



Inspección boroscópica a la sección caliente del motor JT8D de acuerdo al servicio de

boletín, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE- Sede

Latacunga.

Freire Paucar, Michael Esteban

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

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

Aeronáutica

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastian

11 de Febrero 2022

Latacunga

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA
AERONÁUTICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, “**Inspección boroscópica a la sección caliente del motor JT8D de acuerdo al servicio de boletín, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.**” fue realizado por el señor, **Freire Paucar, Michael Esteban** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 11 de Febrero del 2022



Firmado electrónicamente por:
GABRIEL
SEBASTIAN INCA
YAJAMIN

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián

C. C.: 1722580329

Reporte de verificación de contenido



Identical Words	98
Words with Minor Changes	22
Paraphrased Words	282
Omitted Words	0



Firmado electrónicamente por:
**GABRIEL
SEBASTIAN INCA
YAJAMIN**

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián

C.C.: 1722580329

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AERONÁUTICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **Freire Paucar, Michael Esteban**, con cédula de ciudadanía N° **1805070461**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Inspección boroscópica a la sección caliente del motor jt8d de acuerdo al servicio de boletín, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 11 de Febrero del 2022



Freire Paucar, Michael Esteban

C.C.: 1805070461

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AERONÁUTICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **Freire Paucar, Michael Esteban**, con cedula de ciudadanía nº 1805070461, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Inspección boroscopica a la sección caliente del motor jt8d de acuerdo al servicio de boletín perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 11 de Febrero del 2022



Freire Paucar Michael Esteban

C.C.: 1805070461

Dedicatoria

Mi proyecto de titulación va dedicado primeramente a Dios por permitirme tener vida, salud y poder culminar mi carrera.

El esfuerzo y las metas alcanzadas, refleja la dedicación, el amor que invierten sus padres en sus hijos. Gracias a mis padres son quien soy, orgullosamente y con la cara muy en alto agradezco a Carlos Freire y Jenny Paucar, mi mayor inspiración, gracias a mis padres he concluido con mi mayor meta.

A mis Abuelos Angel Paucar, Ines Bayas, Alberto Freire y Rebeca Vargas y mi hermano Jonathan por estar siempre en los momentos más importantes de mi vida por ser el ejemplo para salir adelante y por los consejos que han sido de gran ayuda para mi vida y crecimiento.

Agradecimiento

Papá y Mamá gracias por acompañarme en toda mi etapa de estudios, gracias a ustedes por apoyarme por estar ahí junto a mi en cualquier circunstancia, gracias por ayudarme a lograr esta meta en mi vida.

Mi agradecimiento a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L donde se convirtió mi segundo hogar, gracias a todos los Licenciados de la Carrera de Mecánica Aeronáutica donde mi inculcaron muchos aprendizajes en el ámbito profesional.

Es importante recalcar también mi mayor agradecimiento agradecer a mi tutor de proyecto Ing. Gabriel Inca por todas sus enseñanzas para poder realizar este proyecto, gracias por dedicar su tiempo y sus virtudes como profesional.

Tabla de contenido

Caratula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de verificación de contenido	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenido.....	8
Índice de tablas	11
Índice de figuras.....	12
Resumen	14
Abstract.....	15
Tema.....	16
Planteamiento de problema	17
Justificación e importancia.....	17
<i>Objetivo general</i>	18
<i>Objetivos específicos</i>	18
Alcance	18
Marco teórico.....	19
Generalidades del motor JT8D.....	19
<i>Modelos Del Motor Jt8d</i>	21
Secciones del motor	22
<i>Sección de Entrada de aire Nacelle</i>	22
<i>Sección de combustión</i>	24

<i>Sección de turbina y escape</i>	30
<i>Sección accesorios del motor</i>	31
<i>Sección de descarga del fan.</i>	32
Una inspección aeronáutica.....	33
<i>Ensayos no destructivos (NDT)</i>	33
Líquidos penetrantes.....	40
Partícula magnética	41
Ultrasónico	41
Boletines de servicio (SB)	42
<i>Accidente de British Airtours Boeing 737 en Manchester, Inglaterra</i> 42	
<i>Causas de accidentes y lecciones aprendidas</i>	42
<i>Problemas de mantenimiento</i>	43
Directiva de Aeronavegabilidad (AD).....	43
<i>Aviso de propuesta de reglamentación (NPRM), seguido de una</i> <i>regla final</i>	44
Directiva de aeronavegabilidad de emergencia (AD)	44
Preliminares.....	45
Remodelación del motor JT8D	45
<i>Equipos y herramientas</i>	45
<i>Medidas de seguridad</i>	45
<i>Limpieza general del motor JT8D</i>	47
<i>Traslado del motor JT8D</i>	47
Inspección boroscópica en la sección caliente del motor (cámaras de combustión).	49
<i>Preparación del equipo del equipo visual remota</i>	51
<i>Ingreso a las cámaras 7 y 8</i>	52

<i>Ingreso a las cámaras 6 y 5</i>	52
Inspección boroscópica a la sección caliente (turbina).....	53
Conclusiones y Recomendaciones.....	54
Conclusiones	54
Bibliografía.....	56
Anexos	58

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones del motor JT8D</i>	19
---	-----------

Índice de figuras

Figura 1 <i>Dimensiones del motor jt8d</i>	20
Figura 2 <i>Designación del motor jt8d</i>	21
Figura 3 <i>Aeronaves equipadas con el motor jt8</i>	21
Figura 4 <i>Secciones del motor jt8d</i>	22
Figura 5 <i>Sección de entrada de aire nacella</i>	23
Figura 6 <i>Sección del compresor</i>	24
Figura 7 <i>Sección de combustión</i>	25
Figura 8 <i>Disposición de la cámara</i>	26
Figura 9 <i>Dimensiones de la camisa de la cámara de combustión</i>	27
Figura 10 <i>Hoja de trabajo de la cámara de combustión</i>	29
Figura 11 <i>Sección de turbina</i>	31
Figura 12 <i>Sección de descarga del fan</i>	33
Figura 13 <i>Inspección visual</i>	35
Figura 14 <i>Método de inspección boroscópica</i>	36
Figura 15 <i>Inspección de motor</i>	37
Figura 16 <i>Inspección de motor</i>	38
Figura 17 <i>Boroscopio flexible</i>	39
Figura 18 <i>Inspección con líquidos penetrantes</i>	40
Figura 19 <i>Inspección con partículas magnéticas</i>	41
Figura 20 <i>Inspección ultrasónica</i>	41
Figura 21 <i>Avión accidentado en el vuelo united airlines flight 232</i>	43
Figura 22 <i>Limpieza general a todo el motor</i>	47
Figura 23 <i>Traslado del motor</i>	47
Figura 24 <i>Remoción de la pintura del motor y del soporte y cambio de ruedas</i>	48

Figura 25 <i>Pintado del motor, soporte y colocación de señalética de seguridad</i>	49
Figura 26 <i>Remoción de la bujía izquierda</i>	50
Figura 27 <i>Remoción de la bujía derecha</i>	50
Figura 28 <i>Ingreso de la lente por la placa de fricción</i>	51
Figura 29 <i>Inspección en la cámara de combustión número 7 y 8</i>	52
Figura 30 <i>Inspección en la cámara de combustión número 6 y 5</i>	52
Figura 31 <i>Inspección a la sección de turbina</i>	53

Resumen

La presente Monografía contiene de forma detallada la inspección Boroscópica a la sección caliente del motor JT8D involucra a las cámaras de combustión y de turbina de acuerdo al servicio de boletín 5639, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L donde se aplicó una inspección boroscópica en la sección caliente del motor JT8D mediante los boletines de servicio para facilitar el entrenamiento de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en mecánica aeronáutica. Se Recopilo toda la información Técnica de los manuales dados por pratt & whatney para la inspección boroscópica del motor JT8D en donde se protegió del ambiente adverso que este motor suscitaba, con la inspección boroscópica se observó el estado de daño ocurrido en las cámaras de combustión y de turbina ocasionados por agentes corrosivos en donde se encontró corrosión tanto uniforme, por picadura y galvánica, en las cámaras se encontró camisas destruidas. Se facilita el entrenamiento de los estudiantes de la carrera de tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” SEDE LATACUNGA donde se garantiza el aprendizaje porque el motor está en óptimas condiciones para observar, investigar cada componente parte o sección de la misma.

Palabras Clave:

- **INSPECCIÓN A LA SECCIÓN CALIENTE**
- **ANÁLISIS DE BOROSCOPIA**
- **OBSERVACION DE AGENTES CORROSIVOS**

Abstract

This monograph contains in detail the borescopic inspection of the hot section of the JT8D engine involving the combustion and turbine chambers according to the service bulletin 5639, belonging to the University of the Armed Forces ESPE-L where a borescopic inspection was applied in the hot section of the JT8D engine through the service bulletins to facilitate the training of students in the career of Higher Technology in aeronautical mechanics. All the technical information was compiled from the manuals given by Pratt & Whitney for the borescopic inspection of the JT8D engine where it was protected from the adverse environment that this engine caused, with the borescopic inspection the state of damage occurred in the combustion and turbine chambers caused by corrosive agents where it was found uniform, pitting and galvanic corrosion, in the chambers were found destroyed liners. It facilitates the training of the students of the career of Superior Technology in Aeronautical Mechanics of the University of the Armed Forces "ESPE" LATACUNGA SEDE where the learning is guaranteed because the engine is in optimal conditions to observe, to investigate each component part or section of the same one.

Key words:

- **HOT SECTION INSPECTION**
- **BORESCOPY ANALYSIS**
- **CORROSIVE AGENT OBSERVATION**

Capítulo I

1. Tema

1.1. Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE fue creada en 1922 y hoy en día consta con más de 90 años brindando una de las mejores Educaciones de nivel Superior, con altos estándares es por eso que cuenta con varios reconocimientos a nivel nacional como internacional.

Pero en ese trascurso ha sufrido de varias trasformaciones en el ámbito educativo por las normas y leyes que establece el Ministerio de educación, pese a esto la universidad de las Fuerzas Armadas en su afán de formar profesionales e investigadores de excelencia, se ha visto en la necesidad de construir diferentes sedes para que el personal militar y civil pueden ser benefactores de esta educación de calidad, es por eso que en el 2010 fue creada la sede de Belisario Quevedo, donde se encuentra la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT), misma que cuenta con diferentes carreras técnicas, particularmente cuenta con la carrera Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica misma que forma tecnólogos con un amplio conocimiento en el ámbito aeronáutico. En el país es la única institución educativa que brinda esta carrera, El mismo que a su vez es la Dirección General de Apoyos Civiles de combustión, turbina y escape, caja de accesorios.

Entrada de aire, segundo la sección del compresor, tercero la sección de combustión, cuarta la sección de la turbina y de escape, quinta la caja de accesorios. Las inspección boroscopica, que aplica fuentes de energía luminosa, fibras, hasta avanzar tecnológicamente a través de cámaras integradas, que facilitan el trabajo

haciendo que los tiempos sean más cortos en actividades tales como evaluar, fijar, analizar y determinar la acción de mantenimiento más apropiado

1.2. Planteamiento de problema

El ambiente adverso afecta al motor tanto como en la parte estructural como también en la parte de sus componentes estando en un ambiente donde esta sol y lluvia lo cual crea corrosión y esta iría debilitando al material hasta llegar a un punto donde se fatigara y ya cumple con los requisitos de aeronavegabilidad.

La RDAC147.200 capítulo C “reglas de operación requiere los requisitos de instalación y edificaciones protejan contra las inclemencias meteorológicas predominantes y también que tenga ambientes adecuados para la ejecución de prácticas”.

El motor JT8D se encuentra ubicada en una intemperie en donde está expuesto a diversos problemas tales como ingreso de cualquier objeto extraño dentro del motor por los fuertes vientos, corrosión en las partes móviles y fijas por lluvia que recibe y discrepancias imprevistas.

El motor al estar al intemperie los intervalos de mantenimiento son más seguidos en donde para reducir los mantenimiento debe estar en una cubierta en lo cual ayudara a reducir el costo del mantenimiento.

1.3. Justificación e importancia

Mediante esta monografía se pretende verificar que tipos de objetos extraños a ingresado a la sección caliente del motor JT8D en donde se aplicara los conocimientos adquiridos durante el transcurso de cada nivel por cada uno de los docentes de la carrera de mecánica aeronáutica, lo cual es necesario realizar la monografía porque beneficiara docentes y estudiantes que ingresaran a la institución.

La universidad al contar con sus propios motores de enseñanza la inspección boroscópica en la sección caliente del motor ayudara a que se alargue la vida útil del motor en donde estará a disposición de Docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS "ESPE"

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Aplicar una inspección boroscópica en la sección caliente del motor JT8D mediante los boletines de servicio para facilitar el entrenamiento de los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" SEDE LATACUNGA.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recopilar información Técnica para la inspección boroscópica del motor JT8D.
- Proteger al motor JT8D del ambiente adverso, para que sufra de agentes corrosivos.
- Ejecutar la inspección boroscópica en el motor JT8D perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas Sede Latacunga.
- Informar el estado de daño ocurrido por diversos cambios climáticos que ha sufrido el motor JT8D en la sección caliente del motor.

1.5. Alcance

La presente monografía va encaminada a inspeccionar mediante la técnica de inspección de Boroscopia la sección caliente del motor JT8D, que involucra cámaras de combustión y Turbina de alta presión del motor del laboratorio de Mecánica Aeronáutica aplicable en la asignatura de Motores a Turbina.

Capítulo II

2. Marco teórico

2.1. Generalidades del motor JT8D

Pratt & Whitney es una empresa en el campo de la aviación, fundada en 1925 donde el motor JT8D es un motor de flujo axial, contiene dos compresores, un compresor de baja presión y otro compresor alta presión la mezcla de aire y combustible se da en las cámaras de combustión que son tipo can anular son nueve cámaras de combustión, el empuje se realiza mediante dos turbinas, una baja tiene tres etapas y una de alta tiene una etapa todo el sistema de baja presión llamado N1 conecta al compresor de baja presión y a la turbina de baja presión contiene un sistema de alta presión, N2 conecta el compresor de alta presión con la turbina de alta presión tiene las características ambos independientes.

Las cámaras de combustión están dispuestas radialmente y hay dos bujías en las cámaras de combustión 4 y 7. La bujía está diseñada para proporcionar la chispa necesaria para iniciar la combustión de la mezcla de aire y combustible (Manjarrez Felix, 2002).

Tabla 1

Especificaciones del motor JT8D

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR JT8D	
Motor Tipo	Turbofan.
cámaras de combustión	Can-anular.
Numero de cámaras de combustión:	9.
Largo:	123.6 pulgadas / 3.14 metros.

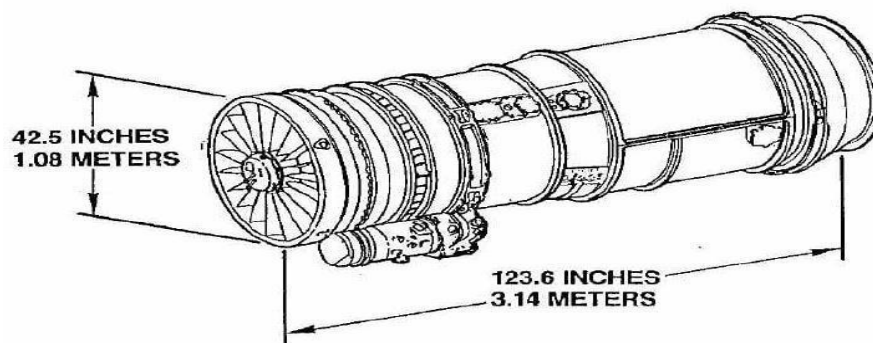
ESPECIFICACIONES DEL MOTOR JT8D

Ancho:	42.5 pulgadas / 1.08 metros.
Compresor:	Flujo axial de trece etapas: seis de baja presión, cuatro del compresor, y siete Alta Presión.
Turbina:	Cuatro etapas: tres de alta presión y una de baja presión.
Relación de compresión	16:1.
Empuje	8001-21001 lb (de acuerdo al motor).

Nota. La tabla muestra las diferentes especificaciones del motor JT8D en donde lo único que varía es en el empuje eso depende de las evoluciones de cada motor, tomado del manual de mantenimiento del JT8D. Tomado de (Pratt & Whotney Aircraft , 1966).

Figura 1

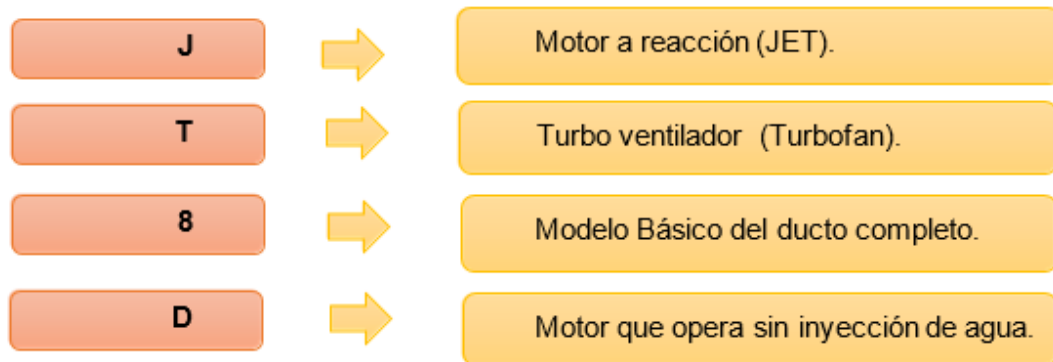
Dimensiones del motor JT8D



Nota. En la figura se observa la Longitud y Diámetro del motor. Tomado JT8D (BOEING 737, 2012).

Figura 2

Designación del motor JT8D



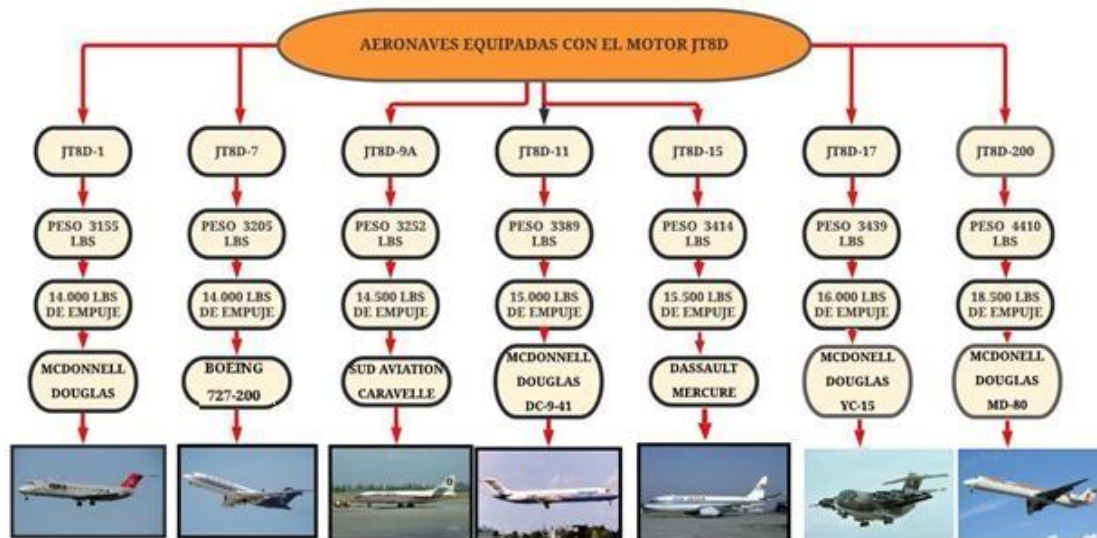
Nota. Esta figura muestra el significado de cada sigla del motor JT8D

2.1.1. Modelos Del Motor Jt8d.

Desde su lanzamiento, el motor JT8D sufrió una serie de transformaciones y mejoras, dando como resultado una serie de modelos, cada uno con una aplicación específica. Los modelos pertenecientes a esta familia son:

Figura 3

Aeronaves equipadas con el motor JT8D



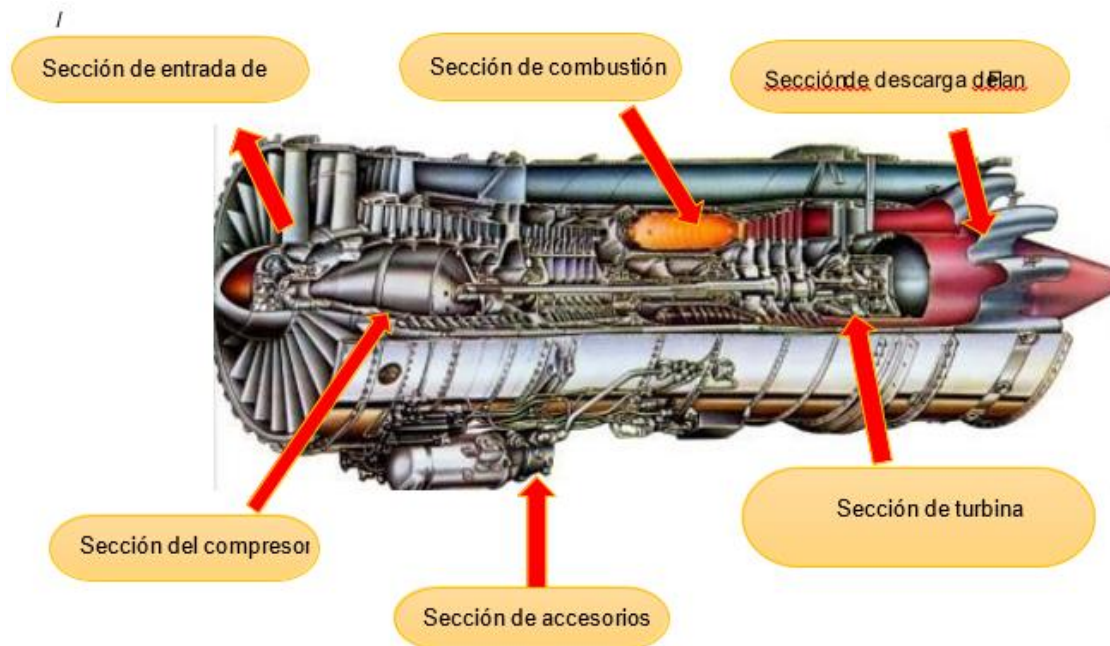
Nota. En la figura se observa las diferentes aeronaves equipadas con el motor JT8D.

2.2. Secciones del motor

El motor JT8D se divide en seis partes generales que se denomina de la siguiente manera donde se observa en la Figura 4.

Figura 4

Secciones del motor JT8D.



Nota. Se observa en la figura las diferentes secciones y su ubicación en el motor JT8D.

Tomado el grafico de General Electric., 2018.

2.2.1. Sección de Entrada de aire Nacelle

La sección de entrada de aire proporciona la entrada principal de aire al compresor. Su diseño proporciona los máximos cambios de presión y velocidad en la entrada del compresor la entrada también se calienta. Sección de entrada de aire del motor tiene dos funciones en el motor:

- Recoge el aire exterior, aumentar la presión y con un mínimos de pérdidas.

- Ingresa aire al compresor con mínima turbulencia, y posibles variaciones.
- Por esta razón, el conducto en su entrada está diseñado con una sección transversal que permite un arrastre y distorsión mínimo (BOEING 737 , 2012).

Figura 5

Sección de entrada de aire nacella



Nota. En esta figura se puede observar la entrada de aire del motor JT8D.

2.2.2. Sección del Compresor del motor JT8D

- Compresor de baja presión (LPC):

Tiene como función incrementar la presión del flujo primario y acelerar al flujo de aire secundario se compone de siete etapas, en la primera etapa consta de treinta y cuatro alabes y seis etapas de compresión, la segunda etapa con cincuenta y seis alabes, la tercera etapa con sesenta y seis alabes, la cuarta etapa con sesenta y ocho alabes la quinta con sesenta y dos alabes y la sexta con sesenta alabes. Esta etapa es impulsada por la segunda, tercera, y cuarta etapa de turbina (N1).

- **Compresor de alta presión (HPC):**

Aumenta la presión de flujo primario de aire que recibe la entrada de aire nacelle cuenta con siete etapas de discos y alabes rotores. Están enumeradas desde la etapa siete a la trece en donde la séptima etapa consta de sesenta alabes, la octava etapa de cincuenta y ocho alabes, la novena etapa de sesenta alabes, la décima etapa de sesenta y cuatro alabes, la onceava etapa de setenta alabes, doceava etapa de ochenta alabes y la treceava etapa de setenta y cuatro alabes (BOEING 737 , 2012, pág. 448).

Figura 6

Sección del compresor



Nota. En esta figura se puede observar el compresor de alta.

2.2.3. Sección de combustión

- **Generalidades**

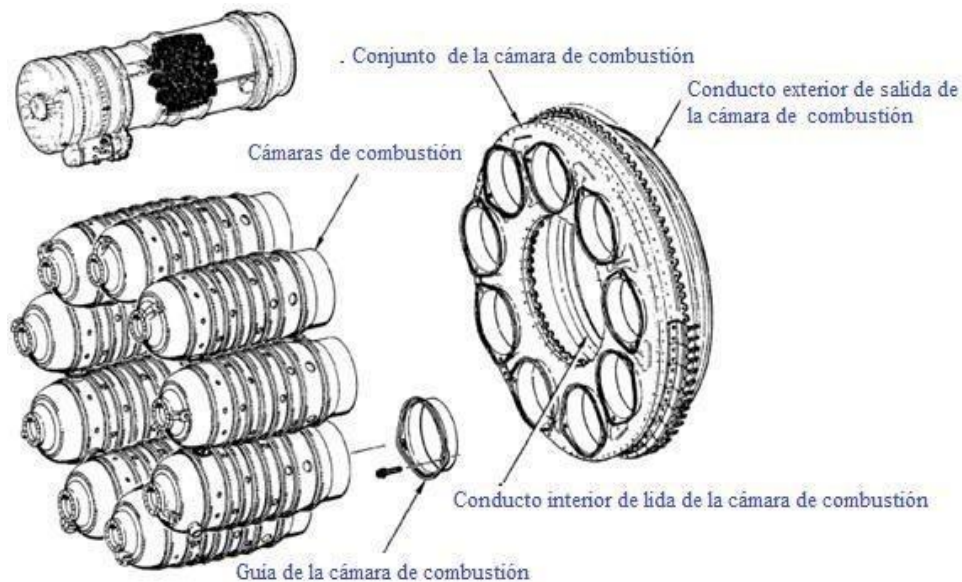
En la sección de combustión, el combustible se mezcla con el aire en la proporción adecuada y la mezcla resultante de combustible y aire se quema, añadiendo energía al aire que pasa por el motor.

El combustible se conduce a través de los colectores semicirculares izquierdo y derecho fijados alrededor del exterior de la caja del difusor en la parte trasera. Nueve

toberas soportadas individualmente dentro de la caja del difusor de la carcasa del difusor suministran el combustible a las cámaras de combustión (BOEING 737 , 2012, pág. 515)

Figura 7

Sección de combustión



Nota. En la imagen se muestra la sección de cámara de combustión en donde se identifica las partes. Tomado de (BOEING 737, 2012).

- Descripción

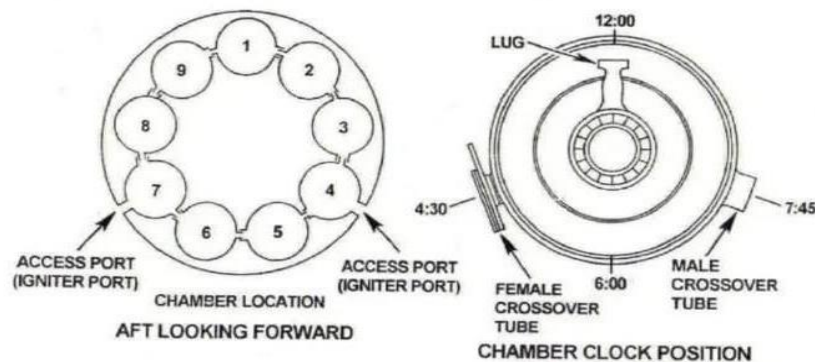
- La zona de combustión del JT8D contiene nueve inyectores de combustible y cámaras de combustión con soporte individual. Estas nueve cámaras de combustión de una pieza están situadas entre las carcassas exteriores de las cámaras de combustión interiores en una disposición anular.
- Las cámaras están numeradas en el sentido de las agujas del reloj, vistas desde la parte trasera, con la cámara número uno en la posición de las 12 horas. la parte trasera de las cámaras encaja en

nueve aberturas en el soporte trasero de la cámara de combustión.

- Los encendedores necesarios para un funcionamiento seguro se reducen a dos, los tubos de llama interconectados conectan las camisas para la propagación de la llama durante el arranque (For Training Purposes only , 2000).

Figura 8

Disposición de la cámara



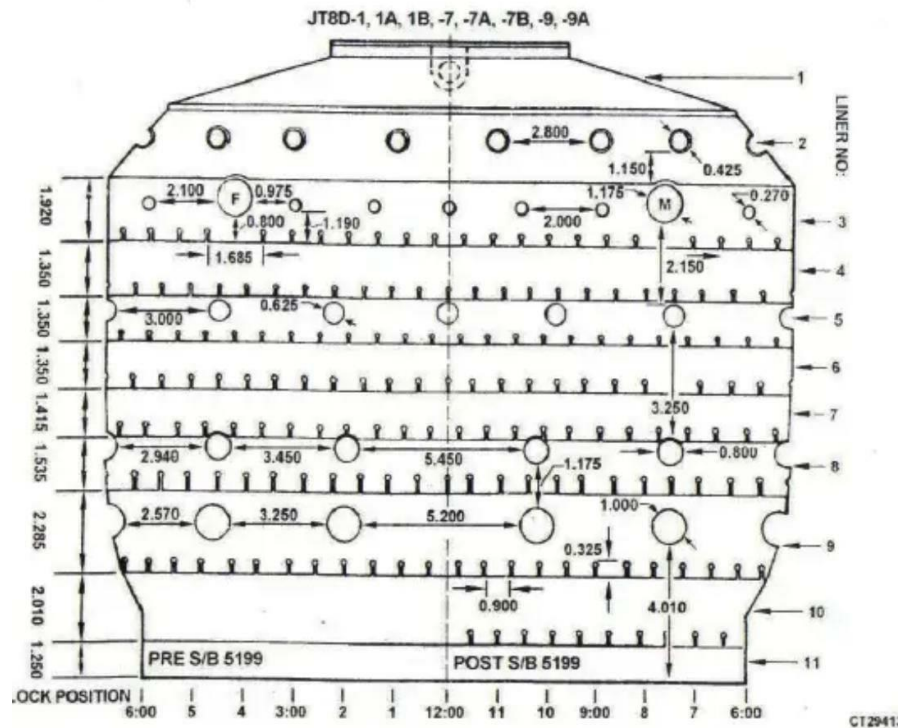
Nota. La figura representa la numeración de la cámara de combustión que va desde la parte trasera y va en sentido las agujas del reloj la primera cámara está a las 12 en punto. Tomado de el grafico de Borescope Inspection Training, 2000.

- Construcción de las cámaras de combustión

Las cámaras de combustión contienen las llamas de alta temperatura necesarias para el funcionamiento de la turbina de gas. Estas llamas alcanzan temperaturas superiores a los 2600° Fahrenheit. Se introduce aire en cada camisa para proporcionar una película de aire de refrigeración para esa camisa. Al inyectar el aire de la 13ª etapa en las camisas se preserva en gran medida la vida útil de las cámaras de combustión. En caso de que se altere este flujo de aire se producirán daños en las cámaras (For Training Purposes only , 2000).

Figura 9

Dimensiones de la camisa de la cámara de combustión



Nota. En la figura se puede observar las medidas de la camisa de la cámara de combustión en donde se indica que estas medidas están en pulgadas. Tomado de (For Training Purposes only , 2000).

- **Terminología de la camisa interior del cojinete**

Una camisa es una de las once piezas en forma de anillo que componen las cámaras de combustión. Las camisas contienen numerosas características para la combustión y la refrigeración.

- **Agujeros de inmersión (Plunged Holes)**

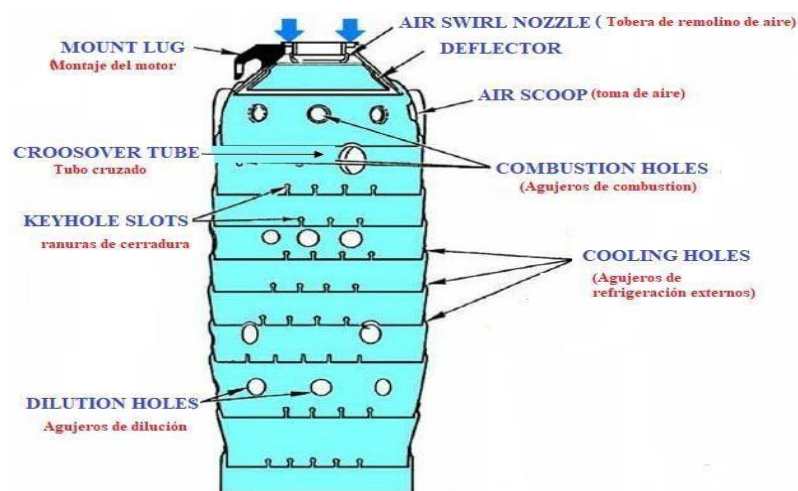
- Encontrados en el revestimiento número 2.
- Proporciona refrigeración.
- Complementa la combustión.

- Ayuda a controlar el patrón de la llama (Manual de entrenamiento, 2000).
- **Tubo cruzado (Crossover tube)**
 - Que se encuentra en la camisa número 3. Un extremo macho y un extremo hembra.
 - Permite que los vapores de combustible en el arranque se enciendan a partir de sólo dos encendedores en la cámara del quemador número 4 y número 7 (Manual de entrenamiento, 2000).
- **Conexión giratoria de encendido (Igniter boss)**
 - Facilitó el extremo de la punta del encendedor en la camisa número 2.
 - Que se encuentra en la cámara del quemador 4 y número 7 (Manual de entrenamiento, 2000).
- **Agujeros de combustión (Combustión holes)**
 - Encontrados en las camisas número 2 y número 5.
 - Proporciona el aire necesario para completar el proceso de combustión. (Manual de entrenamiento, 2000).
- **Agujeros de dilución (Dilution holes)**
 - Encontrados en la camisa interior del cojinete 8 y 9.
 - Permiten la entrada de grandes cantidades en la cámara diluyendo los gases calientes y enfriándolos ligeramente preservando la vida de los álabes de la tobera (Manual de entrenamiento, 2000)
- **Agujeros de refrigeración (Cooling holes)**
 - Pequeños agujeros que se encuentran circunferencialmente alrededor de los anillos de la camisa bajo los cortes de los bordes cortantes.

- Permiten la inyección de aire de la 13ª etapa en la cámara de combustión en pequeñas cantidades para proporcionar una capa fina de relativamente (Manual de entrenamiento, 2000).
- **Ranuras de la cerradura (Keyhole slots)**
- Pequeñas ranuras de alivio en forma de ojo de cerradura situadas en el borde de salida del labio de la rejilla.
 - Permiten la expansión sin que se agriete el arca de unión del (Manual de entrenamiento, 2000).
- **Trampas de rejilla (Louver lips)**
- La pequeña pieza saliente que dirige el aire de refrigeración hacia la dirección contraria y en contacto con la superficie de la camisa.
 - Se encuentran en el borde de salida de las camisas (Manual de entrenamiento, 2000).

Figura 10

Hoja de trabajo de la cámara de combustión



Nota. En la figura se puede apreciar las diferentes partes de la camisa de la cámara de combustión. Tomado el grafico de boletín de servicio 5639, 1995(p.17).

2.2.4. Sección de turbina y escape

- Turbina

La sección de la turbina consta de dos carcadas exteriores, (carcasa frontal de la tobera de la turbina y carcasa trasera de la turbina) exterior de la tobera de la turbina y la carcasa cuatro etapas de álabes guía, una caja interior y junta y el rotor de la turbina con sus ejes de transmisión. Hay cuatro etapas del rotor de la turbina: una sola etapa (1ª) que acciona el rotor del compresor trasero (de alta presión) y una unidad de tres (2ª, 3ª y 4ª) que acciona el rotor del compresor delantero (de baja presión). En cada etapa de la turbina, los álabes de la tobera preceden a los álabes del rotor de la turbina y dirigen el flujo de gas contra los álabes.

El flujo de gases calientes debe ser dirigido con precisión porque los álabes de la turbina giran a gran velocidad, y un funcionamiento eficaz requiere que los gases calientes ejerzan un funcionamiento eficaz requiere que los gases calientes ejerzan sus fuerzas lo más cerca posible de la dirección en la que se mueven los álabes. La corriente de gas debe acercarse a la trayectoria de los de las palas con un ángulo razonablemente pequeño respecto al plano de rotación del rotor, y tener una velocidad considerablemente mayor que la de las palas, incluso más rápida que las puntas de las palas (BOEING 737 , 2012, pág. 604)

Figura 11*Sección de turbina*

Nota. En esta imagen se muestra la sección de turbina se puede apreciar la turbina de alta y de alta.

2.2.5. Sección accesorios del motor

Los accesorios para motores de turbina de gas se pueden dividir en dos categorías, una impulsada por el aire que sale del compresor del motor y la otra asegurando su movimiento mecánicamente, a través de engranajes intermedios o caja de cambios.

- Accesorios accionados con aire de sangrado

El aire que sale de su fuente (el compresor) se dirige a sistemas de energía como acondicionadores de aire, bombas hidráulicas y transmisiones de rueda de retroceso, así como a los numerosos actuadores mecánicos dentro de la aeronave. En aeronaves multimotores, el arranque se realiza mediante un actuador neumático, con un motor asistido por una unidad auxiliar en el primer arranque y el posterior arranque de otros motores, lo que se puede realizar extrayendo aire de un motor en marcha.

- Accesorios del motor accionados mecánicamente

Este método acciona los accesorios de forma más directa que el método anterior, moviendo el eje de la turbina del compresor a través de engranajes. Esto se hace gracias a la caja de cambios. La caja de cambios es un conjunto de engranajes, cuyo movimiento se origina desde el eje del compresor de la turbina hasta el movimiento de varios accesorios del motor como bomba hidráulica, bomba de combustible, alternador, etc. De esta forma, los accesorios se activan mecánicamente para realizar su función específica dentro del motor. Del mismo modo en la caja de cambios hay dispositivos de control del motor como un tacómetro generador (BOEING 737 , 2012, pág. 669)

2.2.6. Sección de descarga del fan.

- **Generalidades**

Detrás de la caja de salida del ventilador, y encerrando el motor, hay una serie de conductos exteriores de descarga del ventilador y cajas, conducto Interior, exterior y las carcasas interiores del motor forman el conducto anular donde el aire fluya hacia fuera del motor.

- **Conjunto de la caja de descarga del fan (y alabes de descarga del fan)**

Conjunto de la caja de descarga del ventilador (y alabes de descarga del ventilador) atornillada a la brida trasera de la caja de descarga del ventilador se encuentra la caja de salida del ventilador, que se extiende desde la brida D hasta la E. Esta caja incorpora mitades superior e inferior de aluminio, atornilladas entre sí. Cada mitad tiene 28 alabes fijos de aluminio soldadas a una cubierta interior y a la pared exterior de la caja, con tapones de aluminio en el extremo exterior.

Un orificio rectangular en las superficies de acoplamiento, en la posición de las nueve horas, de la caja coincide con un pasador abocinado en la brida trasera de la caja

del compresor (BOEING 737 , 2012, pág. 792)

Figura 12

Sección de descarga del fan



Nota. En la figura se puede observar la sección de descarga del fan.

Inspecciones dentro del mantenimiento aeronáutico

2.3. Una inspección aeronáutica

De acuerdo a la RDAC 145 (2020) “Donde se examina un componente de aeronave y se establece la conformidad con un dato de mantenimiento” (p.09).

2.3.1. *Ensayos no destructivos (NDT)*

Este es un programa de mantenimiento de aeronaves, es para verificar si hay daños mecánicos e estructurales y evaluar el alcance del trabajo de reparación. Al dar servicio a una aeronave, un “ ensayo no destructivo” (NDT) es la forma más económica de realizar una inspección y la única forma de encontrar fallas. En pocas palabras, el NDT puede detectar grietas u otras irregularidades en la estructura del fuselaje y las partes del motor que no son visibles a simple vista. Para mantener la aeronave libre de errores y asegurar alta calidad y confiabilidad y como parte del programa de inspección, generalmente se aplican los siguientes métodos de NDT; 1) Inspección visual,

2) Líquido penetrante, 3) Partículas magnéticas, 4) Inspección ultrasónica (SANSON, 2017).

- **Inspección visual**

La inspección visual (DVI) es un método de Pruebas No Destructivas, y aplicado por su confiabilidad. Los instrumentos ópticos se pueden utilizar para ayudar en la inspección para detectar las diferentes discontinuidades. Durante la prueba de Inspección Visual, las horas de experiencia del encargado asegura la sutileza visual corregida que se certifique.

Dos grupos se dividen la inspección visual:

- Inspección Directa
- Inspección Remota

- **Inspección visual directa**

Es donde el ojo humano y el objeto que se examina está muy cerca en donde se puede ayudar de instrumentos como tales son linternas, lentes de aumento y microscopios en la mayoría de veces se utiliza pies de rey, reglas y micrómetros.

- **Inspección visual remota**

Esta inspección es utilizada donde el ojo humano tiene un difícil acceso lo cual se utiliza instrumentos de ayuda como boroscopio rígido, flexible y fibroscopios.

- **Definición de boroscopio**

Un boroscopio es un dispositivo óptico, el cual consiste de un tubo flexible o rígido con un ocular o monitor en un extremo y un lente objetivo en el otro extremo, ambos unidos a través de un relevo o relé, con esto se forma una imagen de un objeto iluminado por los lentes objetivos, normalmente se producen imágenes de gran calidad, los boroscopios son empleados para trabajos de inspección visual donde el área a ser inspeccionada es normalmente inaccesible (ALMANZI, 2016).

- **Boroscopio de aviación**

Para realizar inspecciones exhaustivas de mantenimiento de la aviación, la herramienta de boroscopio de aeronaves elegida por la mayoría de los inspectores de hoy en día es un boroscopio de video, también conocido como videoscopio, que proporciona capacidades a bordo como captura de imágenes y grabaciones de video para mantener registros detallados y documentar la inspección. Estos boroscopios especializados a menudo están equipados con iluminación mejorada para iluminar el área de inspección, ya sea mediante fuentes de luz externas o iluminación LED incorporada (WHINTEY, 1995).

Figura 13

Inspección Visual

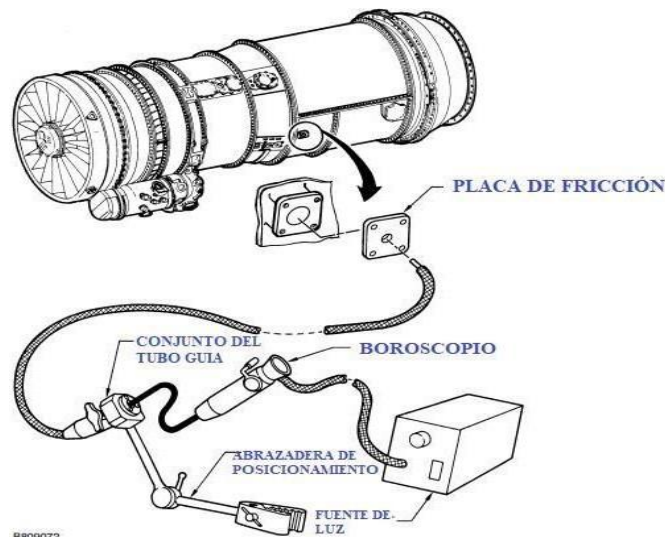


Nota. Prueba visual con la ayuda de un boroscopio (Imagen: Marina de los EE. UU.)

Tomado de el grafico de Aerospacetesting International., 2018.

Figura 14

Método de inspección boroscópica



Nota. En la figura se muestra el método de inspección boroscópica en donde detalla sus partes. Tomado el grafico de boletín de servicio 5639, 1995(p.42).

- Inspecciones Boroscópica en un motor a turbina

Una inspección boroscópica es una inspección visual en el que se examina el interior de una estancia a través de entradas especialmente diseñadas. Es fundamental en el mantenimiento de la aviación. Este tipo de verificación se realiza a menudo en motores a reacción. Se realiza durante el mantenimiento preventivo (por hora de vuelo) o durante el mantenimiento de reparación (cuando se produce un daño). Esta inspección boroscópica, también llamado endoscopio, para verificar si hay mal funcionamiento del motor a reacción. Existen diferentes tipos de boroscopios según la prueba que se realice

- Boroscopio rígido
- Boroscopio flexible (Bearden, 2021)

Figura 15*Inspección de motor*

Nota. En la figura se muestra una inspección de motor. Tomado el grafico de inspección boroscopica de turbina, de Renovetec, 2009.

- Boroscopio rígido

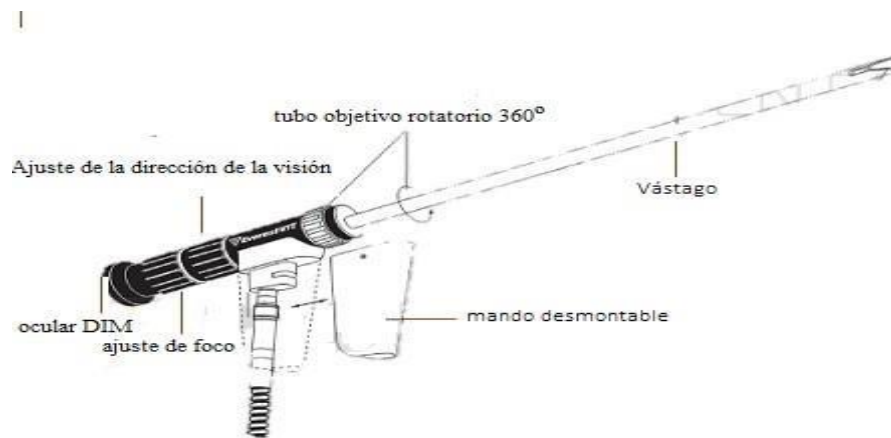
Esta es la forma más tradicional de la tecnología. Es básicamente un tubo rígido con una serie de lentes en el interior que se usa siempre que tenga acceso en línea recta a una sección particular de la estructura del avión o del motor. Los boroscopios típicamente rígidos brindan una claridad óptica excepcional.

- Aplicaciones

Las aplicaciones se encuentran en energía aeronáutica específicamente en aviación comercial, militar, y en la generación de la energía eléctrica como centrales nucleares, turbinas de combustión, e hidráulica.

Figura 16

Boroscopio rígido



Nota. En la imagen se observa un boroscopio rígido con sus partes. Tomado el gráfico de boroscopio rígido de Metal Expo, 2013.

- **Boroscopio flexible**

Los boroscopios flexibles instrumento de inspección visual que utiliza un haz de fibras de alta calidad para transmitir una imagen visual clara del área de inspección al usuario a través de un ocular enfocable.

A diferencia de un boroscopio rígido , un boroscopio flexible de fibroscopio permite a los usuarios navegar a través de áreas pequeñas y desafiantes. Como herramienta de inspección visual, los fibroscopios flexibles permiten a los usuarios realizar un examen visual completo y exhaustivo de estructuras de pequeño diámetro, como las que se encuentran en componentes diminutos, cámaras mecánicas, cavidades pequeñas, piezas.

Debido a su facilidad de uso y control, el fibroscopio flexible es una herramienta de inspección superior elegida por muchos profesionales de muchas industrias. Las inspecciones visuales remotas han ganado popularidad a lo largo de los años, ya que no son invasivas ni destructivas (USA boroscopes, 2022).

- **Características y beneficios de los boroscopios flexibles**

1. Considerado uno de los tipos de herramientas de inspección más duraderos, los boroscopios flexibles contienen imágenes ópticas bien protegidas y completamente cerradas que está protegido en una carcasa de acero inoxidable flexible trenzado para proteger contra elementos externos.
2. También hay disponibles kits de adaptadores y accesorios para cámaras de video de fibroscopio que permiten a los usuarios no solo conectar su fibroscopio a sus computadoras para una inspección visual mejorada, brindan a la capacidad de captura de imágenes y grabaciones de video.
3. Uno de los beneficios clave de usar un boroscopio flexible es la oportunidad de realizar inspecciones no destructivas. Antes de que surgiera esta tecnología, los profesionales necesitaban desmontar por completo las piezas clave del equipo para realizar inspecciones exhaustivas. Ahora, los técnicos pueden simplemente insertar el alcance de su elección en el espacio que necesita inspeccionar. Los operadores se pueden capturar imágenes en vivo de espacios de difícil acceso. (USA boroscopes, 2022).

Figura 17

Boroscopio flexible



Nota. En la figura se observa un boroscopio flexible ATS voyager articulating video borescope utilizado para la inspección boroscópica las características las encuentra en el anexo. Tomado de boroscope flexible, Aircraft Tool supply company, 2021

- **Los defectos más comunes suelen ser:**

- Corrosión.
- Daño de material en álabes, por ejemplo, al producirse un bird strike.
- Cambio de color por altas temperatura.
- alteraciones.
- partes mal fijadas.
- rotura en álabes..
- Taponamiento de agujeros de refrigeración.
- Impactos por objetos no identificados.

2.4. Líquidos penetrantes

Es un método ampliamente aplicado y de bajo costo sirve para poder verificar diferentes defectos superficiales en los materiales no porosos. (Actualidad TMA, 2018)

Figura 18

Inspección con Líquidos penetrantes



Nota. En la imagen se muestra una inspección con el método de líquido penetrante conocida como Penetrant Testing. Tomado de penetrant inspection de Victor Aviation Service, 2017).

2.5. Partícula magnética

Es un proceso donde se detecta discontinuidades superficiales en materiales ferromagnéticos como es el hierro, níquel, cobalto y algunas de otras aleaciones. Para realizarlo se pone un campo magnético en la pieza a inspeccionar.

Figura 19

Inspección con partículas magnéticas



Nota En la figura se muestra una inspección con partículas magnéticas. Tomado de partículas magnéticas, Aeropul Aviation Service, 2012.

2.6. Ultrasonido

Prueba no destructiva en donde se envía ondas ultrasónicas al objeto o material para examinar la integridad de la muestra.

Figura 20

Inspección ultrasónica



Nota. En la figura se muestra una inspección ultrasónica. Tomado la figura de inspección ultrasónica, de Victor Aviation service, 2017

2.7. Boletines de servicio (SB)

Los boletines de servicio son avisos a los operadores de aeronaves de un fabricante que les notifica una mejora en el producto (Avión, motor, hélice) (RDAC 39).

En noviembre de 1980 se redactó un boletín de servicio 5192 para mejorar la vida útil de las cámaras de combustión JT8D11 hasta 17R. Los cambios introdujeron diferencias en los criterios de inspección del ASB 5639.

2.7.1. Accidente de British Airtours Boeing 737 en Manchester, Inglaterra

El 22 de agosto de 1985, Un Boeing 737 británico de Airtours que contenía dos motores JT8D, que transportaba a 131 pasajeros y seis tripulantes a bordo, comenzó el carreteo por la pista. Unos 35 segundos después se escuchó un fuerte golpe y el motor número uno estalló. Donde el capitán ordeno que se detuviera, El avión se detuvo bruscamente justo al lado de la pista activa con su ala izquierda apuntando directamente hacia un viento de siete nudos.

2.7.2. Causas de accidentes y lecciones aprendidas

El primer examen indica que una parte de la cámara de combustión fue impulsada al exterior con peso de más o menos cuatro libras que fue directamente al tanque de combustible izquierdo donde se creó un agujero de 6- 1 / 2 por 8-1/ 2 pulgadas.

En el tanque de combustible izquierdo se empezó a derramar combustible al motor izquierdo en donde este empezó hacer una bola de fuego muy intensa, los fuertes vientos llevo que el fuego se dirigiera al fuselaje en donde este se comenzó a consumir.

La falla de la cámara de combustible del motor JT8D inmediatamente la autoridad de aviación civil del reino unido (CAA) emitiera una directica de aeronavegabilidad esta constaba que las inspecciones sean más concretas en las cámaras de combustión. La CAA mejoro los métodos de inspección que implica las

técnicas radiográficas y de boroscopia.

2.7.2. Problemas de mantenimiento

En los hallazgos el personal de mantenimiento no tenía conocimientos de trabajar en aviones de más de 10 pasajeros.

Otros graves problemas que se encontró es que las inspecciones estaban incompletas, ciertas reparaciones eran diferidas y nunca fueron completadas, el escaso de herramientas especiales y equipos de prueba para el mantenimiento, muchas aeronaves aprobadas para volar sin completar todos los mantenimientos.

Figura 21

Avión accidentado en el vuelo United Airlines Flight 232. Denver-Chicago



Nota. Accidente de un Boeing 737). Tomado del informe Oficial FAA.

2.8. Directiva de Aeronavegabilidad (AD)

Se emite cuando la AAC determina que existe una condición insegura en un producto (avión, motor, hélice).

Estos AD notifican a los propietarios y operadores de aeronaves de posibles condiciones inseguras y requieren inspecciones especiales, reparaciones, o alteraciones para corregir la condición insegura (RDAC 39).

Tipos de Directivas de aeronavegabilidad (AD) se emiten:

- Aviso de propuesta de reglamentación (NPRM), seguido de una regla final
- Regla final; Solicitud de comentarios
- AD de emergencia (FAA, 2018).

2.8.1. Aviso de propuesta de reglamentación (NPRM), seguido de una regla final

El proceso estándar de AD es emitir un NPRM seguido de una Regla Final. Una vez que se descubre una condición insegura, una solución propuesta se publica como un NPRM, que solicita comentarios públicos sobre la acción propuesta. Una vez que se cierra el período de comentarios, se prepara la regla final, teniendo en cuenta todos los comentarios sustantivos recibidos, y tal vez la regla se cambie según lo justifiquen los comentarios. El preámbulo de la regla final AD proporcionará respuesta a los comentarios sustantivos o declarará que no se recibieron comentarios (FAA, 2018).

2.8.2. Directiva de aeronavegabilidad de emergencia (AD)

Un AD de emergencia se emite cuando la aeronave está en una situación insegura donde se aplica un acto urgente del propietario. La intención de un AD de emergencia es modificar urgente para una seguridad de vuelo (FAA, 2018).

- AD de reemplazo

Un AD se considera que ya no está en vigor cuando es reemplazado por un nuevo AD. El AD que lo reemplaza identifica el AD que ya no está en vigor. No hay requisitos de cumplimiento para un AD que ha sido reemplazado (FAA, 2018).

Capítulo III

3.1. Preliminares

El capítulo detalla todos los métodos a efectuar en la inspección boroscópica a la sección caliente del motor JT8D, que involucra cámaras de combustión y Turbina de alta presión del motor para identificar grietas y otros tipos de problemas en las cámaras de combustión y turbina de alta presión.

Se de desarrollo el capítulo en seguimiento al servicio de boletín 5639 y el manual de mantenimiento del Boeing 737 en donde se detalló paso a paso para una inspección en las secciones boroscópica eficaz.

3.2 Remodelación del motor JT8D

3.2.1. Equipos y herramientas

- Equipo boroscópico ats voyager articulating borescope.
- Baterías
- Llaves 7/8
- Racha larga
- Compresor
- Pistola de pintura
- Lijas
- Guaípe
- Pintura

3.2.2. Medidas de seguridad

- Con todas las medidas de seguridad se efectuarán en este procedimiento designado por el fabricante

- El técnico que realizará la inspección debe basarse en los procedimientos técnicos en el manual emitido por el fabricante.
- Para asegurar la reinstalación correcta, etiquete y marque todas las piezas, y soportes en cuanto a su ubicación.
- Durante el desmontaje de los tubos o de las piezas del motor, busque indicios de estrías quemaduras u otras condiciones indeseables. Para facilitar la reinstalación, observe la ubicación de cada pieza durante el desmontaje. Etiquetar las piezas y unidades inservibles y unidades para su investigación y posible reparación.
- Se debe tener extremo cuidado para evitar que el polvo, la suciedad, los alambres de frenado, las tuercas arandelas u otras materias extrañas entren en el motor.
- Para proteger las zonas críticas de las piezas del motor (como los discos del c compresor y los discos de la turbina) contra arañazos y mellas, las superficies de las herramientas que entran en contacto con estas áreas deben estar cubiertas con material protector.
- Todas las herramientas deben estar calibradas y en óptimas condiciones.
- Se debe usar equipos de protección personal (EPP) en todas las etapas de la inspección del motor JT8D.

3.2.3. Limpieza general del motor JT8D

Figura 22

Limpieza general a todo el motor



Nota. En la figura se observa la limpieza general del motor

Con todas las herramientas y las medidas de seguridad se empezó a limpiar y a retirar escombros que contenía el motor por la parte interior como exterior. Con ayuda del guaipe y de alcohol industrial se empezó a fregar las paredes del interior como también cada una de las secciones.

3.2.4. Traslado del motor JT8D

Figura 23

Traslado del motor



Nota. En la figura se observa el traslado del motor.

Se terminó con toda la limpieza del motor JT8D se procede a trasladarlo con ayuda de un brazo hidráulico y la grúa se ejecutó el traslado del motor en donde se llevó a un lugar de un piso más concreto para con llevar las remodelaciones.

Figura 24

Remoción de la pintura del motor y del soporte y cambio de ruedas



Nota. En la figura se observa ya retraída la pintura del motor y cambio de las ruedas.

Una vez el motor trasladado a una zona fija, se removió la pintura destruida con ayuda de una lija, se procedió a lijar todas las partes del motor internas y externas, con ayuda de unas gatas hidráulicas se logró levantar el motor y cambiar las ruedas del soporte.

Figura 25

Pintado del motor, soporte y colocación de señalética de seguridad



Nota. En la figura se observa el acabado del motor con su respectiva señalética

Se terminó de lijar todo el motor, donde se prepara la pintura ploma para pintar todo el motor, una vez seco la pintura se procedió a colocar la señalética de seguridad y los nombres en sus respectivas partes del motor

3.3 Inspección boroscópica en la sección caliente del motor (cámaras de combustión).

- Se retiró las bujías según la referencia (3), capítulo/ sección 74-22-1, remoción/instalación
- Se desconectó las tuercas de acoplamiento que fijan los cables de las bujías izquierdo y derecho se instalo las tapas de protección en las tuercas de acoplamiento.
- Se retiró las bujías de encendido de la caja exterior de la cámara de combustión y se identificó la ubicación de las bujías si son izquierda o derecha.

Nota: La inspección se puede realizar en el lado derecho o en el lado izquierdo del motor, siempre que las cámaras de combustión reciba una inspección.

Figura 26

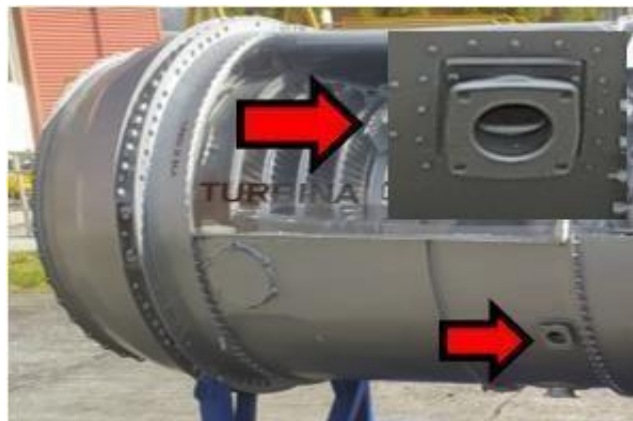
Remoción de la bujía Izquierda



Nota. En la figura se puede observar la bujía removida del lado izquierdo para ingresar la cámara de combustión número 7.

Figura 27 Remoción de la bujía derecha

Remoción de la bujía derecha



Nota. En esta imagen se puede observar la bujía derecha ya removida en donde se lleva a la cámara de combustión número 4.

3.3.1 Preparación del equipo del equipo visual remota

Precaución El manual indica que el brazo de soporte de sujeción a los tubos o a otras estructuras de paredes finas o muy acabadas. Se selecciona un punto de fijación en el Motor que resista la fuerza de sujeción así como las cargas de flexión durante las subsiguientes maniobras de boroscopio.

Figura 28

Ingreso de la lente por la placa de fricción



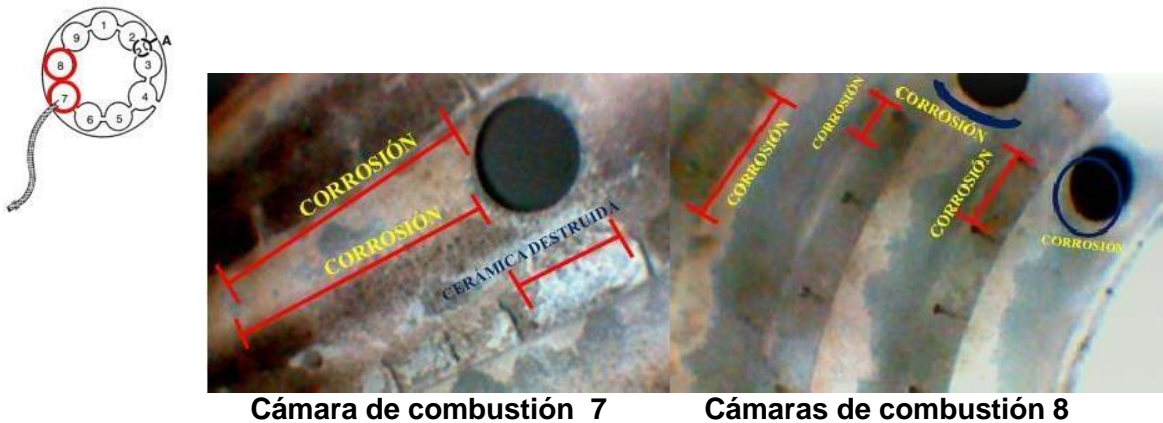
Nota. Con ayuda de la lente del boroscopio se ingresó a través del tubo guía hasta la cámara de combustión número 4.

Se realizó todas las medidas de seguridad se colocó el boroscopio en un sitio muy seguro para realizar las maniobras correspondientes en donde se introdujo la lente del boroscopio por la placa de fricción.

3.3.2. Ingreso a las cámaras 7 y 8

Figura 29

Inspección en la cámara de combustión número 7 y 8



Nota. En la imagen se puede observar la cámara de combustión número 7 y 8.

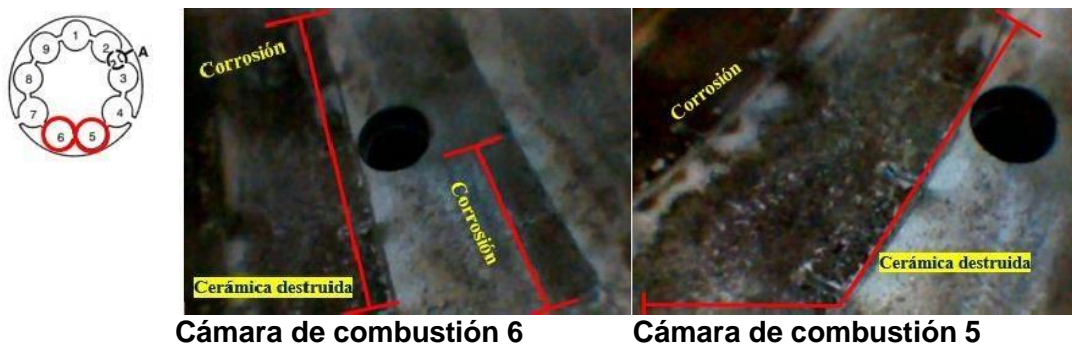
Características de Tipo de corrosión Anexo B

En la camisa de la cámara número 7 se encontró corrosión por picadura y destrucción de la cerámica, en la cámara número 8 se encontró corrosión uniforme también corrosión en el agujero de combustión.

3.3.2. Ingreso a las cámaras 6 y 5

Figura 30

Inspección en la cámara de combustión número 6 y 5



Nota. En la figura se puede observar la cámara de combustión número 6 y 5.

Características de Tipo de corrosión Anexo B

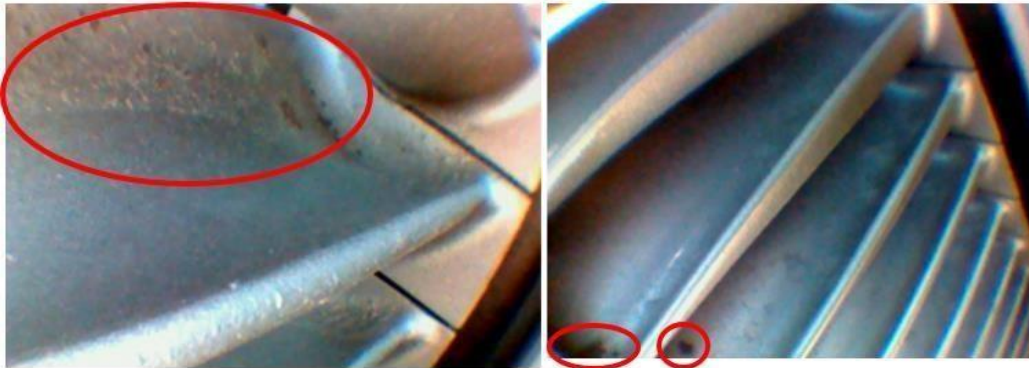
En la cámara de combustión número 6 se encontró corrosión uniforme y corrosión por picadura y la cerámica destruida, en la cámara de combustión número 5 se encontró corrosión galvánica y destrucción de la cerámica

3.4. Inspección boroscópica a la sección caliente (turbina)

Con ayuda del boroscopio se realizó la inspección a la sección de turbina en donde se observó la presencia de corrosión.

Figura 31

Inspección a la sección de turbina



Nota. En la figura se puede observar los alabes de turbina. Características de Tipo de corrosión Anexo B.

Ingresado a la sección de turbina se inspecciona cada alabe de turbina en donde se encontró dos alabes con corrosión por picadura y corrosión uniforme en a punta del alabe.

Con la remodelación completa del motor JT8D se logró con satisfacción la inspección a la sección caliente que abarca las cámaras de combustión y turbina, en donde se encontró anomalías en las mismas como son corrosión y destrucción de cerámicas de las camisas de la cámara por el ambiente adverso ambiente que se encontraba el motor por ende el motor no puede ser arrancado en ningún momento.

Capítulo IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1. Conclusiones

- En esta monografía se aplicó la inspección boroscópica en la sección caliente del motor JT8D donde involucro cámaras de combustión y de turbina mediante los boletines de servicio 563, manual de mantenimiento ata 74 para la remoción de bujías, una circular de asesoramiento C43131B para la identificación al tipo de corrosión que aplica.
- Se Recopilo toda la información Técnica para la inspección boroscópica del motor JT8D en donde se realizó cada uno de los pasos que indicaba en el manual el mantenimiento de todo el motor JT8D-9A otorgados por el fabricante Pratt & Whitney.

Se protegió al motor donde se retiró la corrosión exterior y se dio un tratamiento anticorrosivo para luego pintarlo y se trasladó a una zona segura lejos del ambiente adverso.
- Se ejecutó la inspección boroscópica en el motor JT8D en la sección caliente del motor en donde se encontró diferentes anomalías como estas son corrosión de tipo uniforme y por picadura en todas las cámaras de combustión, cerámica destruida en las cámaras de combustión 7,6 y 5 en la sección de turbina se encontró dos alabes con corrosión por picadura en donde el manual solicita que se debe hacer un cambio de las cámaras de combustión por completo por ende este motor no debe ser arrancado en ningún momento.
- Se facilitó el entrenamiento de los estudiantes de la carrera de

Tecnología Superior en mecánica aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" SEDE LATACUNGA donde se garantiza el aprendizaje porque el motor está en óptimas condiciones para observar, investigar cada componente parte o sección de la misma.

4.2. Recomendaciones

- Siempre se debe bazar para realizar cualquier trabajo de manteamiento debe usar un manual de mantenimiento en donde se ayudara a comprender mejor el funcionamiento y como está constituido para así comenzar con remoción e instalación de cualquier componente.
- Para asegurar instalación correcta, siempre etiquetar y marcar todas las piezas, y soportes en cuanto a su ubicación y se debe tener extremo cuidado para evitar que el polvo, la suciedad, los alambres de frenado, las tuercas arandelas u otras materias extrañas entren en el motor.
- Para proteger las zonas críticas de las piezas del motor (como los discos del compresor y los discos de la turbina) contra arañazos y mellas, las superficies de las herramientas que entran en contacto con estas áreas deben estar cubiertas con material protector.
- Se debe respetar estrictamente todas medidas de seguridad que se encuentran señaladas con señaléticas alrededor del motor esto se debe seguir cuando esta encendido el motor como cuando el mismo este apagado.

Bibliografía

- Actualidad TMA. (18 de enero de 2018). *Técnicos de mantenimiento aeronáutico*. Obtenido de inspecciones boroscópicas a turbinas: <https://www.tmas.es/blog/mecanica-de-aviones/inspeccion-boroscopica-de-un-motor-de-turbina/>
- ALMANZI, A. (2016). *AVIATION MAINTENANCE*. Obtenido de 2016: <https://www.avm-mag.com/fresh-look-borescopes/>
- Aviation Maintenance . (2017). A Fresh Look at Borescopes. *Aerospace Techweek*, 3.
- Bearden, R. (2021). *USA BORESCOPES*. Obtenido de Airplane & Engine Borescopes: <https://usaborescopes.com/product-category/airplane-engine-borescopes/>
- BOEING 737. (2012). *Manual de mantenimiento*. LATACUNGA: N/A.
- Douglas Kindre. (12 de octubre de 2018). *AviationProos*. Obtenido de <https://www.aviationpros.com/home/article/10381479/borescopic-visual-inspections>
- FAA. (ABRIL de 2018). *FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION*. Obtenido de Types of Airworthiness Directives (ADs): https://www.faa.gov/aircraft/air_cert/continued_operation/ad/type_pub/
- For Training Purposes only . (2000). *Borescope inspection training*. N/A.
- Ipunto ensayos no destructivos. (junio de 2020). *Ipunto ensayos no destructivos*. Obtenido de <https://ipend.es/ensayos-no-destructivos/inspeccion-visual-vt>
- Manjarrez Felix. (2002). *Análisis de confiabilidad del motor JT8D*. Latacunga: N/A.
- Manual de entrenamiento. (2000). *Inspección boroscópica*. Obtenido de Pratt & Whitney: <https://pdfslide.net/engineering/borescope-jt8d-58bb887fee228.html>
- Pratt & Whitney Aircraft. (1966). *JT8D-200 specific operating instructions*. United states of América: N/A.
- SANSON, B. (2017). *AEROSPACE TESTING INTERNACIONAL*. Obtenido de introducción a

pruebas no destructivas:

<https://www.aerospacetestinginternational.com/features/introduction-to-non-destructive-testing.html>

Sapson, B. (2017). *AEROSPACE TESTING INTERNACIONAL*. Obtenido de Non-destructive testing : <https://www.aerospacetestinginternational.com/features/introduction-to-non-destructive-testing.html>

USA boroscopes. (2022). *USA boroscopes*. Obtenido de <https://usaborescopes.com/product-category/fiberscopes/flexible-fiberscopes/?product-page=2>

WHINTEY, P. &. (1995). *servicio de boletín*.

Anexos