

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**“DESMONTAJE DEL MOTOR IZQUIERDO JT8D DEL AVIÓN  
BOEING 727 PARA SU TRASLADO DE LA BASE AÉREA  
COTOPAXI AL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO  
SUPERIOR AERONÁUTICO”**

**POR:**

**ZURITA CAISAGUANO JONATHAN RAPHAEL**

**Trabajo de Graduación como requisito previo para la obtención del Título  
de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**2013**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el **Sr. ZURITA CAISAGUANO JONATHAN RAPHAEL**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**.

---

Tlgo. Ulices Cedillo

Latacunga, Enero 22 del 2013

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico primeramente a Dios, ya que sin Él nada podemos hacer. Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

También le dedico este proyecto a mis padres, porque ellos siempre están aquí en las buenas y en las malas; me educan, me aconsejan, me imparten valores para conducirme correctamente y me ofrecen el sabio consejo en el momento oportuno.

A todas aquellas personas que me apoyan, que siempre están conmigo en las buenas y en las malas; y no solamente a los que me apoyan, sino también para todo aquel que se pueda beneficiar de este trabajo. Está hecho con toda mi dedicación, lo cual produce una gran satisfacción en poder servir a quien así lo requiera.

**Jonathan Raphael Zurita Caisaguano**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico primeramente a Dios, ya que sin Él nada podemos hacer. Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

También le dedico este proyecto a mis padres, porque ellos siempre están aquí en las buenas y en las malas; me educan, me aconsejan, me imparten valores para conducirme correctamente y me ofrecen el sabio consejo en el momento oportuno.

A todas aquellas personas que me apoyan, que siempre están conmigo en las buenas y en las malas; y no solamente a los que me apoyan, sino también para todo aquel que se pueda beneficiar de este trabajo. Está hecho con toda mi dedicación, lo cual produce una gran satisfacción en poder servir a quien así lo requiera.

**Jonathan Raphael Zurita Caisaguano**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>PÁGINAS PRELIMINARES</b>	<b>PÁGINA</b>
Portada	I
Certificación	II
Dedicatoria	III
Agradecimiento	IV
Índice de contenidos	V
Índice de tablas	VIII
Índice de figuras	IX
Índice de anexos	XI
Resumen	XII
Summary	XIII

### **CAPÍTULO I**

#### **EL TEMA**

1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación e Importancia	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Alcance	4

### **CAPÍTULO II**

#### **MARCO TEÓRICO**

2.1	Avión Boeing 727-100	5
2.1.1	Características generales	6
2.1.2	Especificaciones técnicas del Boeing 727-100	7
2.1.3	Descripción de la aeronave	7
2.2	Tipos de motores de aviación	9
2.2.1	Motores recíprocos o de explosión	9
2.2.1.1	Motor en línea	9
2.2.1.2	Motor rotativo	10
2.2.1.3	Motor radial	11
2.2.2	Motores a reacción	12
2.2.2.1	Turborreactores	12
2.2.2.2	Turbo hélice y turbo eje	13
2.2.2.3	Turbofán	14
2.3	Motor del avión Boeing 727-100 (JT8D)	15

2.3.1	Características generales	15
2.3.2	Componentes	16
2.3.2.1	Cowlings	16
2.3.2.2	Fan	17
2.3.2.3	Compresores	18
2.3.2.3.1	Compresor de baja	19
2.3.2.3.2	Compresor de alta	19
2.3.2.4	Ducto del fan	20
2.3.2.5	Cámaras de combustión	20
2.3.2.6	Turbina	21
2.3.2.6.1	Turbina de baja	21
2.3.2.6.2	Turbina de alta	22
2.3.2.7	Sección de escape	22
2.3.2.8	Caja de accesorios	23
2.3.3	Descripción	23
2.4	Funcionamiento del motor	27
2.4.1	Sistema de ignición y arranque	27
2.4.2	Sistema de combustible	28
2.4.2.1	Control de combustible	30
2.4.2.2	Descripción	30
2.4.2.3	Componentes	31
2.4.2.3.1	Bomba	31
2.4.2.3.2	Unidad de control de combustible (FCU)	31
2.4.2.3.3	Sistema anti-ice del combustible	32
2.4.3	Sistema de lubricación	33
2.4.3.1	Componentes	34
2.4.3.2	Funcionamiento	34
2.4.4	Sistema de controles del motor	35
2.4.5	Sistema de indicación	36
2.4.5.1	Sistema indicador de relación de presión	37
2.4.5.1.1	Transmisor	37
2.4.5.1.2	Indicador de relación de presión del motor (EPR)	38
2.4.5.2	Sistema tacómetro	38
2.4.5.2.1	Generador tacómetro	38
2.4.5.3	Temperatura de los gases del motor	39
2.4.5.3.1	Indicador de temperatura	39

### **CAPÍTULO III**

#### **DESMONTAJE DEL MOTOR**

3.1	Preliminares	40
3.2	Herramientas empleadas	40
3.3	Equipos de protección personal necesario	41
3.4	Medidas de seguridad	41
3.5	Procedimiento de desmontaje del motor	42
3.6	Traslado del motor	56
3.7	Estudio económico	57
3.7.1	Presupuesto	57
3.7.1.1	Costos primarios	58
3.7.1.2	Costos secundarios	59
3.7.1.3	Costo total del proyecto	59

### **CAPÍTULO IV**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	Conclusiones	60
4.2	Recomendaciones	61
<b>GLOSARIO</b>		62
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		63
<b>ANEXOS</b>		64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CAPÍTULO II</b>	<b>PÁGINA</b>
2.1 Características generales del avión	6
2.2 Especificaciones técnicas	7
2.3 Características generales del motor	15
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>PÁGINA</b>
3.1 Herramientas y equipos	58
3.2 Mano de obra	58
3.3 Total costos primarios	58
3.4 Total costos secundarios	59
3.5 Costo total del proyecto	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO II</b>	<b>PÁGINA</b>
2.1 Avión Boeing 727-100	5
2.2 Avión Boeing 727-100 en vuelo	6
2.3 Avión impulsado por tres motores	7
2.4 Cone bolts delanteros y posterior	8
2.5 Gear box	8
2.6 Tren de aterrizaje tipo triciclo	9
2.7 Motor en línea de seis cilindros	10
2.8 Motor rotativo	11
2.9 Motor radial	11
2.10 Motor a reacción	12
2.11 Motor turboreactor	12
2.12 Motor turbohélice	13
2.13 Motor de helicóptero de flujo inverso	14
2.14 Motor turbofán	15
2.15 Componentes del motor JT8D	16
2.16 Cowlings	16
2.17 Esquema de flujo primario y secundario	17
2.18 Líneas de aire de sangrado	18
2.19 El eje N1 atraviesa el eje N2	18
2.20 Compresor (low pressure)	19
2.21 Compresor (high pressure)	19
2.22 Ducto del fan	20
2.23 Cámaras de combustión	21
2.24 Turbina de baja (low pressure turbine)	21
2.25 Turbina de alta (high pressure turbine)	22
2.26 Tobera de descarga de gases	22
2.27 Caja de accesorios	23
2.28 Motor del avión vista delantera	23
2.29 Motor del avión vista lateral	24
2.30 Ubicación de la bomba de combustible	24
2.31 Cajas excitadoras	25
2.32 Tubos y mangueras del motor	25
2.33 Drenajes rápidos de las tanques	26
2.34 Palancas de control del motor	26
2.35 Bujías	27
2.36 Sistema de ignición y arranque	28
2.37 Sistema de combustible	28
2.38 Tanques de combustible	29
2.39 Componentes del sistema de combustible	31

2.40	Bomba de combustible	31
2.41	FCU	32
2.42	Sistema de anti-ice del combustible	33
2.43	Lubricación de los cojinetes y de la caja de engranajes	33
2.44	Sistema de lubricación	34
2.45	Sistema de control del motor	35
2.46	Sistema de control del motor conectado por cables	36
2.47	Sistema de Indicadores del motor	37

### **CAPÍTULO III**

### **PÁGINA**

3.1	Conexiones aeronave-tierra	43
3.2	Switch de la válvula shutoff	43
3.3	Switches de la batería y de la planta externa	44
3.4	Start levers del motor 1 en posición CUTOFF	44
3.5	Palanca para despresurizar el Sistema Hidráulico A	45
3.6	Desmontaje de los Cowlings	45
3.7	Seguros de los Cowlings	46
3.8	Bisagras de los seguros de los Cowlings	46
3.9	Paneles fijos	47
3.10	Paneles de acceso al montante del motor	47
3.11	Puerto de drenaje de combustible	48
3.12	Conectores eléctricos	48
3.13	Varillas de control de empuje del motor	49
3.14	Manguera de suministro de combustible	49
3.15	Ductos de suministro de aire acondicionado y de anti-ice	50
3.16	Línea de suministro de la bomba hidráulica, línea de presión	50
3.17	Líneas censorsas de presión de entrada y salida del motor	51
3.18	Conector del cable de salida del generador	51
3.19	Abrazaderas del ducto del fan	52
3.20	Push-pull cable	52
3.21	Mangueras neumáticas del actuador de la reversa	53
3.22	Conector eléctrico de la reversa	53
3.23	Ubicación de la grúa	54
3.24	Colocación de las fajas y gancho de la grúa	54
3.25	Remoción de la tuerca y de las arandelas de los montantes	55
3.26	Desmontaje del motor	55
3.27	Traslado del motor	56
3.28	Motor asentado en neumáticos	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **Anexo A**

Anteproyecto 65

### **Anexo B**

Fajas de poliéster, gancho de aleación de acero 102

### **Anexo C**

Grúa 104

### **Anexo D**

Manual de mantenimiento 106

**HOJA DE VIDA 118**

**LEGALIZACIÓN DE FIRMAS 120**

**CESIÓN DE DERECHOS 121**

## **RESUMEN**

El presente proyecto de graduación contiene de forma detallada los aspectos necesarios para el desmontaje de un motor en este caso del motor izquierdo del avión Boeing 727-100 para su posterior traslado.

Inicialmente se detalla el tema y se fundamenta en la necesidad de desmontar este motor para implementarlo como material de estudio en la malla del Instituto, también se determina los objetivos a realizarse para de esta manera obtener los resultados deseados.

El desarrollo de este trabajo investigativo contiene información técnica recopilada del desmontaje del motor, lo cual ayudó a tener una idea clara a desarrollar y de esta manera cumplir lo anhelado.

En el desarrollo del tema se detalla minuciosamente todos y cada uno de los pasos realizados para desmontar este motor, que siguiendo medidas de seguridad se previnieron accidentes.

## **SUMMARY**

This graduation project contains in detail the aspects necessary for disassembly of an engine in this case the left engine of the Boeing 727-100 for subsequent transfer.

Initially detailing the subject and is based on the need to disassemble the engine to implement it as study material in the mesh of the Institute, also determines the objectives to be realized in this way to obtain desired results.

The development of this research paper contains technical information gathered engine disassembly, which helped to have a clear idea to develop and thus fulfill the desired.

In the development of the subject are meticulously details every one of the steps taken to remove this engine, which security measures following accidents were prevented.

# CAPÍTULO I

## EL TEMA

### 1.1 Antecedentes

El avance tecnológico de la ciencia hoy en día, exige de los Centros de Formación Académica, un ingente esfuerzo que permita que sus estudiantes reciban los conocimientos al más alto nivel, lo cual les permitirá desarrollarse con éxito en él, constituyéndose de ésta manera en un aporte al progreso y desarrollo del sector empresarial, la colectividad y la Nación.

El INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO ha dado muestras fehacientes de hallarse en ésta dinámica educativa y se estima sería de gran utilidad el que cuente en sus instalaciones, con un Motor JT8D-9A que potencie la preparación técnico - profesional de sus estudiantes, de modo que estudiantes y maestros puedan visualizarlo y comprender de mejor manera los diversos componentes e instrumentos de que está compuesto en un ámbito real y práctico, que es con lo que se van a encontrar los futuros profesionales.

El contar cada vez con más recursos didácticos como lo es un Motor JT8D-9A, servirá para el perfeccionamiento de las destrezas previamente aprendidas en las aulas y elevará el nivel de formación académica, lo cual redundará en un mejor desempeño de sus profesionales, incrementando de ésta manera el prestigio de la Institución.

Con ésta idea se guió la investigación anterior a la elaboración de este proyecto, donde se pudo conocer mediante encuestas a estudiantes, que por sobre los

recursos tradicionales (libros, folletos, transparencias, diapositivas, etc...) eran los recursos didácticos que llegaban al estudiante por sus sentidos visuales; sin embargo, creemos que es de suma importancia el contar también con una enseñanza práctica para reforzar los conocimientos adquiridos en las aulas de la Institución.

También se determinó que de las alternativas existentes, la mejor es adquirir un Motor JT8D-9A, el cual es uno de los motores escuela que aun sigue operando en el avión Boeing 727 en nuestro país. Permitiendo llegar al tema de este proyecto de graduación “Desmontaje y traslado del motor izquierdo JT8D-9A del avión Boeing 727-100 con matrícula HC-BLV; desde la Base Aérea Cotopaxi hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico”. El anteproyecto indicado, se encuentra en el Anexo A y contiene la investigación mediante la cual se determinó la factibilidad de su ejecución.

## **1.2 Justificación e Importancia**

El trabajo teórico-práctico denominado “Desmontaje y traslado del motor izquierdo JT8D-9A del avión Boeing 727-100 con matrícula HC-BLV; desde la Base Aérea Cotopaxi hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico” aportará a este centro de enseñanza con procedimientos, material, instalaciones y equipos que pueden elevar el interés y mejorar el aspecto teórico-práctico del conocimiento de los estudiantes.

El presente estudio contribuirá a la comprensión de los educandos, en cuanto al proceso de desmontaje del motor de un avión, el cual será una guía de referencia considerando que las diversas aeronaves existentes en el medio, poseen características semejantes.

El que los estudiantes tengan conocimientos de los diferentes sistemas que tiene el motor JT8D-9A se derivará en un mejor desempeño en sus puestos de trabajo cuando ejerzan su profesión en los distintos repartos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

Desmontar y trasladar el motor izquierdo JT8D-9A del avión Boeing 727-100 con matrícula HC-BLV; desde la Base Aérea Cotopaxi hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar los procesos técnicos apropiados para el desmontaje seguro del motor de la aeronave.
- Implementar como material de estudio el motor JT8D-9A en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- Determinar las herramientas adecuadas para el desarrollo del desmontaje del motor izquierdo del avión Boeing 727-100.
- Recolectar información técnica sobre los sistemas de anclaje del motor izquierdo del avión para el presente estudio.
- Considerar las diversas medidas de seguridad para evitar accidentes o incidentes que afecten la integridad de las personas y por ende daños a los componentes.

## **1.4 Alcance**

El proyecto abarca el estudio del estado de situación actual del motor motivo del presente trabajo; la selección de las máquinas, equipos e instalaciones necesarias para la ejecución del proyecto; la elaboración del procedimiento de desmontaje y finalmente el desmontaje del motor de la aeronave.

El trabajo de graduación ayudará en el aumento de las cualidades académicas y prácticas de la comunidad aeronáutica lo que ayudará a su perfeccionamiento laboral, lo que contribuirá a obtener nuevas generaciones con mayor conocimiento en el campo de la aviación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Avión boeing 727-100

El avión Boeing 727-100 de matrícula HC-BLV, prestó servicios a la compañía “TAME LÍNEA AÉREA DEL ECUADOR”. La aeronave se la utilizó para proporcionar transporte aerocomercial nacional e internacional, garantizando altos estándares de calidad, a fin de obtener rentabilidad social y financiera.



**Figura 2.1:** Avión Boeing 727-100  
**Fuente:** <http://www.planepictures.net>

El avión sobrevoló durante algún tiempo el espacio aéreo, cubriendo varias rutas en las que la tripulación disfrutaba de los paisajes y atractivos desde el cielo del Ecuador.

Luego de un tiempo fue dado de baja por nuevas adquisiciones para posteriormente ser donado a la Fuerza Aérea Ecuatoriana y finalmente al Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.



**Figura 2.2:** Avión Boeing 727-100 en vuelo  
**Fuente:** <http://www.planepictures.net>

### 2.1.1 Características generales

**Tabla 2.1:** Características generales

ESPECIFICACIÓN		DIMENSIONES	
TRIPULACION	3 personas (piloto, copiloto e Ing. de vuelo)	ENVERGADURA	32,9 m
CAPACIDAD	70 asientos o un máximo de 131	LONGITUD	42,0 m
MOTOR	3 Pratt & Whitney JT8D, 62.3 KN	ALTURA	10,4 m
PESOS		RENDIMINETO	
PESO DE DESPEGUE	69 050 kg (152 230 lb)	ACELERACIÓN MÁXIMA	1010 km/h
PESO EN VACIO	38 700 kg (85 319 lb)	VELOCIDAD DE CRUCERO	930 km/h

**Fuente:** <http://www.aviastar.org>  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

## 2.1.2 “Especificaciones técnicas del Boeing 727-100

**Tabla 2.2:** Especificaciones técnicas

<b>Tipo</b>	Avión comercial y de transporte
<b>Fabricante</b>	Boeing Comercial Airplanes
<b>Primer vuelo</b>	2 de septiembre de 1963
<b>Introducido</b>	1 de febrero de 1964
<b>Usuarios principales</b>	FedEx Express, Astar Air Cargo, Capital Cargo Airlines,
<b>Producción</b>	1963 – 1984
<b>Nº construidos</b>	832

**Fuente:** [http:// www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

**Elaborado por:** Jonathan Zurita

## 2.1.3 Descripción de la aeronave

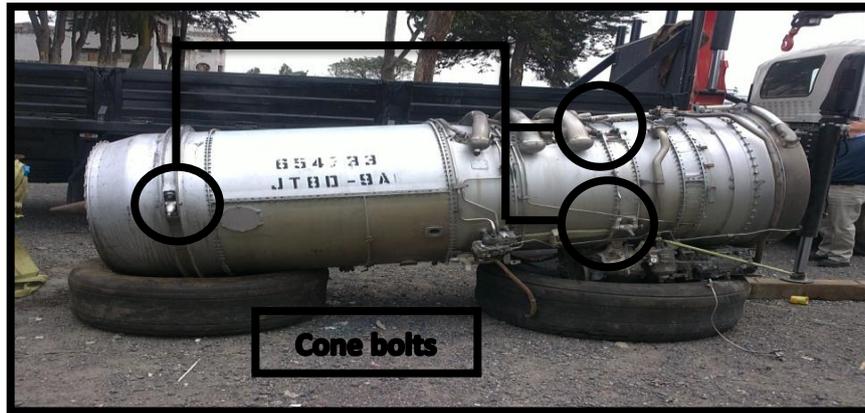
“El Boeing 727-100 es un monoplano que es impulsado por tres motores JT8D turbofán, montados en el área posterior del fuselaje.



**Figura 2.3:** Avión impulsado por tres motores

**Fuente:** <http://www.planepictures.net>

Dos motores son montados, en las nacelas convencionales, una a cada lado del fuselaje. Un motor central es montado en la estructura del fuselaje posterior. Cada motor es asegurado a las conexiones de los montantes en tres puntos. Dos cone bolts delanteros y un cone bolt posterior.



**Figura 2.4:** Cone bolts delanteros y posterior

**Fuente:** [Investigación de campo](#)

“El acceso a los componentes laterales exteriores del motor es proporcionado a través de bisagras superiores removibles y paneles inferiores las cuales pueden ser abiertas por cualquier lado.

Los accesorios más importantes instalados a cada motor incluyen una unidad accionamiento de velocidad constante (CSD), un arranque neumático (pneumatic starter) y generadores de tacómetro (N1 y N2). Un generador está montado en el CSD la unidad de accionamiento de velocidad constante.”<sup>1</sup> Las bombas hidráulicas están instaladas en los motores 1 y 2. Los sistemas de detección y extinción de fuego son provistos en cada área del motor.



**Figura 2.5:** Gear box

**Fuente:** [Investigación de campo](#)

<sup>1</sup> Manual de mantenimiento del avión Boeing 727-100. Pág. 1-3. Introducción.

Posee un tren de aterrizaje tipo triciclo operado hidráulicamente, en los que están incorporados los neumáticos y los frenos de los mismos.



**Figura 2.6:** Tren de aterrizaje tipo triciclo  
**Fuente:** [Investigación de campo](#)

## **2.2 Tipos de motores de aviación**

### **2.2.1 Motores recíprocos o de explosión**

“La aviación como la conocemos comenzó gracias a la propulsión de aeronaves mediante motores de cilindros y pistones, también llamados motores alternativos.

A pesar de que existían otros métodos y formas de propulsión, los motores permitieron una propulsión de trabajo constante, operados principalmente por gasolina.

Debido a la rudimentaria tecnología de finales del Siglo XIX, puede atribuirse en parte al desarrollo de los motores el que a comienzos del Siglo XX el vuelo propulsado fuera posible.

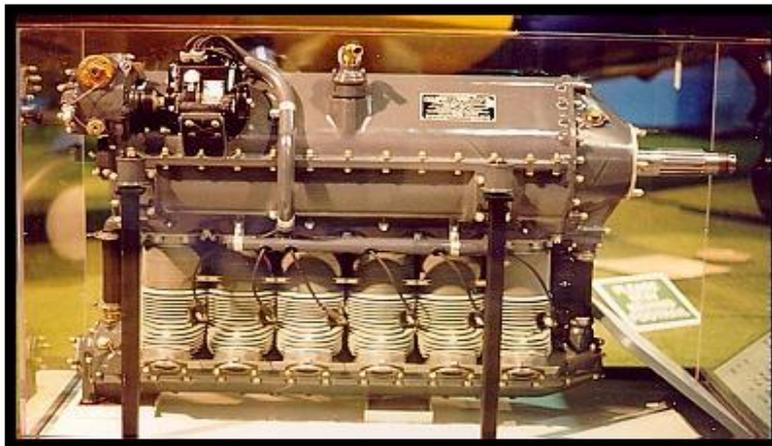
#### **2.2.1.1 Motor en línea**

Este tipo de motor tiene los cilindros alineados en una sola fila. Normalmente tienen un número par de cilindros, pero existen casos de motores de tres o cinco cilindros.

La principal ventaja de un motor en línea es que permite que el avión pueda ser diseñado con un área frontal reducida que ofrece menor resistencia aerodinámica.

Estos pueden ser refrigerados por aire o por líquido, pero lo más común es que sean refrigerados por líquido porque resulta difícil obtener un flujo de aire suficiente para refrigerar directamente los cilindros de la parte trasera.

Una de las desventajas de un motor en línea es que ofrece una escasa relación potencia a peso, debido a que el cárter y el cigüeñal son largos y por tanto más pesados.



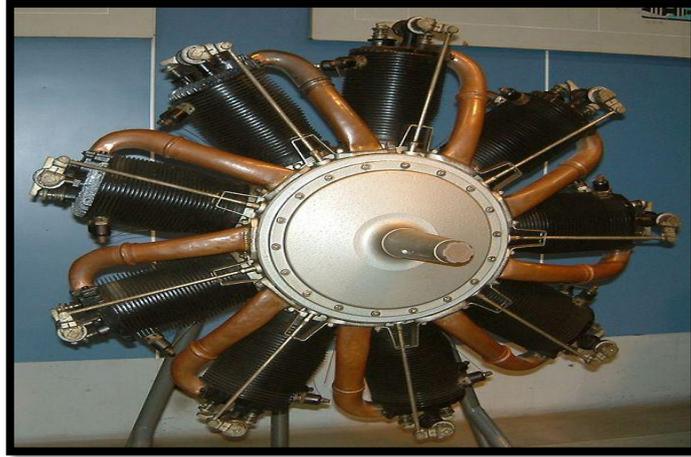
**Figura 2.7:** Motor en línea de seis cilindros.

**Fuente:** <http://es.wikipedia.org>

#### **2.2.1.2 Motor rotativo**

Los diseñadores de aviones necesitaban un motor que fuera ligero, potente, barato, y fácil de producir en grandes cantidades. El motor rotativo cumplió esos objetivos. Tienen todos los cilindros distribuidos circularmente en torno al cárter como el posterior motor radial, pero con la diferencia de que el cigüeñal está atornillado a la estructura del avión, y la hélice está atornillada a la carcasa del motor.

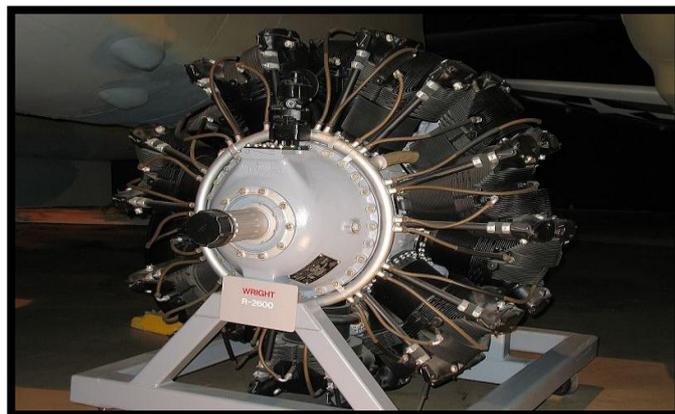
Eran motores muy poco fiables, debido a que funcionaban a máxima potencia todo el tiempo sin que pudiera controlarse el paso de gasolina (sólo se podían encender o apagar), sus componentes internos no estaban hechos para resistir varias horas de uso, tendían a sobrecalentarse por encima de 350 °C.



**Figura 2.8:** Motor rotativo.  
**Fuente:** <http://es.wikipedia.org>

### 2.2.1.3 Motor radial

Este tipo de motor tiene una o más filas de cilindros distribuidos circularmente en torno al cárter. Cada fila tiene un número impar de cilindros para que el motor tenga un buen funcionamiento.”<sup>2</sup>

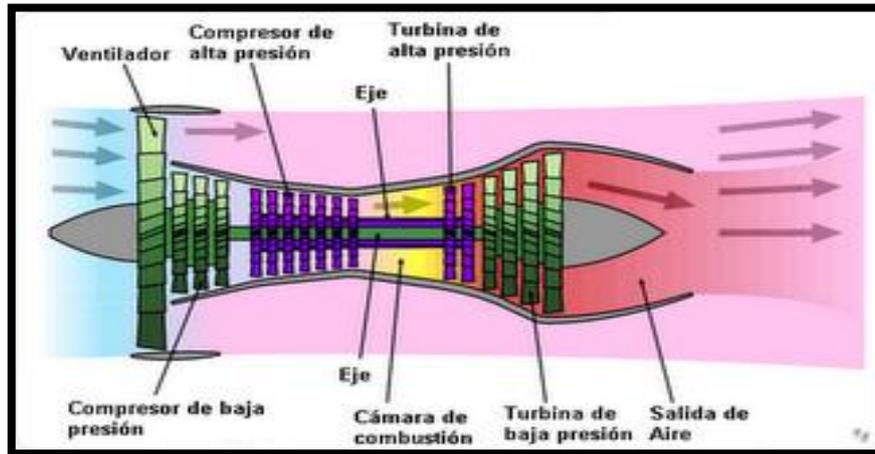


**Figura 2.9:** Motor radial.  
**Fuente:** <http://es.wikipedia.org>

---

<sup>2</sup>[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) disponible en: [http://wiki/Motor\\_aeron%C3%A1utico](http://wiki/Motor_aeron%C3%A1utico).

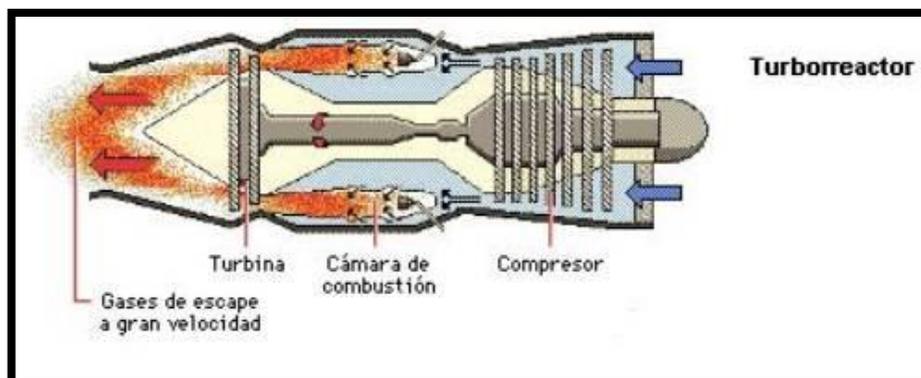
## 2.2.2 Motores a reacción



**Figura 2.10:** Motor a reacción  
Fuente: <http://www.google.com>.

### 2.2.2.1 Turborreactores

“La idea básica del turborreactor es simple. El aire es tomado desde una abertura en la parte delantera del motor este es comprimido de 3 a 12 veces su presión original en el compresor. El combustible se añade a la atmósfera y se queman en una cámara de combustión para aumentar la temperatura de la mezcla de fluidos a unos 1.100 ° F a 1300 ° F. El aire caliente resultante se pasa por una turbina que acciona el compresor.”<sup>3</sup>



**Figura 2.11:** Motor turborreactor  
Fuente: <http://www.grc.nasa.gov>

<sup>3</sup> Libro: Motor de reacción ,2007 Valentín Sainz Díez págs. 66, 48

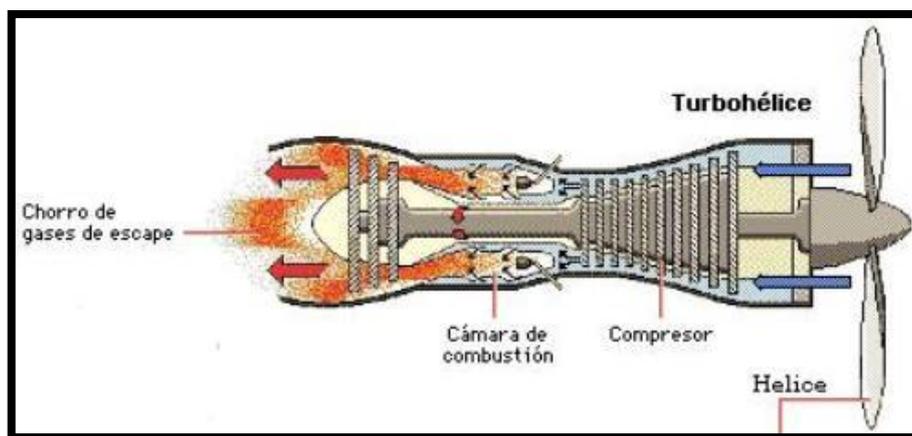
“El turborreactor es un motor de reacción. En un motor de reacción, los gases de expansión dan empuje con fuerza contra la parte delantera del motor. El turborreactor aspira el aire y lo comprime o aprieta.

Los gases fluyen a través de la turbina y la hacen girar. Estos gases rebotan y salen disparados por la parte posterior; los gases de escape empujan el avión hacia adelante.

### 2.2.2.2 Turbo hélice y turbo eje

El funcionamiento es idéntico a los anteriores. La diferencia es que en vez de usarse los gases para propulsar a chorro el aparato, se usan para mover una hélice (los gases que mueven la turbina del compresor, mueven también una turbina que mueve la hélice). Los gases proporcionan algo de empuje extra, en algunos casos, siendo la tracción proporcionada por la hélice.

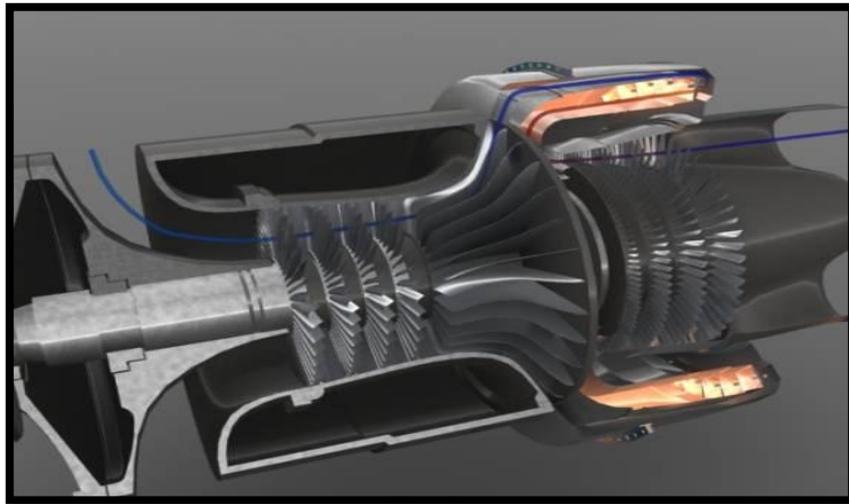
El turbo eje es idéntico al turbohélice, pero en vez de llevar acoplada la hélice, se une el eje a una caja reductora y una serie de engranajes, para transmitir el movimiento a la hélice del helicóptero ”<sup>4</sup>



**Figura 2.12:** Motor turbohélice  
**Fuente:** <http://www.grc.nasa.gov>

<sup>4</sup>[www.grc.nasa.gov](http://www.grc.nasa.gov) disponible en: <http://WWW/K-12/UEET/StudentSite/engines.html>

“El motivo de esta diferencia de motores, pese a funcionar todos de una forma similar, es debido a que cada uno de ellos proporciona un mejor rendimiento moto-propulsor en un determinado rango de velocidades. El turbohélice ha sustituido al motor alternativo (de pistones) para aviones de hélice de gran potencia, pues para una misma potencia pesa mucho menos.”<sup>5</sup>



**Figura 2.13:** Motor de helicóptero de flujo inverso

**Fuente:** <http://www.grc.nasa.gov>

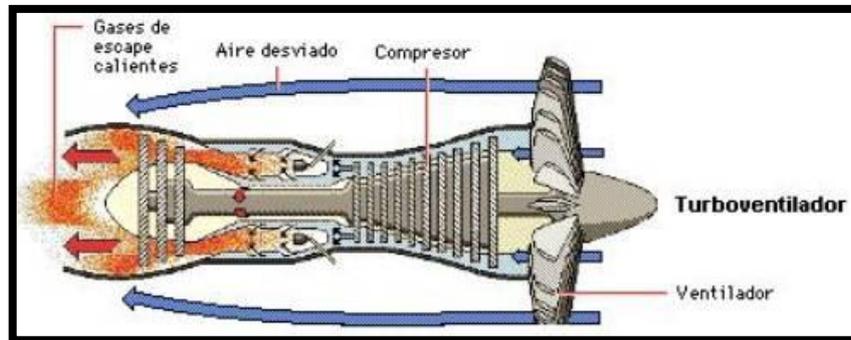
Estos motores no basan su ciclo operativo en la producción del empuje directamente del chorro de gases que circula a través de la turbina, sino que la potencia que producen se emplea en su totalidad para mover la hélice, y es esta la que genera la tracción para propulsar la aeronave.

### 2.2.2.3 Turbofán

Un motor turbofán tiene un gran ventilador en la parte delantera, que aspira el aire. La mayoría de los flujos de aire pasan alrededor del exterior del motor, por lo que es más tranquilo y da más empuje a bajas velocidades. La mayoría de los aviones de hoy en día son impulsados por turbofán.

<sup>5</sup> [www.sandglasspatrol.com](http://www.sandglasspatrol.com) disponible en <http://IGM-12oclockhigh/Motores%20a%20Reaccion.htm>

En un turborreactor todo el aire que entra en la ingesta pasa a través del generador de gas, que está compuesto por el compresor, cámara de combustión, y la turbina.



**Figura 2.14:** Motor turbofán  
**Fuente:** <http://www.grc.nasa.gov>

El objetivo de este tipo de sistema de derivación aumenta el empuje, sin aumentar el consumo de combustible. Este es el tipo de motor con el cual opera el Boeing 727-100, por ende a continuación lo analizaremos, describiremos y conoceremos su funcionamiento.

## 2.3 Motor del avión Boeing 727-100 (JT8D)

### 2.3.1 Características generales

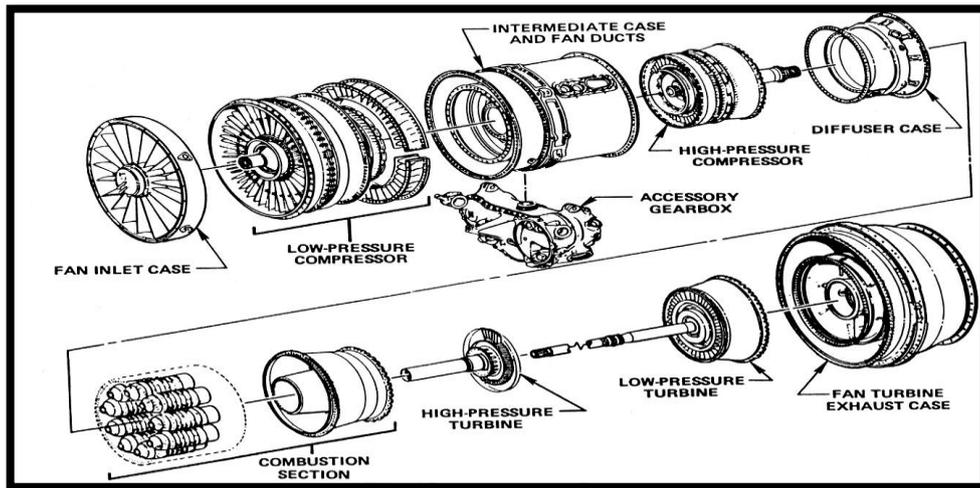
**Tabla 2.3:** Características generales

<b>Tipo</b>	Turbofán
<b>Longitud</b>	120.0 pulgadas / 3048mm - 154.1pulgadas / 3914mm
<b>Diámetro</b>	49.2pulgadas / 1250mm
<b>Peso seco</b>	3 205 lb a 3 500 lb
<b>Compresor</b>	Flujo axial de 13 etapas: 2 de fan, 6 (LPC) - que incluye las dos primeras del fan y 7 (HPC)
<b>Turbina</b>	4 etapas
<b>Empuje unitario</b>	12.250 a 17.400 libras (62 a 77 kN)
<b>Compresión</b>	16:01
<b>Combustible</b>	JP1
<b>Entrada de aire</b>	320 a 331 lb/seg

**Fuente:** Manual de mantenimiento 727-100 ata 71 pág.1

**Elaborado por:** Jonathan Zurita

## 2.3.2 Componentes

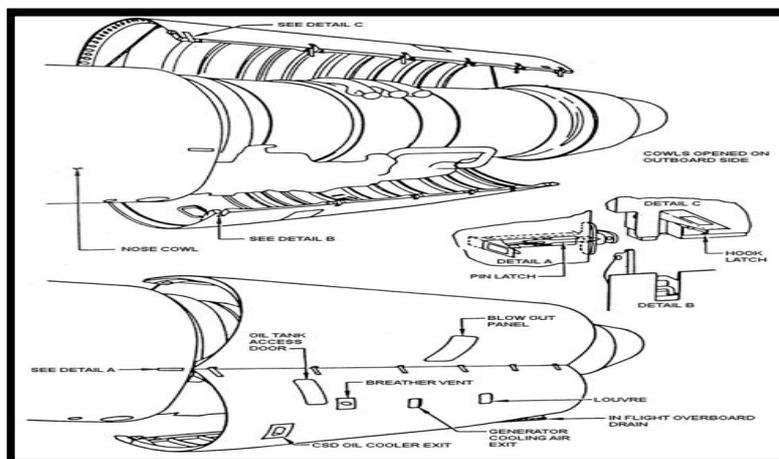


**Figura 2.15:** Componentes del motor JT8D

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

### 2.3.2.1 Cowlings

- Están divididos en dos partes que cubren al motor y protegen los componentes externos.
- Tiene las conexiones entre el motor y la aeronave para la electricidad, aire, fluidos, etc.
- Poseen puertas para inspecciones.
- Proporcionan flujo de aire aerodinámico.



**Figura 2.16:** Cowlings

**Fuente:** Manual de mantenimiento Boeing 727, 12-30-00, pág.46

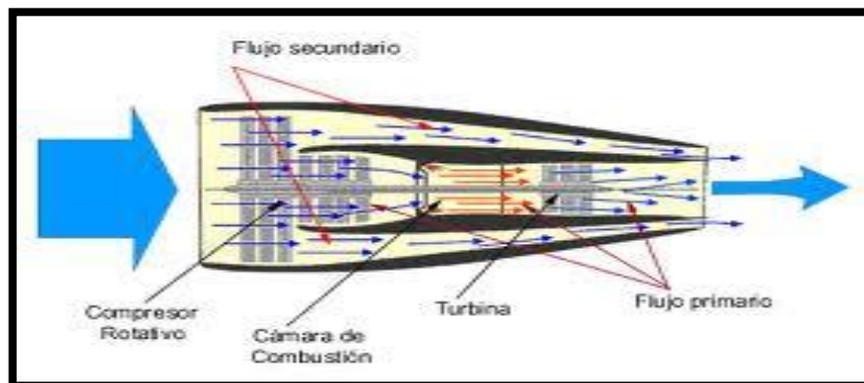
### 2.3.2.2 Fan

“El motor del avión Boeing 727-100 tiene un fan o también llamado turboventilador, en la parte frontal del motor. El aire entrante se divide en dos caminos: flujo de aire primario (30%) y flujo secundario (70%) aproximadamente.”<sup>6</sup>

El flujo primario pasa a través del compresor, las cámaras de combustión y la turbina, su nivel de energía es incrementado por el compresor y las cámaras de combustión, mucha de esta energía es usada por la turbina. El flujo secundario se deriva a un conducto anular exterior y concéntrico con el núcleo el cual es utilizado para refrigerar el motor.

Los flujos de aire primario y secundario pasan a través de las dos etapas del fan y se mezclan en la tobera de escape.”<sup>7</sup>

- Diámetro de la entrada de aire: 54 pulgadas/1.37 m
- Entrada de aire= 320 a 331 lb/seg



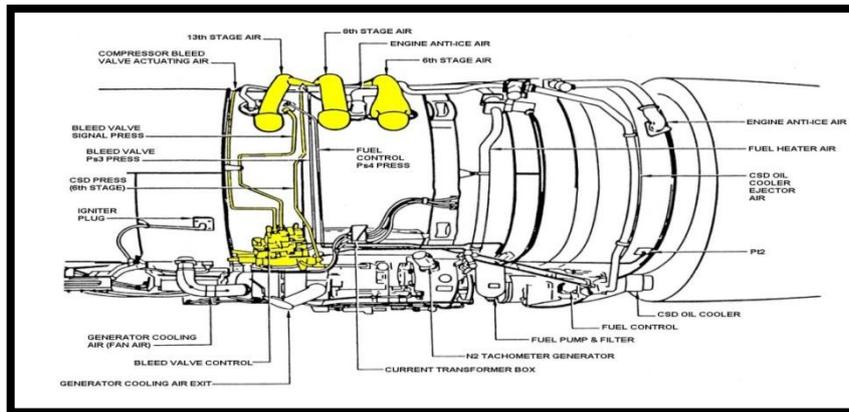
**Figura 2.17:** Esquema de flujo primario y secundario

**Fuente:** [www.http//bsas-vac.tripod.html](http://bsas-vac.tripod.html)

“Aproximadamente todo el aire secundario contribuye al empuje del motor de ahí que una mínima parte de este, sea conducido a través de las líneas de sangrado (6<sup>ta</sup> 8<sup>va</sup> y 13<sup>ava</sup> etapa), sea utilizado para aire acondicionado, anti ice y presurización.

<sup>6</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 40

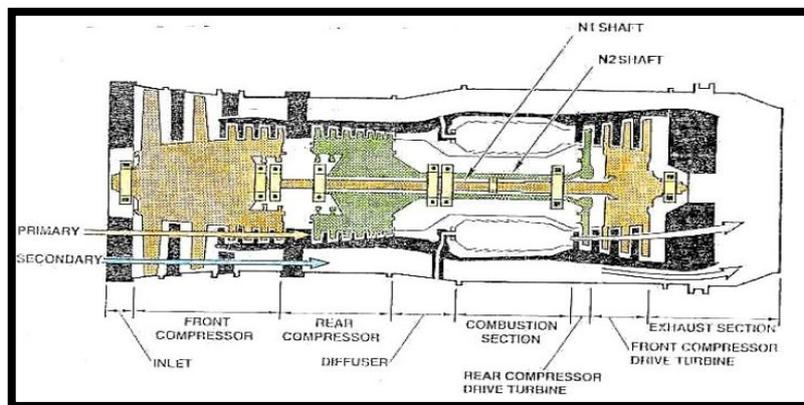
<sup>7</sup> [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net) disponible en <http://PeruvianFLy/motor-jt8-d>



**Figura 2.18:** Líneas de aire de sangrado

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 149

### 2.3.2.3 Compresores



**Figura 2.19:** El eje N1 atraviesa el eje N2

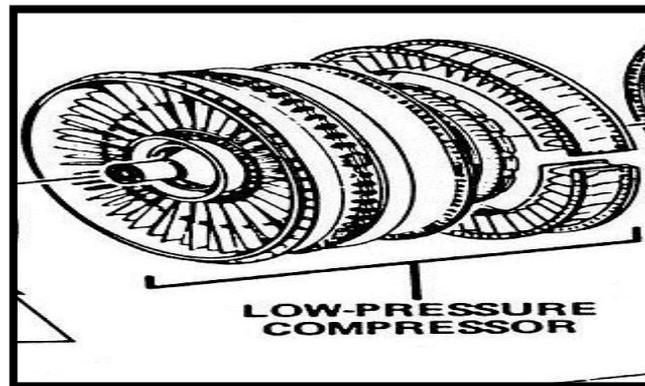
**Fuente:** <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

- La función de estos compresores es aumentar de modo significativo la presión y la temperatura del aire.
- Los compresores que utiliza este motor son Axiales
- De doble eje (coaxial)
- Un eje atraviesa el otro eje
- Tiene en total 13 etapas<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 34

### 2.3.2.3.1 Compresor de Baja (low pressure)

- También conocido como N1
- Está constituido por 6 etapas
- Gira a través del compresor de alta
- Es impulsado por la turbina de baja

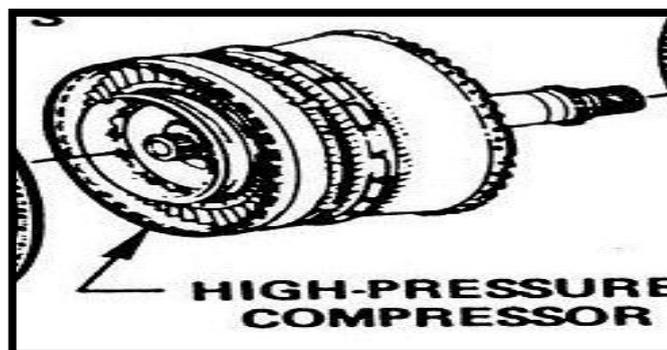


**Figura 2.20:** Compresor (low pressure)

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

### 2.3.2.3.2 Compresor de Alta (high pressure).-

- También llamado N2
- Está constituido por 7 etapas
- Es impulsado por la turbina de alta"<sup>9</sup>

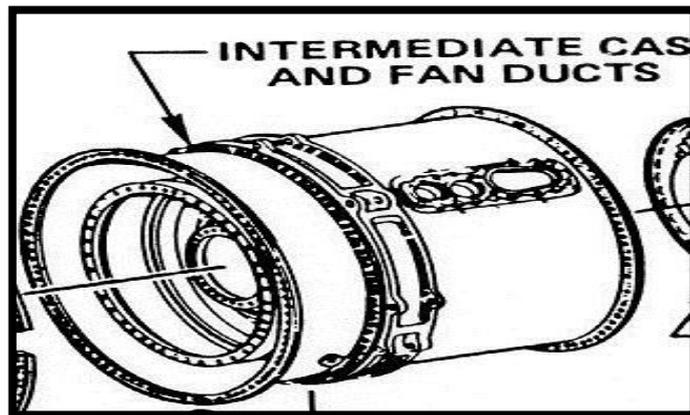


**Figura 2.21:** Compresor (high pressure)

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

<sup>9</sup> [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org) disponible en [http://wiki/Compresor \(máquina\)](http://wiki/Compresor_(m%C3%A1quina))

#### 2.3.2.4 Ducto del Fan



**Figura 2.22:** Ducto del fan

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

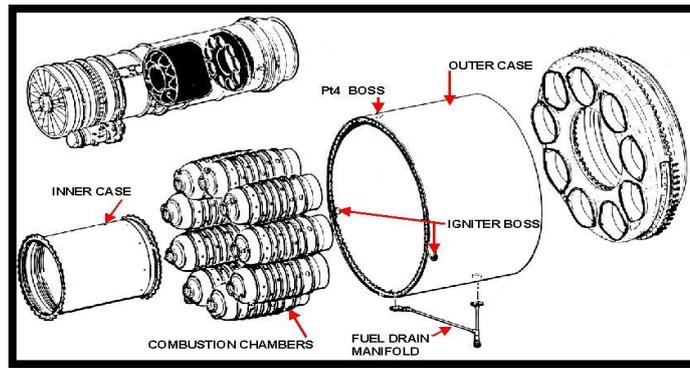
- “Viene a constituirse como un difusor divergente.
- El fan de dos etapas (parte del compresor de baja) está equipado con un ducto de descarga anular de longitud total, esto permite que el aire del fan (aire secundario) sea descargado junto con los gases de escape (aire primario) a través de un a tobera de escape o descarga común (jet pipe).”<sup>10</sup>

#### 2.3.2.5 Cámaras de combustión

- ✓ Posee 9 cámaras de combustión.
- ✓ Son de tipo Can Anular.
- ✓ Las bujías van instaladas en las cámaras 4 y 7.
- ✓ El aire entra a la cámara con una presión treinta veces superior de la que tenía en la entrada del compresor y a una temperatura próxima a los 600 °C.
- ✓ Dentro de la cámara se alcanza una temperatura superior a los 1100 °C.

---

<sup>10</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49-52



**Figura 2.23:** Cámaras de combustión

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 51

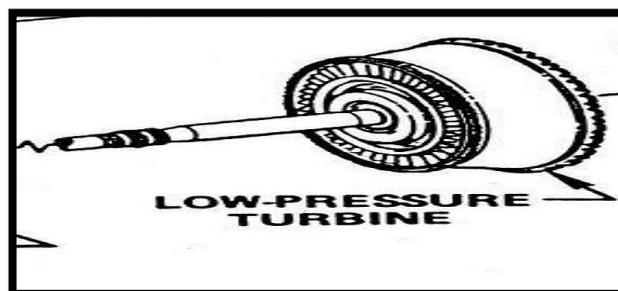
Poseen una carcasa interior y otra carcasa exterior, en esta posee un colector de drenaje de combustible. Cada cámara tiene tres tamaños de orificios de admisión de aire: el más pequeño es para refrigeración, el medio para inflamación de combustible y el más grande permite crear vacío.

### 2.3.2.6 Turbina

- “El aire caliente que sale de la cámara, pasa a través de los [álabes](#) de varias turbinas, haciendo girar diversos ejes.
- Las turbinas que utiliza este motor son **Axiales**
- Tiene en total 4 etapas

#### 2.3.2.6.1 Turbina de Baja

- ✓ Está constituido por 3 etapas
- ✓ Impulsa a compresor de baja



**Figura 2.24:** Turbina de baja (low pressure turbine)

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

### 2.3.2.6.2 Turbina de Alta

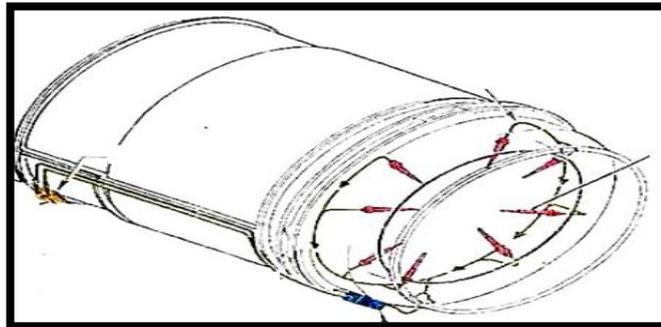
- ✓ Está constituido por 1 etapa
- ✓ Impulsa al compresor de alta



**Figura 2.25:** Turbina de alta (high pressure turbine)

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

### 2.3.2.7 Sección de Escape



**Figura 2.26:** Tobera de descarga de gases

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

- ✓ Una vez el aire caliente ha pasado a través de las turbinas, sale por una tobera por la parte posterior del motor.
- ✓ Las estrechas paredes de la tobera fuerzan al aire a acelerarse. El peso del aire, combinado con esta aceleración produce parte del empuje total.
- ✓ Conecta la salida de la turbina con una tobera de descarga para evacuar los gases y acelerarlos.

### 2.3.2.8 Caja de accesorios



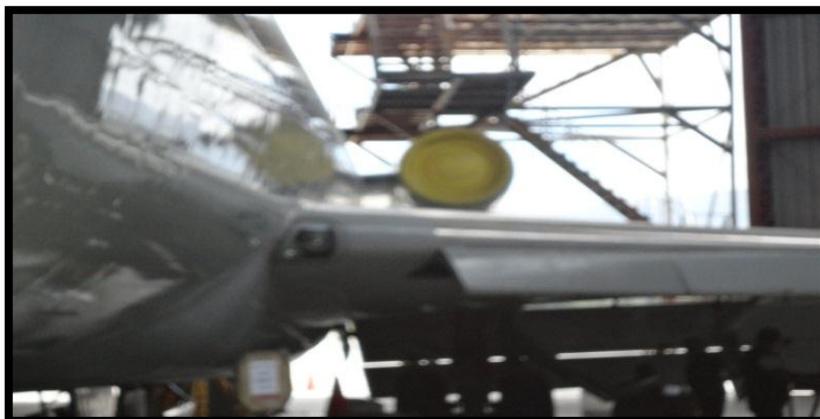
**Figura 2.27:** Caja de accesorios

**Fuente:** Investigación de campo

La caja de accesorios está ubicada en la parte inferior delantera del motor, donde se encuentran todos los engranajes que permiten el accionamiento y movimiento de los diferentes componentes del motor.

### 2.3.3 Descripción

“El sistema propulsor está compuesto por tres motores Pratt & Whitney JT8D turbofán, el motor posee dos cubiertas de fácil remoción, y diferentes equipos necesarios para la operación del mismo.



**Figura 2.28:** Motor del avión vista delantera

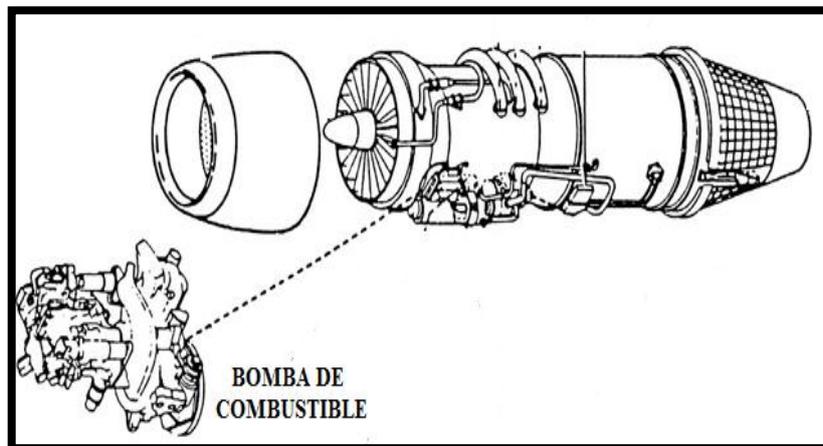
**Fuente:** investigación de campo

Los accesorios accionados por el motor son montados en diferentes partes del motor, y la caja de engranajes en la parte delantera inferior, razón por la cual consta de dos montantes de apoyo delanteros y uno posterior.



**Figura 2.29:** Motor del avión vista lateral  
**Fuente:** investigación de campo

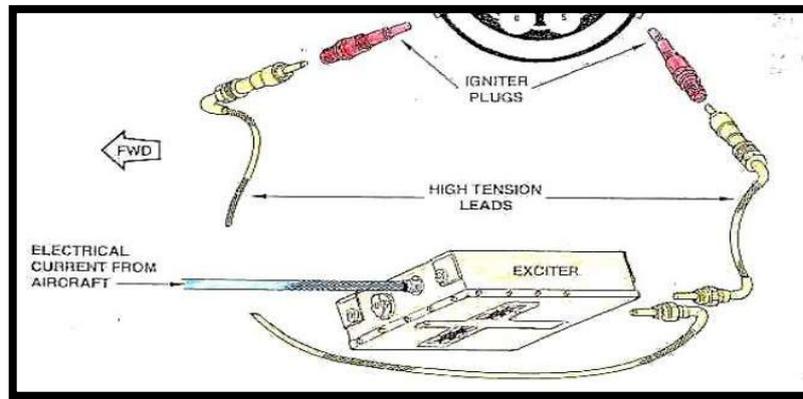
Los sistemas de arranque de la máquina proveen un medio de rotación del compresor N2 para establecer un fluido de aire a través del motor. La rotación del compresor N2 también acciona la bomba de combustible y al control de combustible del motor, para medir el combustible y la baja presión de la cámara de combustión.”<sup>11</sup>



**Figura 2.30:** Ubicación de la bomba de combustible  
**Fuente:** Manual de mantenimiento Boeing 727, 28-20-00, pág.15

<sup>11</sup> Manual de mantenimiento del avión Boeing 727-100. Parte 77-00-0, pág.1

Un sistema de ignición provee una descarga de alto voltaje para la ignición de la mezcla de aire y combustible. Cada motor tiene un sistema de aceite independiente para proveer refrigeración y lubricación a los engranajes y cojinetes del motor.



**Figura 2.31:** Cajas excitadoras

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

Un tanque de drenaje de cuatro compartimentos está montado debajo de cada motor. Las fugas de fluidos desde los sellos y chumaceras de los accesorios de la máquina son drenadas, a través de las tuberías al tanque.

Una línea de drenaje está también instalada entre el canal de drenaje de aceite y el tanque de drenaje para recoger aceite derramado durante el servicio.



**Figura 2.32:** Tubos y mangueras del motor

**Fuente:** Investigación de campo

Drenajes rápidos son provistos a lado bajo de cada compartimento del tanque para permitir drenarlo mientras la aeronave está en tierra.



**Figura 2.33:** Drenajes rápidos de las tanques

**Fuente:** Investigación de campo

“El motor turbofán JT8D utiliza la producción de gases calientes en las cámaras de combustión para dirigirlos a la turbina. Las palancas de control del motor son diseñados para proveer una máxima facilidad de control sin dispositivos automáticos, estas están localizadas en el pedestal del compartimiento de la tripulación. El sistema de control del motor es operado manualmente, y mecánicamente.”<sup>12</sup>



**Figura 2.34:** Palancas de control del motor

**Fuente:** Investigación de campo

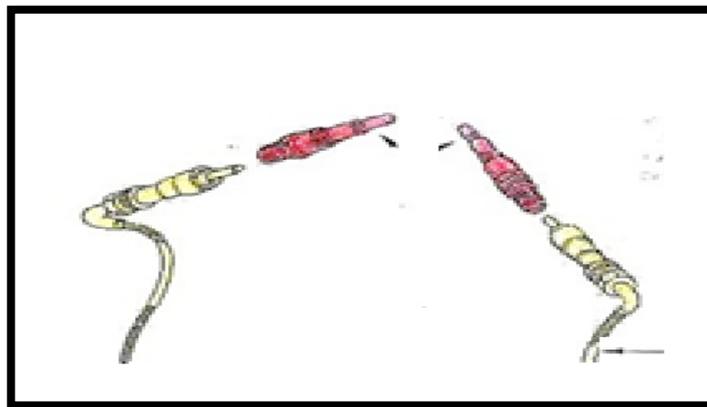
<sup>12</sup> [www.slideshare.net disponible en http://PeruvianFLy/motor-jt8-d](http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d)

## 2.4 Funcionamiento del motor

### 2.4.1 Sistema de ignición y de arranque

“El encendido y el sistema de arranque del motor está diseñado para realizar cuatro funciones principales en la operación del motor, el arranque del motor normal, volver a encender en vuelo, la prueba de ignición y escape del motor. Para empezar el arranque normal del motor, el motor de arranque gira el eje de transmisión del motor a través de un embrague y un tren de engranajes internos, que hace que el aire ingrese en los compresores y a las cámaras de combustión.

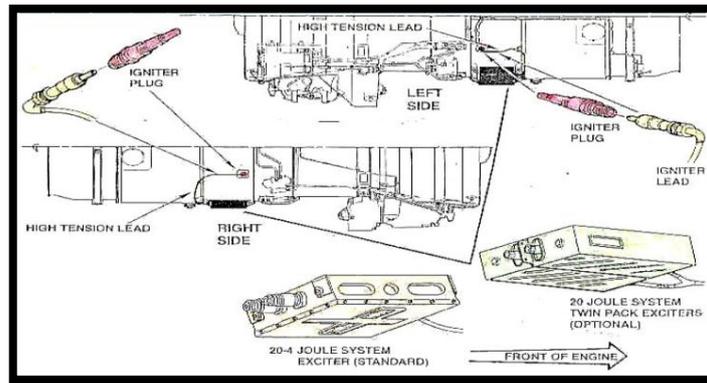
El combustible de los quemadores se mezcla con el aire y la mezcla es encendida por las bujías.



**Figura 2.35:** Bujías

**Fuente:** <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

Los tubos de interconexión entre las cámaras de combustión aseguran el encendido del motor por completo. Cuando el motor está en marcha por sus propios medios, el motor de arranque se desconecta y el circuito eléctrico se desactiva de forma automática.



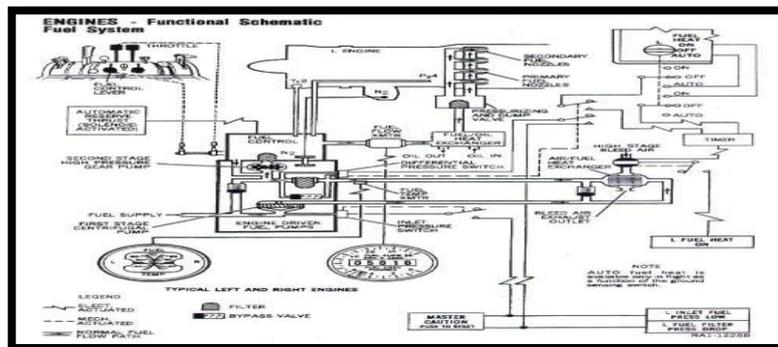
**Figura 2.36:** Sistema de ignición y arranque

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

Bajo ciertas condiciones, puede ser necesario volver a encender un motor durante el vuelo. Para encender nuevamente al motor se lo realiza sin el uso del motor de arranque, ya que la acción del viento, mueve a la hélice, lo que impulsa al motor para dar la velocidad inicial.”<sup>13</sup>

#### 2.4.2 Sistema de combustible

El sistema de combustible almacena y suministra combustible a los motores y la unidad de potencia auxiliar (APU). Componentes y controles adicionales en el sistema de combustible proporcionan una rápida alimentación y descarga de combustible en vuelo.



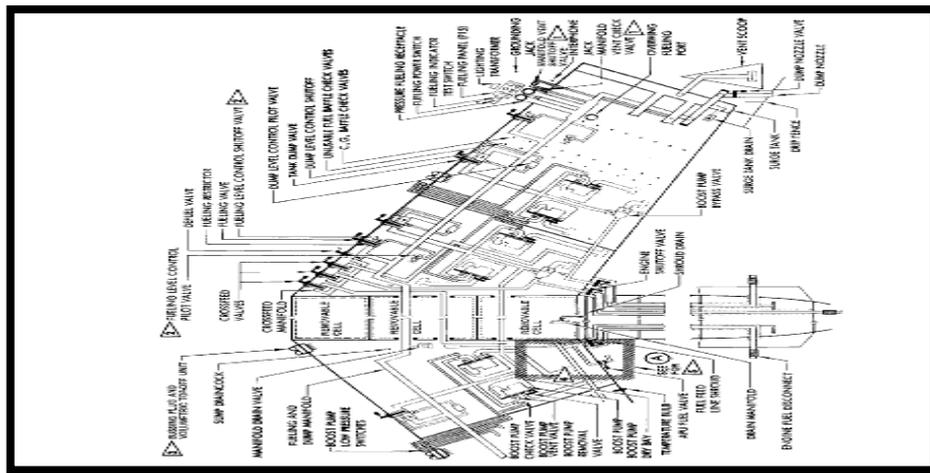
**Figura 2.37:** Sistema de combustible

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

<sup>13</sup>Manual de mantenimiento del avión Boeing 727-100. Parte 80-00, págs.1-2

Los tanques, líneas, accesorios y componentes que operan en el sistema del motor y del APU son compatibles con todos los combustibles que cumplan las especificaciones de los fabricantes.

El combustible que utiliza el JT8D-9A es el JP1. Todo el combustible está almacenado dentro de las áreas ventiladas del ala y la sección central del ala. Estas áreas de almacenamiento de combustible se dividen en tres depósitos principales.



**Figura 2.38:** Tanques de combustible

Fuente: <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>

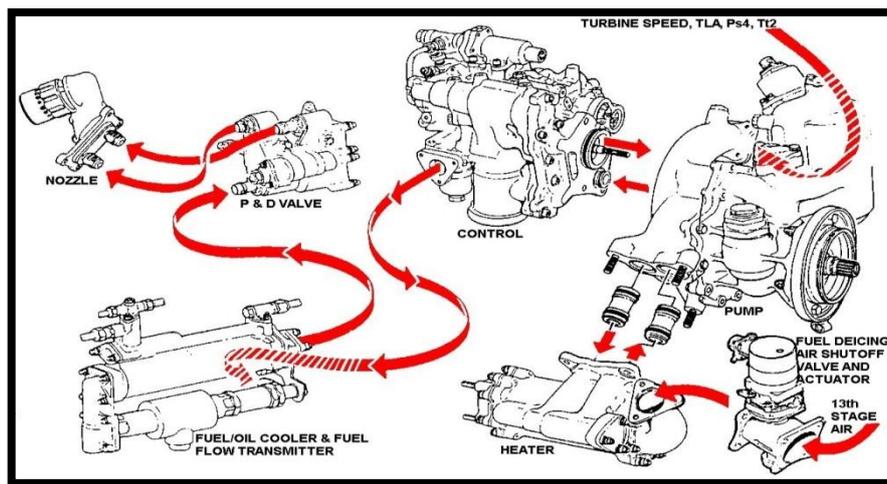
Consta de tres tanques de combustible un tanque por ala y otro central. El combustible puede ser bombeado a los tanques de una fuente de tierra a través de una estación de alimentación por presión, que se encuentra bajo las alas.

El combustible es entregado a la APU a través de una línea de alimentación por gravedad que es independiente de las líneas de alimentación de combustible del motor. El combustible puede ser descargado en vuelo a través de las boquillas de la punta del ala.

### 2.4.2.1 Control de combustible

La distribución y el sistema de control de combustible del motor JT8D consiste en una bomba de combustible impulsada por el motor y el control de combustible, un sistema de anti ice, una válvula de descarga de combustible a presión y un múltiple dividido de combustible y la entrega a nueve inyectores individuales.

El sistema entrega combustible al motor a presión y flujo adecuado según sea necesario, para obtener la salida de empuje deseada.



**Figura 2.39:** Componentes del sistema de combustible  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 84

### 2.4.2.2 Descripción

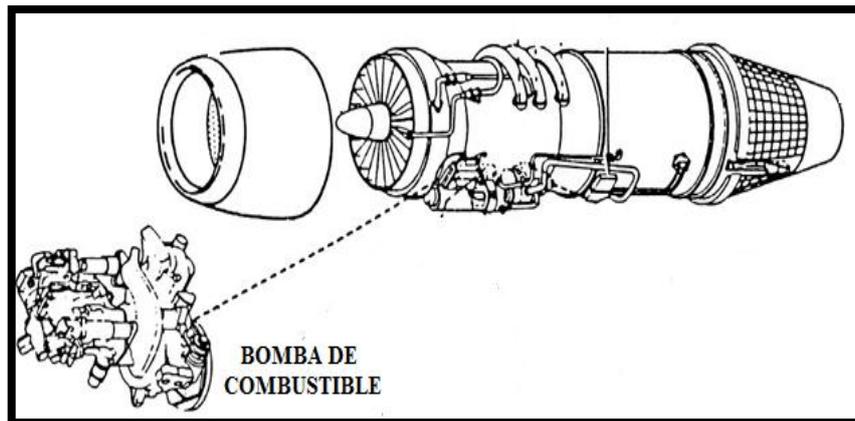
El combustible suministrado desde las bombas de combustible del avión pasa a través de una válvula de cierre del motor, situada en la parte posterior del ala y a lo largo del fuselaje junto a cada motor. Varias líneas o cañerías transportan el combustible desde el área de ala hacia los motores.

El sistema de combustible del avión entra en la primera etapa de la bomba, a continuación, pasa a través de un calentador de combustible y el filtro a la segunda etapa de la bomba de combustible. La segunda etapa de la bomba descarga el combustible a la unidad de control de combustible.

### 2.4.2.3 Componentes

#### 2.4.2.3.1 Bomba

- Encargada de dar presión al combustible y surtir a través de las diferentes cañerías.
- Tipo: centrífuga
- Capacidad: 14,500 pph
- Presión: 1000 psi



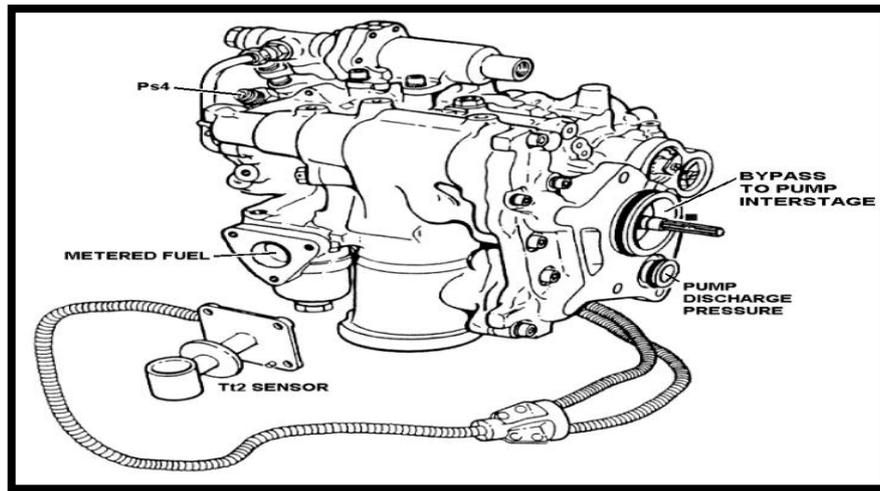
**Figura 2.40:** Bomba de combustible

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 85

#### 2.4.2.3.2 Unidad de control de combustible (FCU)

“La unidad de control de combustible (FCU) es un dispositivo hidro-mecánico de medición de combustible, diseñado para programar y controlar el flujo de combustible y así generar el empuje requerido.

El FCU consiste en un sistema de medición y cálculo. El sistema de medición selecciona la proporción de flujo de combustible para ser suministrado a las cámaras de combustión del motor de acuerdo con la cantidad de empuje gobernada por el piloto, pero sujeto a las limitaciones del funcionamiento del motor.



**Figura 2.41: FCU**

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 92

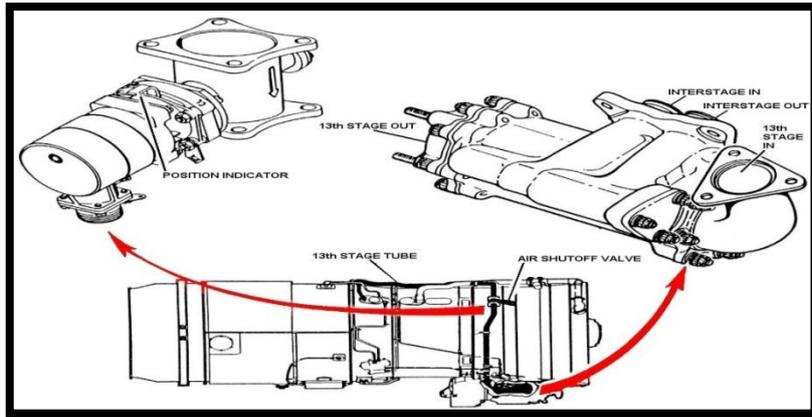
La FCU medirá combustible al motor, para controlar rpm, evitar sobrecargas durante la aceleración-desaceleración y evitar cualquier escape de combustible. La entrega de combustible es automáticamente compensada por las variaciones de altitud y el cambio en la temperatura del combustible.”<sup>14</sup>

#### **2.4.2.3.3 Sistema anti-ice del combustible**

El sistema anti-ice de combustible del motor detecta la presencia de hielo en el combustible y proporciona un calentamiento controlado para derretir el hielo del combustible.

El combustible generalmente contiene gotitas de agua suspendidas cuando la temperatura del combustible cae por debajo del punto de congelación del agua. Estas gotitas de agua suspendidas se congelan y forman el hielo. El hielo eventualmente obstruye el filtro principal de combustible y restringe el flujo normal al motor.

<sup>14</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 92, 123



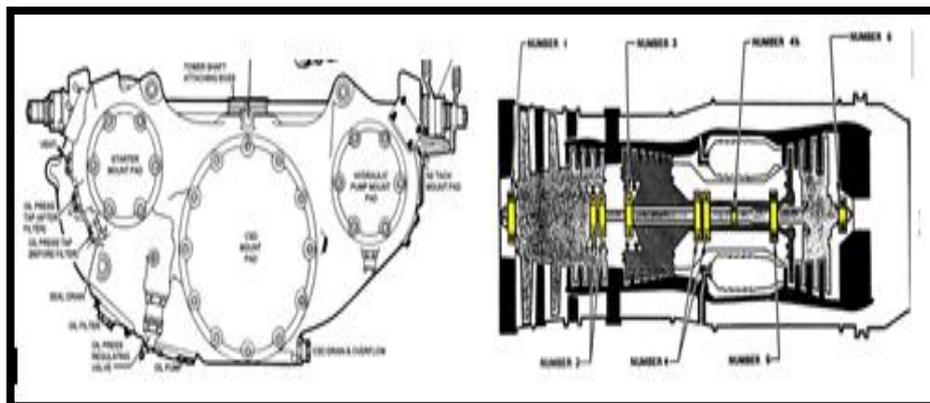
**Figura 2.42:** Sistema de anti-ice del combustible  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 88

### 2.4.3 Sistema de lubricación

El sistema de lubricación tiene tres funciones principales que son: lubricar, refrigerar y reducir la fricción de los cojinetes y la caja de accesorios. Trabaja con tres sistemas, el sistema de presurización, el sistema de recuperación y el sistema de respiradero.

El sistema de presión, suministra aceite presurizado a los cojinetes y a los mandos de accesorios del motor. El sistema de recuperación, remueve aceite desde los cojinetes y mandos de accesorios y lo envía de retorno al tanque.

El sistema de respiradero, controla la presión en el compartimiento de los cojinetes.



**Figura 2.43:** Lubricación de los cojinetes y de la caja de engranajes  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 30,95

El motor puede funcionar satisfactoriamente en cualquiera de los aceites aprobados, sin embargo, un tipo de aceite no debe ser mezclado con cualquier otro tipo de aceite, el tipo de aceite con el cual trabaja es el skydrol con especificación PWA 521 y la cantidad que almacena el tanque es de 4 galones.

### 2.4.3.1 Componentes

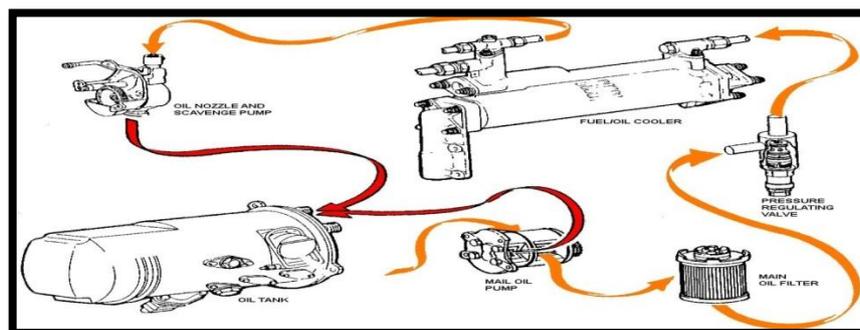
El sistema de lubricación consiste de un tanque o reservorio, una bomba de presión, un filtro de aceite, una válvula reguladora de presión, un enfriador de aceite-combustible, una bomba de recuperación y un inyector de aceite.

Cada motor está provisto con un sistema de aceite independiente que provee lubricación y refrigeración de los engranajes del motor y los cojinetes.

### 2.4.3.2 Funcionamiento

Un tanque de almacenamiento de aceite montado en la parte inferior izquierda del motor, provee una provisión continua de aceite a la bomba de presión de aceite impulsada por el motor en la caja de los accesorios. Esta bomba provee una presión de 40 a 55 psi.

El aceite refrigerado es luego distribuido a los cojinetes del motor a través de un colector de distribución y galerías formadas en la estructura del motor, la cantidad de fluido es de 35 galones/minuto.



**Figura 2.44:** Sistema de lubricación

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 123

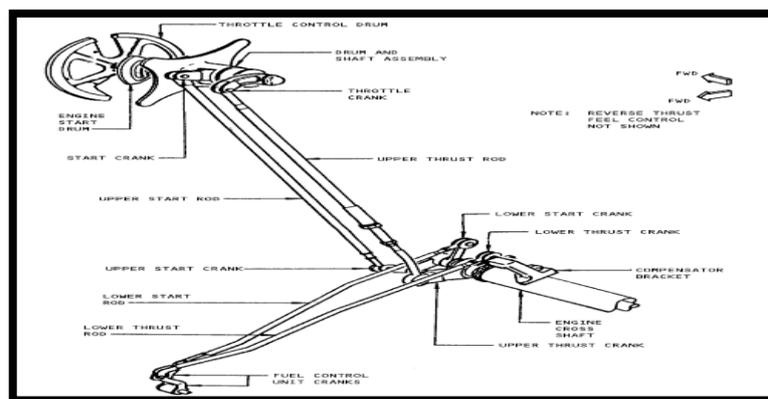
Un filtro de aceite es provisto hacia debajo de la bomba de aceite. El casquete del filtro es hecho integral con la caja de cambios de accesorios. Una cubierta removible está localizada en la parte externa de la caja de accesorios para permitir el remplazo o limpieza del núcleo del filtro. Una válvula de alivio está localizada entre la entrada y salida del filtro.

Si el filtro se congestiona o se tapa, esta válvula se abrirá y permitirá un fluido de aceite no filtrado para circular en el motor. El aceite es rescatado de las cavidades de los cojinetes del motor por tres bombas y retorna a la caja de cambios de accesorios. Desde ahí, es bombeada de regreso dentro del tanque de aceite del motor.

#### 2.4.4 Sistema de controles del motor

“Un sistema de control de accionamiento manual para cada motor proporciona control independiente de arranque y empuje del motor. El arranque de cada motor se lleva a cabo mediante el uso de una sola palanca para activar el sistema de encendido y para iniciar el flujo de combustible al motor.

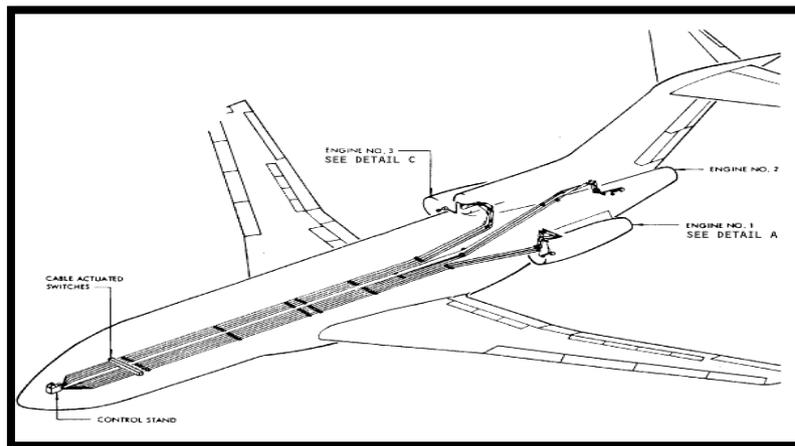
Otra palanca controla tanto el empuje hacia adelante y hacia atrás regulando el flujo de combustible y también para accionar la reversa. Un mecanismo de bloqueo impide el accionamiento simultáneo de las palancas de empuje y de la reversa de cada motor.



**Figura 2.45:** Sistema de control del motor  
**Fuente:** Manual de mantenimiento parte 76-11-00, pág.3

El sistema de control del motor consiste en una palanca de arranque y un conjunto de palanca de empuje de cada motor, conectados por una serie de cables de control del acelerador y las unidades de control de combustible en los motores.

Una palanca reguladora de empuje aplica una fuerza de frenado a todos los conjuntos de palanca durante la operación de empuje. Cada palanca de arranque del motor está conectada por cables a la unidad de tambor de impulsión.”<sup>15</sup>



**Figura 2.46:** Sistema de control del motor conectado por cables  
**Fuente:** Manual de mantenimiento parte 76-11-00, pág.2

#### 2.4.5 Sistema de indicación

“El sistema de indicación para cada motor consiste de un indicador y de un transmisor. Cada sistema provee una lectura de las condiciones de operación del motor en los indicadores localizados en la cabina de control.

Esta información habilita el monitoreo de la salida del motor y permite mantener un desempeño máximo de vuelo. El sistema de indicación tacómetro para cada motor es un circuito eléctrico cerrado que consta de un indicador y un generador tacómetro.

---

<sup>15</sup> Manual de mantenimiento del avión Boeing 727 parte 76-11-00, pág.3



**Figura 2.47:** Sistema de Indicadores del motor  
**Fuente:** Manual de mantenimiento parte 76-11-00, pág.3

El transmisor tacómetro es básicamente un pequeño alternador de tres fases (AC generador) en la cual el voltaje y la frecuencia de salida, se utiliza en función de las rpm del motor, para conducir al indicador. La corriente generada por el generador tacómetro se transmite a través del circuito al indicador en el panel de instrumentos del motor.

El sistema de indicación del motor incluye, el sistema relación de presión del motor (EPR), un sistema de tacómetro para medir la velocidad del compresor de presión baja N1 y el compresor de presión alta N2, un sistema indicador de temperatura de escape de gas EGT y un sistema de medición de flujo de combustible.

### **2.4.5.1 Sistema indicador de relación de presión**

#### **2.4.5.1.1 Transmisor**

El transmisor hace una relación entre la presión total de salida (Pt7) y la presión total de entrada (Pt2) generando señales eléctricas trifásicas correspondientes a los cambios de presión en el motor, las cuales son dirigidas hacia el indicador. El transmisor está ubicado en la parte posterior del compartimiento de accesorios del motor.

### **2.4.5.1.2 Indicador de relación de presión del motor (EPR)**

Tres indicadores de presión de torque de cada motor están montados en el panel de instrumentos del motor (P-2) en el compartimiento de vuelo. Estos instrumentos indican la relación de presión del motor en psi en respuesta a las señales eléctricas desde los transmisores montados en el motor.

### **2.4.5.2 Sistema tacómetro**

#### **2.4.5.2.1 Generador tacómetro**

La corriente es generada por el generador tacómetro y se transmite a través del circuito del tacómetro a un motor sincrónico en el indicador en el panel de instrumentos.

El generador tacómetro de N1 esta ubicado en el Nose Down de cada motor y otro generador tacómetro N2 esta situado en la Gear Box.

#### **2.4.5.2.1 Indicador tacómetro**

Hay tres indicadores tacómetro, uno para cada motor, están localizados en el panel de instrumentos (P-2) del motor. . El indicador de tacómetro N1 muestra la velocidad de rotación del compresor de baja presión. El indicador de tacómetro N2 muestra la velocidad de rotación del compresor de alta presión.

La corriente producida por el generador tacómetro es recogido por el motor sincrónico dentro del indicador y gira la aguja del indicador según las rpm y se muestra en porcentajes.”<sup>16</sup>

---

<sup>16</sup>Manual de mantenimiento del avión Boeing 727. Parte 77-10. Págs.1,2

### **2.4.5.3 Temperatura de los gases del motor (EGT)**

“El sistema de indicación de temperatura consiste en un indicador, de 12 termopares conectados en paralelo para cada motor, junto con los conductos necesarios y arneses.

Los termopares son instalados en la parte delantera intermedia de los álabes guía de escape y su función es de producir una fuerza electromotriz proporcional a la temperatura a la que están sometidos. El sistema es independiente del sistema eléctrico del avión.

#### **2.4.5.3.1 Indicador de temperatura**

Hay tres indicadores de temperatura, una para cada motor, están situados en el panel de instrumentos del motor (P2). Cada indicador es, en efecto, un mini voltímetro calibrado en grados centígrados.

## **CAPÍTULO III**

### **DESMONTAJE DEL MOTOR IZQUIERDO**

#### **3.1 Preliminares**

Se procedió a desmontar el motor atendiendo lo indicado en el Manual del Avión, con la asesoría directa de técnicos y el tutor del proyecto.

#### **3.2 Herramientas empleadas**

Las herramientas necesarias para esta tarea fueron las siguientes:

- Llaves mixtas y copas, (5/8,13/16,5/16,9/16,3/8,7/8)
- Escaleras de aproximadamente 12 pies de largo.
- Destornilladores planos y de estrella
- Grúa móvil con una capacidad 2 toneladas (4400 lb), capaz de extenderse aproximadamente 20 pies (6 m).
- Fajas.
- Marcador de tinta indeleble.

### **3.3 Equipos de protección personal necesarios**

- Ropa de trabajo
- Guantes de seguridad mecánica.
- Protectores auditivos.
- Gafas de seguridad

### **3.4 Medidas de seguridad**

- Poseer a la mano los respectivos manuales a utilizar para seguir los procedimientos de trabajo.
- Los equipos de elevación como tecles o grúas deben de tener capacidades de movimiento vertical, lateral y longitudinal para permitir mover al motor durante el desmontaje o instalación.
- Emplear un gato hidráulico en el fuselaje posterior o un apoyo posterior debajo del fuselaje, a fin de evitar posibles inclinaciones del avión, debido al peso del personal de mantenimiento sobre los soportes del motor y el tecele elevador del motor en el área de la cola del avión.
- Antes de que un motor es desmontado o instalado, todos los orificios deben ser bloqueados con tapones. Utilizar tapones exteriores en todos los orificios. No utilice plugs internos.
- Inspeccionar visualmente los soportes de motor, laterales, delanteros y traseros, largueros de uniones, las conexiones de los soportes incluyendo los soportes de la estructura relacionados, o cualquier evidencia de tornillos flojos, hendiduras, rajadura, o daños visibles.
- Mantener el área de entrada libre de suciedad, aceite y grasa y elimine todas las partes no utilizadas, tales como tuercas, arandelas, y trozos de alambre de freno.

- Usar el overol de trabajo, así como también gafas protectoras, guantes resistentes para protección personal.
- Tener en cuenta la protección auditiva, debido a que se trabajó en el aeropuerto donde existe ruidos provenientes de aeronaves que se encuentran en operación.

### **3.5 Procedimiento de desmontaje del motor**

Para el desmontaje del motor izquierdo del avión Boeing 727-100, en primera instancia se empleó las órdenes técnicas del respectivo manual, la ropa de trabajo y los equipos de protección personal necesarios, conforme a los requerimientos.

Debido a que el avión del cual el motor iba a ser desmontado, se encontraba en condiciones ya no operativas desde hace varios años, no se siguió paso a paso las órdenes del manual de desmontaje.

A continuación, describo todos los pasos que se tienen que seguir con sus respectivas fotografías, para el desmontaje del motor.

1. Con el avión en tierra haga una conexión aeronave-tierra



**Figura 3.1:** Conexiones aeronave-tierra  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se colocó dos cables de conexión a tierra, uno a la argolla de remolque del tren de nariz, otro a la argolla del tren principal derecho y luego a la conexión a tierra.

2. Cerrar la válvula shutoff de emergencia.



**Figura 3.2:** Switch de la válvula shutoff  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se verificó que todas las válvulas estén cerradas para no tener problemas con los demás componentes y no existan derrames que puedan incurrir en problemas para el personal que se encontraba laborando.

3. Posicionar a OFF los switches de la batería y de la planta externa, luego desconectar la planta externa.



**Figura 3.3:** Switches de la batería y de la planta externa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se procedió a poner en off los switches de la batería y de la planta externa, para evitar que pase energía eléctrica en el momento del desmontaje, luego se señaló con una tarjeta de no operar la toma de energía eléctrica externa.

4. Chequear que la start levers del motor 1 estén en posición CUTOFF.



**Figura 3.4:**Start levers del motor 1 en posición CUTOFF.  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se revisó que la start levers número uno esté en posición cutoff que es un corte mecánico el cual no permite que se active el sistema de ignición.

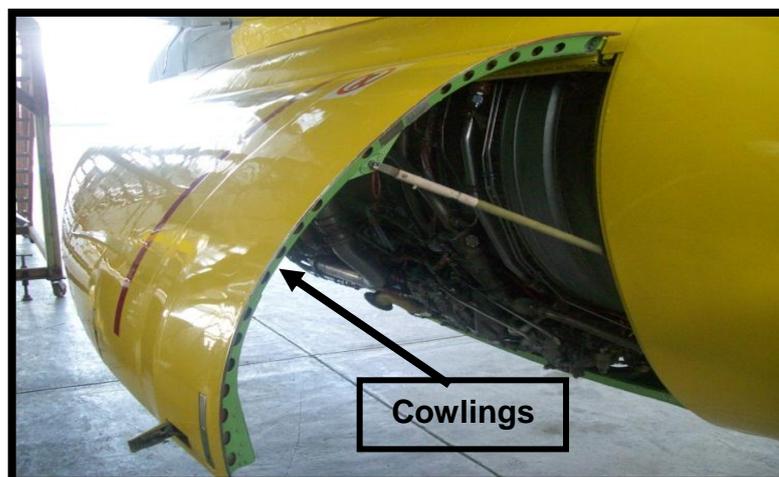
5. Despresurizar el Sistema Hidráulico A de la siguiente manera:



**Figura 3.5:** Palanca para despresurizar el Sistema Hidráulico A  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

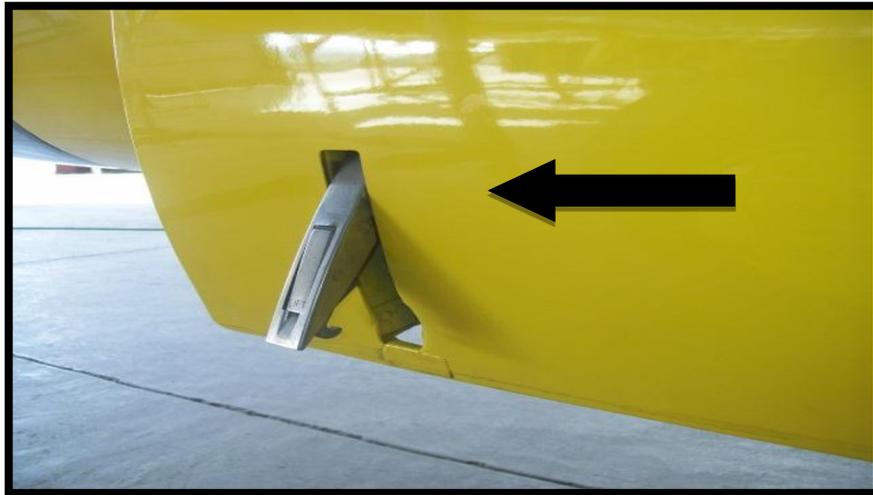
Primeramente se abrió la puerta de acceso hidráulico 3501 la cual se encuentra en la parte inferior posterior tras la envergadura del ala izquierda, y se procedió a despresurizar el sistema A, luego se despresurizo el reservorio del mismo para lo cual se utilizó un contenedor para recoger cualquier fluido atrapado en la tubería.

6. Desmontar los Cowlings de la siguiente manera:



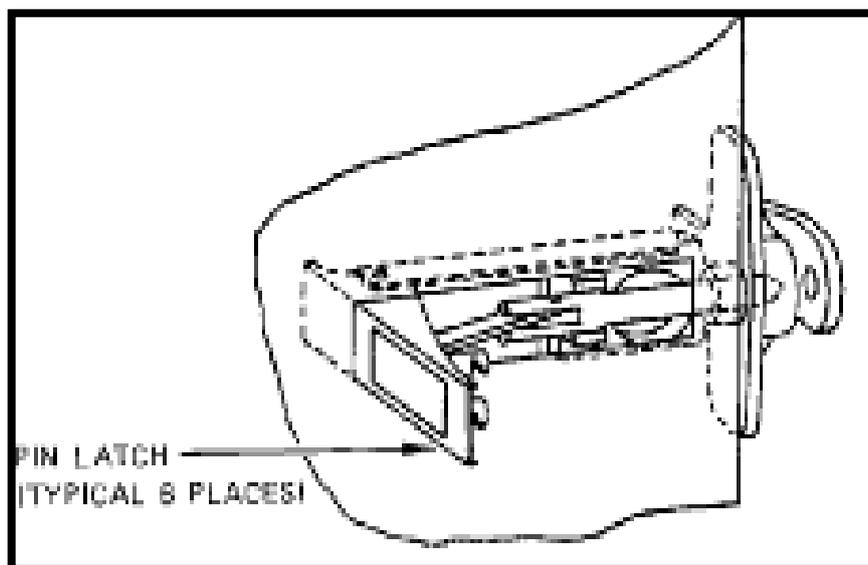
**Figura 3.6:** Desmontaje de los Cowlings  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se abrió el seguro lateral exterior del nose cowl, presionando la palanca del disparador del mecanismo y luego halándolo.



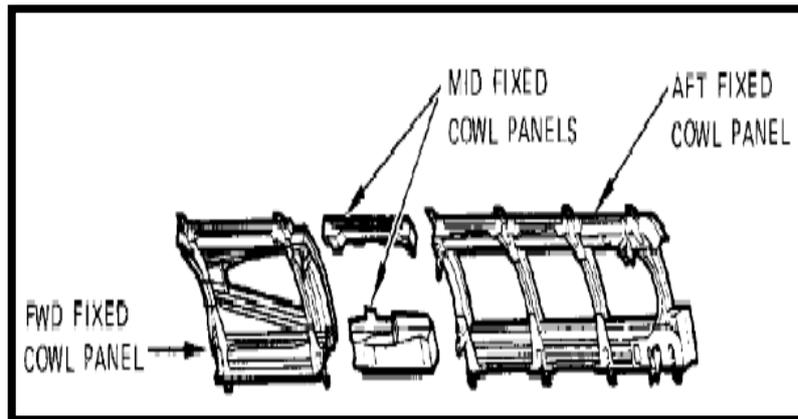
**Figura 3.7:** Seguros de los Cowlings  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Luego se liberó la tensión de los 6 seguros exteriores de los cowl panels laterales, insertando un destornillador plano en la ranura del seguro y halando hacia arriba.



**Figura 3.8:** Bisagras de los seguros de los Cowlings  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

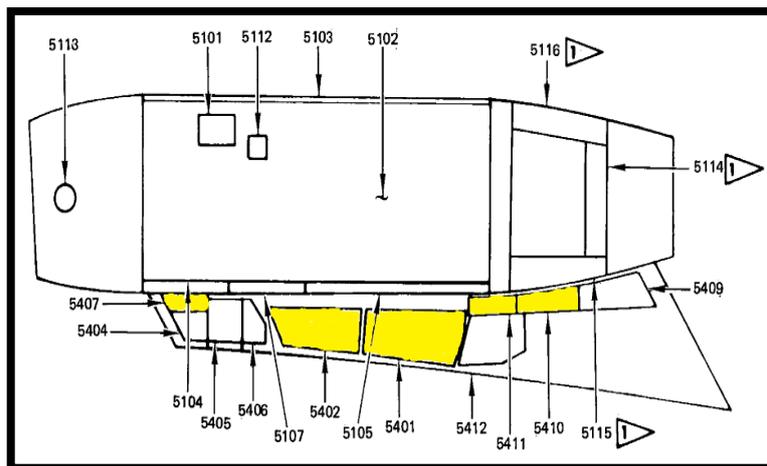
7. Retirar los paneles fijos superiores e inferiores de la mitad del motor.



**Figura 3.9:** Paneles fijos  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se retiró los pernos de los paneles fijos inferior y superior para ello se utilizó una copa profunda de 5/8 pulgadas.

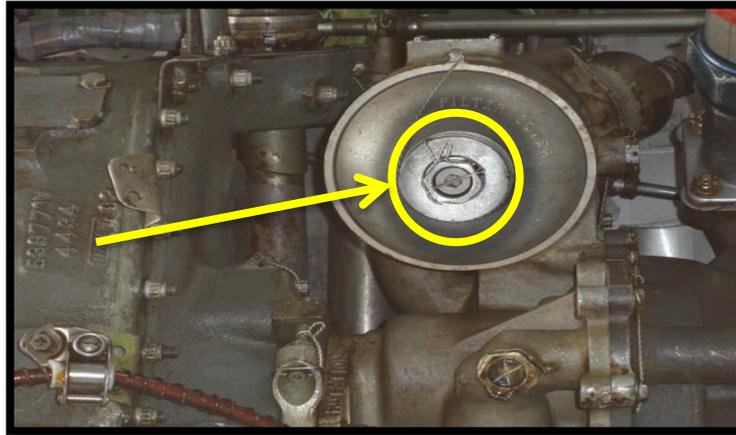
8. Retirar los paneles de acceso al montante del motor como se indica a continuación:



**Figura 3.10:** Paneles de acceso al montante del motor  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se procedió a retirar los paneles de acceso al montante del motor con un destornillador estrella de acuerdo al capítulo 12 de paneles y puertas, luego se los marco respectivamente.

9. Drenar el combustible del motor,

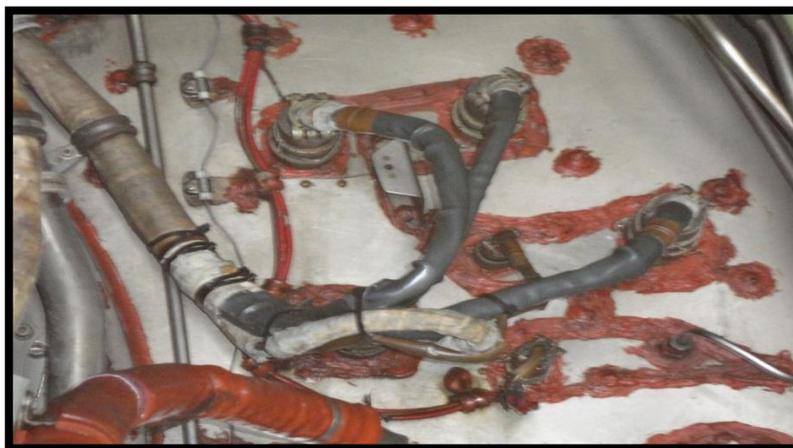


**Figura 3.11:** Puerto de drenaje de combustible  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se abrió el puerto de drenaje debajo del filtro de combustible, para ello se utilizó una llave de boca 13/16 pulgadas.

Además se tomó precaución teniendo a la mano un contenedor de al menos 5 galones de capacidad para el combustible drenado.

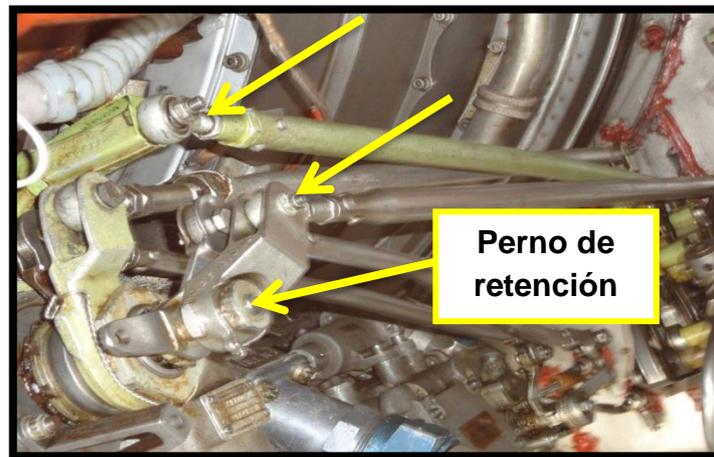
10. Desconectar los cinco conectores eléctricos situados en el borde de ataque del strut.



**Figura 3.12:** Conectores eléctricos  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se desconectó los 5 conectores eléctricos del motor los cuales permiten accionar los diferentes componentes como bombas, generadores, etc. Para lo cual se utilizó solamente la mano en algunos y en otros una llave de pico.

11. Desconectar el engine start y las varillas de control de empuje del motor (thrust control rods)



**Figura 3.13:** Varillas de control de empuje del motor  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se desconectó las varillas de control de empuje y el engine start de la conexión del eje transversal del motor a la caja de accesorios y a los cigüeñales en el soporte del motor, para ello se utilizó una llave de 1/2 pulgada para sacar un perno de retención.

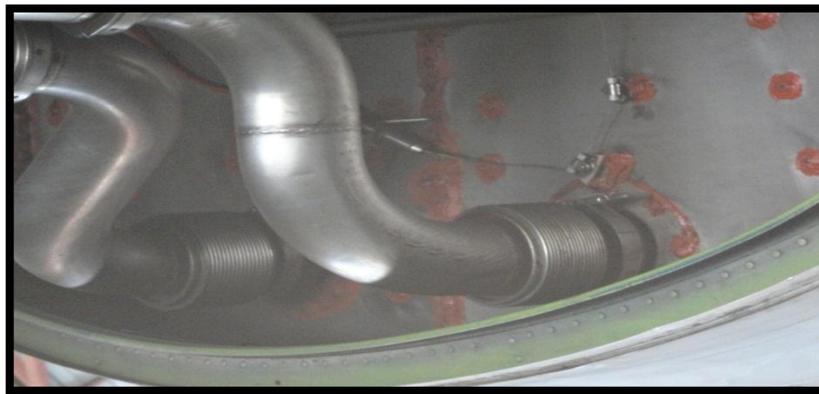
12. Desacople la manguera de suministro de combustible del motor



**Figura 3.14:** Manguera de suministro de combustible  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se desacopló la manguera de suministro de combustible del lado derecho del motor, utilicé una llave de pico con mucho cuidado ya que estas conexiones son muy delicadas, además se desconectó 2 terminales de conexión a tierra en el anillo del soporte delantero del motor.

13. Desconectar las abrazaderas de los ductos de suministro de aire acondicionado y de anti-ice.



**Figura 3.15:** Ductos de suministro de aire acondicionado y de anti-ice  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se abrieron las abrazaderas que sujetan a los ductos de aire acondicionado y anti-ice empleando una llave de 5/16 pulgadas, también se separó las conexiones a tierra.

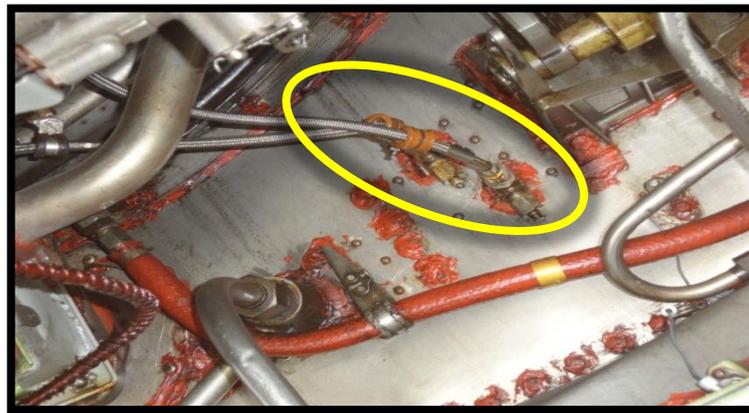
14. Desacoplar la línea de suministro de la bomba hidráulica, la línea de presión y la línea de retorno.



**Figura 3.16:** Línea de suministro de la bomba hidráulica, línea de presión y línea de retorno  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Con la ayuda de una llave de pico se pudo desacoplar las líneas hidráulicas de presión, de retorno y la línea de suministro de la bomba. Cabe recalcar que se tenía que tener a la mano un guaipe con que limpiar ya que se podía derramar una pequeña cantidad de fluido hidráulico.

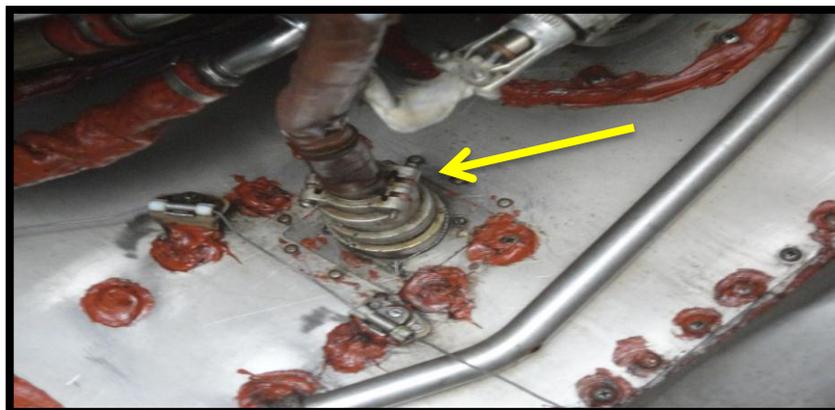
15. Desconectar las líneas censorsas de presión de entrada y salida del motor del sistema EPR.



**Figura 3.17:** Líneas censorsas de presión de entrada y salida del motor  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Al desconectar las líneas censorsas de presión de entrada y salida del motor del sistema EPR se utilizó una llave 9/16 pulgadas.

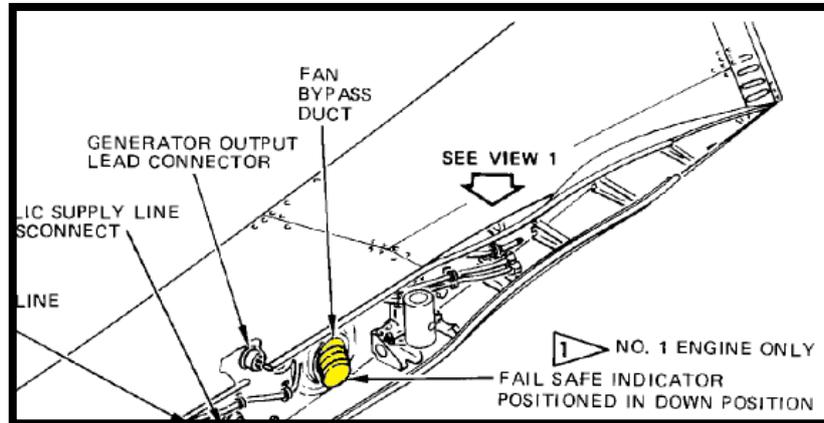
16. Desconectar el conector del cable de salida del generador.



**Figura 3.18:** Conector del cable de salida del generador  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

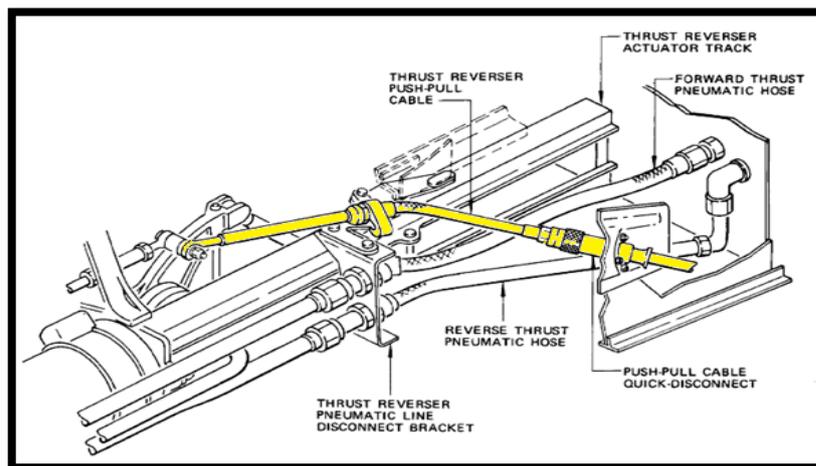
Se desacopló el cable de salida del generador recurriendo a una llave de pico.

17. Desacoplar las abrazaderas de retención del ducto del fan.



**Figura 3.19:** Abrazaderas del ducto del fan  
Elaborado por: Jonathan Zurita

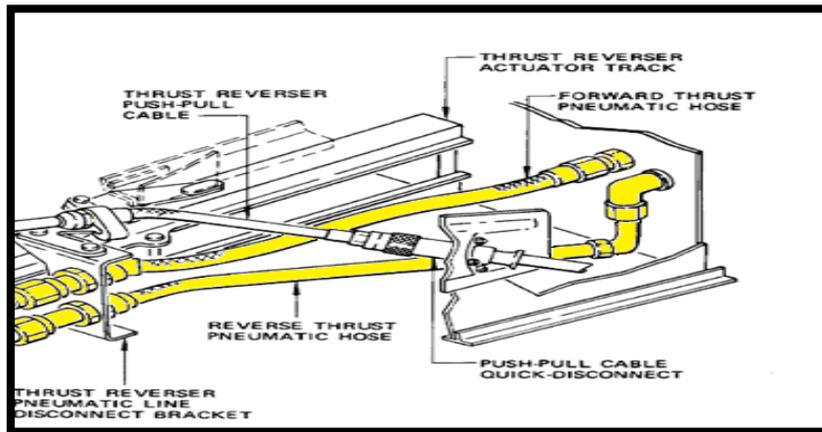
18. Desacoplar el push-pull cable.



**Figura 3.20:** Push-pull cable  
Elaborado por: Jonathan Zurita

Se desacopló el push-pull cable para esto se usó una llaves 3/8 pulgadas, al realizar esto se aísla a las deflector door de las reversa.

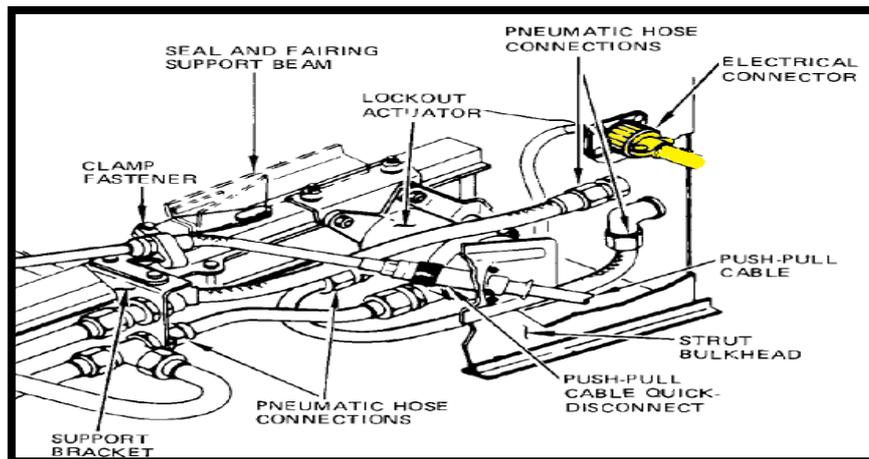
19. Desacople las dos mangueras neumáticas del actuador de la reversa.



**Figura 3.21:** Mangueras neumáticas del actuador de la reversa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se procedió a desconectar las dos mangueras neumáticas del actuador de la reversa para que así no se active la reversa del motor, para ello se utilizó una llaves de 9/16 pulgadas para aflojar las conexiones de las mangueras.

20. Desconecte la conexión eléctrica de la reversa.



**Figura 3.22:** Conector eléctrico de la reversa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se desconectó el terminal que suministra energía eléctrica a la reversa, antes de esto se desajustó la abrazadera que lo sujeta al mamparo.

Se tuvo en cuenta que es una conexión rápida y hay que tener en cuenta q hay que realizarla con mucho cuidado tanto al desconectarla y también al instalarla.

21. Poner en posición la grúa.



**Figura 3.23:** Ubicación de la grúa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se colocó en posición una grúa hidráulica con una capacidad mínima de 2 toneladas (4400 lb), capaz de extenderse aproximadamente 20 pies (6 m), para luego sujetar el motor con las fajas de la misma, se tuvo mucho cuidado al ubicar la grúa ya que debíamos de ver si topábamos o rozábamos la estructura del avión.



**Figura 3.24:** Colocación de las fajas y gancho de la grúa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Ya ubicada la grúa se procedió a colocar las fajas y a sujetarlas al brazo hidráulico. Se utilizó unas fajas hechas de poliéster, de color verde que tiene una carga límite de trabajo de 4000 kg (8 800 lb) y además se usó un gancho de aleación de acero para el levantamiento del motor.

Remueva las tuercas y las arandelas de los tres puntos de sujeción del motor



**Figura 3.25:** Remoción de la tuerca y de las arandelas de los montantes  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Una vez sujeto el motor a las fajas de la grúa se verificó que el peso este equilibrado de acuerdo a la colocación de las fajas, se procedió a tensionar las fajas para luego remover las tuercas y las arandelas de los tres puntos de sujeción del motor.

22. Mover hacia afuera hasta que los cone bolts salgan de los montantes.



**Figura 3.26:** Desmontaje del motor  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Luego de aflojar las tuercas, con mucho cuidado se movió el brazo hidráulico lentamente hacia afuera hasta que los cono bolts salgan de los montantes y el motor fue liberado.

### 3.6 Traslado del motor

Ya una vez desmontado el motor se llevo a cabo el traslado del mismo hacia el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, para lo cual se recurrió a la misma grúa.



**Figura 3.27:** Traslado del motor  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Se tuvo mucho en cuenta el trayecto a recorrer por la grúa y por la misma razón las medidas de seguridad, por último se bajó el motor con mucho cuidado y se lo asentó en neumáticos.



**Figura 3.28:** Motor asentado en neumáticos  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

Luego de haber bajado el motor fue cubierto para evitar que algún objeto extraño ingrese a este conjunto y pueda provocar algún daño de sus componentes

Una vez desmontado y trasladado el motor hacia el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico este formó parte como Herramienta y Máquina de estudio, posteriormente se efectuó un trabajo de grado, el mismo que consistía en el seccionamiento del motor; por consiguiente, se cumplió con el objetivo de esta tesis.



**Figura 3.29:** Motor seccionado  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

### **3.7 Estudio económico**

El estudio económico que a continuación se detalla es de suma importancia y de igual forma necesario para tener un conocimiento real del costo del desmontaje del motor, todos los valores detallados son en dólares americanos.

#### **3.7.1 Presupuesto**

Al inicio se presentó en el desarrollo del anteproyecto un estudio económico para poder elaborar el presente proyecto de grado con un valor estimado de \$ 550.00, a continuación se detalla el costo del desmontaje del motor izquierdo del avión Boeing 727-100.

- **Costos primarios:** Herramientas y equipo, mano de obra, costos varios.
- **Costos secundarios:** Papelería en general.

### 3.7.1.1 Costos primarios

**Tabla 3.1: Herramientas y equipos**

Ítem	Canto.	Horas	Valor unitario por hora \$	Valor total \$
Juego de llaves mixtas y de copa	1	3	10,00	20,00
Grúa	1	3	100,00	300,00
Fajas	1	3	5,00	5,00
			<b>Total</b>	<b>325,00</b>

**Fuente:** Investigación directa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

**Tabla3.2: Mano de obra**

Mano de obra	Horas	Valor unitario por hora \$	Valor total \$
Colocación de eslingas y grúa	1	10,00	10,00
		<b>Total</b>	<b>10,00</b>

**Fuente:** Investigación directa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

**Tabla 3.3: Total costos primarios**

Detalle	Valor en USD
Costos herramientas y equipos	325,00
Costos mano de obra	10,00
<b>Total</b>	<b>335,00</b>

**Fuente:** Investigación directa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

### 3.7.1.2 Costos secundarios

**Tabla 3.4: Total costos secundarios**

<b>Detalle</b>	<b>Valor en USD</b>
Elaboración de textos	100.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Fuente:** Investigación directa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

### 3.7.1.3 Costo total del proyecto

**Tabla 3.5: Costo total del proyecto**

<b>Detalle</b>	<b>Valor en USD</b>
Costos primarios	335.00
Costos secundarios	100.00
<b>Total</b>	<b>435.00</b>

**Fuente:** Investigación directa  
**Elaborado por:** Jonathan Zurita

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se desmontó el motor izquierdo JT8D-9A del avión Boeing 727-100, para su traslado desde la Base Aérea Cotopaxi al campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- Se implementó el motor JT8D-9A como material de estudio en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.
- Se recolectó información técnica del motor izquierdo del avión, que permitió el desmontaje de una manera fehaciente.
- Se tomó en consideración las medidas de seguridad indicadas en el manual y gracias a esto se pudo evitar accidentes y lesiones.
- Se usó las herramientas adecuadas para todo el proceso de desmontaje del motor

## 4.2 Recomendaciones

- Cuando se realice el desmontaje del motor, tomar en cuenta que todos y cada uno de los componentes estén desacoplados o desconectados para que no obstruyan en el momento de retirar el motor.
- Tomar en cuenta que la información técnica recolectada del motor este completa para evitar inconvenientes en el desmontaje.
- Al momento de realizar cualquier procedimiento se debe contar con el equipo de protección adecuado para evitar lesiones y tener mucho cuidado en ciertos componentes al momento de desconectar ya que se pueden romper o dañar.
- La grúa y las fajas que se utilizaron para el desmontaje deben tener un factor de seguridad correcto para evitar accidentes, adicionalmente las herramientas deben estar en perfecto funcionamiento para que no dañen los componentes.

## GLOSARIO

**Aeronave:** Dispositivo que es usado para el vuelo en el aire.

**Combustión:** Acción y efecto de arder o quemar.

**Cowlings:** Cubiertas del motor.

**Desconectar:** Estado en el cual un sistema o componente no puede ser operado usando los controles operativos normales.

**Desmontaje:** Acción de desinstalar algún componente en otro lugar específico

**EPR:** Relación de presión del motor

**Factibilidad:** (Del lat. Factibilis). Adj. Que se puede hacer

**Fan:** Componente de un motor que se asemeja a un ventilador.

**FCU:** Unidad de control de combustible

**Fuerza Centrifuga:** Fuerza que tiende a alejar de un centro

**Gear Box:** Caja de accesorios del motor

**Monoplano:** Avión que solo necesita de dos alas para poder sustentarse.

**Poliéster:** Material sintético que es utilizado para diseñar fajas, correas, etc.

**Tobera:** Dispositivo que convierte la energía potencial de un fluido (en forma térmica y de presión) en energía cinética

## BIBLIOGRAFÍA

### Manuales consultados:

Manual de Mantenimiento del avión Boeing 727.

- Pág.1 Introducción.
- Parte 28-00. Pág.1.
- Parte 71-00 ,71-10
- Parte 76-11-0. Págs.1, 3.
- Parte 77-10. Págs.1, 2
- Parte 79-00-0. Págs.1, 2

### Páginas web consultadas:

- [http://www. JT8D\\_a001746001.aspx.htm](http://www.JT8D_a001746001.aspx.htm)
- [http://www. motores.html](http://www.motores.html)
- <http://www.aviastar.org/air/usa/boeing-727.php>
- <http://www.planepictures.net>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Boeing 727](http://es.wikipedia.org/wiki/Boeing_727)
- <http://www.slideshare.net/PeruvianFLy/motor-jt8-d>
- <http://www.google.com.ec>

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

# **ANTEPROYECTO**

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

Como centro de desarrollo en aviación el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico brinda carreras técnicas innovadoras tales como: electrónica, logística y transporte, seguridad aérea y terrestre, telemática y mecánica aeronáutica mención motores y aviones. Cada una de estas encaminadas a la formación de tecnólogos capaces de enfrentar las nuevas tecnologías que el futuro de la aviación trae con sigo.

Una de las dificultades con las que los alumnos del Instituto deben lidiar es la falta de materiales para reforzar sus conocimientos, herramientas con los que el estudiante pueda entrar en la materia de una forma más clara y concreta. Desarrollando así mayor destreza en la materia.

Con el fin de conseguir este objetivo es necesario implementar nuevos materiales didácticos como es el caso de un Motor JT8D-9A el cual será de vital importancia en la formación de nuevos tecnólogos, familiarizándolos con motores fundamentales en el desarrollo de conocimientos y brindándole una herramienta más para un buen desempeño en campo aeronáutico comercial.

En la actualidad la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) posee varios aviones operativos e inoperativos los cuales por diversos motivos han perdido su aeronavegabilidad, estos aviones se encuentran en diversas bases donde opera la FAE como por ejemplo en el la Base Aérea Cotopaxi, un avión Boeing 727-100 inoperativo el cual contiene varios componentes que podrían ser utilizados entre uno de ellos el motor, el cual es perfecto para ser adecuado como una herramienta de estudio más en el Instituto.

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) después de realizar las respectivas gestiones solo espera la autorización final para realizar el traslado del Motor JT8D de la Base Aérea Cotopaxi hacia el campus del Instituto.

## **1.2. Formulación del tema**

¿Cómo realizar la planificación y los procesos técnicos para el desmontaje y traslado del Motor JT8D-9A desde la Base Aérea Cotopaxi a las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico?

## **1.3. Justificación e Importancia**

En una situación, como la actual en la que el INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO tiene como visión, ser el mejor Instituto de educación superior a nivel nacional y latinoamericano, formando profesionales holísticos, comprometidos con el desarrollo aeroespacial, empresarial y cuidado del medio ambiente; las mejoras en el Instituto suponen tener en cuenta una serie de parámetros que van desde las mejoras en la calidad y seguridad hasta la mejora de las condiciones de trabajo y la optimización de los recursos.

Estos elementos, conceptos estratégicos para el desarrollo industrial, se encuentran a su vez fuertemente interrelacionado, hasta punto que la solidez, la efectividad y la sostenibilidad de los cambios y medidas que se implementan en una Institución, son resultados de sistemas implantados y adecuación contemporáneas a los diferentes talleres y laboratorios.

Por lo que considero que las herramientas necesarias de aprendizaje con las que cuentan el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico deben ser utilizadas de una manera entera y segura aprovechando todas las ventajas que nos brinda el mismo. Para realizar la factibilidad del traslado del Motor JT8D-9A desde la Base Aérea Cotopaxi hacia el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Trasladar el Motor JT8D-9A del avión Boeing 727-100 con matrícula HC-BLV mediante la planificación de la logística y los procesos técnicos desde la Base Aérea Cotopaxi hacia las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), para que sea utilizado como Motor escuela.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Efectuar una observación para determinar el estado en que se encuentra el Motor.
- ✓ Identificar qué técnicas son las adecuadas y apropiadas para el desmontaje y traslado del Motor JT8D-9A.
- ✓ Planificar el tiempo de duración del traslado del Motor mediante la elaboración de un cronograma.
- ✓ Considerar en el Instituto el sitio donde va a ser ubicado el Motor.

## **1.5. Alcance y Delimitación**

### **1.5.1. Alcance**

Este trabajo de investigación pretende ofrecer al ITSA, optimizando las diversas áreas en las que el Instituto brinda educación, y de manera primordial a los estudiantes e instructores de la carrera de mecánica, tanto en su formación académica y práctica, ya que les brinda un conocimiento más amplio acerca de pasos grandes que la aviación continuamente lo hace, además facilitará que el estudiante se incentive en el campo aeronáutico, trazándose metas y poseer un mejor desenvolvimiento en su vida profesional.

### **1.5.2. Delimitación**

**Campo:** Física - Mecánica

**Área:** Aeronáutica

**Aspecto:** Mecánica aeronáutica

**Problema:** ¿Cómo contribuir al traslado del Motor JT8D-9A hasta el campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico?

**Espacial:** El presente anteproyecto será desarrollado en la Carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

**Temporal:** Este anteproyecto será realizado a partir del mes de Febrero del 2012 al mes de Marzo del 2012.

**Unidades de Observación:** La información para la elaboración de este trabajo será transmitida a través de Técnicos especializados, personal docente de la carrera de mecánica, directivos y estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

## **2. PLAN METODOLÓGICO**

### **2.1. Modalidad básica de la información**

#### **2.1.1. Bibliográfica**

Para la realización del siguiente trabajo vamos a utilizar todas las fuentes bibliográficas, internet, manuales; que podamos encontrar respecto al tema a continuación doy a resaltar los más importantes:

- Manual de Mantenimiento del avión Boeing 727
- Departamento de ÓRDENES TÉCNICAS (Base Aérea Cotopaxi)

Utilizando información de manuales y los libros de las regulaciones de la Dirección de Aviación Civil.

#### **2.1.2. De campo**

El trabajo de optimización se realizará en lugares precisos donde se desarrollará la investigación.

### **2.2. Tipos de investigación.**

Se utilizará el tipo de investigación no experimental razón por la cual no existe una manipulación directa o intencional con variables independientes y porque el planteado anteproyecto se basa en variables que ya existen y que solo se necesita analizarlas y estudiarlas más detalladamente para poderlas comprender. Ya que únicamente se observará y recopilará la información de los adelantos que vaya ocurriendo durante el proceso de la investigación.

### **2.3. Niveles**

Investigación descriptiva debido a que ya existe conocimiento del problema y no es ajeno a nuestra realidad este nivel especificará de forma más clara las características y propiedades a que será sometida la investigación; dará resultados más profundos y ayudará a encontrar las diferentes soluciones necesarias.

### **2.4. Recolección de datos**

#### **2.4.1. Bibliográfica**

Mediante esta técnica se obtuvo información concerniente a la investigación, de los manuales de la aeronave, ya que son una herramienta de suma importancia porque se tiene detalladamente todas las partes de la aeronave en especial del motor; para que sirva de gran ayuda para realizar nuestro procedimiento de mejor manera.

#### **2.4.2. De Campo**

La investigación de campo permitió conocer que en la Base Aérea Cotopaxi se encuentra el Motor JT8D en buenas condiciones.

El estado del motor es bueno, posee la mayoría de los componentes, constamos el tipo de motor que es:

- Turbofán de flujo axial frontal e incorpora un diseño de doble eje
- Empuje unitario: 12.250 a 17.400 libras (62 a 77 kN)
- Relación de Compresión: 16:1

Con la observación se logró observar qué:

- Las partes fundamentales tales como los compresores, turbinas cámaras de combustión, jet pipe están en buenas condiciones.

- La caja de accesorios se encuentra incompleta ya que se han separado del motor para utilizarlos como tesis.
- En general sus condiciones son buenas para poder ser utilizado como una herramienta fundamental en la enseñanza que imparte el Instituto.

## **2.5. Procesamiento de la información**

Una vez que se ha obtenido la información requerida para la investigación a través de las diferentes técnicas y niveles de investigación se procederá a realizar una revisión crítica mediante la limpieza de información errónea, para de esta forma obtener información más confiable.

## **2.6. Análisis e interpretación de resultados**

Se realizó con la finalidad de establecer un criterio real del estado del Motor ya que la información obtenida de la misma será de vital importancia para concluir con la investigación. La mayor parte del motor se encuentra en buenas condiciones y un porcentaje tiene deficiencia por el tiempo inoperable.

## **2.7. Conclusiones y recomendaciones de la investigación**

Después de ejecutar la planificación de toda la investigación se procederá en un futuro a concluir y recomendar.

### 3. EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

#### 3.1. Antecedentes

En el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico se han realizado proyectos de adquisición de motores, sin embargo; debido a que el campo aeronáutico se va modernizando con el pasar de los días nos vemos obligados a realizar este proyecto ya que ayudará al mejoramiento de la enseñanza impartida en el Instituto.

##### 3.1.1. Fundamentación teórica

###### 3.1.1.1. Introducción

#### Desarrollo del JT8D-9A



**Figura 1:** Motor JT8D

**Fuente:** [http://es.wikipedia.org/wiki/fairchildPratt\\_&\\_Whitney\\_JT8D.htm](http://es.wikipedia.org/wiki/fairchildPratt_&_Whitney_JT8D.htm)

**Realizado por:** Jonathan Zurita

“El Pratt & Whitney JT8D-9A es un [motor a reacción turbofán](#) de baja relación de flujo, introducido por [Pratt & Whitney](#) en febrero de [1964](#) con el vuelo inaugural del

[Boeing 727](#). Fue una modificación del motor [Pratt & Whitney J52 turbo jet](#), que motoriza a los aviones de ataque [A-6 Intruder](#) de la [Armada de Estados Unidos](#).

El [Volvo RM8](#) es una versión posterior construida bajo licencia en Suecia para el caza [Saab 37 Viggen](#). Una versión estacionaria como generador de potencia y propulsión de barcos es conocida como el FT12.<sup>17</sup>

### 3.1.1.2. Diseño

El JT8D es un motor turbofán de flujo axial frontal que incorpora un diseño de doble eje.

**J:** jet = reacción

**T:** turbo fan = de doble flujo axial

**8:** modelo

**D:** dry = seco

Tiene dos ensambles de rotación independiente coaxialmente conectados: un ensamble de rotación para el compresor de baja presión (LPC) que abarca las primeras seis etapas (seis pares de palas rotativas y estatores, incluyendo las dos primeras etapas que comprenden el ventilador frontal); y un segundo ensamble rotativo para la sección del compresor de alta presión (HPC) que comprende siete etapas.

El compresor de alta presión está conectado a la primera turbina delantera, que tiene una sola etapa. El ventilador (fan) frontal tiene dos etapas. El ducto anular de descarga para el ventilador recorre todo el motor, permitiendo que el aire que pasa por el ventilador salga junto a los gases de combustión por la misma tobera.

---

<sup>17</sup>[http://es.wikipedia.org/wiki/Pratt & Whitney JT8D.htm](http://es.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26amp;Whitney_JT8D.htm)

Este aparejo permite cierta atenuación del ruido, en la medida en que los gases de combustión calientes de alta velocidad se compriman dentro del flujo de aire relativamente frío y de movimiento más lento proveniente del ventilador frontal.

“A pesar de que los niveles de sonoridad del JT8D son significativamente menores en comparación a modelos previos de motores no turboventiladores (turbo jets), el hecho de que funcione con un ventilador de ciclo bajo de flujo implica que siguen presentando altos niveles de ruido.

horas de servicio con más de 350 operadores haciendo de este uno de los La familia de motores JT8D comprende ocho modelos estándar, cubriendo el rango de potencia desde 12.250 a 17.400 libras de empuje unitario (62 a 77 kN) y motoriza a los aviones [727](#), [737-100/200](#), y [DC-9](#). Más de 14.000 motores JT8D han sido construidos, totalizando más de 1,500 millones de motores de baja relación de flujo más populares jamás producidos.

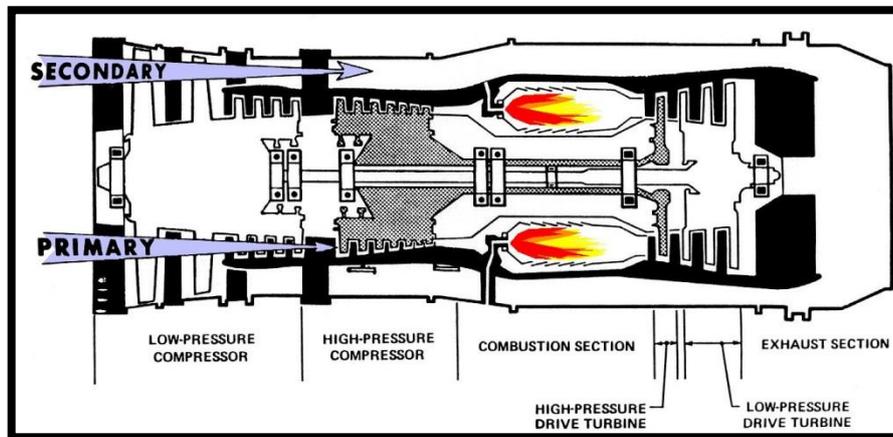
Dentro de su cubierta el ventilador está dotado con tuberías [anti hielo](#) y sensores de la presión y temperatura de admisión. Existen dispositivos similares a lo largo de todo el motor para medir estas magnitudes. En la 13ª etapa del compresor (etapa final), parte del aire es expulsado y utilizado como anti hielo. La cantidad es controlada dependiendo de la señal que reciba el Controlador de Presión de Aire Desviado (Pressure Ratio Bleed Control ó PRBC).

La carcasa del difusor en la parte final del compresor alberga la 13.ª etapa. Esto incrementa el área de sección, permitiendo que el aire comprimido baje su velocidad antes de entrar a una de las nueve cámaras de combustión. Nuevamente, hay dos tubos por donde se extrae el aire de la 13ª etapa para el anti hielo, el descongelamiento del combustible, y para la presurización de la cabina.”<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> [www.google.com/Aerospaceweb.org](http://www.google.com/Aerospaceweb.org) Consultar - El Pentágono y Boeing 757 de Investigación del motor.htm

No todo el aire comprimido entra al punto de ignición de combustible de las cámaras de combustión; parte del aire pasa frío y sin producir combustión, y refrigera la primera etapa de la turbina, y parte de él es introducido dentro del perímetro de los cilindros de combustión de modo que el combustible que se inflama se mantenga cerca del centro.



**Figura 2:** Flujos de aire que ingresan al motor  
**Fuente:** Manual de mantenimiento del avión Boeing 727. Pág.35.  
**Realizado por:** Jonathan Zurita

Hay nueve cámaras de combustión posicionadas de forma anular. Cada cámara tiene tres tamaños de orificios de admisión de aire: el más pequeño es para refrigeración, el medio para inflamación de combustible y el más grande permite crear vacío.

### 3.1.1.3. Mejoramiento en el diseño

“En respuesta a las medidas medioambientales que comenzaron a regir en la década de 1970, la compañía comenzó a diseñar una nueva versión del motor, la serie JT8D-200. Diseñado para ser más silencioso, limpio, más eficiente, y a la vez más potente que los primeros modelos, las plantas motrices de la serie -200 fueron rediseñados con un importante incremento de la relación de flujo cubriendo el rango de las potencias de 18.500 a 21.700 libras de empuje unitario.

Este incremento fue logrado gracias al aumento del diámetro del ventilador frontal (fan) de 39,9 a 49,2 pulgadas (de 101,5cm a 125cm) y reduciendo la relación de

compresión del ventilador (de 2,21 a 1,92). La relación de compresión de todo el motor también se incrementó de 15,4 a 21,0. Desde su entrada en servicio en 1980, más de 2.900 motores de la serie -200 han sido construidos.

Los JT8D-217 y -219 fueron probados en 2001 y aprobados como remplazos compatibles para los viejos motores [TF33](#) en aeronaves militares y comerciales como parte del programa de re motorización Súper 27. Pratt & Whitney, junto con Seven Q Seven y Omega Air, desarrolló el JT8D-219 como nuevo motor para el Boeing 707 con una mayor eficiencia en el consumo”.<sup>19</sup>



**Figura 3:** Motor JT8D-219

**Fuente:** <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Pratt-707re.jpg>

**Realizado por:** Jonathan Zurita

Los motores mejorados cumplieron teniendo un desempeño mejorado en operaciones de terrenos reducidos (pistas cortas o aproximaciones con obstáculos cerca de la pista), ratas de ascenso más rápidas y con mejor ángulo de elevación, asegurando una reducción de un 10% en el consumo de combustible, aumentando el alcance.

---

<sup>19</sup> [www.google.com/JT8D\\_a001746001.aspx\\_archivos/m02009071500003.jpg](http://www.google.com/JT8D_a001746001.aspx_archivos/m02009071500003.jpg)

#### 3.1.1.4. Versiones y aplicaciones

- JT8D-5, operan en aviones [DC-9-10](#).
- JT8D-7, operan en los Boeing [727-100/200](#)
- JT8D-9, operan en los Boeing [737-100/200](#), DC-9-30
- JT8D-9A, que es otra versión del JTD8-9, operan en los Boeing 737-100
- JT8D-11, operan en los Boeing 727-200 y DC-9-40.
- JT8D-15, operan en los Boeing 727-200 y 737-200, DC-9-30, -40 y -50.
- JT8D-17, operan en los Boeing 727-200 y 737-200.
- JT8D-209, operan en algunos MD-81
- JT8D-217A/C, operan en los MD-81/MD-82/MD-88 y MD-87.
- JT8D-219, operan en los MD-82/MD-83 y MD-87

#### 3.1.1.5. Especificaciones

- **“Fabricante:** Pratt & Whitney
- **Diseñado por :** [Pratt & Whitney](#)
- **Primer encendido:** 1964
- **Principales aplicaciones:** [Boeing727](#) [McDonnell Douglas DC-9](#)
- **N. ° construidos:** más de 14.000
- **Desarrollo del:** [Pratt & Whitney J52](#)
- **Tipo:** Turbofán de flujo axial frontal e incorpora un diseño de doble eje
- **Variantes:** [Volvo RM8](#)
- **Peso en vacío:** 3.200 libras (54.5kg)
- **Relación de Compresión:**16:1
- **Entrada de aire:** 331 lb/seg
- **Empuje unitario:** 12.250 a 17.400 libras (62 a 77 kN)

#### Componentes

- **Compresor:** de flujo axial, 6 etapas LP, 7 etapas de HP
- **Cámaras de combustión:** Nueve
- **[Turbina](#) :** 3 etapas

- **Gear box:** Bomba de Combustible, Bomba de Aceite, Bomba Hidráulica, Generador AC, CSD, etc.

### **Dimensiones**

- **Longitud:** 120.0 pulgadas / 3,04 m - 154.1pulgadas / 3.91 m
- **Diámetro:** 49.2pulgadas / 1,25 m<sup>20</sup>

### **Sistema de Ignición**

- Ignition Exciter.- Bendix-Scintilla or General Laboratory Associates
- Igniter Plugs.- Champion

### **Sistema de Lubricación**

- Oil Specification.- PWA 521
- Usable Quantity.- 4.0 gallons

### **Sistema de Combustible**

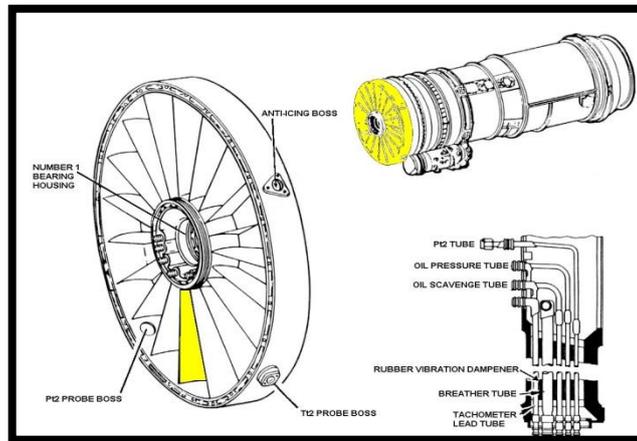
- Fuel Specification.- SB2016
- Fuel Control.- Hamilton Standard
- Fuel Pump.- Thompson Ramo Woolridge

---

<sup>20</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 47

### 3.1.1.6 Componentes

#### 3.1.1.6.1 Entrada de aire



**Figura 4:** Entrada de aire del motor JT8D

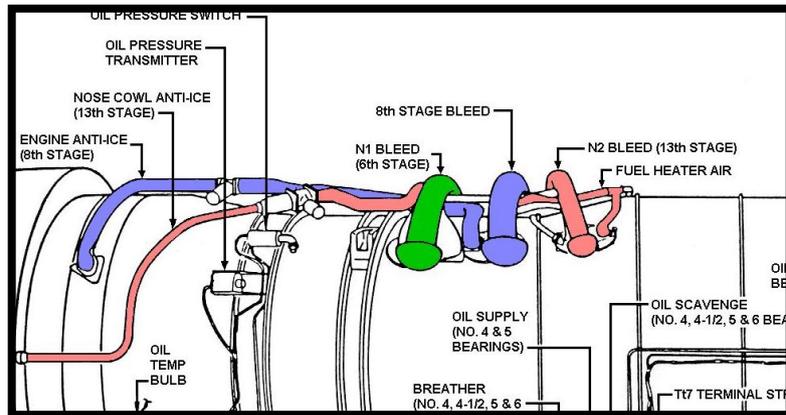
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 50

**Realizado por:** Jonathan Zurita

- Diámetro de la entrada de aire: 54 pulgadas/1.37 m

#### 3.1.1.6.2 Compresores

- Los compresores que utiliza este motor son **Axiales**
- De doble eje (coaxial)
- Un eje atraviesa el otro eje
- Tiene en total 13 etapas
- De la 6<sup>ta</sup>, 8<sup>va</sup>, 13<sup>va</sup> nos da el sangrado de aire para el sistema de aire acondicionado, presurización, anti ice y el arranque cruzado del motor.



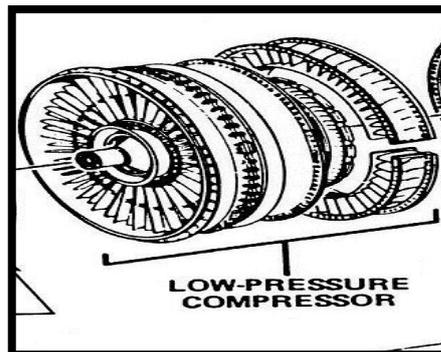
**Figura 5:** Líneas de aire de sangrado

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 12

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Compresor de Baja (low pressure)

- ✓ También conocido como N1
- ✓ Está constituido por 6 etapas
- ✓ Gira a través del compresor de alta
- ✓ Es impulsado por la turbina de baja



**Figura 6:** Compresor de baja (low pressure)

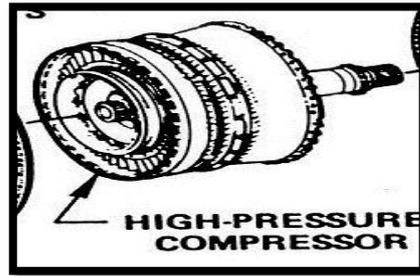
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Compresor de Alta (high pressure).-

- ✓ También llamado N2
- ✓ Está constituido por 7 etapas

- ✓ Es impulsado por la turbina de alta



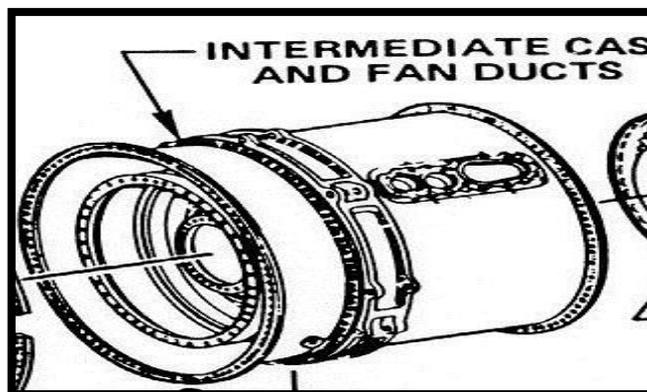
**Figura 7:** Compresor de alta (high pressure)

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Ducto del Fan

- ✓ “Viene a constituirse como un difusor divergente
- ✓ El fan de dos etapas (parte del compresor de baja) está equipado con un ducto de descarga anular de longitud total, esto permite que el aire del fan (aire secundario) sea descargado junto con los gases de escape (aire primario) a través de un a tobera de escape o descarga común (jet pipe).



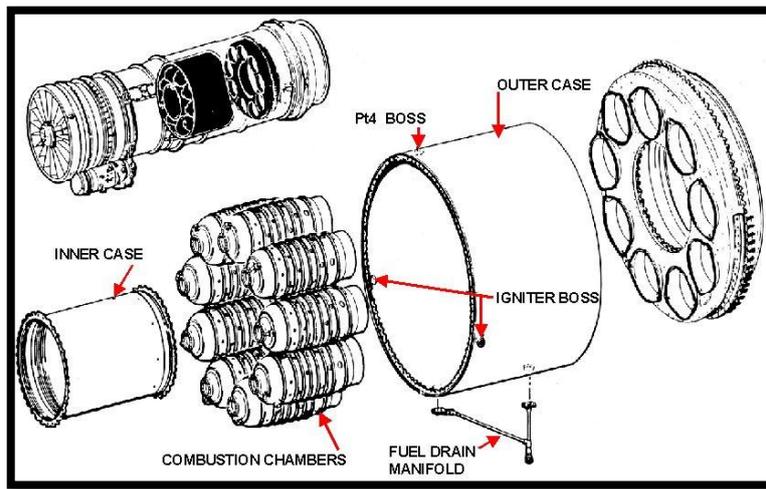
**Figura 7:** Ducto del fan

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### 3.1.1.6.3 Cámaras de Combustión

- ✓ Llamadas cámaras de combustión
- ✓ Son de tipo Can Anular
- ✓ Las bujías van instaladas en las cámaras 4 y 7
- ✓ Tiene probetas en el PT7= 6
- ✓ Tiene probetas en el TT7= 8<sup>21</sup>



**Figura 8:** Cámaras de combustión

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 51

**Realizado por:** Jonathan Zurita

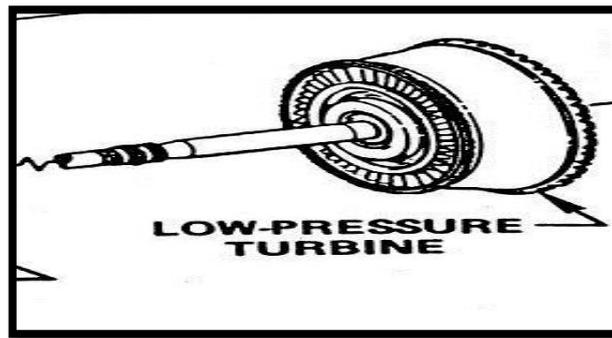
### 3.1.1.6.4 Turbinas

- Las turbinas que utiliza este motor son **Axiales**
- Tiene en total 4 etapas

#### Turbina de Baja

- ✓ Está constituido por 3 etapas
- ✓ Impulsa a compresor de baja

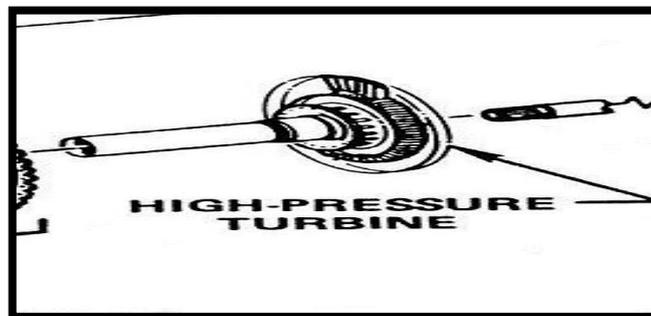
<sup>21</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 49



**Figura 9:** Turbina de baja (low pressure turbine)  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 50  
**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Turbina de Alta

- ✓ Está constituido por 1 etapa
- ✓ Impulsa al compresor de alta



**Figura 9:** Turbina de alta (high pressure turbine)  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 50  
**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Sección de Escape

- ✓ Conecta la salida de la turbina con una tobera de descarga para evacuar los gases y acelerarlos.



**Figura 10:** Fan turbine exhaust case

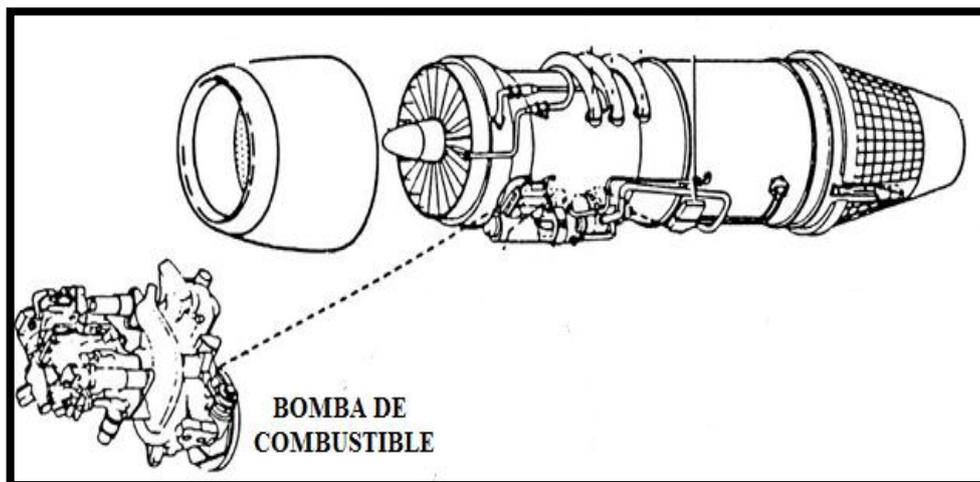
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 50

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### 3.1.1.6.5 Sección de Accesorios

#### “Bomba de Combustible

- Tipo: centrífuga
- Capacidad: 14,500 pph
- Presión: 1000 psi



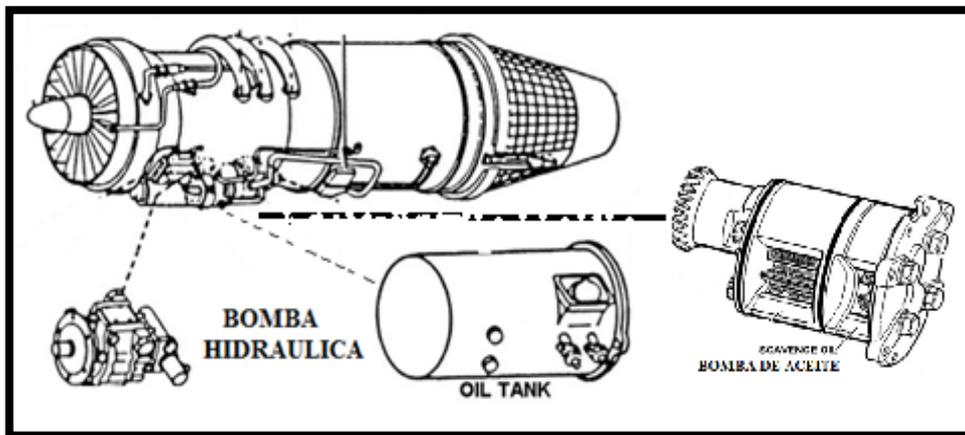
**Figura 11:** Bomba de combustible

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 70

**Realizado por:** Jonathan Zurita

## Bomba de Aceite y Bomba Hidráulica

- Capacidad de tanque de aceite: 5 galones
- Presión de aceite: 40 a 55 psi
- Bomba Hidráulica: 3000 psi



**Figura 12:** Bomba de aceite y bomba hidráulica

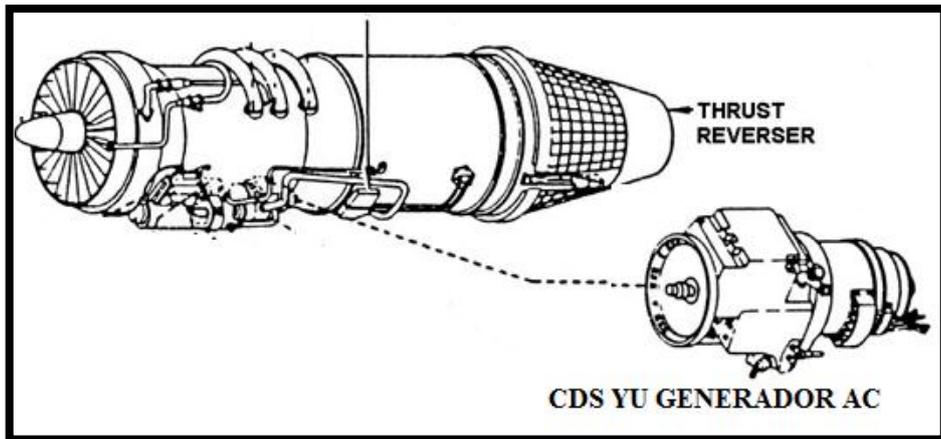
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 75

**Realizado por:** Jonathan Zurita

## Generador AC Y CSD (Constant speed Drive)

- Constant speed Drive CSD (6000 rpm)
- Generador AC (115 VAC, Trifásico, 400 Hz)<sup>22</sup>

<sup>22</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 78

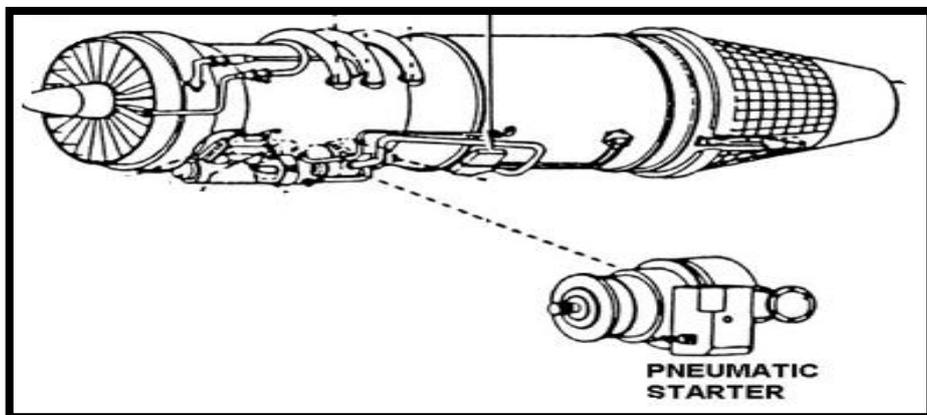


**Figura 13:** Generador AC y CSD

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 78

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### “Arranque Neumático



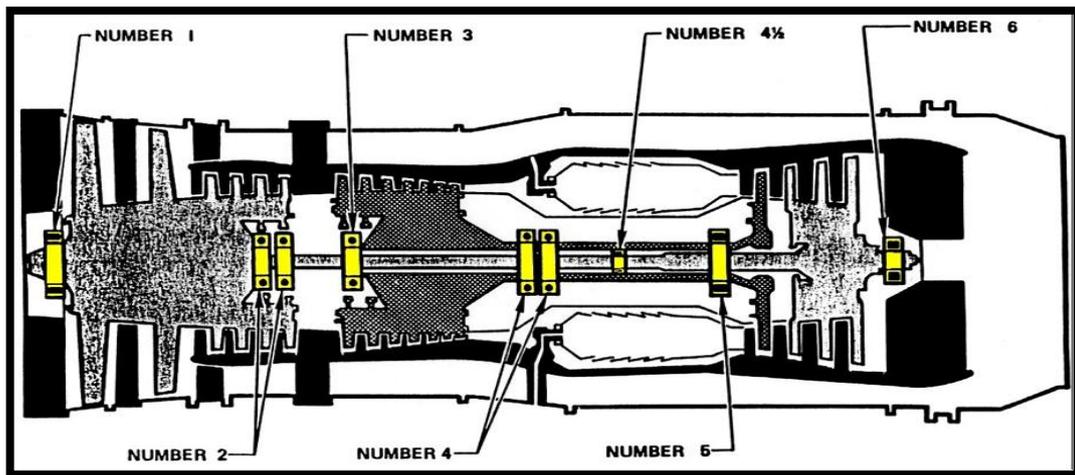
**Figura 14:** Starter

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 79

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Ubicación de los Cojinetes Instalados en el Motor

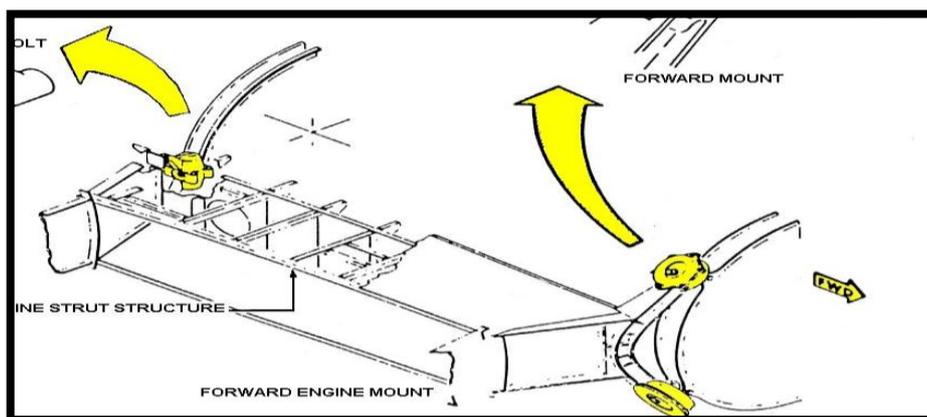
- Los conjuntos rotativos son soportados por 7 cojinetes numerados desde adelante 1 2 3 4 4 1/2 5 6 son de Ball (absorben cargas radiales y axiales) y Roller (absorben cargas axiales)



**Figura 15:** Cojinetes del motor  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 45  
**Realizado por:** Jonathan Zurita

### 3.1.1.6.6 Montantes del Motor

- 2 delanteros
- 1 Posterior

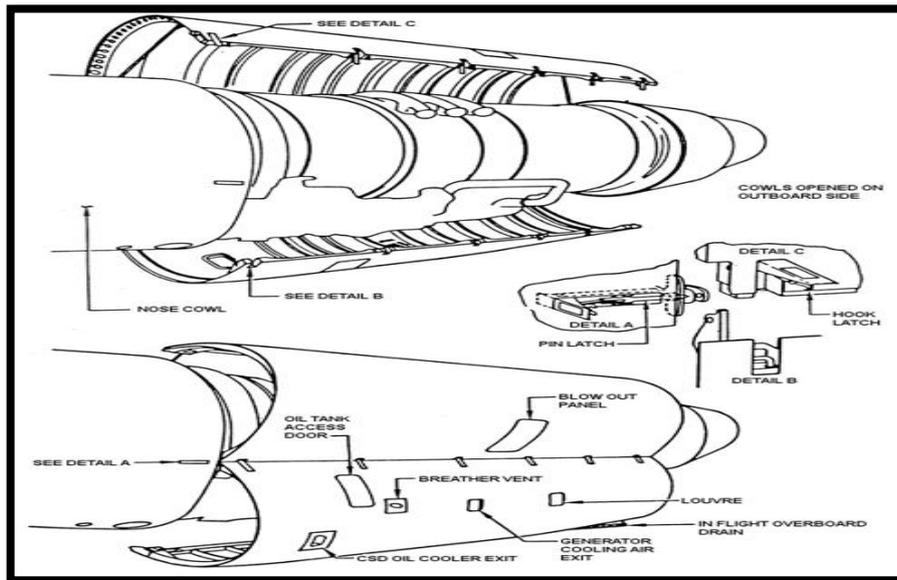


**Figura 16:** Montantes del motor  
**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 58  
**Realizado por:** Jonathan Zurita

### Cowlings

- Están divididos en dos partes que cubren al motor y protegen los componentes externos.
- Poseen puertas para inspecciones.

- Proporcionan flujo de aire aerodinámico.”<sup>23</sup>



**Figura 17:** Cowlings

**Fuente:** Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 59

**Realizado por:** Jonathan Zurita

### 3.2. Modalidad básica de la investigación

Las siguientes modalidades nos indican las fases ejecutadas, para la exploración del problema propuesto:

#### 3.2.1. Investigación bibliográfica

Documental que facilitó la implementación de un marco teórico para obtener conocimientos generales de los Manuales de Mantenimiento, Internet y sobre todo de los operadores y técnicos que laboran en las mismas acerca del problema planteado.

<sup>23</sup> Magnético FEDEX del avión Boeing 727, diapositiva 58

### **3.2.2. Investigación de campo**

Para realizar esta investigación nos trasladamos a la Base Aérea Cotopaxi, lo cual nos permitió constatar que el Motor JT8D se encuentra en buen estado.

### **3.3. Tipos de investigación**

Se utilizó el tipo de investigación no experimental ya que nos limitamos a realizar la obtención de información y seguimiento a fondo de posibles soluciones para la planificación propuesta, de acuerdo a los manuales del avión, libros e internet se hace una identificación de los procedimientos técnicos para lograr el deseado traslado.

### **3.4. Niveles de investigación**

La investigación que se realizó fue descriptiva en razón que se realizó una visita a la Base Aérea Cotopaxi y nos permitió tener una idea muy clara de la situación en que se encuentra el Motor, donde se pudo constatar en forma general el estado del mismo.

### **3.5. Recolección de datos**

Una de las fuentes que proporcionó ayuda para la recolección de datos en la investigación fue el Manual de Mantenimiento del Avión Boeing 727, para lo cual se tomó como método la investigación bibliográfica, también se visitó a personal técnico que opera en el Base Aérea Cotopaxi.

### **3.6. Procesamiento de la información**

Una vez que se ha obtenido la información requerida para la investigación a través de las diferentes técnicas y niveles de investigación se procederá a realizar una revisión crítica mediante la limpieza de información errónea, para de esta forma obtener información más confiable.

### **3.7. Análisis e interpretación de resultados**

Análisis.- Se realizó con la finalidad de establecer un criterio real del estado del motor ya que la información obtenida de la misma será de vital importancia para concluir con la investigación.

Interpretación.- La mayor parte del Motor se encuentra en buenas condiciones y un porcentaje tiene deficiencia por el tiempo inoperable.

### **3.8. Conclusiones y recomendaciones de la investigación**

#### **3.8.1 Conclusiones**

- Por medio de la observación directa que se realizó en la Base Aérea Cotopaxi se pudo describir las características en las que se encuentra el Motor JT8D-9A.
- Una vez culminada la investigación se concluye que para el traslado del Motor JT8D-9A es necesario el alquiler de un brazo grúa palfinger 15500.
- Se recolectó información que ayude a realizar el traslado del Motor JT8D-9A

#### **3.8.2 Recomendaciones**

- Realizar los procedimientos técnicos para preservar la aeronavegabilidad del motor y por ende evitar accidentes.
- Para el desmontaje del Motor es necesario la construcción de un soporte.
- Utilizar los Manuales de la aeronave para optimizar el desmontaje del Motor.

## **4. FACTIBILIDAD DEL TEMA**

### **4.1. Técnica**

El proceso de traslado del Motor JT8D-9A es factible técnicamente ya que se cuenta con las herramientas y equipo necesario para realizar el desmontaje.

### **4.2. Legal**

El fundamento legal para realizar la investigación del proyecto se basa en la RDAC 147.17 que dice lo siguiente:

#### **147.17 Requerimientos del equipo de instrucción**

- a) Un solicitante de un certificado de escuela de técnicos de Mantenimiento Aeronáutico y sus habilitaciones o de una habilitación adicional, deberá tener los siguientes equipos de instrucción, como sean apropiados para las habilitaciones que solicita:
1. Varias clases de estructuras de aeronaves, sistemas y componentes de aeronaves, motores, sistemas y componentes de motores (incluyendo las hélices) de una cantidad y tipo conveniente para completar los proyectos prácticos requeridos por su plan de estudios aprobado; y
  2. Al menos una aeronave de un tipo actualmente certificado por la D.G.A.C. para operación privada o comercial, con motor, hélices, instrumentos, equipos de navegación y comunicación, luces de aterrizaje, y otros equipos y accesorios en los cuales el Técnico de Mantenimiento podría ser

requerido para trabajar y con los cuales el técnico debe estar familiarizado.

#### 4.3. Operacional

Para proceder al desmontaje del motor JT8D del avión 727. Contamos con la ayuda y experiencia necesaria para ejecutarlo.

#### 4.4. Económica

A continuación se detallará todos los gastos que implican la elaboración del presente proyecto investigativo:

#### Presupuesto del Tema

N°	Material	Costo
1	Alimentación	100 USD
2	Maquinaria (grúa)	250 USD
3	Internet, anillados, empastados	50 USD
4	Varios	50 USD
5	Herramientas	100 USD
TOTAL		550 USD

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Jonathan Zurita

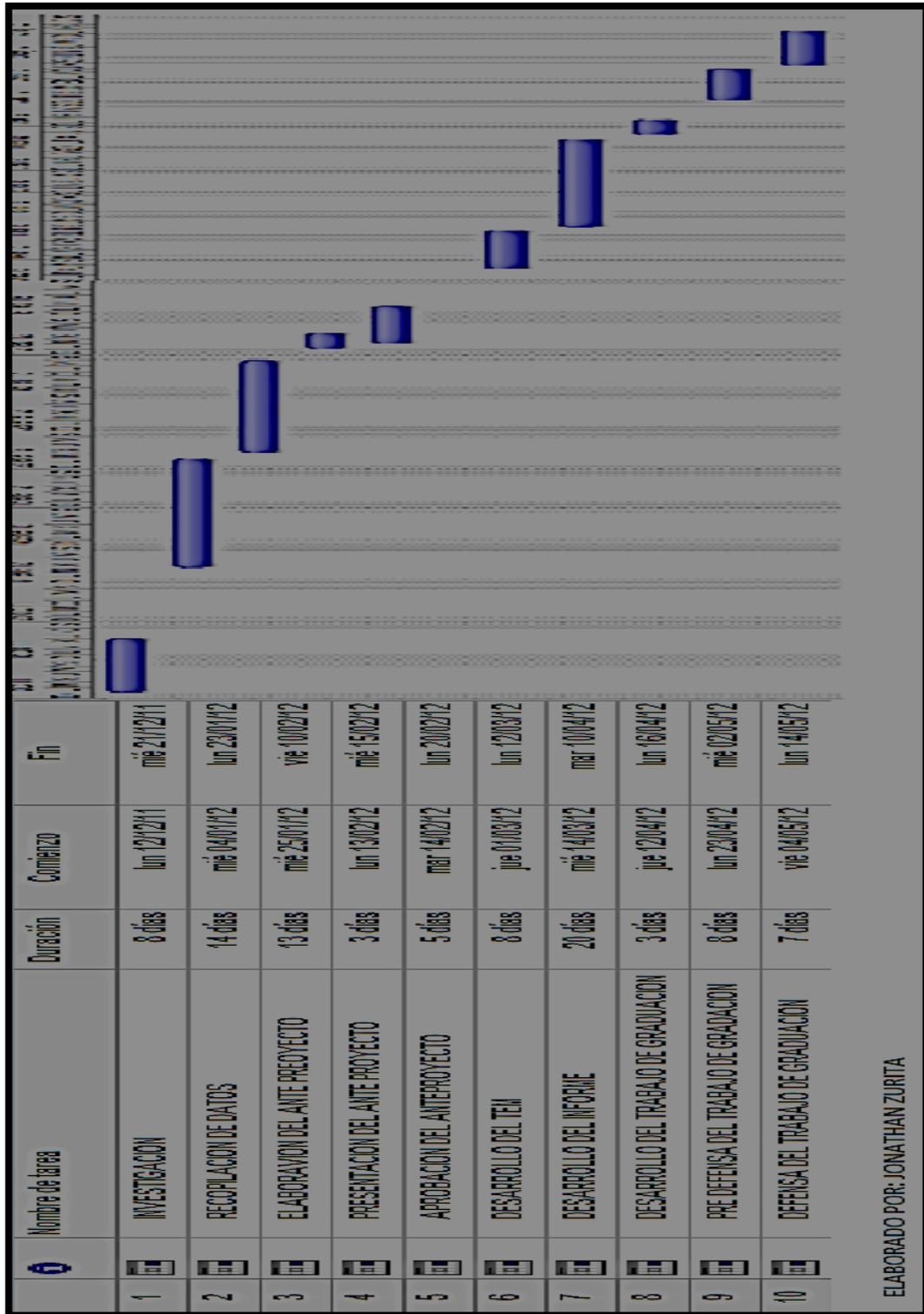
Es factible realizar el proyecto económicamente, se puede obtener todos los recursos anteriormente detallados.

## **5. MARCO ADMINISTRATIVO**

### **5.1 DENUNCIA DEL TEMA**

Desmontaje y traslado del motor izquierdo JT8D-9A del avión Boeing 727-100 con matrícula HC-BLV; para su traslado de la Base Aérea Cotopaxi al campus del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

## CRONOGRAMA



ELABORADO POR: JONATHAN ZURITA

# **ANEXOS DEL ANTEPROYECTO**

# **ANEXO A1: AVIÓN BOEING 727-100**



Flugzeugbilder.de // Copyright by Manfred Franke // 22-July-1994 // LGQ // 1224853945

# **ANEXO A2: MOTOR DEL AVIÓN**





**ANEXO B**

**FAJAS DE POLIESTER,  
GANCHO DE ALEACIÓN DE  
ACERO**



# **ANEXO C**

# **GRÚA**



**ANEXO D**

**MANUAL DE**

**MANTENIMIENTO**



## MAINTENANCE MANUAL

### POWER PLANT - REMOVAL/INSTALLATION

#### 1. General

- A. During engine removal it is recommended that an aft fuselage jack be employed or the aft airstair be lowered in order to prevent possible tipping of the airplane due to the weight of maintenance personnel on the engine struts and the engine hoist equipment on the airplane tail area.
- B. To facilitate the removal or installation of a power plant in any position, provision should be made for suitable hoisting equipment capable of handling a built up engine which can weigh up to 4750 pounds. Work stands or ladders, approximately 12 feet long, are also required to gain access to the engine cone bolts and engine system disconnect points.
- C. The power plant hoisting equipment should have vertical, lateral, and longitudinal movement capabilities to enable the power plant to clear adjacent fuselage or strut structure during removal or installation.
- D. The side engines may be removed or installed by airframe attach hoist equipment or by ground hoist equipment. Information for use of both types of equipment is included in the side engine removal/installation procedures. Steps not applicable to both types of equipment incorporate appropriate sequencing notes concerning omission of nonapplicable steps.
- E. Before a power plant is removed or installed, all apertures must be blanked off with approved caps. During power plant removal, all tube ends and electrical connectors must be capped as soon as possible after disconnection. When installing a power plant, caps should be left in place until the connections are to be made. Use external caps on all openings. Do not use internal plugs.
- F. Engine compartment cleanliness is important because the intensive mass airflow tends to draw foreign objects into the engine. Thoroughly clean and check area after completion of any work. Keep the inlet area free of dirt, oil, and grease and remove all unused parts such as nuts, washers, and pieces of lockwire.
- G. The service life of flexible metal hose assemblies will be extended if the following procedures are used.
  - (1) Do not twist or kink the hose during installation.
  - (2) Use two wrenches when attaching swivel nuts to mating fittings.
  - (3) When one end of the hose is disconnected to permit engine change, do not twist the hose out of the way, distort it during handling, use it as a handhold, or otherwise mistreat it.
- H. Visually check engine mounts, strut front and rear spars and their body attachment, support fittings including related support structure, body mount hoist attach points, and hoist support fittings on vertical stabilizer for evidence of loose fasteners, nicks, gouges, cracks, chipped finish and/or visible damage.

EFFECTIVITY

ALL

71-00-00

01

Page 401  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



## MAINTENANCE MANUAL

### 2. Equipment and Materials

- A. Engine Hoist Equipment - Either airframe attached hoist equipment or ground hoist equipment may be utilized at the discretion of the operator:
- (1) Airframe attached hoist equipment consisting of Boeing F72708, Side Engine Frame Assembly; F72709, Center Engine Hoist Support Assembly; F72714 or F72988, JT8D Engine Handling Beam Assembly; and two, 2-ton capacity hoists with a 12-foot lift capability.
  - (2) Ground hoist equipment consisting of a mobile crane with 30-foot boom or hydraulic/mechanical lift mechanism capable of approximately 12 feet extension; and F72714 or F72988, JT8D Engine Handling Beam Assembly.

**WARNING:** ENGINES WEIGH UP TO 4750 POUNDS. MAKE CERTAIN THAT SLIDER ASSEMBLY IS POSITIONED ON ENGINE HANDLING BEAM TO GIVE EVEN FORE AND AFT SUPPORT TO ENGINE. UNEVEN SUPPORT CAN CAUSE ENGINE TO SHIFT RESULTING IN INJURY TO PERSONNEL OR DAMAGE TO ENGINE.

- (3) Dynamometer (Load Scale) two required - 2-ton capacity minimum
- B. Side Engine Inlet Plug - Boeing F72717  
C. Center Engine Inlet Plug - Boeing F72718 (ALL EXCEPT 727-200 Series)  
D. Center Engine Inlet Plug - Boeing F72842 (727-200 Series only)  
E. Engine Exhaust Plug - Boeing F72749  
F. Engine Mount Bolts Thread Protectors - Boeing F70266-305 or F72733-1  
G. Engine Transportation Dolly - adapted for mounting the JT8D engine  
H. Corrosion Preventive Grease - MIL-G-81322 (AMM 20-60-02)  
I. Antiseize Compound - Ease-Off 990 (AMM 20-60-02)  
J. Container for Drained Fluids - at least 5-gallon capacity

### 3. Prepare to Remove Power Plant

- A. Ground airplane to an approved grounding lug as follows:
- (1) Attach two grounding cables, one to the towing lug of the nose landing gear, another to the grounding stud on the right main landing gear door and then to an approved, identified ground.

**CAUTION:** DO NOT ATTACH GROUND ELSEWHERE ON AIRPLANE. TO DO SO MAY RESULT IN SCRATCHES WHICH PROMOTE CORROSION OR CRACKING OF STRESSED MEMBERS.

- B. With external power switch ON and battery switch ON, pull fire switch for power plant to be removed.  
C. Position applicable engine fuel shutoff valve switch to CLOSE.

EFFECTIVITY

ALL

71-00-00

04 Page 402  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



## MAINTENANCE MANUAL

- D. Position battery and external power switches to OFF and disconnect external electrical power.

**CAUTION:** TAG THE EXTERNAL ELECTRICAL POWER RECEPTACLE TO PREVENT USE DURING ENGINE REMOVAL AND INSTALLATION.

- E. Check that engine start levers are in CUTOFF position.

- F. Depressurize hydraulic system A as follows:

- (1) Prior to depressurizing hydraulic system A, ascertain that no hydraulic pressure is being supplied to the system. The ground interconnect valve must be kept in CLOSED position to isolate hydraulic system A from hydraulic system B.
  - (a) Cycling any flight control system until the control surfaces no longer respond hydraulically will depressurize hydraulic system A. When using a flight control system to depressurize system A, it is recommended that the rudder control system (cycling the rudder) be used for its larger actuator.
- (2) To ascertain that there is no pressure in the hydraulic system A return lines, the system A hydraulic reservoir should be depressurized.
  - (a) Open hydraulic access door 3501. Refer to AMM Chapter 12, Access Doors and Panels, for location.
  - (b) Remove cap if installed on overflow line.

**CAUTION:** PUT THE OVERFLOW LINE INTO A CONTAINER TO CATCH ANY FLUID TRAPPED IN OVERFLOW LINE.

- (c) Depressurize system A reservoir by positioning the reservoir selector valve handle to SYSTEM A or STANDBY.

**NOTE:** Leave reservoir selector valve handle in SYSTEM A or STANDBY position approximately 10 seconds, or until all air has escaped from reservoir.

- (d) After depressurization of system A reservoir, move selector valve handle to CLOSED position.
- (e) Install cap, if previously installed, on overflow line.
- (f) Close hydraulic access door.

4. Remove No. 1 or 3 Power Plant

- A. Remove side engine cowl panels as follows:

- (1) Open pin latch on outboard side of nose cowl by pushing trigger mechanism on latch handle and pulling latch open (Fig. 408).
- (2) Open pin latch located on aft outboard side of upper cowl panel.

EFFECTIVITY

ALL

71-00-00

01

Page 403  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



MAINTENANCE MANUAL

- (3) Support lower cowl panel and release six tension latches on outboard side of cowl panels by inserting a screwdriver into the latch slot and pulling the screwdriver handle upwards (Fig. 408).
- (4) Allow lower cowl panel to move into open position.
- (5) On the inboard side of the power plant, open pin latches retaining lower cowl panel to fixed cowl panel and to nose cowl.
- (6) Release six tension latches on lower side of fixed cowl panel and remove lower cowl panel from engine. Place cowl in suitable protective rack.

**WARNING:** LOWER COWL PANEL WEIGHS APPROXIMATELY 85 POUNDS.

- (7) Open inboard pin latches retaining upper cowl panel to fixed cowl and to nose cowl.
- (8) Open fixed cowl panel upper tension latches and remove upper cowl panel from engine. Place cowl in suitable protective rack.

**WARNING:** UPPER COWL PANEL WEIGHS APPROXIMATELY 73 POUNDS.

- B. Remove upper and lower mid fixed cowl panels to provide access to engine forward mount as follows:
  - (1) Remove eight bolts retaining upper mid fixed cowl panel between forward and aft fixed cowl panels.
  - (2) Slide upper mid fixed cowl panel upwards and out of channels on forward and aft fixed cowl panels.
  - (3) Remove nine bolts retaining lower mid fixed cowl panel between forward and aft fixed cowl panels.
  - (4) Slide lower mid fixed cowl panel downwards and out of channels on forward and aft fixed cowl panels.
- C. Remove access panels on engine strut as indicated below:

SIDE ENGINE STRUT	ACCESS PANELS NO. (AMM CHAPTER 12)
ENG NO. 1	5401, 5402, 5407, 5410, 5411, 5415
ENG NO. 3	5501, 5502, 5507, 5510, 5511, 5515

- D. Drain engine fuel supply line by opening drain port below fuel filter. Provide container of at least 5-gallon capacity for drained fuel. Loosen fuel supply line at disconnect fitting to hasten draining.

EFFECTIVITY

ALL
-----

71-00-00

01 Page 404  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



## MAINTENANCE MANUAL

- E. Disconnect five electrical connectors located in strut leading edge (Fig. 405).
- F. Disconnect engine start and thrust control rods at engine cross-shaft connection on accessory drive gearbox and at cranks on engine strut. Tag rods and remove from engine (Fig. 406).
- G. Uncouple engine fuel supply hose from fuel tubing on right side of No. 1 engine or left side of No. 3 engine. Disconnect two engine bonding leads at engine forward mount ring (Fig. 405).
- H. Disconnect clamps on thermal anti-icing and air conditioning supply ducts.
- I. When removing engine No. 1, uncouple hydraulic pump supply line, pressure line, and return line, at strut firewall self-sealing disconnect fittings.

**WARNING:** A SMALL QUANTITY OF HYDRAULIC FLUID MAY SPILL FROM THE LINES.

- J. Clean up any spilled hydraulic fluid immediately. With power off airplane, remove contamination as follows:
  - (1) Dampen clean, dry cotton cloth with perchloroethylene or BMS 3-2, Type 1 solvent dispensed from polyethylene wash bottle. Rub contaminated area with dampened cloth. Immediately wipe surface dry before solvent has evaporated.

**WARNING:** IF BMS 3-2, TYPE I SOLVENT IS TO BE USED, EXTREME HANDLING CARE MUST BE TAKEN. BMS 3-2, TYPE I SOLVENT HAS A FLASHPOINT OF 100°F (37.8°C).

**CAUTION:** DO NOT ALLOW PERCHLOROETHYLENE TO CONTACT ACRYLIC PLASTIC, CONTROL CABLES, LUBRICATED AREAS, PLASTIC DECALS OR PAINTS OR MARKINGS WHICH ARE NOT HYDRAULIC FLUID RESISTANT. DO NOT ALLOW BMS 3-2, TYPE I SOLVENT TO CONTACT CONTROL CABLES OR LUBRICATED AREAS.

**CAUTION:** DO NOT USE EXCESSIVE AMOUNTS OF SOLVENT AS RUNNING OR PUDDLING IN A CONFINED OR RESTRICTED SPACE MAY RESULT.

EFFECTIVITY

ALL

71-00-00

01 Page 405  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



## MAINTENANCE MANUAL

- K. Disconnect inlet pressure and exhaust pressure sensing lines of engine pressure ratio indicating system.
- L. Disconnect generator output lead connector.
- M. Uncouple clamp retaining fan bypass duct at strut firewall.
- N. Move reverser to forward thrust position and uncouple push-pull cable at disconnect (AMM Chapter 78, Exhaust).
- O. Uncouple two thrust reverser actuator pneumatic hoses at strut bulkhead (Fig. 405).
- P. Disconnect thrust reverser operating light switch electrical connector at strut firewall aft of engine rear mount. Unfasten clamp holding electrical lead to strut bulkhead.
- Q. On airplanes with support link installed between engine hoist point at B.L. 0.00 and upper forward cone bolt isolator mounts on engines No. 1 and 3, remove bolt, nut, washers, and bushing (preferred installation includes engines POST-SB 71-65) attaching link to engine at B.L. 0.00 and bolt, nut, and washers attaching link to engine retainment bracket at vibration isolator. Remove support link (Fig. 404).
- R. Install airframe attached hoisting equipment and support engine:

**WARNING:** LIGHTLY LOADED LEVER CHAIN HOISTS MAY RELEASE LOAD IF CONTROL LEVER OR KNOB IS FORCED INTO NEUTRAL OR FREE CHAIN POSITION. ONLY PERSONNEL INSTRUCTED IN PROPER USAGE SHOULD OPERATE LEVER CHAIN HOISTS.

**NOTE:** If power plant is to be removed using ground hoist equipment, omit this step and proceed directly to step T.

- (1) Erect side engine frame assembly, F72708, as follows:
  - (a) Install -57 forward body fitting with three bolts (Fig. 401).
  - (b) Install -116 aft body fitting with five bolts.
  - (c) Install -65 forward strut fitting with four bolts.
  - (d) Check directional markings on -68 aft strut fitting and install fitting as appropriate for left or right strut. Secure fitting with five bolts.

EFFECTIVITY

ALL

71-00-00

06

Page 406  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



## MAINTENANCE MANUAL

- T. Position engine transportation dolly under engine.
- U. Remove engine mount nuts and washers.
- V. Install thread protectors on engine cone bolts and move engine outboard until cone bolts clear engine mount fittings.

**CAUTION:** TO PREVENT DAMAGE TO AIRPLANE AND ENGINE COMPONENTS, MAKE CERTAIN ALL LINES, DUCTS, ELECTRICAL CONNECTORS, AND CONTROL CABLES ARE CLEAR BEFORE LOWERING ENGINE.

**NOTE:** The minimum outboard movement for forward engine mount flange to clear mount support fitting is 5.00 inches. The minimum outboard movement for aft cone bolt to clear aft engine mount fitting is 3.80 inches.

- W. Lower engine and secure to transportation dolly.

### 5. Remove No. 2 Power Plant

- A. Remove fin-to-body fairing panels 5203 and 5204 (AMM Chapter 12, Access Doors and Panels).
- B. Remove center engine cowl panels as follows:
  - (1) Insert screwdriver into slot of forward tension latch. Open latch by pulling screwdriver handle away from engine centerline. Repeat for remaining five latches.
  - (2) Open forward left or right cowl panel and depress handle of each safety latch (two places). Open cowl panel away from engine and lift clear of hinge pins to remove.

**WARNING:** EACH OF THE FOUR CENTER COWL PANELS WEIGH APPROXIMATELY 60 POUNDS AND REQUIRES TWO MEN FOR REMOVAL. ATTEMPTING TO MANHANDLE COWL WITH INSUFFICIENT HELP COULD RESULT IN DAMAGE TO COWL AND/OR SERIOUS INJURY TO PERSONNEL.

**WARNING:** CAUTION COWL DAMAGE MAY ALSO OCCUR IF COWL PANELS ARE OPENED WHEN CROSSWINDS MAY EXCEED 35 KNOTS. IF COWL PANELS ARE TO BE OPENED DURING PERIODS OF HIGH WIND CONDITIONS, HEAD AIRCRAFT INTO WIND.

EFFECTIVITY

ALL

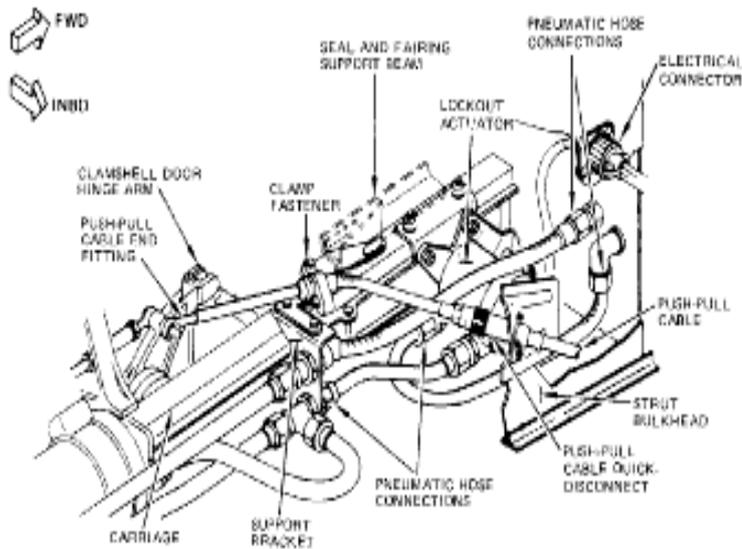
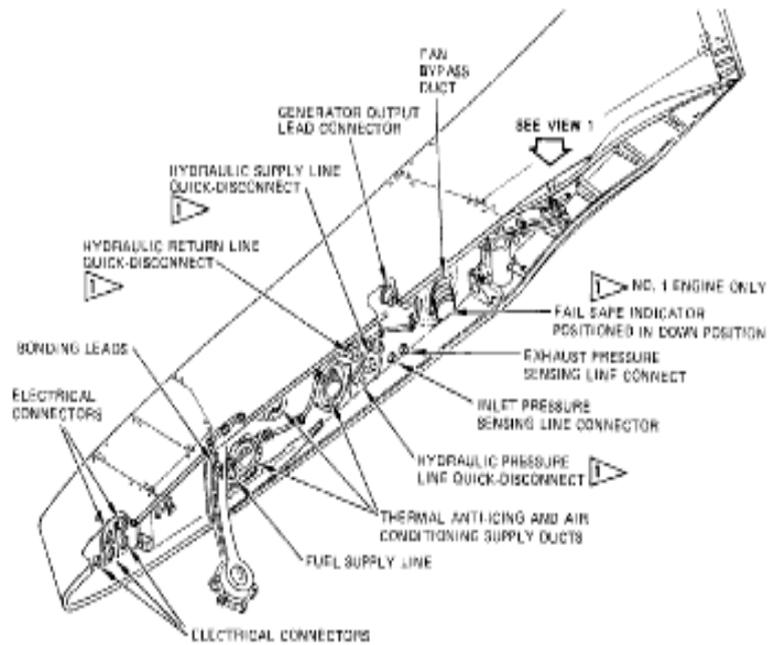
71-00-00

03 Page 409  
Apr 01/06

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.



MAINTENANCE MANUAL



VIEW 1

Side Engine Disconnects  
Figure 405

EFFECTIVITY	
	ALL

71-00-00

06 Page 430  
Dec 01/05

BOEING PROPRIETARY - Copyright (C) - Unpublished Work - See title page for details.

# **ANEXO E**

# **DESMONTAJE**

# **DEL MOTOR**

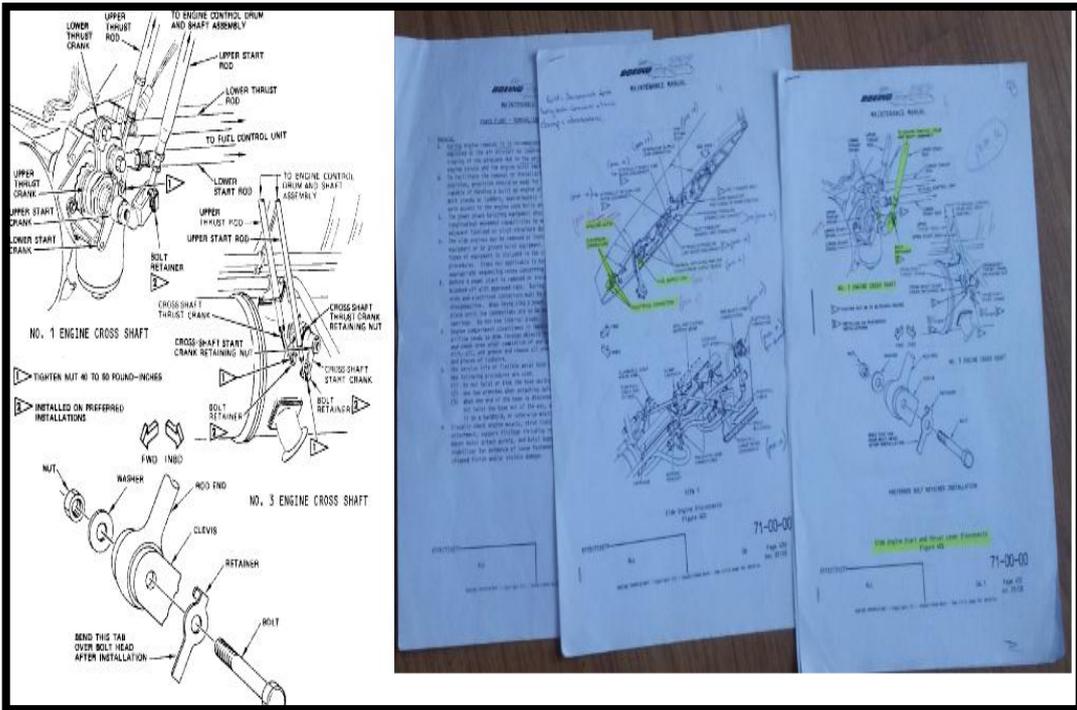


Imagen E1: Manual de mantenimiento



Imagen E2: Desmontaje de los cone bolt

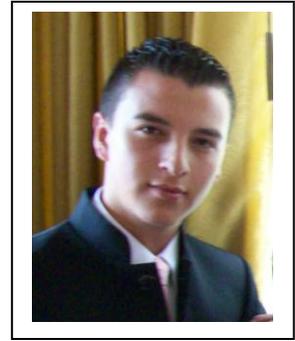


**Imagen E3: Motor desmontado**



**Imagen E4: Motor seccionado**

## HOJA DE VIDA



### DATOS PERSONALES

**NOMBRE:** Jonathan Raphael Zurita Caisaguano  
**NACIONALIDAD:** Ecuatoriana  
**FECHA DE NACIMIENTO:** 08 de Febrero de 1991  
**CÉDULA DE CIUDADANÍA:** 050306866-0  
**TELÉFONOS:** 0983047452-0979131572  
**CORREO ELECTRÓNICO:** jona\_rafa08@hotmail.com  
**DIRECCIÓN:** Latacunga - Cotopaxi

### ESTUDIOS REALIZADOS

Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico  
2008 – 2012            Latacunga – Cotopaxi – Ecuador

Instituto Tecnológico Superior “Vicente Fierro”  
2002-2008            Tulcán – Carchi – Ecuador

Escuela Cristóbal Colón  
1996 – 2002            Tulcán – Carchi – Ecuador

### TÍTULOS OBTENIDOS

Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Bachiller Técnico Industrial Especialización Mecánica Automotriz

### IDIOMAS

Español  
Inglés Americano (Suficiencia)

## EXPERIENCIA PROFESIONAL

- Pasante en el área de mantenimiento mecánico de aeronaves: Las labores realizadas fueron montaje de un motor, mantenimiento preventivo del avión A-37.  
Fuerza Aérea Ecuatoriana Ala De Combate No. 23  
1 de Marzo del 2010 – 26 de Marzo del 2010 (160 horas)
- Prácticas profesionales en el área de hidráulica del avión C-130: Las labores realizadas fueron de mantenimiento, cambio de componentes hidráulicos.  
Fuerza Aérea Ecuatoriana Ala De Combate No. 11  
03 de Agosto del 2010 – 27 de Agosto del 2010 (160 horas)
- Prácticas profesionales en el área de mantenimiento de helicópteros: Las labores realizadas fueron mantenimiento en general.  
Aeromaster Airways S.A  
21 de Febrero del 2011 – 18 de Marzo del 2011 (200 horas)
- Pasante en el área de mantenimiento mecánico de aeronaves: Las labores realizadas fueron cambio de componentes, recibir aeronaves.  
Tame S.A  
05 de Septiembre del 2011 – 07 de Octubre del 2011 (200 horas)

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIONES  
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

---

**Jonathan Raphael Zurita Caisaguano**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

---

**Ing. Hebert Atencio V.  
Subs. Téc. Avc.**

Latacunga, 22 de Enero del 2013

## **CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL**

Yo, Jonathan Raphael Zurita Caisaguano, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores, en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía N° 050306866-0, autor del Trabajo de Graduación **“DESMONTAJE DEL MOTOR IZQUIERDO JT8D DEL AVIÓN BOEING 727 PARA SU TRASLADO DE LA BASE AÉREA COTOPAXI HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO”**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Jonathan Raphael Zurita Caisaguano**

Latacunga, Enero 22 del 2013