



**Inspección y limpieza de los fuel manifold del motor Pratt & Whitney PT6A-34
mediante la ATA 73.10.05, para la empresa pública Tame Amazonia Filial de Tame
EP.**

Pérez Romero, Karla Estefanía

Departamento de Ciencias Espaciales

Carrera de Tecnología en Mecánica

Aeronáutica Mención Motores

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica

Aeronáutica Mención Motores

Tlgo. Zurita Caisaguano, Jonathan Raphael

06 de agosto del 2020

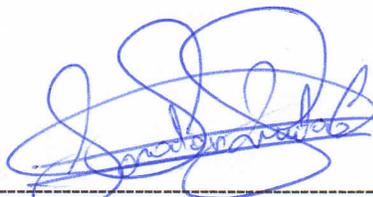


DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

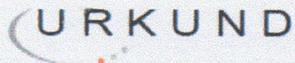
Certifico que la monografía, “Inspección y limpieza de los fuel manifold del motor Pratt & Whitney PT6A-34 mediante la ATA 73.10.05, para la empresa pública Tame Amazonia Filial de Tame EP”, fue realizado por la señorita Pérez Romero Karla Estefanía, el mismo que ha sido revisado en su totalidad ,analizado 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, 06 de agosto del 2020



TLGO. ZURITA CAISAGUANO, JONATHAN RAPHAEL
C. C.: 050306866-0

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Urkund Analysis Result

Analysed Document: TRABAJO DE TITULACIÓN - KARLA PÉREZ.docx (D77684934)
Submitted: 8/11/2020 10:48:00 PM
Submitted By: jrzurita1@espe.edu.ec
Significance: 7 %

Sources included in the report:

Tesis Andrés Fernando Medina Vaca.pdf (D41054855)
BYRON ARROYO .pdf (D26107248)
APOLO TORRES CESAR.pdf (D40820309)
TESIS CHUQUIMARCA 2019 tutores.pdf (D47197395)
TESIS ALEX SANTIAGO QUINAPANTA TIXE111.pdf (D47618792)
TRUJILLO MALES CESAR.pdf (D62842592)
TESIS GUAMAN ANGEL.pdf (D47616420)
http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esofisicaquimica/3quincena11/3q11_contenidos_5a.htm#Rivas,
https://www.seguridadaerea.gob.es/media/4498172/modulo14_cap01_a.pdf
<https://docplayer.es/55670267-Propuesta-de-mejora-en-la-eficiencia-del-motor-v2500-de-airbus-a320.html>

Instances where selected sources appear:

26

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Jonathan Zurita", written over a horizontal dashed line.

TLGO. ZURITA CAISAGUANO, JONATHAN RAPHAEL
C. C.: 050306866-0



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, Pérez Romero, Karla Estefanía, con cedula de ciudadanía n° 180436228-1, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: "Inspección y limpieza de los fuel manifold del motor Pratt & Whitney PT6A-34 mediante la ATA 73.10.05, para la empresa pública Tame Amazonia Filial de Tame EP" 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.

Latacunga, 06 de agosto del 2020

Karla Pérez

Pérez Romero, Karla Estefanía

C.C.: 180436228-1



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, Pérez Romero Karla Estefanía, con cedula de ciudadanía n° 180436228-1, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la presente monografía: **“Inspección y limpieza de los fuel manifold del motor Pratt & Whitney PT6A-34 mediante la ATA 73.10.05, para la empresa pública Tame Amazonia Filial de Tame EP”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 06 de agosto del 2020

Karla Pérez

Pérez Romero, Karla Estefanía

C.C.: 180436228-1

DEDICATORIA

Todo este logro se lo dedico a mis padres ya que ellos han sido el pilar fundamental para poder llegar a mi objetivo, su perseverancia, su apoyo incondicional y económico han hecho de mí una persona fuerte y luchadora para concluir una meta más.

A mi hermano que siempre me ha apoyado en todo lo que necesito y ha estado en los momentos malos y buenos, siendo mi ejemplo a seguir y con sus palabras de aliento jamás me ha dejado decaer y ayudándome a sobrellevar todos los tiempos difíciles.

A mi amiga, hermana Tannia que creyó y confió en mí siempre, en fin, a toda mi familia que de una u otra manera me han apoyado en todo este transcurso de mi vida universitaria y siempre han estado en todos mis triunfos.

Karla Estefanía Pérez Romero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi guía en cada paso que di, dándome salud y vida para poder llegar tan lejos y culminar mi carrera superior.

A mi madre Elena Romero, mi padre Hernán Pérez y mi hermano Christian Pérez que son las personas más importantes en mi vida y han estado en cada momento a mi lado dándome apoyo y enseñándome a tomar las mejores decisiones para no fallar en la vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, en especial a los docentes que durante este periodo de formación me colaboraron y me impartieron conocimientos que serán útiles en mi vida profesional.

Finalmente quiero agradecer a la Empresa Tame Amazonía quien me abrió las puertas de sus instalaciones y me ayudó a realizar este proyecto de mejor manera para poder obtener mi título.

Karla Estefanía Pérez Romero

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	1
CERTIFICACIÓN.....	2
REPORTE DE VERIFICACIÓN.....	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	12
ÍNDICE DE FIGURAS	13
RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
 CAPITULO I	
1. PROBLEMA DE INVESTIGACION	
1.1 Tema de investigación.....	17
1.2 Antecedentes.....	17
1.3 Planteamiento del problema.....	18
1.4 Justificación.....	18
1.5 Objetivos.....	19
1.5.1 Objetivo General.....	19
1.5.2 Objetivos Específicos	19
1.6 Alcance	19
 CAPITULO II	
2. MARCO TEÓRICO	

2.1 Generalidades de las aeronaves Kodiak 100	20
2.1.1 Historia.....	20
2.1.2.Especificaciones de la aeronave Kodiak 100	21
2.2 Motores a reacción	22
2.2.1.Mecanismos de propulsión	22
2.3 Tipos de motores a reacción	23
2.3.1.Turboeje.....	23
2.3.2.Turborreactor Básico.....	24
2.3.3.Turbofán	25
2.3.4.Turbohélice	25
2.4 Motores Turbohélice	26
2.4.1.Descripción y Operación	26
2.4.2.Clasificación	26
2.5 Motor Pratt & Whitney PT6A-34.....	28
2.5.1Descripción del motor.....	28
2.5.2.Terminología.....	29
2.5.3.Datos Generales.....	29
2.5.4.Secciones del motor PT6A-34.....	30
2.5.5.Sistemas del motor.....	31
2.6 Funcionamiento	36
2.7 Partes principales del motor PT6A-34	36
2.8 Inyectores	39
2.8.1Partes	40
2.8.2Funcionamiento.....	41
2.8.3Tipos de inyectores	41
2.9 Mantenimiento del inyector.....	46

2.9.1 Tipos de limpieza de inyectores	47
2.10 Dispositivos electrónicos	48
2.11. Automatización	48
2.12. Control automático.....	49

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1 Introducción al capítulo.....	50
3.2 Desarrollo.....	50
3.3 Fabricación.....	50
3.3.1 Elaboración	50
3.3.2 Medición y cortes de piezas	51
3.3.3 Ensamblaje.....	52
3.3.4 Pintura	52
3.4 Pruebas de funcionamiento.....	53
3.5 Remoción de los inyectores del motor PT6A-34.....	54
3.6 Limpieza de los inyectores del motor PT6A-34.....	55
3.7 Instalación de los inyectores del motor PT6A-34.....	58
3.8 Presupuesto.....	61
3.8.1 Estudio económico.....	61
3.8.2 Costos primarios	61
3.8.3 Total de costos primarios	64
3.8.4 Costos secundarios.....	64
3.8.5 Costos total.....	65

CAPITULO IV

4.1 Conclusiones.....	66
4.2 Recomendaciones.....	67

4.3 Referencias bibliográficas	11	68
ANEXOS.....		70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones y características de la aeronave Kodiak 100	21
Tabla 2. Datos Generales.....	29
Tabla 3. Partes del inyector.....	40
Tabla 4. Componentes electrónicos.....	48
Tabla 5. Herramientas para la remoción e instalación de los inyectores.....	54
Tabla 6. Materiales de la estructura y equipo de inyectores	61
Tabla 7. Mano de obra.....	63
Tabla 8. Gastos por la realización de la tarea.....	63
Tabla 9. Total de costos primarios	64
Tabla 10. Costos secundarios	64
Tabla 11. Costo total.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Kodiak 100	20
Figura 2. Motor turboeje	24
Figura 3. Motor turborreactor básico.....	24
Figura 4. Motor de doble flujo o turbofán.....	25
Figura 5. Motor turbohélice	26
Figura 6. Turbohélice de eje único.....	27
Figura 7. Turbohélice de turbina libre	27
Figura 8. Motor PT6A-34.....	28
Figura 9. Secciones del motor PT6A	31
Figura 10. Sistema de aire	32
Figura 11. Esquema de lubricación del motor	32
Figura 12. Sistema de aceite presurizados	33
Figura 13. Sistema de recuperación de aceite	33
Figura 14. Sistema de ventilación.....	34
Figura 15. Sistema de ignición.....	35
Figura 16. Esquema de combustible del motor	35
Figura 17. Funcionamiento de un turbohélice	36
Figura 18. Partes de un inyector.....	40
Figura 19. Funcionamiento de un inyector	41
Figura 20. Inyectores de orificio	42
Figura 21. Inyectores de tetón	43
Figura 22. Inyector pintaux.....	43
Figura 23. Inyectores electrónicos	44
Figura 24. Inyector simplex	45
Figura 25. Inyector duplex.....	46

Figura 26. Panel de control	49
Figura 27. Corte de los perfiles requeridos.....	51
Figura 28. Acabado del equipo y estructura	53
Figura 29. Verificación de la presión de aire	53
Figura 30. Herramientas especiales	54
Figura 31. Marcación de los inyectores	53
Figura 32. Corte del alambre de seguridad	53
Figura 33. Remoción de la placa de bloqueo	54
Figura 34. Remoción de los tubos de transferencia.....	54
Figura 35. Extracción del inyector.....	55
Figura 36. Separación de la boquilla de combustible.....	56
Figura 37. Prueba de fugas del inyector.....	56
Figura 38. Colocación del inyector en la herramienta especial.....	57
Figura 39. Verificación del flujo de combustible	58
Figura 40. Colocación de juntas	58
Figura 41. Colocación del inyector en la boquilla	59
Figura 42. Instalación de los tubos de transferencia	59
Figura 43. Colocación de la placa de bloqueo	60
Figura 44. Realización del frenado	60

RESUMEN

Este proyecto, contiene todos los pasos necesarios para realizar la limpieza de los inyectores del motor Pratt & Whitney PT6A-34 de la aeronave Kodiak 100 perteneciente a la empresa pública Tame Amazonía Filial de Tame EP. A través de la documentación técnica AMM (Manual de Mantenimiento) según el ATA 73.10.05 donde detalla la manera correcta de realizar la remoción, limpieza, inspección e instalación de los inyectores con todas las medidas de seguridad que se debe tener en cuenta al momento de realizar dicho trabajo. Esta tarea se le ejecuta cada 400 horas que el manual lo recomienda, dado que podría causar daños mayores en la zona caliente del motor, mediante esta tarea se logra mantener la aeronavegabilidad especialmente del motor y la aeronave. Siguiendo las instrucciones del manual para poder ejecutar dicha tarea, manda que se utilice un equipo especial de limpieza de inyectores, la cual no dispone la empresa Tame Amazonía. Por este motivo se realizó una investigación y se logró la implementación del equipo para mantener en buen estado los inyectores del motor, y ayudar al personal de mantenimiento que puedan ejecutar este trabajo de forma segura y ordena, sin poner en riesgo su estado físico. Con esta finalidad se creó el equipo de limpieza para reducir el tiempo de trabajo, evitar daños en el motor, considerando los recursos humanos, económicos, materiales y aplicando la información técnica.

- **AERONAVES – MANTENIMIENTO**
- **AERONAVES KODIAK**
- **AERONAVES – MOTORES**
- **INFORMACIÓN TÉCNICA**

ABSTRACT

This project contains all the necessary steps to clean the injectors of the Pratt & Whitney PT6A-34 engine of the Kodiak 100 aircraft belonging to the public company Tame Amazonía Filial of Tame EP. Through the technical documentation AMM (Maintenance Manual) according to ATA 73.10.05 where it details the correct way to carry out the removal, cleaning, inspection and installation of the injectors with all the safety measures that must be taken into account when carrying out said work. This task is executed every 400 hours that the manual recommends, since it could cause greater damages in the hot zone of the engine, by means of this task it is possible to maintain the airworthiness of the engine and the aircraft. Following the instructions in the manual to be able to carry out this task, it orders the use of that a special equipment for cleaning injectors be used, which is not available from the company Tame Amazonía. For this reason, an investigation was carried out and the equipment was implemented to keep the engine injectors in good condition, and to help maintenance personnel who can carry out this work safely and orderly, without putting their physical condition at risk. With this purpose, the cleaning team was created to reduce working time, avoid engine damage, considering human, economic, material resources and applying technical Information.

- **AIRCRAFTS – MAINTENANCE**
- **KODIAK AIRCRAFTS**
- **AIRCRAFTS – ENGINES**
- **TECHNICAL INFORMATION**

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Tema de investigación

INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS FUEL MANIFOLD DEL MOTOR PRATT & WHITNEY PT6A-34 MEDIANTE LA ATA 73.10.05, PARA LA EMPRESA PÚBLICA TAME AMAZONIA FILIAR DE TAME EP.

1.2. Antecedentes

En la empresa pública Tame Amazonía es necesario realizar una limpieza de los fuel manifold del motor PT6A-34 por las tareas de mantenimiento que exige el fabricante cada cierto tiempo, esto se determina de acuerdo a la cantidad de horas de trabajo ejecutadas por el motor, así ayudará a mantener los componentes tanto internos como externos libres de agentes dañinos que pudiesen perjudicar al funcionamiento del mismo.

Este tipo de proyectos no se ha podido ejecutar en la empresa, dado que no existe un equipo apropiado para realizarlo, esta práctica es aplicable para el motor PT6A-34, que se puede encontrar en la empresa Tame Amazonía que se dedica al transporte aéreo promoviendo la conectividad de pasajeros y carga, a nivel nacional e internacional.

Este tipo de limpieza es muy importante a nivel mundial, porque las empresas del Ecuador lo aplican para mantener la vida útil del motor, este proyecto de titulación ayudará a que la empresa Tame pueda realizar este tipo de limpieza cada que el manual de mantenimiento lo indique y de esta manera prestar sus servicios aéreos sin problemas como lo ha venido haciendo

1.3. Planteamiento del problema

Este problema se viene dando desde que se ha podido detectar a simple vista que los inyectores presentan fallas y no suplen el combustible necesario al motor provocando que el mismo no logre realizar correctamente la combustión.

En aviación los componentes necesitan un mantenimiento adecuado para alargar la vida útil, ya que tienen una vida limitada, al no ejecutar este tipo de proyectos, se puede registrar componentes en condición inservible; por lo tanto, la inspección y limpieza de los fuel manifold darán un resultado positivo al motor.

Sin embargo, la ausencia de este equipo se ha convertido en una necesidad para la empresa ya que se puede identificar el deterioro del motor, provocando que la empresa invierta en nuevos inyectores en caso de no realizar el mantenimiento adecuado, en efecto, una vez identificado el exceso de suciedad se recomienda cambiar los mismos.

1.4. Justificación

El presente estudio ayudará a prolongar la vida útil de los inyectores de combustible, así se puede lograr dar un mejor funcionamiento al motor, por este motivo se realizará el mantenimiento de limpieza que podrá asegurar la buena combustión del motor.

Teniendo en consideración la falta de mantenimiento de estos componentes, es recomendable realizar una limpieza cada 400 horas que el manual lo recomienda, es por esta razón que este proyecto se centra en dejar un aporte escrito al alcance de cualquier estudiante de la carrera de Mecánica Aeronáutica para su formación académica.

Es por lo expuesto anteriormente que se ve necesario realizar la tarea de inspección y limpieza de los fuel manifold, para mantener su preservación y poder llevar un control de mantenimiento de los inyectores.

1.5 Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Realizar la inspección y limpieza de los fuel manifold del motor Pratt & Whitney PT6A-34 mediante la ATA 73.10.05, para la empresa pública TAME Amazonía Filial de TAME EP.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recolectar información técnica necesaria en manuales del fabricante del motor aplicable para el desarrollo del proyecto.
- Implementar el banco de pruebas para la limpieza de los fuel manifold del motor.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los fuel manifold mediante el uso del manual de mantenimiento del motor PT6A-34.

1.6 Alcance

Este proyecto se propone mantener los fuel manifold en buen estado, el mismo que se podrá aplicar durante todo su periodo de trabajo a las aeronaves HC-CPG y HC-CPE con motor PT6A-34 de la empresa Tame Amazonía que se encuentra ubicada en la Parroquia Shell, Provincia de Pastaza.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1. Generalidades de las aeronaves Kodiak 100

2.1.1. Historia

Las aeronaves Kodiak 100 fueron diseñadas y construidas por la compañía Quest Aircraft Corporation de origen norteamericano, así su primer vuelo fue el 2004 y recibió su certificación FAR 23, por parte de la FAA, en 2007 donde inicia su producción.

El Kodiak es una aeronave de capacidad STOL con mayor volumen de carga, alto rendimiento de velocidad y alcance, de modo que la empresa de Transportes Aéreos Militares Ecuatorianos (Tame) incorporó tres Quest Kodiak para las rutas en la amazonia del país. (Rodriguez., 2016)

Figura 1

KODIAK 100



Nota. Recuperado de Aerolínea Tame EP, por Nicolás Larenas, 2015.

2.1.2. Especificaciones de la aeronave Kodiak 100

Tabla 1

Especificaciones y características del Kodiak 100

Especificaciones	Características
Tipo de Motor	Monomotor turbohélice.
Tipo de Ala	Ala recta.
Envergadura	13.71 metros.
Área alar	22 m ²
Largo de fuselaje	10,18 metros.
Alto de fuselaje	4,69 metros.
Peso vacío	1.710 kilos
Peso máximo de despegue	3.290 kilos
Tren de aterrizaje	Fijo triciclo.
Alcance	1.032 mn a 12.000 pies y 172 nudos
Rango	Hasta 10 horas
Carrera de despegue	305 metros
Carrera de aterrizaje	214 metros
Fabricante	Pratt & Whitney Canadá
Modelo	PT6A-34
Potencia	750shp
Hélice	Cuatro palas
Puertas	3 puertas

2.2. Motores a reacción

Un motor de reacción, es un tipo de motor que descarga un chorro de fluido a gran velocidad para generar un empuje de acuerdo a la tercera ley de Newton: acción y reacción, esta definición generalizada del motor de reacción incluye turboreactores, turbofanés, motores cohete, estatorreactores y pulsorreactores, de ahí su nombre, esto se debe a que se aprovecha la fuerza opuesta a la expulsión de los gases para impulsar a la aeronave.

En el campo de la aviación existen principalmente dos tipos de motores utilizados para la propulsión de las aeronaves, en la actualidad los más empleados para las aeronaves de baja potencia son los motores recíprocos, mientras que en aeronaves de mediana y alta potencia se emplean los motores a reacción.

2.2.1. Mecanismos de propulsión

La propulsión es un sistema idóneo para que un cuerpo se acelere, esto se logra mediante una fuerza (por la Segunda Ley de Newton) y debe existir otro cuerpo al que le aplique similar o contraria (por la Tercera Ley de Newton).

La observación de las formas de propulsión en la Naturaleza permite afirmar que cuando un móvil se desplaza en un cierto sentido existe otro cuerpo (bien de masa sólida, líquida o gaseosa) que se mueva en sentido opuesto. (Oñate, 2007, pág. 294)

El funcionamiento de un motor a reacción se centra en quemar la mezcla aire combustible y expulsar a gran velocidad y presión para que dicha expulsión de gases

genere la fuerza necesaria para impulsar a la aeronave sin importar el tipo de motor a reacción.

2.3. Tipos de motores a reacción

Se llama motores a reacción las máquinas térmicas en las cuales la energía química de la mezcla combustible – oxidante se transforma en energía cinética del chorro de gases que salen del interior del motor, puesto que, como se ha dicho, todas las formas de propulsión se basan en “lanzar” masas en un cierto sentido. La diferencia es que la masa de gas que interviene en el ciclo de funcionamiento del motor sale del mismo motor, es expulsada del interior del motor. (Oñate, 2007, pág. 298)

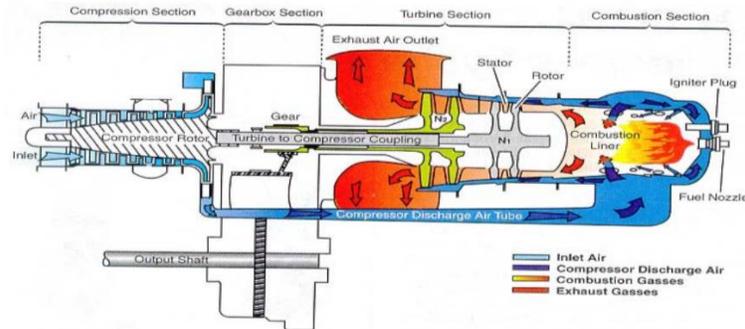
Existen diferentes tipos de motores a reacción usados en aviación, algunos emplean la expulsión de gases de combustión para general empuje y otros ocupan dicho gas para mover un eje conectado a una hélice, los principales motores utilizados en aviación son cuatro: Turbohélice, Turbofán, Turborreactor Básico y Turboeje, siendo el primero en que se centra el desarrollo de este proyecto.

2.3.1. Turboeje

Los motores turboeje son similares a los motores turbohélice; la toma de fuerza puede acoplarse directamente a la turbina del motor, o el eje puede estar arrastrado por su propia turbina (turbina libre) localizada en la corriente de gases de escape, este principio es el que se usa ampliamente en los motores turboejes que se fabrican actualmente. Normalmente, son motores utilizados en aeronaves de ala rotatoria como son los helicópteros.

Figura 2

MOTOR TURBOEJE



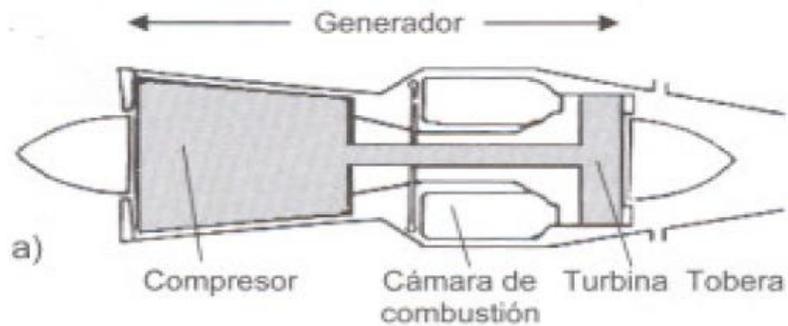
Nota. Recuperado de Motores de turbina de gas (p.185), por A.G. Rivas , 2003.

2.3.2. Turborreactor Básico

Se llama turborreactor básico o turborreactor puro la combinación de un generador de gas, más una tobera de salida. La tobera de salida es un conducto cilíndrico de sección variable, que se emplea para canalizar los gases de escape que salen de la turbina. (Oñate, 2007, págs. 419-420)

Figura 3

MOTOR TURBORREACTOR BÁSICO



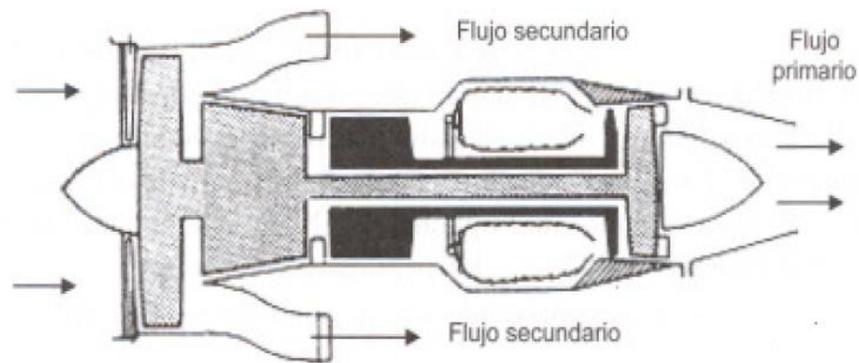
Nota. Recuperado de Conocimientos del avión (p.420), por Antonio Esteban Oñate, 2007.

2.3.3. Turbofán

Se llama motor de doble flujo, o turbofán, el motor que tiene dos flujos; el flujo primario es el normal de aire que pasa por el generador de gas y es canalizado más tarde a la tobera de salida. Otra masa de aire, el segundo flujo, pasa por el “Fan”, un compresor de mayor diámetro que el del generador de gas, donde es comprimido ligeramente. Normalmente, el flujo secundario es conducido por una tobera independiente al exterior.

Figura 4

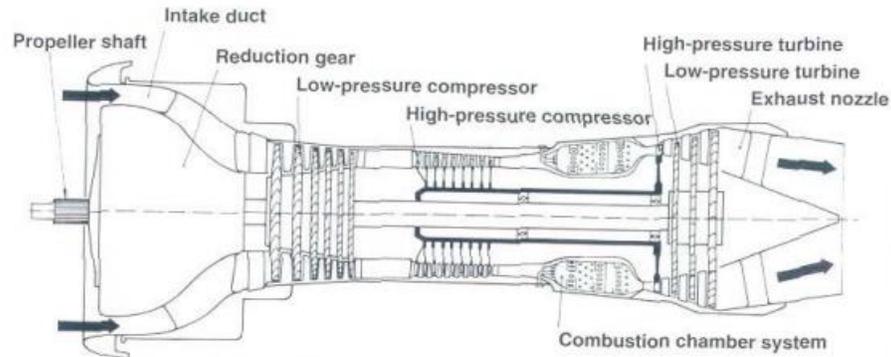
MOTOR DE DOBLE FLUJO O TURBOFÁN



Nota. Recuperado de Conocimientos del avión (p.420), por Antonio Esteban Oñate, 2007.

2.3.4. Turbohélice

Un turbohélice es un tipo de motor que basa su funcionamiento del movimiento del eje de la turbina hacia una caja reductora a la cual se acopla a una hélice, donde aproximadamente el 90% del empuje es producido por la hélice y el 10% restante por los gases de escape. (Oñate, 2007, pág. 419)

Figura 5**MOTOR TURBOHÉLICE**

Nota. Recuperado de Motores de turbina de gas (p.176), por A.G. Rivas, 2003.

2.4. Motores Turbohélice

2.4.1. Descripción y Operación

Los motores turbohélice realizan la conversión de la mayor parte de la energía de la corriente de gas en potencia mecánica para arrastrar al compresor, accesorios, y carga de la hélice. Solo una pequeña cantidad (aproximadamente el 10 por ciento) del empuje del chorro está disponible por la corriente de gas de relativamente baja presión y baja velocidad creada por las etapas de turbina necesarias para arrastrar la carga extra de la hélice. (Rivas, 2003, pág. 176)

2.4.2. Clasificación

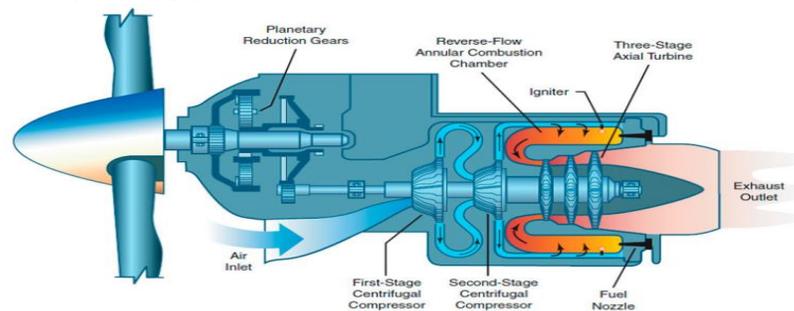
La principal clasificación de los motores turbohélices se debe al eje de potencia, pudiendo haber de eje único y turbina de potencia libre.

a. Turbohélices de eje único

La hélice está conectada al mismo eje que la turbina de generación de gas a través de un engranaje reductor, debido a que su rendimiento máximo se consigue a una velocidad de rotación muy inferior a la del motor.

Figura 6

TURBOHÉLICE DE EJE ÚNICO



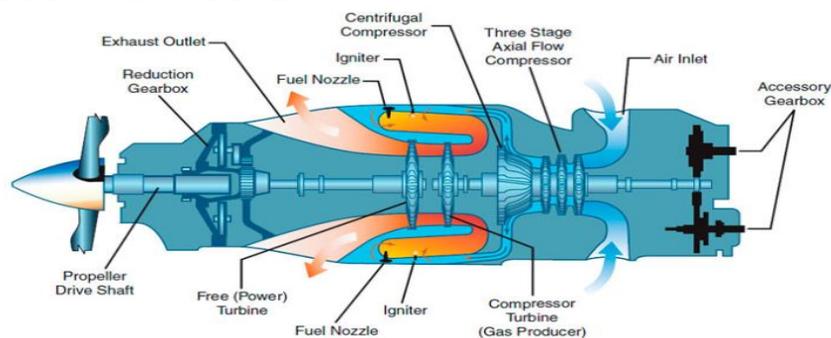
Nota. Recuperado de Blog Motores, sistema turbohélice, 2016, TakeOffBriefing.

b. Turbohélices de turbina libre

Existen al menos dos turbinas: una conectada a la hélice, que se denomina turbina de potencia y otra al compresor, que se denomina turbina de gas; siendo este el que se centra en el desarrollo del proyecto. (Hernández, 2017, pág. 4)

Figura 7

TURBOHÉLICE DE TURBINA LIBRE



Nota. Recuperado de Blog Motores, sistema turbohélice, 2016, TakeOffBriefing.

c. Características

- Alto rendimiento propulsivo a bajas velocidades.
- Tiene un diseño más complicado y es más pesado que un turboreactor.
- Un consumo específico de combustible más bajo que el turboreactor.
- Posibilidad de empuje inverso eficaz.

Estas características demuestran que los motores turbohélices son superiores para despegar con cargas pesadas en pista de longitud corta y mediana. (Rivas, 2003, pág. 176)

2.5. Motor Pratt & Whitney PT6A-34

2.5.1. Descripción del motor

El motor PT6A-34 es un motor de turbina libre y de pequeño tamaño y peso. La relación de compresión del compresor varía de 6.3:1 a 12.0:1 según el modelo de motor, es idéntico al -27 pero incorporando la sección caliente refrigerada por aire, la potencia generada varía de 750 SHP a 2200 rpm hélice. (Turbine, 2002, pág. 2)

Figura 8

MOTOR PT6A-34



Nota. Recuperado de JSA, por J. Sami, 2018, Jetset Airmotive Inc.

2.5.2. Terminología

- **PT** = Motor Turbohélice.
- **6** = Familia del Motor.
- **A** = Caja de reducción de dos etapas.
- **34** = Número de Modelo.

2.5.3. Datos Generales

El motor PT6A-34 es un motor turbohélice de turbina libre que puede ser utilizado en las aeronaves Kodiak 100 con el fin de aterrizar y despegar en pistas más cortas, por consiguiente, se presenta a continuación las diferentes características generales del mismo que son:

Tabla 2

Datos Generales

Datos	Características
Tipo de Motor	Turbohélice de turbina libre
Potencia	750 SHP
Cámara de combustión	Anular de flujo reverso
Tipo compresor	Mixto, 3 etapas axiales y 1 centrífugo simple
Tipo Turbina	Axial, 1 etapa generadora de gases, 1 etapa de potencia
Peso básico	328 lbs

2.5.4. Secciones del motor PT6A-34

a. Sección de entrada de aire.

Esta sección se ubica en la parte trasera del motor. El aire entra al motor, a través, de una cámara anular plena compuesta de aleación de aluminio, la cual, es protegida por una rejilla metálica para evitar la ingestión de materias extrañas.

b. Sección del compresor

El compresor recibe el flujo de aire y progresivamente le aumenta la presión y proporciona aire para la combustión, presurización. El rotor del compresor consiste de 3 etapas axiales y una centrifuga simple.

c. Sección de combustión

La cámara de combustión es del tipo anular de flujo reverso. Tiene perforaciones que permiten que entre el flujo de aire entregado por el compresor. Cerca del 25% del aire que entra al motor, participa en el proceso directo de la combustión y la mayor parte es usado para enfriamiento, sellado, y sistema neumático del avión.

d. Sección de turbina

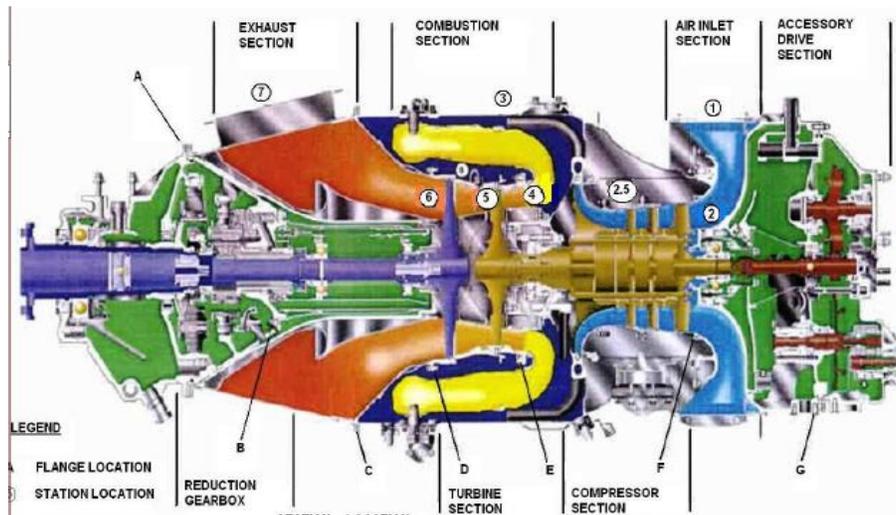
El motor tiene dos turbinas, una mueve el compresor y la otra mueve la sección de potencia y hélice. La turbina del compresor es axial simple de una etapa, con alabes de tipo impulso-reacción. Las turbinas giran en dirección opuesta, eliminando la carga de torsión de la estructura, además, son enfriadas por el aire de refrigeración que pasa de atrás hacia delante.

e. Sección de escape

Esta sección está formada por un ducto niquelado resistente al calor, con dos salidas de escape, una a cada lado del motor. (Academy, 2001, pág. 8)

Figura 9

SECCIONES DEL MOTOR PT6A



Nota. Recuperado de United Turbine Corp (p.5), por Silvia Henríquez, 2002.

2.5.5. Sistemas del motor

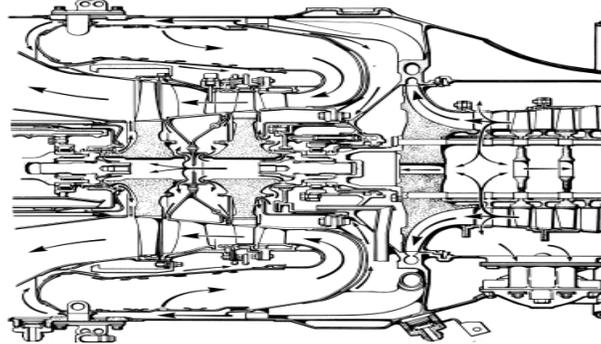
Para un óptimo funcionamiento tanto en vuelo como en tierra, en cualquier estación del tiempo el motor PT6A-34 está equipado con los siguientes sistemas:

a. Sistema de aire

En el motor encontramos tres sistemas diferentes que utilizan aire para ejercer su función: válvula de sangrado de aire del compresor, sellos de laberinto que mantienen al aceite dentro de la zona de cojinetes y aire de refrigeración de las secciones calientes.

Figura 10

SISTEMA DE AIRE



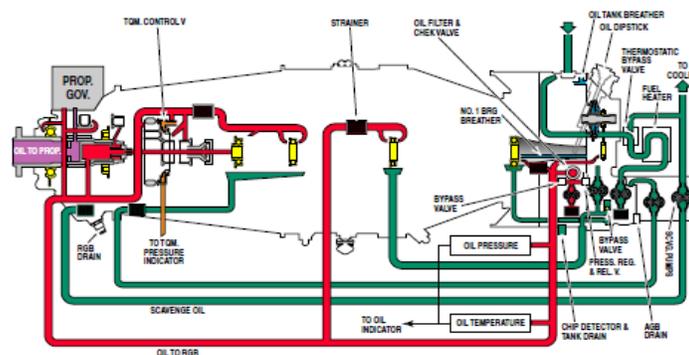
Nota. Recuperado de Maintenance Manual (p.203), por Pratt & Whitney, 2012.

b. Sistema de lubricación

El sistema de lubricación está diseñado para proveer continuamente un flujo de aceite limpio para los cojinetes, los engranajes, torquímetro, hélice y caja de accesorios. El aceite lubrica y enfría los cojinetes al tiempo que transporta impurezas al filtro donde se retienen.

Figura 11

ESQUEMA DE LUBRICACIÓN DEL MOTOR



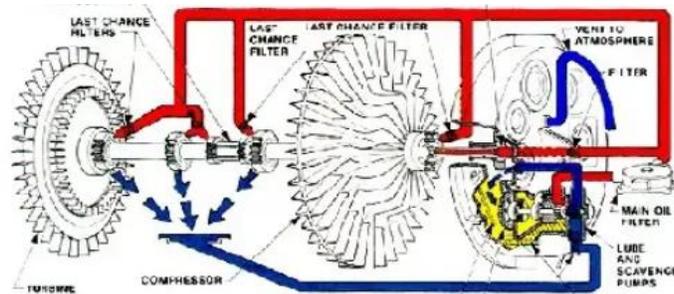
Nota. Recuperado de United Turbine Corp (p.29), por Silvia Henríquez, 2002.

c. Sistema de aceite presurizado

La presión del aceite está regulada por una válvula de alivio (relief valve) que se puede ajustar y está sujeta con un aro retén a la carcasa de la bomba de aceite corriente abajo del filtro.

Figura 12

SISTEMA DE ACEITE PRESURIZADO



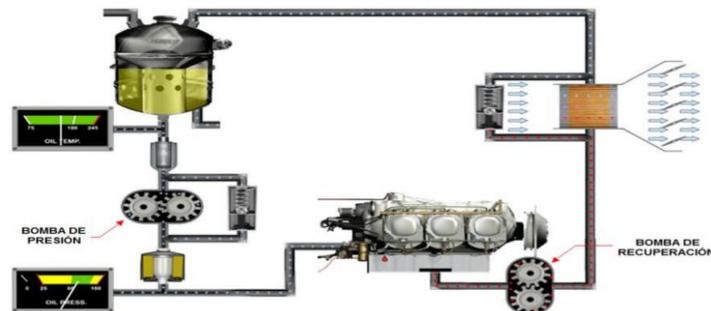
Nota. Recuperado de Motores de turbina de gas (p.100), por A.G. Rivas, 2003.

d. Sistema de recuperación de aceite

El sistema de recuperación del aceite se compone de cuatro elementos: dos internos en la caja de accesorios y dos externos en línea con los primeros.

Figura 13

SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE ACEITE



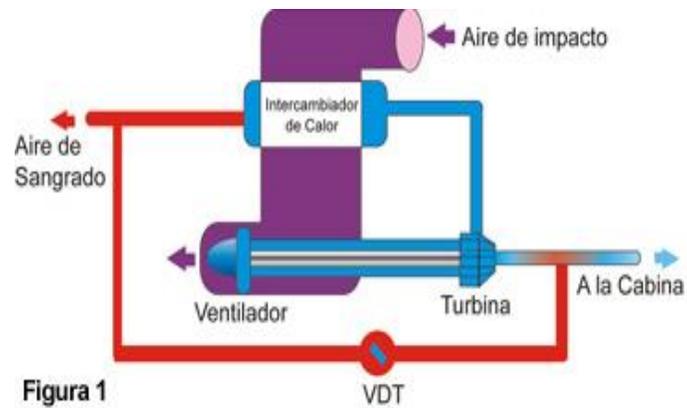
Nota. Recuperado de Motores de aviación 3 (p.9), por Ricardo Ccoyure, 2017.

e. Sistema de ventilación

Aire en el aceite proveniente de la presurización de los sellos de laberinto de los cojinetes se ventila al exterior, los diferentes compartimentos del motor están conectados a la caja de accesorios a través de conductos internos de las piezas o de tubos.

Figura 14

SISTEMA DE VENTILACIÓN



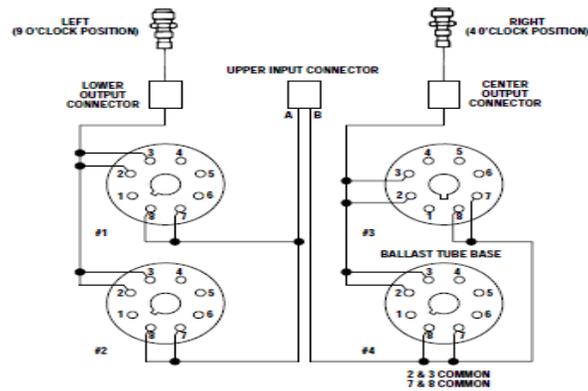
Nota. Recuperado de Sistema de refrigeración, por Pablo Javi, 2015, Forofrio.

f. Sistema de ignición

El sistema de ignición se compone de un excitador de ignición montado sobre un soporte en la caja de accesorios, dos cables y dos bujías que se introducen en la cámara de combustión a través del gas generador en las posiciones horarias 9 y 4.

Figura 15

SISTEMA DE IGNICIÓN



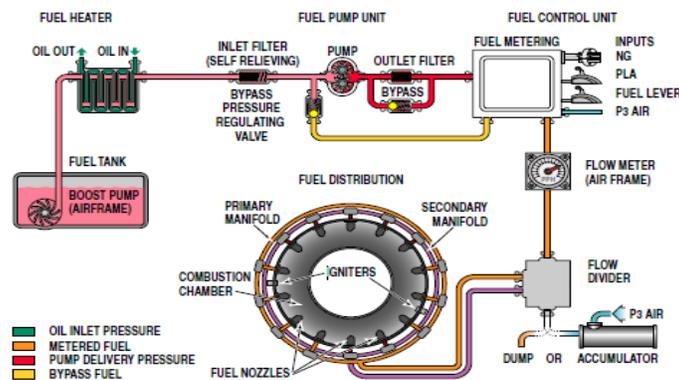
Nota. Recuperado de Maintenance Manual, por Pratt & Whitney, 2012.

g. Sistema de control de combustible

El sistema de control de combustible consiste de tres unidades separadas con funciones inter dependientes: la unidad de control de combustibles (FCU), el gobernador de hélice y el control de arranque (SFC). (Turbine, 2002, págs. 29-44)

Figura 16

ESQUEMA DE COMBUSTIBLE DEL MOTOR



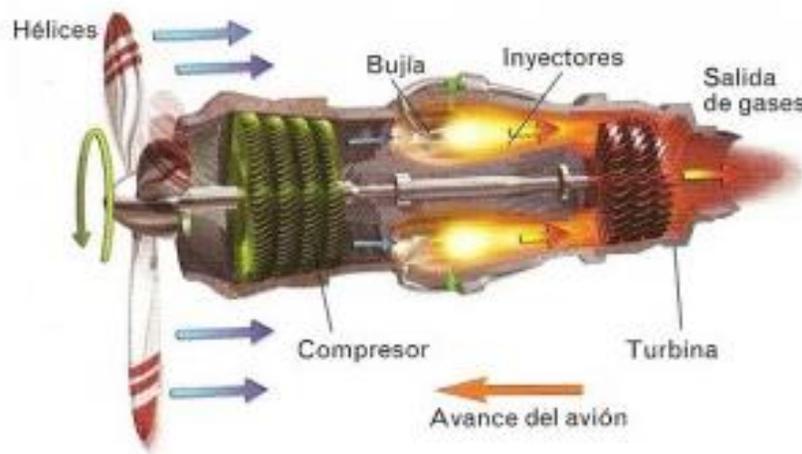
Nota. Recuperado de United Turbine Corp (p.37), por Silvia Henríquez, 2002

2.6. Funcionamiento

Un motor turbohélice lleva su nombre a la gran hélice que en la actualidad va situada en la parte delantera del motor, lo que hace básicamente es absorber una gran cantidad de aire, lo acelera y lo expulsa por la tobera a gran velocidad para proporcionar empuje al avión, también cuenta con una caja de engranajes que sirve para disminuir la velocidad de la hélice, ya que perdería rendimiento al alcanzar la hélice velocidades de giro super sónicas.

Figura 17

FUNCIONAMIENTO DE UN TURBOHÉLICE



Nota. Recuperado de Motores de aviación, por Hector Bernal, 2015, Wordpress.

2.7. Partes principales del motor PT6A-34

a. Eje de transmisión

Transmite la potencia y la rotación de la hélice.

b. Caja de engranajes

Ubicada en la parte trasera del motor, se compone de dos piezas de fundición de aleación de magnesio. El casting frontal forma un diafragma de la hermeticidad entre el compartimento.

c. Salida de escape

Es un conducto divergente hecha de acero resistente al calor, consta de dos orificios de salida, uno a cada lado de la caja del conducto está fijado a la carcasa del generador de gas y comprende una interior y una sección exterior. La sección cónica exterior forma la trayectoria de gas externa y es un miembro estructural para soportar la caja de engranajes de reducción.

d. Turbina de compresor

La turbina del compresor acciona el compresor en la sección de generador de gas a través de un eje. (Ramirez, 2015)

e. Compresor centrífugo

Los compresores centrífugos, también se los puede llamar compresores radiales, ya que tienen menos componentes a fricción y proporcionan un caudal mayor que incluyen ventiladores, compresores o bombas.

f. Compresor de flujo axial

Los compresores de flujo axial, cumplen la función de aumentar la presión del flujo de aire entrante de manera constante y en sentido axial, es decir, paralela al eje de dirección.

g. Encendido

Hay dos tipos de sistemas de encendido disponibles, cada sistema energizado desde el avión nominal de 28 voltios DC, proporciona al motor una iluminación rápida a todas las temperaturas ambientales.

h. Entrada de aire

La entrada de aire es un conjunto del generador de gas del motor y dirige el aire entrante al conjunto del rotor del compresor, una pantalla de aire evita que entren los residuos en la entrada del compresor.

i. Turbina libre

El motor utiliza dos secciones de turbina independientes: una que conduce el compresor en la sección del generador de gas y la segunda conduciendo el eje de la hélice a través de una caja de cambios de reducción. (Whitney, 1978)

j. Inyector de combustible

Los inyectores de combustible suelen ser del tipo simple, donde existen dos líneas de distribución, primaria con 10 inyectores y secundaria con 4. Los inyectores se entre

unen alrededor del gas generador a través de tubos de transferencia. Se puede sacar uno a la vez.

Por lo tanto, el siguiente proyecto va dirigido a la limpieza e inspección de los inyectores por ende se detallará de mejor manera el literal j.

2.8. Inyectores

Es el elemento a través del cual se introduce el combustible a la cámara de combustión, de ahí depende la presión, reparto y pulverización; el conjunto del inyector de combustible contas de:

- Una sección de flujo de aire,
- Una sección reguladora, y
- Una sección de medición de combustible.

Algunos inyectores de combustible están equipados con una unidad de control automático de mezclas. (FAA, 2012)

2.8.1 Partes

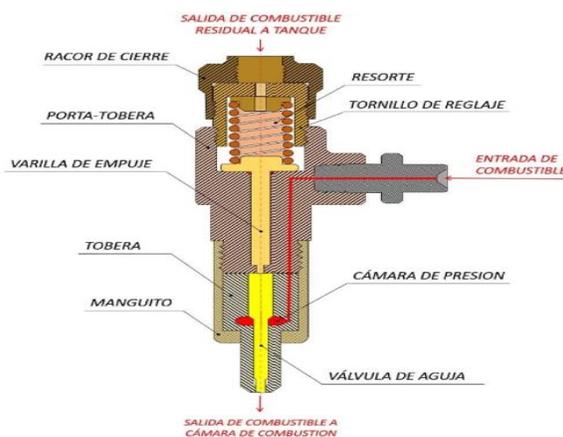
Tabla 3

Partes del inyector

Partes	Descripción
Porta-tobera	Bloque de acero que funciona como estructura de guiado para el montaje del resto de componentes.
Tobera	Pieza fijada a la porta-tobera mediante un manguito roscado.
Válvula de aguja	Pistón que actúa como compuerta de inyección.
Resorte	Muelle cuya fuerza en reposo permite el cierre estanco de la válvula contra el orificio de salida del inyector.
Varilla de empuje	Vástago que comunica el movimiento entre la válvula de aguja y el resorte.
Tornillo de reglaje	Tornillo que permite ajustar la presión de inyección.
Racor de cierre	Hermetiza el conjunto del inyector y permite la vuelta del combustible residual al tanque.

Figura 18

PARTES DE UN INYECTOR



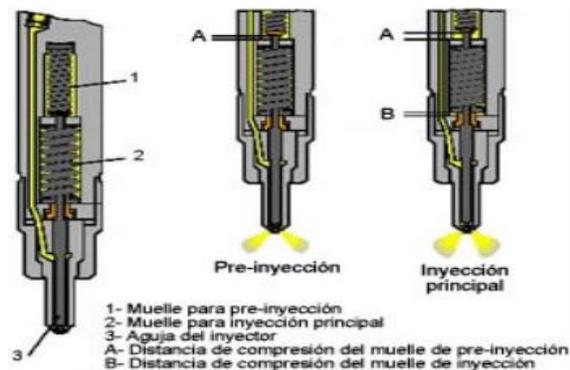
Nota. Recuperado de Tipos de inyectores, por Álvaro Ferrer, 2015, Henkel Ibérica, S.A.

2.8.2 Funcionamiento

El inyector es un elemento del sistema de inyección de combustible cuyo funcionamiento es introducir una determinada cantidad de combustible a la cámara de combustión en forma pulverizada, distribuyéndolo lo más homogéneamente posible dentro del aire contenido de la cámara. (Holdeml, 2015)

Figura 19

FUNCIONAMIENTO DE UN INYECTOR



Nota. Recuperado de Inyección de combustible, por Arias Paz, 2016.

2.8.3 Tipos de inyectores

Existe una gran variedad de inyectores cada uno con sus diferentes características, pero enfocados al mismo objetivo de funcionamiento.

Dentro del tipo de inyector tenemos dos en especial:

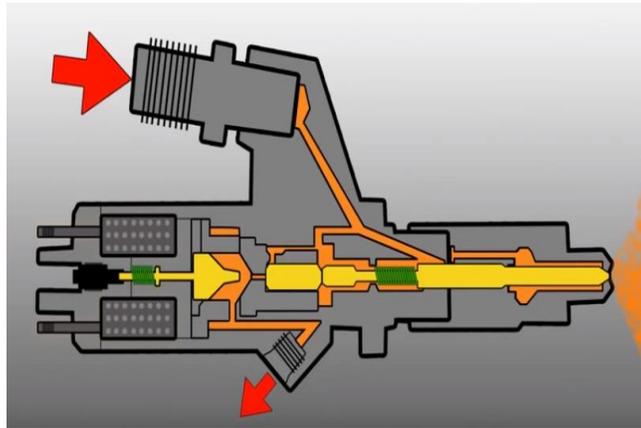
- Inyectores mecánicos: Es aquel que envía el combustible pulverizado hacia las cámaras de combustión.

Este tipo a la vez se divide en:

- Inyectores de orificio: Son aquellos inyectores que tienen un solo orificio al momento de expulsar el combustible, se parecen a los inyectores tetón.

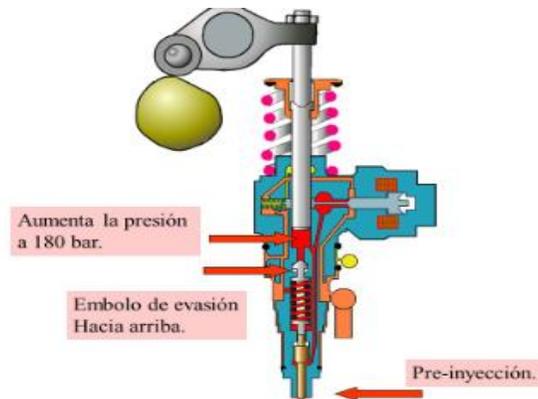
Figura 20

INYECTORES DE ORIFICIO



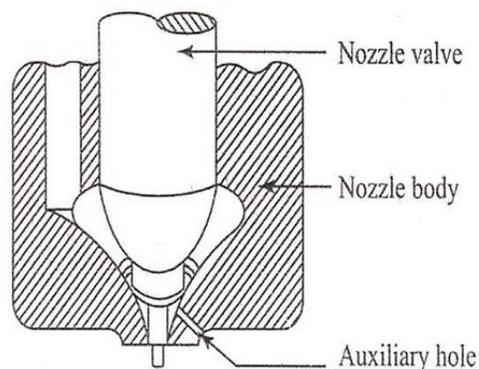
Nota. Recuperado de Inyector Common, por Nelson Holdem NL, 2015.

- Inyectores de espiga o de tetón: Este tipo de inyector tiene una gran ventaja de autolimpieza, impidiendo de que se obstruya, sin embargo, este tipo de inyector no conviene en motores de inyección directa.

Figura 21*INYECTORES DE TETÓN*

Nota. Recuperado de Inyector funcionamiento, por William, 2013.

- Inyectores pintaux: Este tipo de inyector tiene una cámara de turbulencia para que se adapte perfectamente en la abertura, ya que el combustible es eyectado¹ a alta presión por este motivo presenta un retardo en el encendido. (Jonathan & Falconi Toro Diego Vicente, 2015, págs. 16-19)

Figura 22*INYECTOR PINTAUX*

Nota. Recuperado de IC Engine & Gas Turbine, por Shyamal Goswami, 2016.

¹ Eyectado: Ser arrojado fuera de un dispositivo a altas velocidades, por lo común en caso de peligro mortal.

- Inyectores electrónicos: Son aquellos que tienen conductores electromagnéticos que controlan la cantidad de combustible, estos inyectores pulverizan el combustible ya sea en forma cónica, patrón angular o difuso.

Figura 23

INYECTORES ELECTRÓNICOS



Nota. Recuperado de Tipos de inyectores, por Agnes Pérez, 2016.

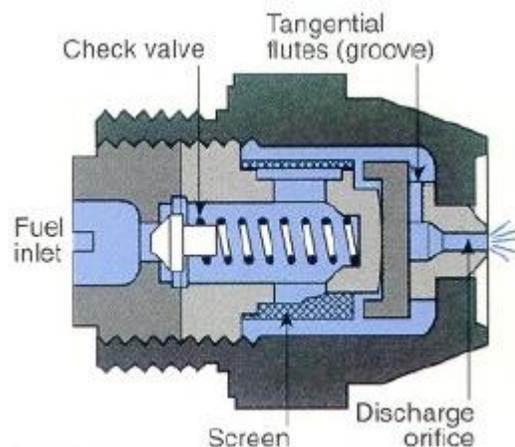
A la vez se subdivide en varios tipos:

- Monopunto: Este sistema utiliza un solo inyector, sustituyendo al carburador. La inyección se realiza a través de un conducto común para todos los cilindros.
- Multipunto: Este sistema utiliza varios inyectores para cada conducto de los cilindros.
- Secuencial: Cada inyector suministra el combustible a su cilindro durante la fase de admisión para generar una mezcla más homogénea.

- Simultanea: Este sistema es inyectado en los cilindros por todos los inyectores a l vez, es decir; abren y cierran todos los inyectores al mismo tiempo. (Ferrer, 2015)
- Inyectores simplex. Es un inyector que se rosca directamente en el colector de combustible dentro de la cámara de combustión a presión procedente del FCU que pasa a través de una serie de surcos tangenciales que sale por un orificio de descarga.

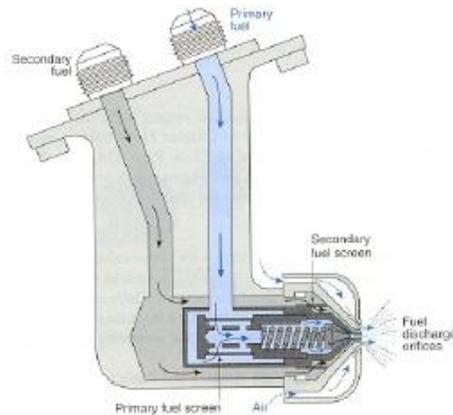
Figura 24

INYECTOR SIMPLEX



Nota. Recuperado de Sistema de combustible (p.127), por A.G. Rivas, 2003.

- Inyectores duplex. Estos inyectores tienen pasos independientes a través de los cuales fluyen los combustibles primario y secundario, solo el combustible primario llega desde la válvula de presurización y se pulveriza anchamente. (Rivas, Motores de Turbina de Gas., 2003, págs. 127-128)

Figura 25**INYECTOR DUPLEX**

Nota. Recuperado de Sistema de combustible (p.127), por A.G. Rivas, 2003

2.9. Mantenimiento del inyector

Es importante realizar un mantenimiento de los inyectores para preservar su vida útil, dado que estos están continuamente bombeando combustible hacia la cámara de combustión, por tal razón, están expuestos a los residuos acumulados que existen en el tanque de combustible pudiendo estas impurezas dañar también a la bomba de combustible que se encuentra unida a los inyectores.

Un daño en el sistema de inyección provoca deterioro en el motor causando los siguientes síntomas:

- Tirones de acelerado o desacelerado.
- Sonidos de golpeteos.
- Exceso de humo en el tubo de escape.
- Fallos en los cilindros.
- Problemas en el motor de arranque.

La mejor manera de mantener a los inyectores en buen estado y evitar cualquier tipo de desperfecto es realizando los mantenimientos predictivos necesarios descritos por el fabricante.

(Morales, 2020)

2.9.1 Tipos de limpieza de inyectores

	Métodos		
			
	 Por canister	 Por aditivos	 Por ultrasonido
Características			
	<input type="checkbox"/> Motor en funcionamiento.	<input type="checkbox"/> Agregar el aditivo directo al depósito.	<input type="checkbox"/> Sometido a un equipo de ultrasonidos.
	<input type="checkbox"/> Suspección de bomba.	<input type="checkbox"/> Causa daños al motor.	<input type="checkbox"/> Actua bajo un generador de pulsos.
	<input type="checkbox"/> Presión 40-50 psi.		
	<input type="checkbox"/> 200 rpm		
Ventajas			
	<input type="checkbox"/> Resultados más rápidos.	<input type="checkbox"/> Mas barato.	<input type="checkbox"/> Sistema efectivo.
	<input type="checkbox"/> Uso del limpiador sin diluir	<input type="checkbox"/> Fácil de usar. <input type="checkbox"/> Fácil de practicarlo.	<input type="checkbox"/> Detección de problemas individuales en cada inyector.
Desventajas			
	<input type="checkbox"/> Mayor riesgo de daño en los inyectores.	<input type="checkbox"/> Posible daño en los inyectores.	<input type="checkbox"/> Desmontaje de los inyectores..
	<input type="checkbox"/> Obstrucción de la línea de combustible	<input type="checkbox"/> No se puede identificar fugas.	<input type="checkbox"/> Coste que tiene este tipo de limpieza.
	<input type="checkbox"/> No se puede ver su total funcionamiento	<input type="checkbox"/> Patrón de pulverización deficiente.	<input type="checkbox"/> No poder ocupar la aeronave mientras se realiza la limpieza.or aditivos

2.10. Dispositivos electrónicos

Los dispositivos electrónicos son aquellos que utilizan electricidad para el almacenamiento, transporte, o transformación de información; además, incluyen otros elementos como, diodos, transistores, chips, procesadores, etc., los mismos que se organizan en circuitos, destinados a controlar y aprovechar las señales eléctricas. (Recorsistic, s.f.)

Tabla 4

Componentes electrónicos

Componentes	
Logo Siemens 8230RC.	Luces indicadoras led.
Fuente de poder.	Router.
Módulo de entradas digitales.	Válvula de control de presión.
Tablero doble fondo beaucop 40x40x20.	Cable serial 25 hilos.
Selector automático manual.	Cable 18.
Pulsadores.	Canaletas.
Logo Siemens 8230RC.	Luces indicadoras led.

2.11. Automatización

La automatización es el conjunto de elementos o procesos informáticos, mecánicos y electromecánicos que operan con mínima o nula intervención del ser humano, estos normalmente se utilizan para optimizar y mejorar el funcionamiento de una

planta industrial, pero igualmente puede utilizarse en varios lugares que se requieran.
(Diego, 2019)

2.12. Control automático

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humano.
(Sapiensman, s.f.)

Figura 26

PANEL DE CONTROL



CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN

3.1 Introducción al capítulo

El presente trabajo de titulación está dirigido a beneficiar al personal de mantenimiento de la Empresa TAME Amazonía ubicada en la provincia de Pastaza, parroquia Shell, por este motivo, se implementará un equipo para inyectores como un medio más práctico y eficiente para poder realizar la limpieza e inspección de dicho componente del motor PT6A-34.

3.2 Desarrollo

Para la elaboración e implementación del equipo de limpieza de inyectores se utilizó el Manual de Mantenimiento del motor ATA 73.10.05, además, se diseñó la estructura mediante la ayuda del software SolidWorks y de esta forma obtuvimos los planos precisos, tal como se puede observar en el anexo 1, tomando en cuenta el factor de seguridad que se puede ver en el anexo 2.

3.3 Fabricación

3.3.1 Elaboración

El primer paso para dar inicio al trabajo de inspección y limpieza de los inyectores, fue la implementación del equipo de limpieza para el motor PT6A-34 según el Manual de Mantenimiento del motor ATA 73.10.05 y la elaboración del soporte. Además, debemos tener en cuenta de contar con los equipos de protección personal y los materiales idóneos que soporten el combustible al momento de realizar la limpieza.

3.3.2 Medición y cortes de piezas

Para el desarrollo del presente proyecto se seleccionó el material que cumpla con las características principales como es la corrosión, dado que la limpieza se realiza con combustible. El material que se utilizó para la elaboración del equipo son cañerías, reservorio, codos, regulador de presión de aire, filtro de combustible y un manómetro. Además, para el soporte del equipo se utilizó tubos galvanizados, malla, una bandeja y micas para la cubierta, elementos resistentes y duraderos. Con la ayuda de un flexómetro se procedió a medir los materiales para luego cortarlos y empezar con la fabricación.

Figura 27

CORTE DE LOS PERFILES REQUERIDOS



3.3.3 Ensamblaje

Una vez realizado todos los cortes necesarios y adquirir todos los componentes respectivos, se procedió a ensamblar cada uno de ellos de acuerdo a las medidas y especificaciones de los planos antes mente mencionado, de esta manera se logró obtener una estructura y equipo en buen estado para poder realizar la limpieza de los inyectores.

3.3.4 Pintura

El proceso de pintura se utiliza para dar estética y también para proteger de la corrosión al equipo de limpieza de inyectores, se eligió el color negro dado que es una de las pinturas que más resiste a la corrosión por sus componentes químicos, además, para la estructura se utilizó la pintura amarilla caterpillar por ser uno de los colores más distintivos para los equipos en tierra.

El proceso consistió en limpiar todas las superficies con thinner, para remover todos los residuos de polvo, aceite o grasas que existan en el área, para que de esta manera la pintura se adhiera a los componentes obteniendo un acabado perfecto, tal como se puede apreciar en la figura 26.

Figura 28*ACABADO DEL EQUIPO Y ESTRUCTURA***3.4 Pruebas de funcionamiento**

Las pruebas de funcionamiento del equipo de limpieza de inyectores se realizó con la ayuda y supervisión de un técnico de mantenimiento, para verificar que la presión de combustible sea la correcta antes de pasar al proceso de limpieza y luego cumplir con la tarea de remoción e instalación de los inyectores.

Figura 29*VERIFICACIÓN DE LA PRESIÓN DE AIRE*

3.5 Remoción de los inyectores del motor PT6A-34

Para iniciar con este trabajo de mantenimiento de los inyectores se debe tener en cuenta la utilización de las herramientas necesarias y adecuadas para no dañar ningún componente. Las herramientas especiales que se enumeran a continuación se utilizan en los siguientes procedimientos.

Tabla 5

Herramientas para la remoción e instalación de los inyectores

Herramienta N°	Nombre
PWC30405	Accesorio, prueba de fugas
PWC30416	Extractor, vaina de la boquilla de combustible
PWC30506	Plataforma, adaptadores de colector de combustible - Prueba de flujo
PWC32366	Empujador, tubos de transferencia de combustible
PWC32811	Accesorio, prueba de flujo

Figura 30

HERRAMIENTAS ESPECIALES

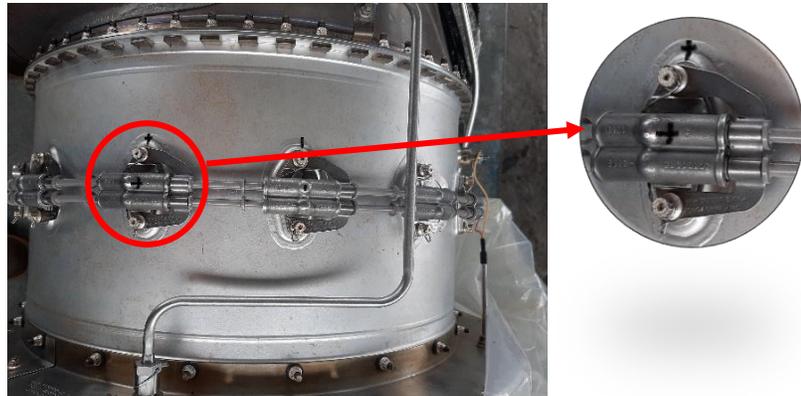


A continuación, se detalla los pasos a seguir para realizar el trabajo de mantenimiento que se realizó en la empresa Tame Amazonía:

- a. Para iniciar con la remoción de los inyectores primeramente se debe señalar con un marcador cada uno de ellos para que luego facilite la instalación.

Figura 31

MARCACIÓN DE LOS INYECTORES



- b. Rompa el frenado para poder remover los pernos que sujetan la placa de bloqueo.

Figura 32

CORTE DEL ALAMBRE DE SEGURIDAD



- c. Retire los pernos que sujetan la placa de bloqueo del tubo de transferencia para extraer la misma.

Figura 33

REMOCIÓN DE LA PLACA DE BLOQUEO



- d. Retire la placa de bloqueo y con el empujador (PWC32366) separe los tubos de transferencia de combustible de los adaptadores.

Figura 34

REMOCIÓN DE LOS TUBOS DE TRANSFERENCIA



- e. Proceda a retirar con cuidado el inyector, sin dejar caer la junta.

Figura 35

EXTRACCIÓN DEL INYECTOR



- f. Finalmente, para evitar el contacto con el polvo y la suciedad, coloque los componentes en un recipiente limpio y de preferencia cubra con una bolsa hasta que se requiera para su uso. (Whitney, Manual de Mantenimiento, 1978, págs. 202-206)

3.6 Limpieza de los inyectores del motor PT6A-34

- a. Para empezar con la limpieza de los inyectores, primeramente, se debe separar la boquilla de combustible del inyector utilizando la herramienta especial PWC30416.

Figura 36**SEPARACIÓN DE LA BOQUILLA DE COMBUSTIBLE**

- b. Coloque el inyector en la herramienta PWC30405 para realizar la prueba de fugas o liqueo que puede presentar el inyector.

Figura 37**PRUEBA DE FUGAS DEL INYECTOR**

- c. Proceda a colocar el inyector en la herramienta especial PWC32811 para realizar la prueba de flujo; teniendo en consideración la forma correcta de colocar los conductos en el inyector.

Nota: Si es un inyector primario se coloca el conducto en dirección de la boquilla del inyector, pero si es secundario se coloca el conducto en contra de la boquilla del inyector.

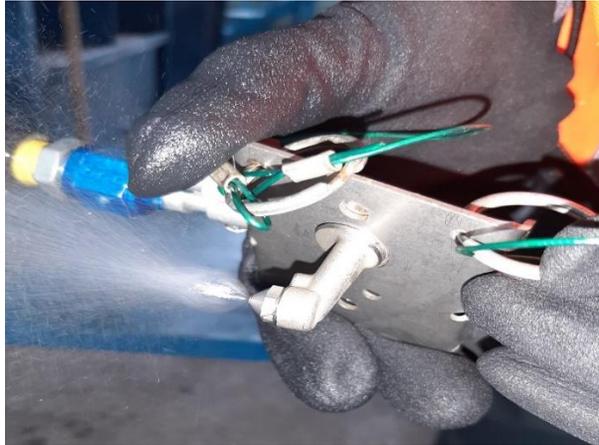
Figura 38

COLOCACIÓN DEL INYECTOR EN LA HERRAMIENTA ESPECIAL



Una vez realizado este procedimiento, prosiga a colocar el último conducto en el inyector para luego empezar con la prueba de flujo, se debe tener en cuenta que el reservorio soporta una presión de aire de 100 psi, sin embargo, para la verificación de flujo se necesita una presión de 60 psi.

Además, una vez enviada la presión de combustible se debe verificar el chorro que no presente rayas, vacíos, oblicuidad, goteo, o salpicadura; en caso de presentar alguna raya es aceptable un 20% de rayos de luz.

Figura 39*VERIFICACIÓN DEL FLUJO DE COMBUSTIBLE***3.7 Instalación de los inyectores del motor PT6A-34.**

- a. Instale nuevas juntas de boquilla en los adaptadores para proceder a instalar el inyector, asegúrese de colocar todos los conjuntos en una misma dirección y posición.

Figura 40*COLOCACIÓN DE JUNTAS*

- b. Coloque el inyector en la boquilla respectiva para proceder a colocar la placa de bloqueo.

Figura 41

COLOCACIÓN DEL INYECTOR EN LA BOQUILLA



- c. Instale los tubos de transferencia de combustible completamente en sus respectivos puertos hasta llegar a la parte inferior del adaptador del múltiple, utilizando la herramienta especial PWC32366.

Figura 42

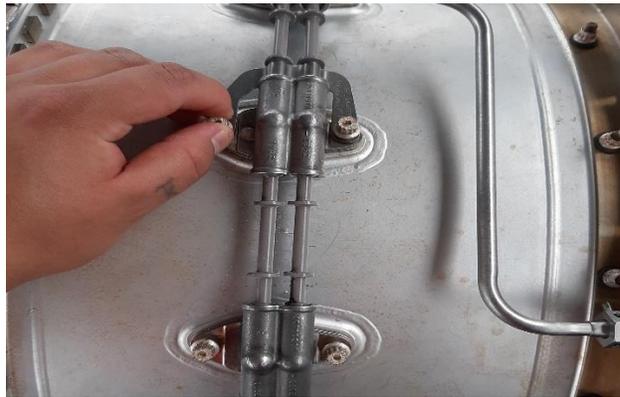
INSTALACIÓN DE LOS TUBOS DE TRANSFERENCIA



- d. Instale la placa de bloqueo y los pernos que sujetan a todo el conjunto del inyector. Apriete todos los pernos en secuencia, de 15 a 20 lb.in y vuelva apretar de 36 a 36 lb. en la misma secuencia.

Figura 43

COLOCACIÓN DE LA PLACA DE BLOQUEO



- e. Asegure los pernos con alambre de seguridad.

Figura 44

REALIZACIÓN DEL FRENADO



3.8 Presupuesto

3.8.1 Estudio económico

Para realizar el trabajo de inspección y limpieza de los inyectores del motor PT6A-34 mediante el equipo de inyectores, se adquirió la ayuda de los técnicos que laboran en la empresa TAME AMAZONÍA. Además de documentación técnica, herramientas, equipos e infraestructura, mismos que fueron necesarios para la elaboración de este proyecto de titulación, también se presentaron gastos para la ejecución de la tarea como la implementación del equipo y estructura que a continuación se presentan.

3.8.2 Costos primarios

a. Costos de materiales

Comprende el material utilizado para la implementación de la estructura y equipo que será usado como un conjunto de apoyo para la realización de tareas de mantenimiento de limpieza de inyectores de los motores PT6A-34 en la empresa TAME Amazonía ubicada en la Provincia de Pastaza, Parroquia Shell.

Tabla 6

Materiales de la estructura y equipo de inyectores

N°	Material	Dimensiones	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor total
1	Tubo galvanizado	¾ plg x 6m	3	\$ 5,00	\$ 15,00
2	Bandeja de metal	32 cm x 58 cm	1	\$ 12,00	\$ 12,00

N°	Material	Dimensiones	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor total
3	Mica	1 m x 70 cm	4	\$ 3,32	\$ 13,28
4	Cañería de combustible	5 cm de diámetro	2	\$ 7,00	\$ 14,00
5	Filtro	X	2	\$ 9,00	\$ 18,00
6	Tabla tripe	32 cm x 58 cm	4	\$ 3,00	\$ 12,00
7	Reservorio metálico	7 cm de diámetro	1	\$ 20,00	\$ 20,00
8	1 lb electrodo	AGA 6011	1	\$ 2,25	\$ 2,25
9	Remaches	3/16 X 3/4	50	\$ 0,03	\$ 1,50
10	Platina	32 cm X 58 cm	2	\$ 5,00	\$ 10,00
11	Pintura amarilla caterpillar	1 lt	1	\$ 6,00	\$ 6,00
12	Pintura negra anticorrosiva	1/4	1	\$ 3,00	\$ 3,00
13	Thinner	2 lt	2	\$ 1,50	\$ 3,00
14	Madera MDF	30 cm x 55 cm	1	\$ 2,50	\$ 2,50
15	Ruedas	2 plg, 98 kg	4	\$ 6,00	\$ 24,00
16	Reservorio	3 lt	1	\$ 3,50	\$ 3,50
17	Válvula reguladora de presión	-	1	\$ 40,00	\$ 40,00
18	Panel de control	40 cm x 40 cm	1	\$ 972,00	\$ 972,00
Total					\$ 1172,03

b. Costos por mano de obra

Esto se refiere a la asesoría que se obtuvo durante el proceso de elaboración de la estructura, además, del diseño mediante la ayuda del software SolidWorks, para poder obtener los planos precisos. Además, se presentaron costos por mano de obra de procesos que debían ser elaborados por personas con experiencia en esos aspectos.

Tabla 7

Mano de obra

N°	Descripción	Cantidad	Hrs. empleadas	Valor total de las Hrs. Hombre (USD)
1	Asesoría del software SolidWorks	1	12	\$ 70,00
2	Construcción de la estructura	1	12	\$ 30,00
3	Programación LOGO SIEMENS 8230RC	1	18	\$ 250,00
			Total	\$ 350,00

c. Costos por la tarea de mantenimiento

Esto embarca la movilización hacia la provincia de Pastaza, alimentación, para poder realizar la tarea de mantenimiento.

Tabla 8

Gastos por la realización de la tarea

N°	Descripción	Valor total (USD)
1	Transporte	\$ 40,00
2	Alimentación	\$ 40,00
Total		\$ 80,00

3.8.3 Total de costos primarios

Tabla 9

Total de costos primarios

N°	Descripción	Valor total (USD)
1	Costos de materiales	\$ 1272,03
2	Costos por manos de obra	\$ 350,00
3	Costos por la tarea de mantenimiento	\$ 80,00
Total		\$ 1602,03

3.8.4 Costos secundarios

En la siguiente tabla se detallan los costos que intervienen en el desarrollo de la parte teórica del proyecto de grado.

Tabla 10

Costos secundarios

N°	Descripción	Valor total (USD)
1	Costos de materiales	\$ 1272,03
2	Costos por manos de obra	\$ 350,00
3	Costos por la tarea de mantenimiento	\$ 80,00
Total		\$ 1602,03

3.8.5 Costos total

En la siguiente tabla se detalla el costo total que se utilizó para la realización de este proyecto de titulación.

Tabla 11

Costo total

N°	Descripción	Valor total (USD)
1	Gastos primarios	\$ 1602,03
2	Gastos secundarios	\$ 80,00
	Total	\$ 1682,03

CAPITULO IV

4.1. Conclusiones

- Acorde a la información técnica recopilada del motor PT6A-34, se verificó que los elementos a utilizar para el equipo cumplan a cabalidad la tarea de limpieza de inyectores, la utilización del mismo contribuyó al personal de mantenimiento una forma más eficaz y fácil de realizar esta tarea.
- Se desarrolló de la aplicación El equipo de limpieza de inyectores cumple con los requerimientos necesarios que indica el manual de mantenimiento del motor PT6A-34 perteneciente a la aeronave Kodiak 100.
- Las pruebas de funcionamiento del equipo se realizaron satisfactoriamente sin ninguna dificultad, por ende, se obtuvo excelentes resultados en el desempeño cumpliendo así con los objetivos planteados.

4.2. Recomendaciones

- Se debe contar con los manuales actualizados para asegurarse de no cometer errores en la tarea de mantenimiento, ya que en la mayoría de ellas se necesita herramientas especiales.
- Revisar periódicamente el estado físico y funcional del equipo de limpieza de inyectores a fin de tener un control del mismo y garantizar el correcto funcionamiento.
- Es necesario seguir los pasos de la información técnica del Manual de Mantenimiento utilizados para la remoción e instalación de los inyectores para evitar daños en los mismos.

4.3. Referencias bibliográficas

- Academy, I.-A. A. (2001). Curso de técnico en motor PT6A. American. Diego. (s.f. de s.f. de 2019). Logicbus. Obtenido de <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php>
- FAA. (2012). Aviation Maintenance Technician Handbook-Powerplant, Volume 1. U.S.A. Ferrer, Á. (09 de marzo de 2015). autonoción. Obtenido de <https://www.autonocion.com/inyeccion-motores-gasolina/>
- Hernández, L. G. (2017). Desarrollo de un modelo de turbohélice de tres ejes. Sevilla: 1era.
- Holdeml, N. (04 de Marzo de 2015). Inyector Common-Rail Funcionamiento y posibles averias. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=uUsO-560-tg&t=6s>
- Jonathan, A. C., & Falconi Toro Diego Vicente. (2015). Diseño y construcción de un banco de pruebas para inyectores mecánicos motores. Riobamba - Ecuador: 1era.
- Logicbus. (s.f. de s.f. de 2019). Obtenido de Logicbus: <https://www.logicbus.com.mx/automatizacion.php>
- Morales, J. (s.f. de s.f. de 2020). ITC Instituto Tecnológico de Capacitación Automotriz. Obtenido de <https://como-funciona.co/un-inyector/?fbclid=IwAR00-wXbrat-taQA7sJaKDyWJc9ok2bCbwpXP747MPVMF0YLcYtS3CezWOU>
- Oñate, A. E. (2007). Conocimientos del avión. 5ta.
- Ramirez, Y. A. (03 de Febrero de 2015). Partes del motor PT6A. Obtenido de Buenas Tareas: <https://www.buenastareas.com/ensayos/Partes-Del-Motor-Pt6-a/67464697.html>
- Recorsistic. (s.f. de s.f. de s.f.). Obtenido de Recorsistic: http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esofisicaquimica/3quincena11/3q11_contenidos_5a.htm#
- recursostic. (s.f. de s.f. de s.f.). Obtenido de recursostic: http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/3esofisicaquimica/3quincena11/3q11_contenidos_5a.htm#

Rivas, A. (2003). Motores de Turbina de Gas.

Rivas, A. (s.f. de s.f. de 2003). valorenargentina. Obtenido de valorenargentina:
<http://www.volarenargentina.com/descargas/TURBOHELICES.pdf>

Rodriguez., J. N. (02 de Abril de 2016). TallyHo, Revistas Aeronauticas Chilenas.
Obtenido de TallyHo, Revistas Aeronauticas Chilenas: <http://tallyho.cl/aeronaves-utilitarias-fidae-2016/>

sapiensman. (s.f. de s.f. de s.f.). Obtenido de sapiensman:
http://www.sapiensman.com/control_automtico/

Sapiensman. (s.f. de s.f. de s.f.). Obtenido de Sapiensman:
http://www.sapiensman.com/control_automtico/

Turbine, U. (2002). Curso descriptivo y guía de caza fallas. Miami, Florida.

Whitney, P. &. (1978). Maintenance Manual. Canada.

ANEXOS