auxiliar (Motor a Turbina de Gas AI – 9B) para encender ambos motores, las mismas son capaces de transportar 4000kg de carga interna y 3000 kg carga externa siendo las aeronaves más grandes que operan en el territorio Ecuatoriano.

El Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército (CEMAE) es un centro donde se realiza tareas de mantenimiento a las aeronaves de la Brigada de Aviación del Ejército entre ellos los helicópteros MI mencionados anteriormente, donde la sección de motores se realiza inspecciones, reparaciones, limpieza, conservación y des

conservación para su almacenamiento o envío a Overhaul. Después de realizar una investigación sobre las necesidades del Centro de Mantenimiento se pudo constatar que existían falencias y la inexistencia de herramientas adecuadas para la realización de la conservación y des conservación de la APU, tareas que se realizan de manera indebida sin las debidas comodidades y precauciones emanadas por el manual de mantenimiento del helicóptero.

### **10.3 Planteamiento del Problema**

Al momento de realizar las tareas de mantenimiento se debe realizar con las herramientas adecuadas que puedan brindar comodidad y seguridad al realizar la mencionada actividad, el no hacerlo de forma correcta pueden intervenir riesgos a la integridad personal y hacia la Unidad de Potencia Auxiliar del helicóptero presentes en el Centro de Mantenimiento, la actividad de conservación y des conservación de la APU se ha venido realizando sin los métodos adecuados indicados en el manual, afectando así de manera directa a la operatividad de la unidad de potencia y de la aeronave.

En el manual claramente se indica que para el almacenaje en bodega o enviar a Overhaul se debe realizar la tarea de la conservación y des conservación de la unidad de potencia, la misma que consiste en llenar o vaciar los sistemas de combustible y aceite además de las tareas secundarias, entonces en el Centro de Mantenimiento los técnicos se han visto en la necesidad de realizar la tarea de forma insegura e incómoda y a veces improvisada ya que no se cuenta con un soporte para transporte y carga de la APU.

En tal virtud es el motivo en donde surge la necesidad de implementar una herramienta especial de soporte para la conservación y des conservación de la unidad de potencia de forma más segura, cómoda y adecuada para mejorar la eficiencia como



muestran en el manual de mantenimiento, mejorando los tiempos de horas hombre de trabajo y la seguridad en el Centro de Mantenimiento.

#### **10.4 Justificación e Importancia**

Dentro del Centro de Mantenimiento (CEMAE) es evidente que un proyecto de la envergadura del que se propone tiene aspectos positivos de recalcar, en este caso se mejoraría a gran escala la inspección de los sistemas de la Unidad de Potencia, así como el desmontaje, conservación y puesta en des conservación del APU (Motor de Turbina de Gas AI-9B) del helicóptero MI-171 del Ejército Ecuatoriano, con esto se logra la continuidad del helicóptero en el cumplimiento de sus funciones, no solo en el campo de la operatividad y el poder aéreo, sino con su misión y visión planteadas en el Comando Conjunto de las Fuerzas Armadas.

En tal virtud ya que la institución CC.FF.AA es una entidad del estado es el equivalente a aportar de manera positiva no solo al mantenimiento de una aeronave de ala rotatoria, sino al engrandecimiento del Ecuador como país, en sus ejes de desarrollo, como es el caso de la defensa del territorio nacional.

Una vez terminado el proceso de des conservación y puesta en conservación de la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor de Turbina de Gas AI-9B) del helicóptero MI-171, se prevé que el principal beneficiario sea la Brigada de Aviación del Ejército 15-B.A.E. "Paquisha" y así el Centro de Mantenimiento pero también desde una perspectiva del mantenimiento y del personal de técnicos serían beneficiarios, ya que la capacidad de realizar las tareas serían más eficientes, sin necesidad de inconvenientes, incomodidades e inseguridad, como el que se planteó a la falta de la herramienta especial de soporte.

## **10.5 Objetivos**

### **10.5.1 Objetivo General**

Conservar y des conservar la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor de Turbina de Gas AI-9B) mediante el manual de mantenimiento técnico referente a los ítems de cuidados del motor, para mantener la operatividad de la aeronave en las misiones de vuelo que realiza en la 15-BAE.

### **10.5.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar la información correspondiente a los sistemas y la desconservación y puesta en conservación de la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor de Turbina de Gas AI-9B) del helicóptero MI-171.
- Ejecutar la des conservación y puesta en conservación con la implementación de una herramienta especial para el soporte de la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor de Turbina de Gas AI-9B).
- Cumplir con la tarea de mantenimiento empleando de manera favorable las medidas de seguridad de acuerdo a los ítems manual de empleo técnico.

## **10.6 Alcance**

Una vez realizada la investigación del problema, la herramienta especial de soporte para la des conservación y puesta en conservación de la Unidad de Potencia Auxiliar del helicóptero Ruso MI- 171 según el manual de mantenimiento técnico referente al cuidado del motor será implementada acorde a la necesidad planteada en el Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército la cual será útil para los mecánicos de mantenimiento mejorando de forma eficaz la realización de la tarea y de esta manera mejorando la ejecución de la misma en menor tiempo de horas hombre de trabajo y con mayor comodidad, seguridad y fiabilidad.

## 12. MARCO TEÓRICO.

### 11.1 Reseña Histórica de la Aviación del Ejército.

Según (Macias, 2018), a finales de los años noventa llegaron los primeros helicópteros MI-171 al Ecuador, con esta llegada se hace necesario crear un lugar adecuado para la estadía operaciones y mantenimiento del equipo antes mencionado. Tomando en cuenta esas necesidades se direcciona el helicóptero a la 15-B.A.E. "PAQUISHA", donde se encuentra el Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército. Como se tomó de (Paquisha, 2018). La Brigada de Aviación del Ejército, por intermedio de la LOGÍSTICA AÉREA, ha elaborado el Manual General de Mantenimiento, en el cual se establecen los procedimientos a seguirse en los niveles de mantenimiento; para ello se ha escogido como patrón o guía todas las normas, métodos, prácticas y técnicas señaladas en los manuales de servicio publicados por las casas fabricantes de las aeronaves con la que opera la 15-B.A.E. "PAQUISHA", y de acuerdo a las necesidades y exigencias. Es de gran importancia puntualizar que la tarea de realizar herramientas especiales, no es nuevo en el campo de la aviación, desde que existen aeronaves, los mecánicos han ido adaptando sus necesidades a construcciones e ingenios que les permiten dar mantenimiento y solución a características de daño o reparación en el equipo.

Es imperativo dar a conocer que el helicóptero MI-171 al que se le intenta dar mantenimiento, se encuentra en una fase de revisión y reparación programada periódicamente cada 300 horas, es decir que se hace en etapas de tiempo establecidas en los registros de mantenimiento. Tomando en cuenta los lineamientos de trabajo del centro de mantenimiento donde se encuentra el helicóptero MI-171, o mejor expresado,

donde se realiza su mantenimiento, y la particular condición de mantenimiento del helicóptero hacen factible el proyecto presentado. Además tomando en cuenta que existen otras investigaciones en las que se han realizado herramientas especiales, para una tarea específica y que ellas han logrado cumplir con las expectativas de los usuarios, en el área de la aeronáutica, y en el campo del mantenimiento, tomando esos preceptos la construcción de la herramienta especial y servicios del helicóptero MI son totalmente aceptables.

Aviación de ejército hace referencia a las unidades relacionadas con la aviación en un ejército de un país, también se denominan cuerpo aéreo. Por lo general esas unidades están separadas de la fuerza aérea del país, y suelen disponer de helicópteros y aviones ligeros de apoyo (en algunos países solo helicópteros). (Macias, 2018)

## **11.2 Tareas y Misiones de la Brigada de Aviación del Ejército.**

Las tareas de las unidades de aviación de cada ejército varían ligeramente según el país. No obstante, algunas características generales se aplican a todas las unidades de aviación de ejército, independientemente de su procedencia. (Macias, 2018).

**Figura 1.**

*Misiones de la Brigada Aérea*



*Nota:* Esta figura muestra las misiones que tiene la Brigada Aérea.

### 11.3 Equipamiento de la Brigada de Aviación del Ejército.

Con el fin de cumplir con sus múltiples tareas, la aviación de ejército usa helicópteros. Esos helicópteros pueden ser clasificados en los siguientes tipos:

**Figura 2.**

*Clasificación de helicópteros que posee la Brigada Aérea.*



*Nota:* Esta figura muestra los helicópteros que posee la Brigada de Aviación del Ejército.

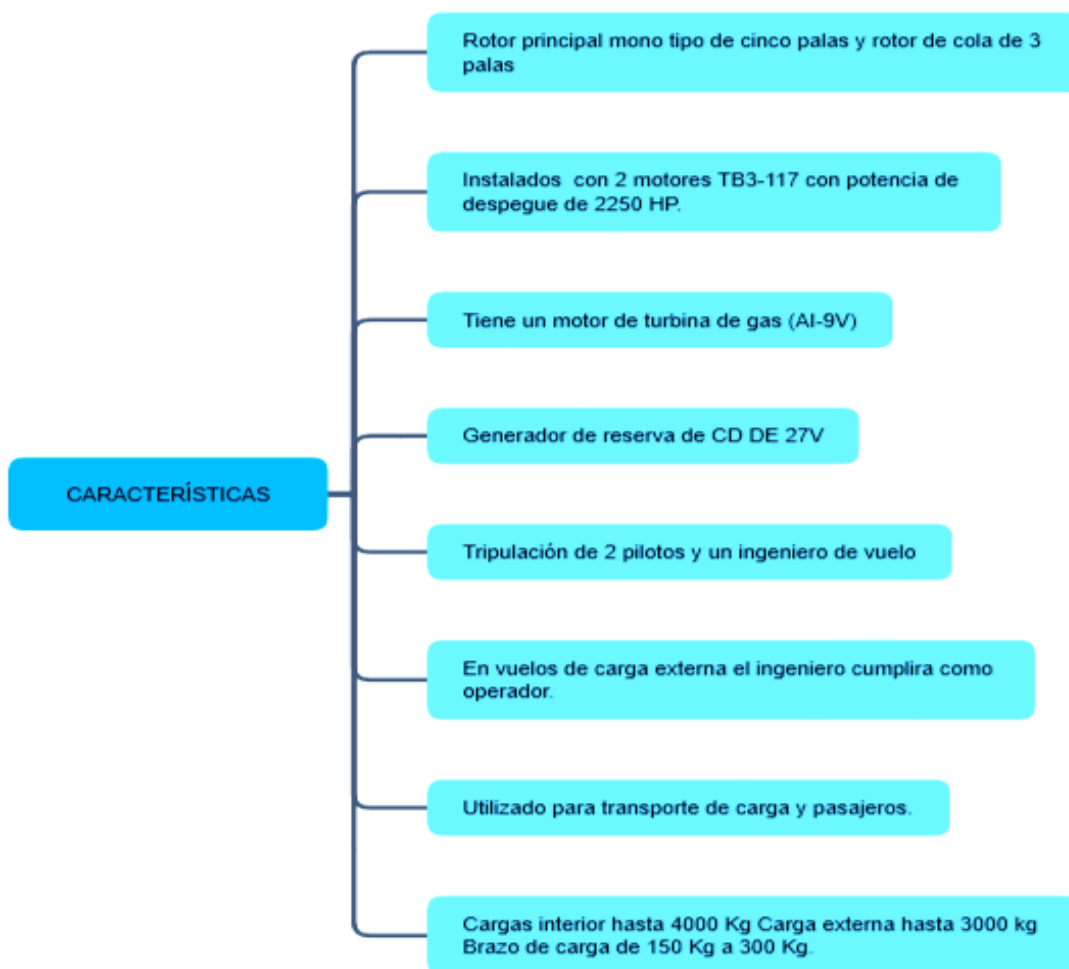
## 11.4 Helicóptero MI - 17 1B

### 11.4.1 Descripción General.

El Helicóptero MI-17 1B de fabricación soviética, fue construido en 1989 por el Ing. Aeronáutico MIKJAIL MILL., ha sido construido para la versión transporte; Consta de dos motores TB3-117BM de 2250 HP cada uno, equipados con el sistema de protección contra polvo.

### Figura 3.

*Características del Helicóptero MI-171.*



*Nota:* Esta figura muestra las características del Helicóptero MI-171.

En la variante de transporte el helicóptero tiene una capacidad de 24 personas, en la variante de pasajeros, el helicóptero tiene una capacidad de 28 personas.

(Benavides F, 2010)

#### **Figura 4.**

*Capacidad de Carga del Helicóptero.*



*Nota:* Esta figura representa la capacidad de carga del Helicóptero. Tomando de Manual de Instrucción del MI-17, Benavides F, 2010.

### **11.5 Motor TB3 – 117 BM del Helicóptero MI-171**

#### **11.5.1 Generalidades**

La planta de potencia de los helicópteros MI-17 1B está integrada por dos motores turbo eje TB3-117 BM y los sistemas auxiliares para su funcionamiento. Es el mecanismo que transforma la energía cinética de los gases en energía mecánica. En el helicóptero se ubican dos motores que sirven para crear la potencia necesaria para girar los rotores, están ubicados en la parte superior de la cabina de carga entre las costillas 2 y 7.

Se fijan en su parte delantera por los montantes y en su parte posterior al eje de transmisión del reductor principal. La potencia de un motor es suficiente para volar el tiempo de una hora. La existencia de la turbina libre hace más fácil arrancar el motor. El

control de los motores se realiza con el sistema de mando unificado que permite mantener las r.p.m. necesarias del rotor principal manual y automáticamente.

(Benavides F, 2010)

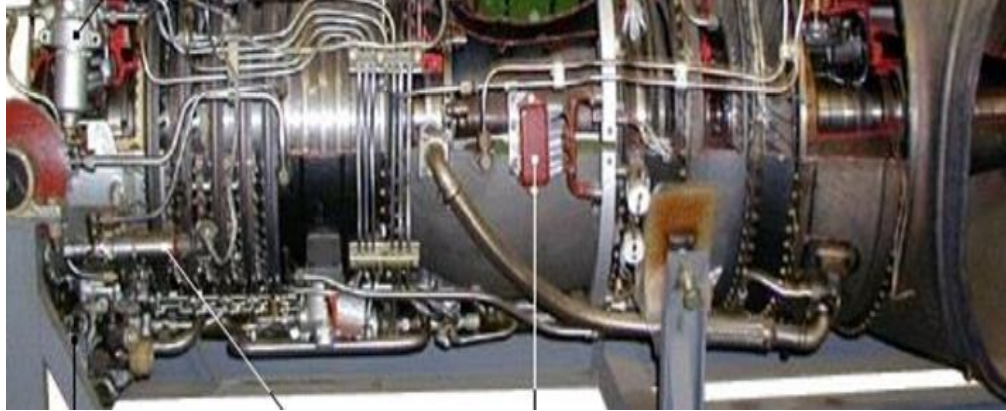
#### **11.5.2 Datos Técnicos del Motor**

- El arranque es realizado por el motor AI-9B (APU) en forma neumática.
- Motor TB3 117 BM turbo eje. de 2250 HP c/u.
- Sentido de rotación del Turbo compresor IZQUIERDO
- Sentido de rotación turbina libre es IZQUIERDO
- El sistema de lubricación es forzado, con bombeo separado a todos los rodajes o apoyos.
- El sistema anti hielo es por aire caliente de la cámara de combustión, en temperatura de menos de 5° C.
- Peso del motor 330 kg.
- Longitud con los accesorios y tobera de escape 2,055 mm. 1,736.5 mm, Ancho 650 mm, Altura 728 mm.
- Autonomía de 1,500 hrs
- La potencia máxima de emergencia climática 2,400 HP (Benavides F, 2010)



**Figura 5.**

*Motor TB3 en un soporte.*



*Nota:* Esta figura representa el motor TB3 del helicóptero MI-171 sobre un soporte. Tomado de Manual de Instrucción del MI-17, Benavides F, 2010.

**11.5.3 Principales Componentes del Motor TB3-117.**

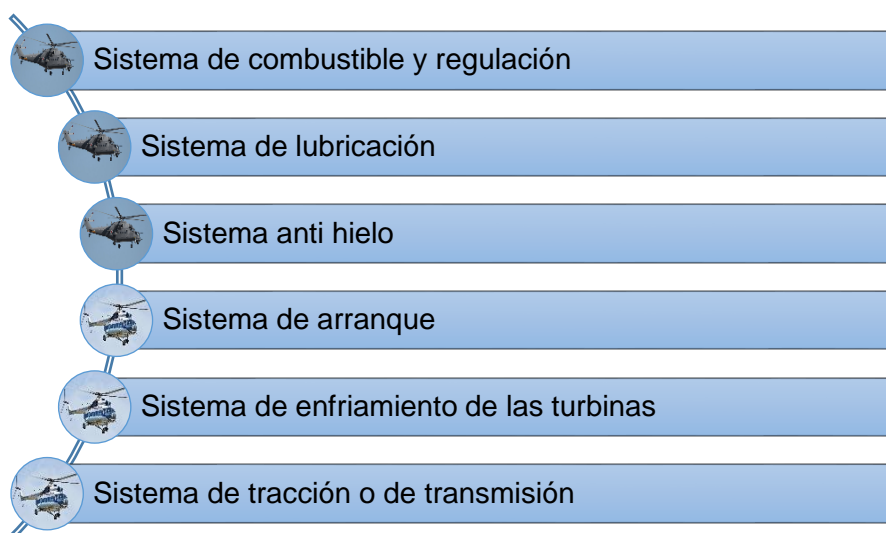
- Entrada de aire y primer soporte.
- Compresor axial de 12 etapas.
- Cámara de combustión: anular, con 12 inyectores.
- Turbina de dos etapas axiales y tercer soporte.
- El compresor, la cámara de combustión y la turbina del compresor forman el turbocompresor.
- Turbinan libre: (cuarto soporte) de dos etapas, axial.
- Dispositivo de salida: no regulable, divergente.
- Arrastre de accesorios: proporciona la transmisión del giro para los accesorios principales del motor. (Benavides F, 2010)

#### 11.5.4 Sistemas del Motor TB3-171.

Para el funcionamiento seguro en todos los regímenes de vuelo, en todas las altitudes y velocidades de operación, en cualquier estado del tiempo el motor de turbina TB3-117BM está equipado con los siguientes sistemas:

##### Figura 6.

*Sistemas del Motor TB3.*



*Nota:* Esta figura muestra los sistemas del motor TB3 del helicóptero.

##### 11.5.4.1 Sistema de Arranque del Motor TB3.

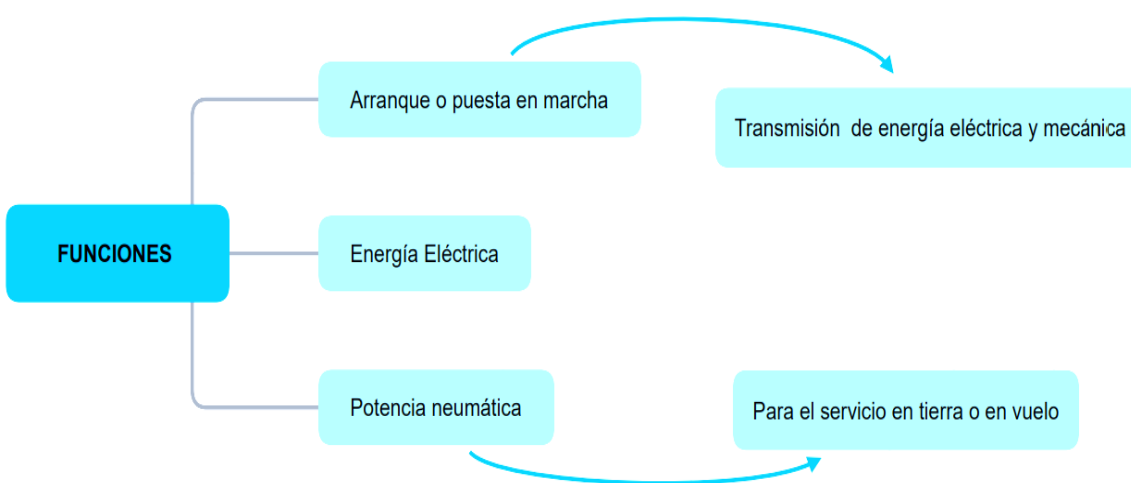
Sirve para la puesta en marcha del motor en tierra y en el aire, para realizar la ventilación y el arranque en falso. El sistema de arranque es neumático, con toma de aire del APU AI-9V (motor de turbina de gas) y utiliza una marcha neumática para impulsar el rotar del motor. (Benavides F, 2010)

## 11.6 Unidad de Potencia Auxiliar.

El grupo auxiliar de potencia APU-Auxiliary Power Unit, es un conjunto motriz, autónomo, que puede proporcionar hasta tres funciones básicas en el avión o helicóptero donde se instala.

### Figura 7.

*Funciones del APU.*



*Nota:* Esta figura representa todas las funciones que posee el APU.

Según la fase de operación del avión o helicóptero, estas funciones se dividen típicamente de la siguiente manera:

**En tierra:** Puede proporcionar aire sangrado de su propio compresor para puesta en marcha de los motores y para el sistema de acondicionamiento de aire. Además suministra energía eléctrica al sistema general del avión. (García Muñoz, 2012)

**En vuelo:** Actúa normalmente como sistema de respaldo para otros sistemas del avión, y puede suministrar servicios como:

- Energía eléctrica.

- Neumático para acondicionamiento en el aire.
- Anti hielo de planos principales.

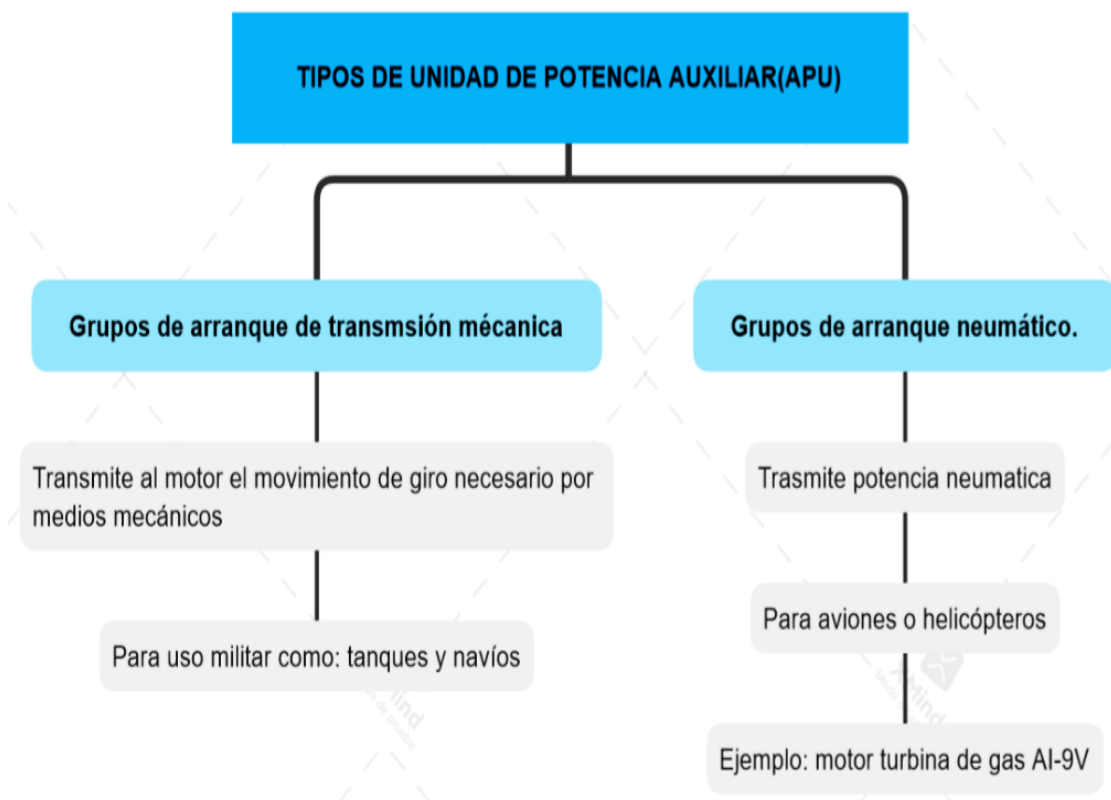
**En despegue:** Proporciona aire a presión para el acondicionamiento en cabina.

El grupo auxiliar de potencia se suele instalar en el cono de cola del avión, aislado del resto de compartimientos por un tabique cortafuegos. (Garcia Muñoz, 2012).

### 11.6.1 Tipos de Unidad de Potencia Auxiliar

**Figura 8.**

*Tipos de APU.*



*Nota:* Esta figura representa los tipos de APU que tenemos en el campo Aeronáutica.

### **11.7 Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B (Motor de turbina de gas).**

El motor de turbina de gas AI-9B es una APU que pertenece a la clasificación del grupo de arrancador neumático, el mismo que utiliza el helicóptero MI – 171 para comenzar su operación.

#### **11.7.1 Descripción de la APU AI-9B**

- Fuente de aire comprimido para el arranque de los motores TB3-117 BM.
- Alimenta el sistema de 27 VCD, para sistemas eléctricos en tierra y en vuelo como fuente de reserva.
- En caso de falla de los dos generadores alimenta por 30 minutos máximo.
- Integrada por un motor de turbina de gas AI-9B.
- Con sistema de lubricación autónomo.
- Prohibido el sangrado de aire y la generación de energía eléctrica simultáneamente.
- Instalado en un compartimiento especial en la estructura del fuselaje. (Benavides F, 2010).

**Figura 9.**

*Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B.*



*Nota:* Esta figura representa a la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor AI-9B). Elaborado por Benavides, 2010.

### **11.7.2 Componentes del Motor de Turbina de Gas AI-9B.**




- Compresor: Tipo centrífugo con una etapa.
- Cuerpo de accionamientos.
- Cámara de combustión: Tipo anular, 8 inyectores tipo mono canal.
- Turbina: Tipo axial, una etapa.
- Tobera reactiva: Tipo divergente.
- Grupo que aseguran el funcionamiento del motor.
- Tanque de aceite.
- Recipiente de aire con la válvula de descarga de aire.
- Estator generador: Ubicada detrás del tanque de aceite.
- Bobina de encendido de la antorcha.
- Antorcha y cable de alimentación de 10 KV.
- Válvula electromagnética de paso.

- Válvula electromagnética de corte.
- Bomba eléctrica de combustible.
- Indicador de presión de aceite.
- Bomba de control automático de combustible.
- Señalizador de RPM. (AIRBUS , 2001)

### 11.7.3 Datos Principales Motor AI-9B.

#### Figura 10.

*Datos principales del APU AI-9B.*

	<p><b>Datos del motor de turbina.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Designación convencional del motor: AI – 9B</li> <li>• Tipo del motor: Turbina de gas.</li> <li>• Consumo de combustible: 80 Kg/h.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dirección de rotación a la izquierda.</li> <li>• Presión del aire de entrada 2,9 Kgf/cm<sup>2</sup>.</li> <li>• Temperatura de aire 160°C.</li> </ul>
	<p>Alimentación de aire y corriente continua en tierra y en vuelo.</p> <p>Revoluciones nominales: RPM 36750.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cantidad de aire tomado: 0,4 Kg/s.</li> </ul>

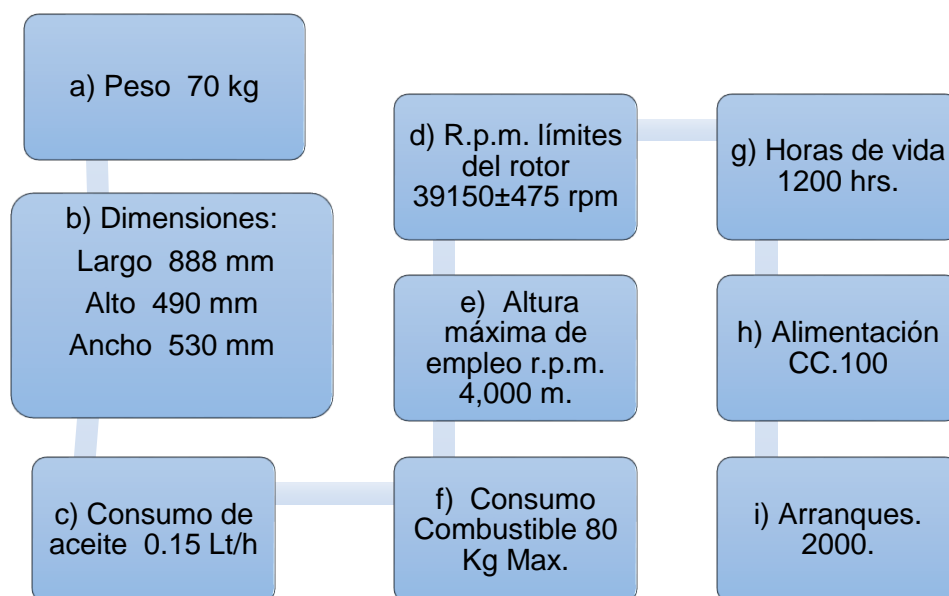
*Nota:* Esta figura representa los datos principales del APU.

El trabajo continuo del motor en todos los regímenes no debe ser mayor de treinta minutos, salvo el caso de las tomas de aire para arrancar los motores después de los treinta minutos de trabajo continuo el motor debe refrigerarse durante 15 minutos. Además el APU opera con la planta externa, ya que el helicóptero MI-171 posee un panel completo para poder operar el APU y se realice cualquier maniobra de forma independiente. (AIRBUS , 2001)

#### 11.7.4 Características del APU AI-9B.

**Figura 11.**

*Características del APU AI-9B.*



*Nota:* Esta figura representa todas las características del APU AI-9B.

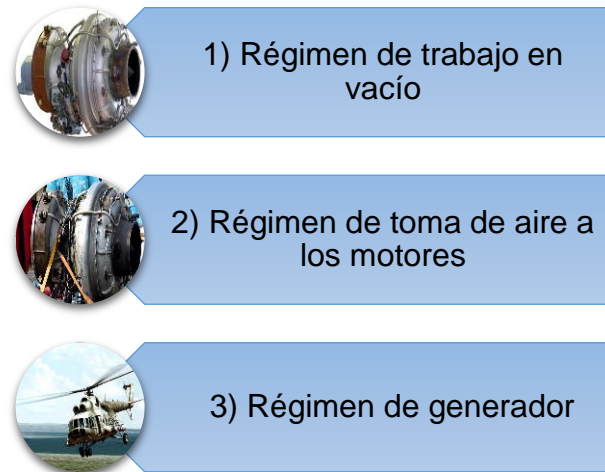
#### 11.7.5 Regímenes de trabajo

La unidad de potencia auxiliar posee tres regímenes de trabajo para su operación en el helicóptero y poder arrancar sus dos motores. La unidad de potencia no debe exceder los 45 segundos de toma de aire al momento del arranque.



**Figura 12.**

*Régimen de trabajo del APU.*



*Nota:* Esta figura representa los tres regímenes de trabajo del APU.

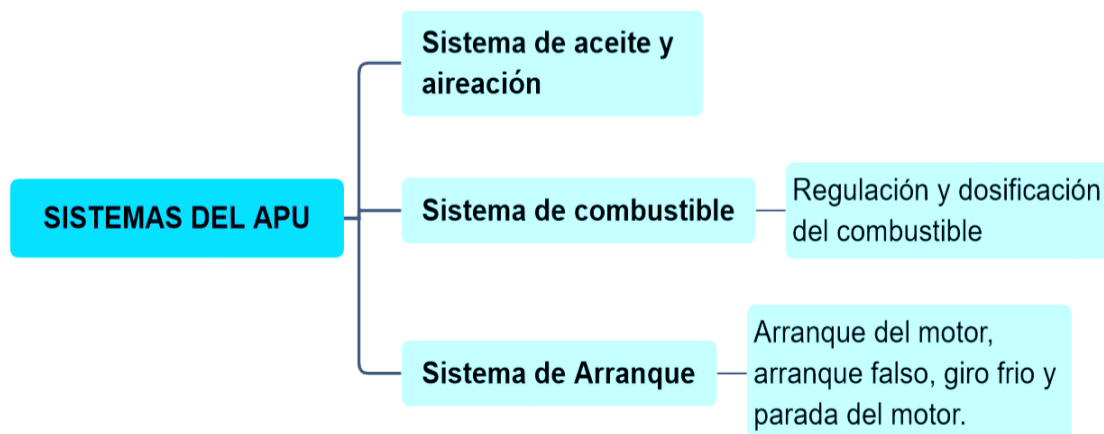
Transforma la energía Calorífica de los gases en energía mecánica, por lo que hace girar el compresor y los mecanismos auxiliares.

Permite el paso del aire a presión para el encendido de los motores o hacia la atmósfera. Sirve para frenar el flujo de gas y para enviarlo a la atmósfera, está compuesto por el cuerpo exterior y el cono interior. Arriba: Tubo de succión de los gases de aceite de la caja de expansión del tanque de aceite Lado izquierdo: Dos termopares. Abajo: Tubo de succión del combustible del tanque de drenaje. (AIRBUS , 2001)

### 11.7.6 Sistemas de la Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B

**Figura 13.**

*Sistemas de la Unidad de Potencia Auxiliar.*



*Nota:* Esta figura representa todos los sistemas que posee el APU AI-9B.

#### 11.7.6.1 Sistema de Aceite

- Sirve para lubricar las partes en fricción y para absorber el calor.
- Tipo: Autónomo, de circulación a baja presión.
- Consumo: 0,15 lit/h.
- Temperatura de aceite: 165°C.
- Bomba de aceite de baja presión
- Capacidad de aceite: 2,5 ltrs.
- Tipo de aceite sintético 5-3B O AEROSHELL TURBINE OIL 750.
- El control del sistema de lubricación se realiza para:
  - Antes del arranque por el visor de nivel en el tanque de aceite.
  - Con el motor trabajando por la luz verde de presión de aceite normal.
- Filtro de aceite.

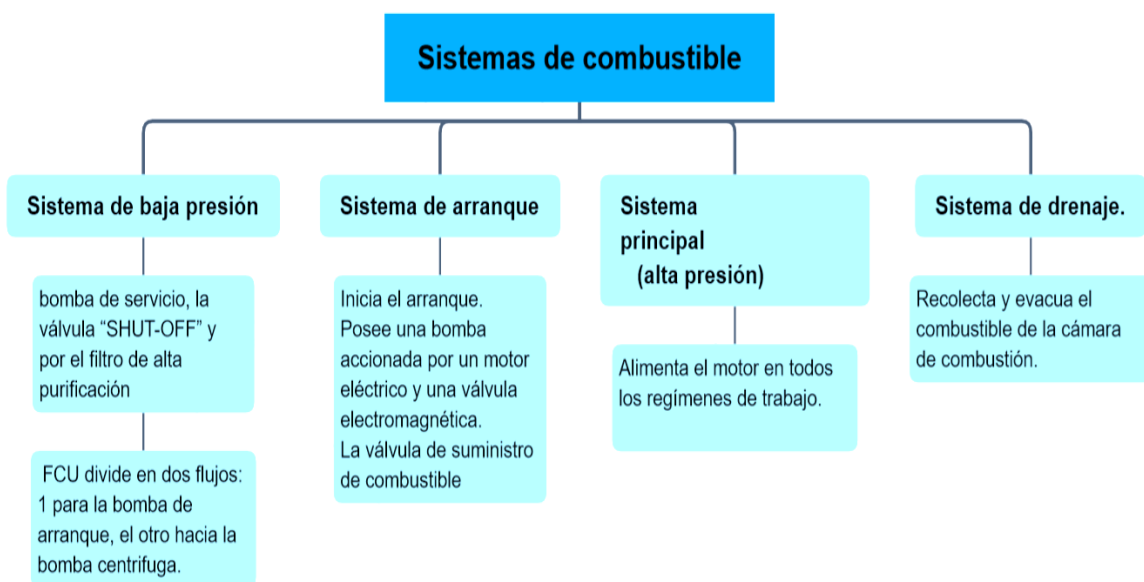
- Bomba de aceite.
- Tanque de aceite.
- Captador de la presión de aceite. (AIRBUS , 2001)

#### 11.7.6.2 Sistema de Combustible.

El sistema de combustible asegura la alimentación con combustible en todos los regímenes de funcionamiento y consta con el sistema de baja presión, alta presión y sistema de arranque.

#### Figura 14.

*Sistema de Combustible del APU.*

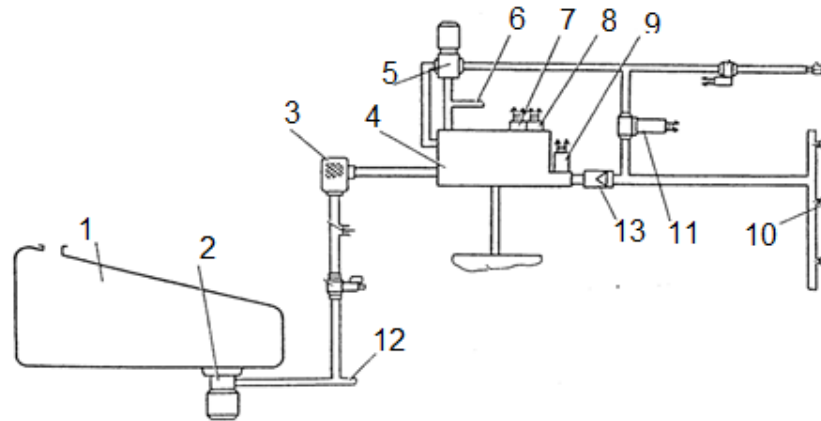


*Nota:* Esta figura muestra la clasificación que tiene el sistema de combustible.

El sistema de combustible abastece el motor en todos sus regímenes de operación y está compuesto por:

**Figura 15.**

*Sistema de Combustible y sus componentes.*



*Nota:* Esta figura muestra el sistema de combustible con sus elementos. Tomado de Manual de Instrucción del MI-17, Benavides, 2010.

- 1.- Tanque de combustible.
- 2.- Bomba booster.
- 3.- Filtro de depuración fina.
- 4.- Bomba de control automático de combustible.
- 5.- Bomba de combustible de arranque con accionamiento eléctrico.
- 6.- Tubería del drenaje.
- 7.- Indicador de revoluciones nominales.
- 8.- Indicador de revoluciones máximas.
- 9.- Válvula electromagnética de parada del motor.
- 10.- Inyectores.
- 11.- Válvula electromagnética de arranque.
- 12.- Tubería de suministro a los motores principales.
- 13.- Válvula de retención. (Benavides F, 2010)

Combustible tipo JP-1 especificación MIL F 5616C (ESTADOS UNIDOS)

### **11.7.6.3 Sistema de Arranque.**

- Tipo: Autónomo, eléctrico automático, con alimentación de dos baterías de 12V. o de fuente de energía terrestre de corriente continua (de 27 V).
- Arrancador generador: tipo de corriente continua.
- Bobina de encendido: de tipo vibración.
- Ignitor (Bujía): 1 inyector operacional (Benavides F, 2010)

### **11.7.6.4 Arrancador Neumático**

Está destinado para llevar a cabo el movimiento del rotor del turbo compresor, cuando se realiza el arranque del motor además de falso arranque y ventilación.

### **11.7.6.5 Operación del Sistema de Arranque**

Al oprimir el botón "ARRANQUE" comienza a funcionar (se enciende la luz AUT. CONECT). El arranque se realiza con un tiempo de 1,2 segundos a 12 segundos. (Benavides F, 2010)

### **11.7.7 Instrumentos del AI-9B**

#### **11.7.7.1 Indicador de Presión de Aire.**

Sirve para medir la presión de aire a la salida de la turbina del AI-9V, este manómetro tiene un captador inductivo que se encuentra ubicado en el montante delantero izquierdo del bastidor reductor principal. El manómetro de presión está ubicado en el panel central de la cabina de pilotos.

- Tensión de alimentación: 36 V 400 HZ de la corriente alterna monofásica.
- Rango de medición: de 0 a 3 Kg/cm<sup>2</sup>. (Benavides F, 2010)

#### **11.7.8 Puerto de Entrega de Aire.**

La operación estable, durante el arranque del motor, en marcha lenta y en el régimen de generación, se logra mediante la toma de parte del aire del compresor al

medio ambiente a través de la válvula 9V. La válvula de sangrado KP-9V posee accionamiento automático. Durante el arranque, marcha lenta y régimen de generación del motor AI-9V, la válvula de toma está abierta y la cavidad del tanque neumático se comunica con el medio ambiente. (Benavides F, 2010).

### Figura 16.

*Puertos de Sangrado del APU.*

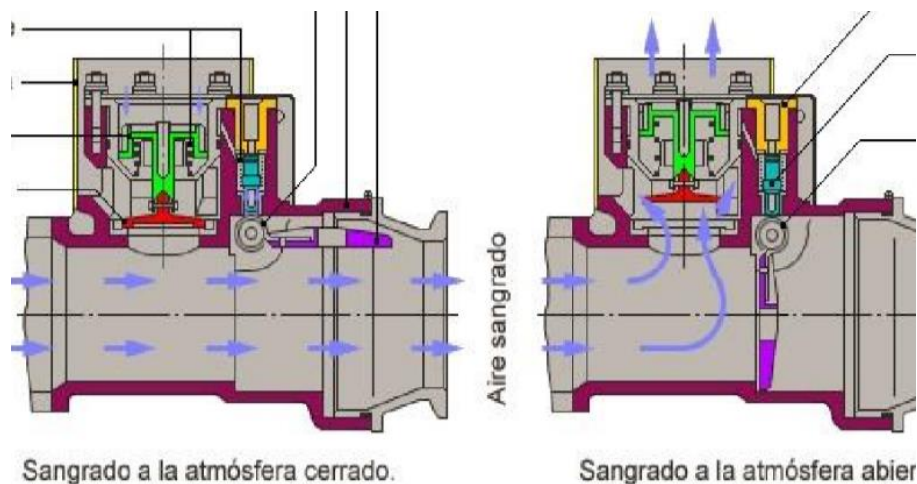


*Nota:* Esta figura representa los puertos de sangrado que posee el APU. Tomado de Manual de Instrucción del MI-17, Benavides, 2010.

Durante la toma de aire para el arranque de los motores principales, la válvula se cierra, obstruyendo la salida del aire hacia al medio ambiente. La tobera de Venturi limita el consumo de aire a través de la válvula en el régimen de sangrado para evitar un excesivo aumento de la temperatura de los gases en caso de bloqueo del embolo en la posición abierta.

**Figura 17.**

*Válvula de Sangrado del APU.*



*Nota:* Esta figura muestra la válvula de descarga del APU. Tomado de Manual de Instrucción del MI-17, Benavides, 2010.

### **11.8 Tipos de Mantenimientos que se Realiza el Helicóptero MI-171.**

En la aeronave de fabricación Rusa podemos indicar que se realizan tipos de mantenimiento para mantener al helicóptero en óptimas condiciones de operación y poder cumplir con las misiones encomendadas con la Brigada de Aviación del Ejército, así encontramos tres tipos de mantenimiento que se lleva a cabo: mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y mantenimiento restaurativo.

#### **11.8.1 Mantenimiento Preventivo.**

Este tipo de mantenimiento que se realiza a las aeronaves de fabricación rusa es de gran importancia ya que es necesario para mantener muy operativo el helicóptero, podemos indicar que el mantenimiento de este tipo es el que llevamos control mediante horas de vuelo para cada mantenimiento ya que existen elemento y sistemas que requieren ser revisados e inspeccionados en horas ya previstas como:

- 100 horas de funcionamiento.

- 300 horas de funcionamiento.
- 3000horas de funcionamiento.

### **11.8.2 Mantenimiento Correctivo.**

Este mantenimiento se lo realiza por tener reportes en la aeronave de manera imprevista, ya sea en el hangar o en la pista se debe resolver mediante un mantenimiento correctivo para levantar el reporte, los reportes pueden ser pequeños o de mayor problema pero este no debe llevar mucho tiempo para resolverlo sino se convierte en un mantenimiento restaurativo.

### **11.8.3 Mantenimiento Restaurativo.**

Este mantenimiento se lo realiza cuando los componentes, estructura y sistemas de la aeronave que debe ser reemplazados para enviarlos a OVERHAUL, como son los motores. APU, palas y otros sistemas y componentes mayores que requieren ser atendidos para recuperar su operatividad.

## **11.9 Mantenimiento Técnico del Motor de Turbina de Gas AI-9B.**

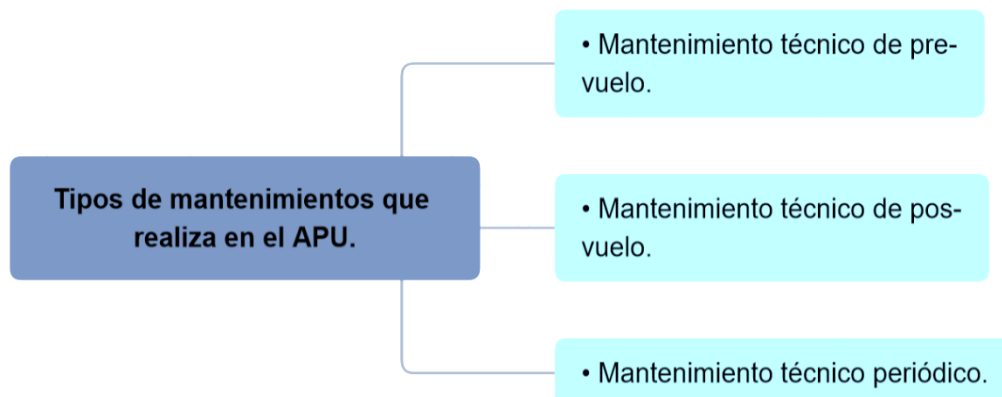
El mantenimiento técnico de los grupos del motor se realiza conforme a las indicaciones que ofrecen los respectivos manuales del motor.

En el motor de turbina de gas se realizan los siguientes tipos de mantenimiento técnico:



**Figura 18.**

*Tipos de Mantenimiento para el APU.*



*Nota:* Esta figura muestra los tipos de mantenimiento que se realiza en el APU.

En el mantenimiento técnico de pre-vuelo y pos-vuelo comprende trabajos y se revisa exteriormente el motor cerciorándose que:

- No exista deterioros exteriores.
- Fijaciones del motor aseguradas y firmes.
- No deben existir fugas de aceite y combustible.
- Buen estado del cableado eléctrico.
- No deben existir objetos extraños en los compartimientos del motor.
- Comprobar la cantidad de aceite en el tanque en nivel adecuado.

En el mantenimiento técnico periódico consiste en los siguientes trabajos:

- Inspección de contactos de la bobina.
- Inspección a las 100 horas o tiempo calendario 12 meses.
- Ejecutar el lavado de la válvula de descarga.

### **11.9.1 Descripción Tarea de Mantenimiento.**

#### **11.9.1.1 Indicaciones Generales.**

El motor antes de ser empacado en el embalaje para el efecto de envío del mismo al cliente se somete a la puesta en conservación de su sistema de combustible y de superficies exteriores. Por eso antes de montar el motor en el helicóptero o avión es necesario desconservarlo exteriormente según lo señalado en la tarea de abajo y después de esto, proceder a la desconservación del sistema de combustible según lo señalado en las tareas descritas debajo.

#### **11.9.1.2 Desconservación Exterior del APU AI-9B.**

La desconservación exterior consiste en eliminar la grasa de conservación de las superficies del motor con ayuda de los paños limpios humedecidos en gasolina pura pero es conveniente calentarla con el aire caliente a una temperatura no mayor de más 60°C o colocar el motor en un local a una temperatura no mayor de más 60°C. Después de eliminar la grasa frotar las superficies del motor con un paño seco. (AIRBUS , 2001).

El fabricante de este motor de la turbina de gas recomienda que se debe evitar durante la desconservación del motor que la grasa y gasolina caigan sobre las piezas del equipo eléctrico y arnés eléctrico.

La desconservación del sistema de combustible después del montaje del motor en el helicóptero o avión debe realizarse en orden para que no existan desfases o desorden y siguiendo los procedimientos del manual de empleo técnico ver Anexo A.

#### **11.9.1.3 Puesta en Conservación de la APU del Helicóptero.**

Los trabajos que se realizan para la puesta en conservación del motor se dividen en dos etapas:

- Primera etapa: los trabajos de esta etapa se realizan antes de desmontar el motor del helicóptero o avión que son: puesta en conservación del sistema de aceite y de combustible.
- Segunda etapa: Los trabajos de la segunda etapa se realizan antes de colocar el motor en el soporte de transportación o banco de trabajo y para mantener almacenada para su operación una Unidad de Potencia Auxiliar siguiendo los procedimientos ver Anexo A.

#### **11.10 Equipos de Apoyo.**

El mantenimiento aeronáutico de la Brigada de Aviación del Ejército requiere un serio apoyo para cumplir con las tareas de mantenimiento encomendadas y así pueda cumplir con las operaciones tácticas encomendadas por el escalón superior del territorio nacional. Los equipos de apoyo conocidos también como equipo de tierra:

- Equipos de tierra mecánico: Remolcador de aeronaves, planta eléctrica, bombas eléctricas de abastecimiento de combustible.
- Equipos en tierra manuales: escaleras, ejes de transportes de las aeronaves (trinches), bancos de prueba y de trabajo, herramientas especiales de soporte para mantenimiento.

### **13. DESARROLLO DEL TEMA.**

#### **12.1 Antecedentes.**

Nuestra herramienta especial alberga el APU AI-9B (motor de turbina de gas) del helicóptero MI-171 para realizar la tarea de mantenimiento “Conservación y Desconservación del motor”, en donde la herramienta tendrá un papel muy importante al momento del desmontaje del motor mediante el tecele se ubicará en la herramienta para asegurarla y movilizarla al taller de la sección de motores donde se procederá a la inspección y tareas de mantenimiento.

Como propósito la herramienta debe brindar seguridad, comodidad y efectividad al momento de trabajar en la Unidad de Potencia Auxiliar, ya sea al realizar la conservación o des conservación del motor, tareas que son necesarias y obligatorias al cumplir sus horas de operatividad, en tal virtud esta herramienta debe brindar estas facilidades y así mejorar con las tareas de mantenimiento encomendadas, como son cartas de trabajo del manual de empleo técnico, ya que mencionadas tareas se han venido realizando de forma inadecuada sin el uso de un soporte y tampoco las herramientas necesarias descritas en el manual del APU AI-9B como se muestra en la figura 19.

**Figura 19.**

*Unidad de Potencia Auxiliar Asentada Incorrectamente.*



*Nota:* Esta figura muestra el APU del helicóptero MI-171 asentada de forma inadecuada para su mantenimiento.

**12.2 Estudio Técnico de Campo**

Después de encontrar el problema para desarrollar las tareas de mantenimiento, se procedió a realizar la investigación de campo en el helicóptero del Ejército MI-171, y luego de la indagación de la documentación de la aeronave se recopiló tareas de mantenimiento de la Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B, donde se requiere realizar la des conservación y puesta en conservación y es aquí donde será necesaria la herramienta especial, para que no exista una inadecuada situación de trabajo como se muestra en la figura 20.

**Figura 20.**

*Unidad de Potencia Auxiliar Embalada.*



*Nota:* Esta figura representa la APU embalada con plástico de polietileno y almacenada de forma inadecuada.

Como resultado de la investigación de campo se tuvo que analizar, experimentar, deducir, comparar, diseñar y adaptar las medidas y dimensiones exactas para que la herramienta especial pueda adaptarse al APU AI-9B y poder realizar las tareas de mantenimiento que se requieran dentro del centro de mantenimiento de Aviación del Ejército.

**12.2.1 Ventajas.**

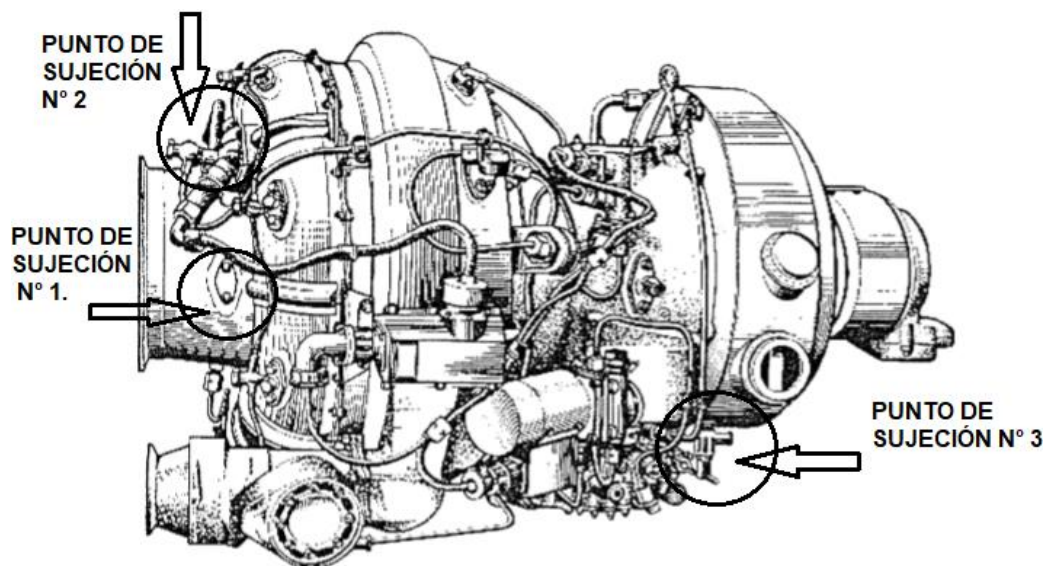
- Fiabilidad al transporte del APU-9B.
- Mejora la realización de las tareas de mantenimiento dispuestas por el manual de empleo técnico del APU-9B.
- Mayor seguridad y confort para el desarrollo de las tareas de mantenimiento en la APU-9B del helicóptero.
- Facilidad de almacenamiento en bodega del APU.

### 12.3 Descripción de la Herramienta de Soporte Requerida.

La herramienta especial de soporte es un equipo de apoyo en tierra basado en un soporte metálico, un soporte principal inferior y dos soportes laterales móviles con rodamientos donde está asentada la Unidad de Potencia Auxiliar AI-9B en los mismos puntos de sujeción que posee la estructura del motor como se muestra en la figura 21, para no tener daños en su interfaz exterior o en otros casos tener que realizar perforaciones o modificaciones al motor AI-9B, también constará de una estructura de acero bajo carbono que pueda soportar el peso del motor.

**Figura 21.**

*Puntos de Sujeción del APU.*



*Nota:* Esta figura representa los tres puntos de sujeción que posee el APU. Tomado de Manual de Instrucción del MI-17, Benavides, 2010.

La herramienta especial de soporte está construida con dos estructuras, la superior donde albergará los acoples para asentar el APU AI-9B y la inferior reforzará la estructura superior y se implementará mecanismos de movilización.

## **12.4 Implementación y Construcción de la Herramienta de Soporte.**

Una vez obtenida las medidas y dimensiones exactas se procedió a estructurar los planos de la herramienta por secciones es decir por partes, por su complejidad, ya que los puntos de sujeción del motor son los mismos de acoplamiento hacia el helicóptero y es necesario realizar unos planos por partes o secciones similares a los de la aeronave y resistentes, ya que deben soportar 735 N.

### ***12.4.1 Estructuración del Soporte Lateral de la Herramienta de Soporte.***

La implementación del acople se lo realizó en un software de simulación SOLIDWORKS donde se plasmó las medidas y dimensiones obtenidas por un calibrador y realizar un diseño 3D con su plano como muestra en el Anexo B, también se modelo en el software mencionado un eje vertical móvil para acoplar en el APU AI-9B en los mismos puntos de acople de la aeronave, este eje lateral soporta una carga 196 N.

El eje lateral de soporte del APU fue fabricado en dos unidades una para la izquierda y una para la derecha, ya que poseen dos puntos de sujeción hecho con un material resistente de acero de bajo carbono para soportar las fuerzas de acción en los mismos y tener seguridad al momento de realizar la tarea de mantenimiento.



**Figura 22.***Implementación del Soporte Lateral.*

*Nota:* Esta figura muestra la implementación del soporte lateral de la herramienta.

**12.4.2 Implementación de Soporte Inferior de la Herramienta.**

El soporte inferior debe soportar un peso de 392 N aproximadamente, mediante la cual dará estabilidad al motor para poder maniobrar al momento de realizar las tareas de mantenimiento especificadas en el manual de empleo técnico del APU.

La pieza también fue estructurada en el SOLIDWORKS donde se realizó un análisis y simulación de los esfuerzos de la herramienta para conocer sus reacciones como se muestra en el Anexo C. Una vez puesta en marcha con el peso de 392 N del Motor AI-9B, se pudo constatar las reacciones con un factor de seguridad de 4.7, después se construyó el soporte inferior con acero bajo carbono y suelda de la pieza con un electrodo 6011.

**Figura 23.**

*Implementación del Soporte Principal Inferior.*



*Nota:* Esta figura muestra la implementación del soporte principal inferior de la herramienta de soporte.

**12.4.3 Elaboración de la Estructura de Soporte.**

Una vez realizado las piezas de acoplamiento (soporte principal inferior y soportes laterales) para el motor, se debe proveer de estabilidad a todo el soporte, por ende las tareas de mantenimiento, los mismos acoples están ensamblados sobre una estructura para reforzar la herramienta, y esta fue construida con planos mediante las medidas y de acuerdo a las necesidades del APU AI-9B como muestra el Anexo D.

**Figura 24.**

*Procedimiento de Soldadura de la Estructura Superior.*



*Nota:* Esta figura muestra el procedimiento de construcción de la estructura superior de la herramienta de soporte.

Se realizó la estructura superior con tubos cuadrados de 5x5 (50mm) de 1.5mm de espesor donde están empotrados los soportes laterales e inferior principal, la estructura inferior fue implementada mediante planos como muestra en el Anexo E y fue construida con tubos cuadrados de 4x4 (40mm) con espesor de 2mm, toda la estructura fue soldada con electrodos 6011, además se incorporó unos dispositivos de movilización (llantas de caucho industrial) que soporta aproximadamente 882 N de peso. Los mismos que evitará el levantamiento para su transportación generando seguridad laboral al personal de técnicos.

**Figura 25.**

*La Herramienta de Soporte en Proceso de Pintura.*



*Nota:* Esta figura muestra el proceso de aplicación de la pintura en la herramienta de soporte.

Una vez terminada la estructura y sus acoples se procedió a preparar el soporte para la pintura con el cepillado, limado, lijado y limpieza para proceder a aplicar con pintura anticorrosiva color amarillo Caterpillar sintética, quedando su terminado como muestra la figura 26. El soporte del APU AI-9B es una herramienta compacta para evitar pérdidas de piezas.

**Figura 26.**

*Herramienta de Soporte del APU.*



*Nota:* Esta figura muestra la herramienta de soporte para el APU terminada con sus soportes laterales y principal inferior.

**12.5 Ejecución y Procedimiento de la Tarea de Mantenimiento.**

El motor antes de ser empacado, embalado para el almacenamiento o realizar mantenimiento se le sometió a la puesta en conservación de su sistema de combustible y de superficies exteriores. Por eso antes de montar el motor en la aeronave es necesario desconservarlo exteriormente según lo señalado en el manual de empleo técnico.

En la tarea de mantenimiento se realizó la desconservación y puesta en conservación de la APU AI-9B siguiendo los procedimientos del manual de empleo técnico capítulo IX pág. 137 a la 144.

### **12.5.1 Desconservación Exterior.**

Se realizó la tarea de mantenimiento con el motor dentro del taller de la sección de motores a una temperatura ambiente de 18 °C, después se aplicó aire comprimido a temperatura ambiente, también se eliminó la grasa de la conservación de las superficies del APU con ayuda de los paños limpios humedecidos en gasolina pura.

#### **Figura 27.**

*APU Montado en la Herramienta de Soporte.*



*Nota:* Esta figura muestra el APU montada en la herramienta de soporte en sus puntos de sujeción.

Después de eliminar la grasa se limpió las superficies del motor con un paño seco. Al momento de realizar la desconservación exterior se evitó que la grasa y gasolina caigan sobre las piezas del equipo eléctrico y arnés (alambrado eléctrico).

### 12.5.1.1 Desconservación del Sistema de Combustible.

La desconservación del sistema de combustible se realizó después del montaje del motor en el helicóptero y se realizó los siguientes procedimientos:

Se retiró el frenado de la tapa, se desenroscó la misma y después se llenó el aceite con el filtro de llenado puesto, según el manual de empleo técnico.

Se descargó el aire del sistema de combustible conectando la bomba de cebado (booster), luego verificamos que la llave de incendio este abierta, después se acopló en la boquilla de descarga de combustible un dispositivo de sangrado y se drenó una cantidad continua de combustible, se desacopló el dispositivo de la boquilla y se instaló un tapón obturador y después se desconectó la bomba de cebado (booster).

Se instaló un obturador en la toma de aire de la aeronave para evitar la penetración de combustible y aceite en el sistema de aire, el obturador se fijó a la estructura del helicóptero.

#### **Figura 28.**

*Puertos de sangrado de aire del APU.*



*Nota:* Esta figura muestra los puertos de sangrado de aire cubiertos con su obturador para evitar que se introduzca aceite o combustible.

Se realizó el arranque falso con suministro de combustible sin inflamarlo en la cámara de combustión, acelerado por el generador arrancador y alimentado por la planta externa, se colocó el interruptor en posición de ARRANQUE FALSO por tres segundos, y este arranque duró 20 segundos exactamente según el manual de empleo técnico, y se cercioró de que no haya fugas de combustible ni aceite.

Una vez realizado el arranque en falso y parado el APU, se efectuó el giro en frío (CRANK) del motor para eliminar el combustible de la cámara de combustión que se suministró durante el arranque falso, se colocó el interruptor en posición de GIRO EN FRIO (CRANK) durante tres segundos y demoró un periodo de 20 segundos sin suministro combustible, ni conexión del encendido.

Se desmontó la bujía de encendido, primero se desacopló la tubería de abastecimiento de combustible, después el enchufe de alta energía, se desatornilló los cuatro pernos y se retiró la bujía, se lavó con gasolina según el manual de empleo técnico, para después volverla a instalar en su lugar. Se verificó que el empaque de la brida de la bujía se encontró en buenas condiciones y no hubo necesidad de reemplazarlo.



**Figura 29.**

*Tarea de Mantenimiento de Lavado de la Bujía.*



*Nota:* La figura muestra la tarea de mantenimiento de lavado de la bujía de encendido del APU.

Se efectuó el arranque del APU y cuando la temperatura de los gases de escape alcanzó los 450 °C, se detuvo el arranque pulsando el botón de PARADA. Una vez que se efectuó los chequeos, se revisó que el APU no tenga desperfectos, es así que la desconservación se da por terminada.

Finalmente se realizó el arranque del APU y después de funcionar 3 minutos en el régimen de marcha en vacío, se volvió a pararlo. Se revisó el APU y no se observó desperfectos.

Se retiró el obturador de la brida de la toma de aire de la válvula de descarga y se acopló a la brida la tubería flexible del sistema de aire del helicóptero.

**Figura 30.**

*Toma de Aire Hacia los Motores.*



*Nota:* Esta figura muestra la toma de aire conectada hacia los motores TB3 mediante su operación.

**12.5.2 Puesta en Conservación de la APU del Helicóptero MI-171.**

Los trabajos que se realizaron para la puesta en conservación del APU de la aeronave se le dividieron en dos etapas:

- Primera etapa

Los trabajos de esta etapa se lo realizaron antes de desmontar el motor del helicóptero o avión y comprenden:

- Puesta en conservación del sistema de aceite.
- Puesta en conservación del sistema de combustible.
- Segunda etapa.

Los trabajos se lo realizaron con la herramienta de soporte antes de colocar el APU en la caja de transportación o para mantenerla almacenada para su operación en aeronaves cuando lo requieran en un futuro.

**Figura 31.**

*APU Embalada en la Herramienta de Soporte.*



*Nota:* Esta figura muestra el APU embalada con plástico de polietileno sobre la herramienta de soporte.

**12.5.2.1 Puesta en Conservación del Sistema de Aceite.**

Se cambió el aceite en el sistema, se le aflojó la llave de vaciado del tanque de aceite, después se quitó el frenado de la tapa de llenado y se desenroscó la misma, el filtro de la tapa debe permanecer mientras se llenaba el aceite con el dispositivo de llenado (embudo).

Se arrancó el motor y se volvió a pararlo después de 3 minutos de funcionamiento, para comprobar que no existan fugas en el motor.

### 12.5.2.2 Puesta en Conservación del Sistema de Combustible

Para la conservación se realizó el cambio con el aceite fresco ANDEROL ROYCO 6081 según el manual de empleo técnico capítulo 9, con el fin de evitar la inflamación del aceite se realiza con el APU detenido y enfriado.

#### Figura 32.

*Aceite de Puesta en Conservación.*



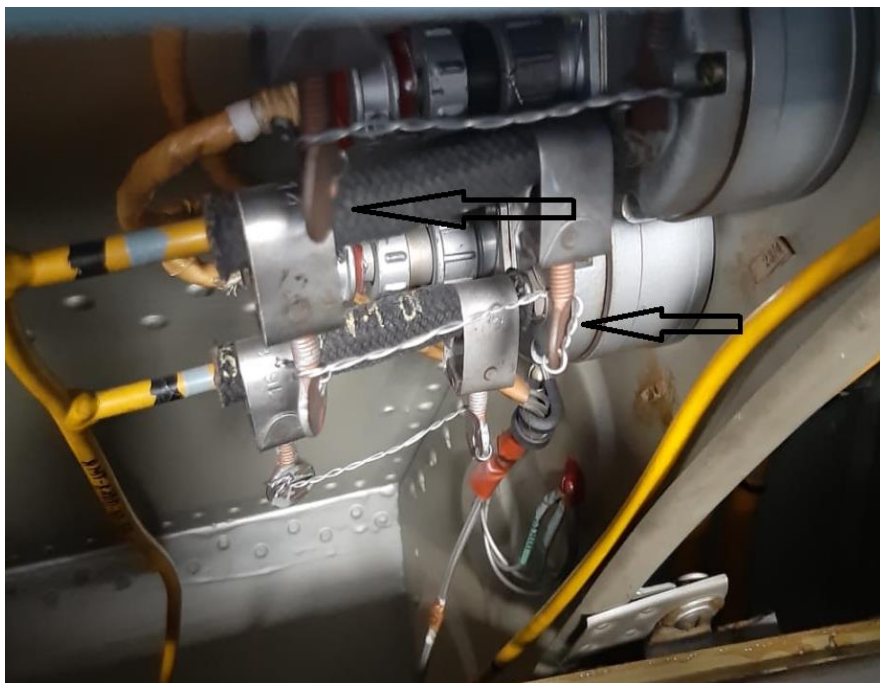
*Nota:* Esta figura representa el aceite que se utiliza en la puesta en conservación del APU.

Fue necesario disponer de un depósito de aceite de capacidad de 10 litros para asegurar el suministro, y la tarea se la realizó en este orden:

- Se desmontó, revisó y lavó con el kerosene puro el filtro de depuración fina instalado en el helicóptero del sistema y volver a montar el filtro en el mismo lugar.
- Se llenó de aceite fresco en el depósito de la instalación a temperatura ambiente, el aceite que se le llenó fue un alterno ANDEROL ROYCO 6081.
- Se verificó que la llave de incendio este cerrada como se muestra en la figura 33.

**Figura 33.**

*Válvula Shut Off (Corte de Incendio).*



*Nota:* Esta figura muestra la válvula shut off (corte de incendio) en posición de cerrado para cumplir la tarea de mantenimiento.

Se acopló el dispositivo (manguera con acople) de descarga de aire a la boquilla de la bomba de control de combustible véase en la figura 34, para drenar el combustible al momento de la tarea de desconservación.

**Figura 34.**

*Boquilla de Descarga de Aire del Sistema de Combustible.*



*Nota:* Esta figura muestra la boquilla de descarga de aire del sistema de combustible.

Se conectó el suministro de aceite de la instalación de puesta en conservación del motor APU, esto se lo realiza con el APU montado en la aeronave, para realizar la puesta en conservación del sistema, se circuló aceite por las cañerías de combustible mediante el arranque falso.

**Figura 35.**

*Boquilla de Puesta en Conservación del APU.*



*Nota:* Esta figura muestra la boquilla de puesta en conservación del APU para su mantenimiento.

- Se desacopló el dispositivo de toma de aire de los motores, se instaló en la brida un obturador que se adjunta a la estructura del helicóptero para evitar que se introduzca restos de combustible o aceite al sistema de aire de los motores.
- Se efectuó dos arranques falsos consecutivos.

**Figura 36.**

*Panel de Control del APU.*



*Nota: Esta figura muestra el panel de control del APU, donde tiene sus tres posiciones.*

- Se colocó el conmutador en la posición de ARRANQUE FALSO ya que este tiene tres posiciones, la posición de arranque falso permite suministrar combustible sin inflamarlo y los sistemas de arranque no se conecten, el arranque falso duró 20 segundos y al mismo tiempo circular aceite por las cañerías de combustible de acuerdo al manual de empleo técnico.
- Se desacopló el depósito de aceite de la instalación de la boquilla de conservación.
- Se desmontó el APU AI-9B del helicóptero según el manual de empleo técnico apartado 8.3 como se muestra en el Anexo F.

- Para la puesta en conservación del APU se protegió con la funda de polietileno y se colocó en almacenaje en este caso, pero en otros se deja en espera de repuestos o intercambios de elementos según sea el caso, y se realizó de la siguiente forma:

**Figura 37.**

*Depósito de Drenaje del APU.*



*Nota:* Esta figura representa el depósito de drenaje de la mezcla aceite combustible que posee el APU.

- Se vació a través del tapón la mezcla de combustible y aceite acumulada en el depósito de drenaje.
- Se limpió la superficie del motor con paño humedecido con gasolina, alcohol industrial, desengrasante y se dejó secar el motor.



**Figura 38.**

*Embalado Final del APU.*



*Nota:* Esta figura representa el embalado final del APU para su almacenamiento.

- Se aplicó a las superficies exteriores no pintadas con una brocha la grasa BK GOST 1087.
- Como precaución durante la puesta en conservación exterior se impidió que la grasa y gasolina afecten las piezas del equipo eléctrico y arnés (alambrado eléctrico).
- Se embolsó el motor con la funda de polietileno y se fijó en la herramienta de soporte para mantenerlo en espera del repuesto de la bomba de aceite ya que tenía un defecto de baja presión aceite.

**Figura 39.**

*APU Embalada en la Caja de Traspportación.*



*Nota:* Esta figura muestra el APU siendo levantada con el tecele para realizar la tarea de mantenimiento.

La herramienta de soporte no tuvo inconvenientes ni problema alguno, al momento de realizar las tareas de mantenimiento y transportar el APU, el soporte operó de forma adecuada respondió, brindando confort y seguridad laboral al momento de realizar las tareas, cumpliendo así con el objetivo planteado en el capítulo uno. Las tareas de mantenimiento fueron realizadas sin contratiempos en el soporte y en la aeronave para cumplir con la conservación del APU AI-9B, como resultado de la misma podemos indicar que el APU puede ser almacenada en el soporte durante seis meses.

Para mantener la vida útil de esta herramienta de soporte implementada se recomienda emplear la documentación del Anexo G.

## 14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

### 13.1 Conclusiones.

- Se recopiló la información correspondiente a la tarea de mantenimiento desconservación y puesta en conservación de los sistemas de combustible y aceite del manual de empleo y mantenimiento técnico de la Unidad de Potencia Auxiliar (Motor de Turbina de Gas AI-9B) del helicóptero MI-171 capítulo IX de la pág. 137 a la 144.
- Se construyó la herramienta de soporte para el APU AI-9B, utilizada para cumplir con la tarea de mantenimiento relacionadas con el montaje, desmontaje y transporte de la misma, brindando seguridad laboral y confort a los técnicos, así optimizando las tareas de manera efectiva.
- Se cumplió con la desconservación del sistema de combustible intercambiando el aceite por combustible, además el sistema de aceite se realizó el cambio de aceite al AEROSHELL TURBINE OIL 500, también en la puesta en conservación se cambió el combustible por aceite ANDEROL ROYCO y también por el sistema de combustible, teniendo en cuenta además que se realizó el montaje y desmontaje de la misma en la herramienta de soporte implementada, logrando optimizar el cumplimiento de las actividades de mantenimiento de forma efectiva de acuerdo a los ítems del manual de empleo técnico capítulo IX.

### 13.2 Recomendaciones.

- Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento se debe consultar los manuales de la casa fabricante del APU para asegurarse de no cumplir de forma errónea alguna actividad, se debe aplicar estrictamente los procedimientos del

manual utilizando las herramientas y equipos adecuados al momento de realizar las tareas, mas no cumplirlas de forma intuitiva.

- Tomar en cuenta las medidas de seguridad al momento de cumplir con las tareas de mantenimiento y el uso de la herramienta de soporte, ya que en un mínimo descuido puede ocasionar accidentes.
- Se recomienda el uso de esta herramienta de soporte implementada para todas las tareas relacionadas a la remoción, transporte e instalación del APU AI-9B, debiendo verificar periódicamente el estado de la herramienta de soporte para que no exista problemas al momento de utilizarla, con el fin de que la herramienta siempre se encuentre operativa en cualquier caso de mantenimiento de la APU.

## 15. GLOSARIO DE TÉRMINOS

### A

**Anderol Royco:** Lubricante a base de aceite mineral con aditivos modernos para proporcionar a la oxidación y protección contra la corrosión con un alto índice de viscosidad para la fluidez tanto como para bajo y alta temperatura que utilizamos en turbinas de gas y para sistemas de combustibles.

**Aeroshell:** Marca productora de lubricantes para aviación utilizados en motores de turbina y motores a pistón y en otros casos para fluidos hidráulicos, la marca de mejor utilizada en la mayoría de países.

### B

**Boquilla:** Boca de salida de un conector de manguera, conexión entre tuberías o mangueras de cualquier material.

**Bomba de Cebado:** (Booster Pump) en inglés, suministro de combustible a los sistemas de un dispositivo con presión suficiente para recorrer distancias determinadas.

### C

**Conmutador:** Interruptor de dos posiciones que controla el paso de energía desde la fuente hacia el objeto a alimentar.

**Conservación:** Cambio de estado de modo operativo a modo de reposo, es decir se puede almacenar por un tiempo determinado.

### D

**Des conservación:** Cambio de estado de modo de reposo a modo operativo, es decir que va a funcionar o arrancar.

**G**

**Giro en Frio:** En ingles crank, conocido en aviación como ventilación, es decir arrancar el generador arrancador para eliminar residuos de combustible y aceite.

**S**

**Solidworks:** Software de simulación de sólidos para crear planos de objetos con cargas y determinar valores de esfuerzos.

**V**

**Válvula:** Dispositivo que abre o cierra el paso de un fluido por un conducto en una máquina, aparato o instrumento, gracias a un mecanismo, a diferencias de presión.

## 16. ABREVIATURAS.

**APU:** Unidad de Potencia Auxiliar.

**MI- 171:** Mijail Mil de Rusia modelo 171

**TB3-117BM:** Turbina, ventilador (Turbina libre), modelo número 3, modelo de construcción 117.

**AI-9B:** Rotor generador arrancador modelo 9B.

**VCD:** Voltaje con corriente directa o continua (CC).

**HZ:** Hercio o Hertz.

**Kg/cm2:** Kilogramo sobre centímetro al cuadrado.

## 17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEROESPACIAL, I. (2007). *INDUSTRIA AEROESPACIAL*. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de INDUSTRIA AEROESPACIAL:  
<https://www.aero.upm.es/departamentos/economia/investiga/Informe%202007/menu.html>
- AIRBUS , H. (2001). *Turbina de gas AI-9B*. Mosku: Airbus.
- Apolo Torres, C. J. (octubre de 2018). Preservacion de los motores TB3 de los helicopteron MI. Iatacunga.
- Benavides F, M. (2010). *Manual de instruccìon MI-17*. RUSIA: AIRBUS HELICOPTER.
- Garcia Muñoz, J. (5 de febrero de 2012). *Academia de aviación*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de Academia de aviación: <http://www.pasionporvolar.com/apu-auxiliar-power-unit/>
- Macias, E. (2018). *breve historia del ejercito ecuatoriano*. Recuperado el 10 de diciembre de 2019, de <https://issuu.com/>:  
[https://issuu.com/ceheesmil/docs/brief\\_history\\_of\\_the\\_ecuadorian\\_arm](https://issuu.com/ceheesmil/docs/brief_history_of_the_ecuadorian_arm)
- Nuñez, A. (1951). Motores a reacción y turbinas de gas. En A. Nuñez, *Motores a reacción y turbinas de gas*. Madrid: TARIFA.
- Oñate, A. E. (2007). *COnocimientos del avión*. España: S.A EDICIONES PARANINFO.
- Paquisha, B. (2018). *manual general de mantenimiento*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://esforse.mil.ec/interno/index.php/servicios/documentos/09-notas-de-aula/316-18-nota-de-aula-general-de-mantenimiento-de-la-15-bae-paquisha/file>:



notas-de-aula/316-18-nota-de-aula-general-de-mantenimiento-de-la-15-bae-  
paquisha/file

## **ANEXOS.**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN**

**MOTORES.**

**CERTIFICACIÓN.**

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor, TONATO CONTERON,  
CRISTIAN SANTIAGO.

En la ciudad de Latacunga a los 10 días del mes de Julio del 2020

.....  
TLGO. INCA GABRIEL.  
DIRECTOR DE MONOGRAFÍA.

Aprobado por:

.....  
ING. BAUTISTA CRISTÓBAL.  
DIRECTOR DE CARRERA.

.....  
ABG. SARITA PLAZA  
SECRETARIA ACADÉMICA.