



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

**UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS**

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

**“REHABILITACIÓN FUNCIONAL DE LA REVERSA DEL  
MOTOR ESCUELA JT8D ENCAMINADO A LA INSTRUCCIÓN  
TÉCNICA DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA”**

**TORRES VALENCIA ESTEBAN FRANCISCO**

**Trabajo de graduación para la obtención del título de:**

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA  
MENCION MOTORES**

**Año 2014**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. TORRES VALENCIA ESTEBAN FRANCISCO, como requisito previo para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

---

Tlgo. Alejandro Proaño

Latacunga, 07 de octubre del 2014

## **AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

ESTEBAN FRANCISCO TORRES VALENCIA

DECLARO QUE:

El proyecto denominado “Rehabilitación funcional de la reversa del motor escuela JT8D encaminado a la instrucción técnica de la carrera de Mecánica Aeronáutica”, ha sido desarrollado en base a una investigación científica exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, 07 de octubre del 2014

---

Esteban Francisco Torres Valencia

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, Esteban Francisco Torres Valencia

Autorizo a la Escuela Politécnica del Ejército, la publicación en la biblioteca virtual de la institución, del trabajo “Rehabilitación funcional de la reversa del motor escuela JT8D encaminado a la instrucción técnica de la carrera de Mecánica Aeronáutica”.

Latacunga, 07 de octubre del 2014

---

Esteban Francisco Torres Valencia

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido culminar mi carrera con mis objetivos trazados, por haberme dado la tranquilidad y enfoque para cumplir mis metas.

A mi madre Mary por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida estudiantil y por haber inculcado en mí todos los valores necesarios para ser un hombre y un profesional de bien.

Mi padre Patricio por ser un ejemplo de perseverancia y por enseñarme que siempre hay que luchar por lo que se quiere con honestidad, trabajo y responsabilidad.

A mis hermanas Joan, Emily y Camily que nunca dudaron en apoyarme y ayudarme cuando las necesité. Con sus muestras de amor e interés por mi bienestar.

Mi hija Adriana que fue el motor que me impulsa día a día para seguir luchando y ser una mejor persona y padre; para darle el mejor ejemplo que un padre pueda darle a sus hijos.

**ESTEBAN FRANCISCO TORRES VALENCIA**

## **AGRADECIMIENTO**

A DIOS y mis padres: Mary y Patricio ya que sin su apoyo y motivación no hubiese podido lograr mis metas y sueños.

A toda mi familia que a pesar de no estar juntos todos los días han sabido darme su apoyo y han estado junto a mí en los buenos y malos momentos.

A mis amigos que han compartido conmigo los momentos buenos y malos de nuestra vida estudiantil y que fueron una base muy grande y sostén muy importantes para cumplir nuestros sueños.

A mis Profesores ya que gracias a su paciencia, perseverancia y sus conocimientos y valores impartidos durante nuestra estancia en el instituto fueron parte importante para nuestra formación profesional y humana.

**ESTEBAN FRANCISCO TORRES VALENCIA**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	II
AUTORIZACIÓN.....	III
DEDICATORIA .....	IV
AGRADECIMIENTO .....	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
SUMARY.....	XV

### CAPÍTULO I

#### EL TEMA

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

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción .....	4
2.2 Motores aeronáuticos.....	5
2.2.1 Evolución .....	5
2.2.2 Tipos de motores .....	7

2.2.2.1 Motores recíprocos .....	7
2.2.2.1.1 Tipos .....	7
2.2.2.1.1.1 Motor en línea .....	7
2.2.2.1.1.2 Motor rotativo .....	8
2.2.2.1.1.3 Motor en V .....	9
2.2.2.1.1.4 Motor radial .....	1
2.2.2.1.1.5 Motor cilindros en oposición.....	11
2.2.2.2 Motores de turbina .....	12
2.2.2.2.1 Tipos .....	12
2.2.2.2.1.1 Motor turbo hélice .....	12
2.2.2.2.1.2 Motor turbo eje .....	13
2.2.2.3 Motores a reacción.....	14
2.2.2.3.1Tipos .....	15
2.2.2.3.1.1 Turborreactores.....	15
2.2.2.3.1.2 Turbo fan.....	16
2.3 Reversas para motores.....	17
2.3.1 Funcionamiento .....	19
2.3.2 Tipos de reversas.....	20
2.3.2.1 Reversas para motores de doble flujo.....	20
2.3.2.1.1 Blocker doors .....	21
2.3.2.1.2 Translating cowl .....	22
2.3.2.2 Reversas de motores turbo hélice.....	22
2.3.2.3 Reversas para motores de flujo único.....	23
2.3.2.3.1 Deflector doors.....	23
2.3.2.3.2 Clamshell doors .....	24
2.3.2.3.2.1 Compuertas.....	26
2.3.2.3.2.2 Ensamblaje de bisagras.....	26
2.3.2.3.2.3 Actuadores de la reversa .....	26
2.3.2.3.2.4 Válvula de secuencia .....	27
2.3.2.3.2.5 Circuito de luz de operación de reversa.....	27
2.4 Soldadura.....	27
2.4.1 Soldadura por arco.....	29

2.4.2 Soldadura por combustión (autógena).....	30
2.4.2.1 Equipo de soldadura .....	31
2.4.2.2 Proceso de soldadura .....	31

### **CAPÍTULO III**

#### **DESARROLLO DEL TEMA**

3.1 Preliminares .....	32
3.2. Procedimientos a seguir para la rehabilitación funcional de la reversa del motor JT8D .....	32
3.3 Rehabilitación funcional .....	32
3.3.1 Rehabilitación del sistema de presión.....	33
3.3.1.1 Cañerías .....	33
3.3.1.2 Actuadores.....	34
3.3.1.3 Acoples .....	36
3.3.1.4 Limpieza e instalación.....	36
3.3.2 Rehabilitación del sistema mecánico .....	37
3.3.2.1 Rieles guías .....	37
3.3.2.2 Mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra.....	38
3.3.2.3 Adaptación clamshell doors .....	39
3.3.3 Elaboración del sistema de control e indicación .....	40
3.3.3.1 Construcción de la caja de control .....	40
3.3.3.2 Control de presión.....	42
3.3.3.3 Válvula de control.....	42
3.3.3.4 Luz de indicación .....	43
3.4 Codificación de máquinas, herramientas y materiales.....	44
3.5. Diagrama de procesos.....	47
3.5.1 Diagrama de proceso de la rehabilitación de cañerías .....	48
3.5.2 Diagrama de proceso de la rehabilitación de actuadores .....	50
3.5.3 Diagrama de proceso de la rehabilitación de rieles guías.....	52
3.5.4 Diagrama de proceso de la rehabilitación del mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra .....	54

3.5.5 Diagrama de proceso de adaptación de clamshell doors.....	56
3.5.6 Diagrama de proceso de construcción de la caja de control.....	57
3.5.7 Diagrama de proceso de construcción del sistema de control .....	59
3.5.8 Diagrama de proceso de la rehabilitación del sistema de indicación .....	61
3.6 Pruebas operacionales .....	62
3.6.1 Pruebas con presión neumática.....	62
3.6.2 Pruebas mecánicas.....	63
3.6.3 Prueba eléctrica .....	64
3.7 Manual de uso, mantenimiento y hojas de registro .....	65
3.7.1 Descripción general .....	65
3.7.2 Registro de datos técnicos.....	66
3.8 Análisis económico .....	79
3.8.1 Recursos.....	79
3.8.2 Costos.....	79
3.8.2.1 Costo primario.....	80
3.8.2.2 Costo secundario .....	81
3.8.2.3 Costo total.....	81

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1 Conclusiones .....	82
4.2 Recomendaciones .....	82
GLOSARIO .....	84
BILBIOGRAFÍA .....	87
NETGRAFÍA .....	87
ANEXOS .....	89
HOJA DE VIDA .....	111
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS .....	113

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Codificación de máquinas .....	44
Tabla 3.2. Codificación de herramientas.....	45
Tabla 3.3. Codificación de materiales .....	46
Tabla 3.4. Simbología .....	47
Tabla 3.5. Proceso de rehabilitación de cañerías .....	49
Tabla 3.6. Proceso de rehabilitación de actuadores .....	51
Tabla 3.7. Proceso de rehabilitación de rieles guías.....	53
Tabla 3.8. Proceso de rehabilitación del mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra .....	55
Tabla 3.9. Proceso de adaptación clamshell doors.....	56
Tabla 3.10. Proceso de construcción de la caja de control.....	58
Tabla 3.11. Proceso de rehabilitación del sistema de control .....	60
Tabla 3.12. Proceso de rehabilitación del sistema de indicación.....	62
Tabla 3.13. Aceptación de pruebas operacionales .....	65
Tabla 3.14. Recursos humanos .....	79
Tabla 3.15. Costos primarios .....	80
Tabla 3.16. Costos secundarios.....	81
Tabla 3.17. Costo total.....	81

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Motor radial.....	6
Figura 2.2. Diagrama motor turbo hélice.....	7
Figura 2.3. Motor en línea invertido .....	8
Figura 2.4. Motor rotativo .....	9
Figura 2.5. Motor en V Rolls Royce .....	10
Figura 2.6. Motor radial Wright R-2600.....	11
Figura 2.7. Motor de cilindros opuestos UL60i.....	12
Figura 2.8. Motor turbo hélice Garret.....	13
Figura 2.9. Motor turbo eje lycoming T-53 .....	14
Figura 2.10. Turborreactor de flujo centrífugo.....	15
Figura 2.11. Turborreactor de flujo axial .....	16
Figura 2.12. Turbo fan General Electric CF-6 .....	17
Figura 2.13. Comparación entre uso de frenos y reversa .....	18
Figura 2.14. Resistencia aerodinámica de la reversa .....	19
Figura 2.15. Palanca de reversa y posiciones .....	20
Figura 2.16. Posiciones de las blocker doors.....	21
Figura 2.17. Blocker doors.....	21
Figura 2.18. Translating cowl.....	22
Figura 2.19. Paso de la hélice.....	23
Figura 2.20. Deflector doors en posición retractada .....	24
Figura 2.21. Deflector doors en posición extendida.....	24
Figura 2.22. Clamshell doors en posición retractada .....	25
Figura 2.23. Clamshell doors en posición extendida.....	25
Figura 2.24. Soldadura y sus partes .....	29
Figura 2.25. Soldadura autógena.....	30
Figura 3.1. Cañerías .....	34
Figura 3.2. Actuador .....	35
Figura 3.3. Acoples actuador y cañerías flexibles.....	36
Figura 3.4. Ensamblaje de reversa .....	37
Figura 3.5. Rieles guías .....	38

Figura 3.6. Ejes concéntricos y brazos mecánicos .....	39
Figura 3.7. Alzas de clamshell doors .....	40
Figura 3.8. Caja de control.....	41
Figura 3.9. Regulador de presión.....	42
Figura 3.10. Válvula de accionamiento .....	43
Figura 3.11. Sensor de posición .....	44

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Motores y reversas .....	90
Anexo B. Elaboración del proyecto .....	96
Anexo C. Diagramas del manual de mantenimiento .....	101
Anexo D. Circuito eléctrico luz indicación .....	105
Anexo E. Diagrama neumático de la caja de control .....	107
Anexo F. Identificación de líneas de fluido.....	109

## **RESUMEN**

El presente proyecto trata sobre la rehabilitación funcional de la reversa del motor JT8D, con el fin de poseer un componente operativo de éste tipo para que sirva de medio para una mejor enseñanza y aprendizaje de los alumnos de la Carrera de Mecánica Aeronáutica y de ayuda didáctica dentro del bloque N°42 de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

### **REHABILITACIÓN FUNCIONAL**

Se habla de rehabilitación ya que se contó con un ensamblaje de reversa original, pero que debido a su mal estado y la falta de componentes en el mismo esta inoperativo para su funcionamiento; por lo que se realizó un estudio para determinar la factibilidad de rehabilitar funcionalmente a este ensamblaje y así contar con un modelo original en la Unidad.

### **REVERSA DEL MOTOR**

Se escogió este componente del motor debido a su gran importancia dentro de la operación de las aeronaves como es en la fase crítica del aterrizaje; puesto que constituye un gran aporte para el frenado del avión.

### **JT8D**

Dicho motor es considerado un motor escuela ya que comprende los principios de funcionamiento básicos para el funcionamiento de los motores aeronáuticos de hoy en día. Este motor es usado principalmente en los aviones Boeing 727-100 y 727-200 variando generalmente en la potencia que genera el motor.

### **INSTRUCCIÓN TÉCNICA**

Las clases dictadas en la Unidad de Gestión de Tecnologías hacen referencia al motor en mención por lo que se ve la necesidad de contar con un modelo físico para la instrucción práctica de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

## **SUMMARY**

This project is about the functional rehabilitation of reverse JT8D engine, in order to have an operational component of this type to serve as a means to better teaching and learning of students in the School of Mechanical Aerospace and teaching aid within Block No. 42 of the Technology Management Unit.

### **FUNCTIONAL REHABILITATION**

There is talk of rehabilitation as it was counted with an original reverse assembly, but due to its poor condition and lack of components therein is inoperative for its operation; so a study was undertaken to determine the feasibility of functionally rehabilitating this assembly and thus have an original model in the Unity.

### **ENGINE REVERSE**

This component of the engine due to its great importance in the operation of aircraft as it is in the critical phase of landing was chosen; since it constitutes a great contribution to the braking of the aircraft.

### **JT8D**

The engine is considered a motor comprising school and basic operating principles for the operation of aeronautical engines today. This motor is mainly used in the Boeing 727-100 and 727-200 generally varying in power generated by the motor.

### **TECHNICAL INSTRUCTION**

The classes taught at the Department of Technology Management refer to the engine in question is therefore the need for a physical model for the practical training of students in the career of Aeronautical Mechanics.

# **CAPÍTULO I**

## **EL TEMA**

### **1.1 Antecedentes**

La reversa a ser rehabilitada pertenece al motor JT8D del avión Boeing 727- 100, este avión fue operado en el país por la compañía Tame y posteriormente fue donado a la FAE (Fuerza Aérea Ecuatoriana) donde opera actualmente con fines logísticos y transporte del personal militar.

Debido a que dicho avión se encuentra a cargo de la FAE, el personal técnico de esta institución es responsable de su mantenimiento y aeronavegabilidad. Por los múltiples cambios de motores y reversas necesarios para la operación de la aeronave, estos componentes reemplazados se han ido acumulando en los hangares de la Fuerza Aérea sin que tengan ninguna utilidad.

Esta reversa se ubicaba en los hangares del Ala de Transportes N°11 en muy mal estado, con componentes faltantes, suciedad en los sistemas, con presencia de óxido en algunas de sus partes, entre otras. Se hizo un estudio acerca la factibilidad de rehabilitar esta reversa y posteriormente se procedió a iniciar con el trabajo.

En la Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) debido a la falta de material didáctico en reversas de motores aeronáuticos en el Bloque N°42, los alumnos de la carrera de Mecánica no pueden aprovechar al máximo los recursos que la unidad posee ni poner en práctica los conocimientos teóricos impartidos en el mismo.

Con la rehabilitación de la reversa de un motor JT8D se volverá mucho más fácil la realización de prácticas y además la instrucción en dicha reversa en materias relacionadas con motores a reacción.

## **1.2 Justificación e Importancia**

La reversa de un motor a reacción es un pilar fundamental para el correcto funcionamiento de la aeronave por lo que es necesario durante la fase de instrucción conocer acerca del principio de funcionamiento de la misma y poder palpar su operación.

En la UGT no se cuenta con material didáctico para la enseñanza sobre el funcionamiento de las reversas por lo que se ve necesaria la rehabilitación funcional de la reversa del motor JT8D para la realización de prácticas de mantenimiento o simplemente para instrucción.

Con el desarrollo de este proyecto se rehabilitó funcionalmente la reversa del motor JT8D con el fin de ampliar la implementación técnica de la Unidad de Gestión de Tecnologías en el Bloque 42.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

“Rehabilitar funcionalmente la reversa del motor escuela JT8D encaminado a la implementación técnica del bloque 42 mediante el cual se va a mejorar la capacitación técnica académica de los futuros tecnólogos de la UGT en el 2014”.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Investigar el funcionamiento de la reversa con respecto a sus componentes y principios de funcionamiento.

- Utilizar correctamente las diferentes herramientas y materiales para la rehabilitación de la reversa.
- Determinar la funcionalidad y procedimientos de operación de la reversa una vez culminada su rehabilitación.
- Identificar los componentes y partes necesarios para el correcto funcionamiento de la reversa.
- Incrementar la implementación técnica en el Bloque 42 para mejorar la instrucción práctica de los estudiantes de la carrera de Mecánica de la Unidad y puedan realizar prácticas en esta reversa.
- Efectuar pruebas de funcionamiento para la comprobación operacional de los sistemas rehabilitados en la reversa.

#### **1.4 Alcance**

Con la rehabilitación de la reversa se incrementa la implementación técnica del Bloque 42 en la UGT y de esta manera ayuda a la instrucción práctica de los estudiantes referente al sistema de reversa del avión (ATA 78), y por ende al fortalecimiento de habilidades y destrezas de los futuros tecnólogos de la unidad.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Introducción**

Hoy en día el transporte por vía aérea es el medio de transporte más seguro, además que ofrece otras ventajas como recortar distancias y con ello obviamente disminuir notablemente el tiempo de viaje de los usuarios de este medio. Con el desarrollo de la tecnología se ha podido construir aeronaves más cómodas y seguras, por lo cual es necesario formar al personal técnico aeronáutico para garantizar el correcto funcionamiento de las aeronaves.

Por este motivo en la ciudad de Latacunga se encuentra la Unidad de Gestión de Tecnologías, el mismo que está comprometido a capacitar a personas en carreras de nivel tecnológico relacionadas con el ámbito aeronáutico para satisfacer las necesidades del mundo moderno. Esta institución cuenta con un cuerpo docente preparado para la formación de personal capaz de desenvolverse en el campo laboral y humano con conocimientos técnicos y éticos.

La carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores, cuenta con su laboratorio didáctico conocido como “BLOQUE 42”, el cual aporta con la formación técnica práctica de los alumnos de la Unidad. En este establecimiento existan maquetas referentes a diferentes sistemas del avión, equipos de apoyo, motores destinados a prácticas de armado y desarmado de partes, etc.; todo esto permite a los estudiantes realizar sus prácticas con cierto grado de dificultad siendo un reto para sus conocimientos adquiridos teóricamente.

## 2.2 Motores aeronáuticos

Un motor aeronáutico o motor de aviación es aquel que se utiliza para la propulsión de aeronaves mediante la generación de una fuerza de empuje. “Existen distintos tipos de motores de aviación aunque se dividen en dos clases básicas: motores recíprocos (o de pistón) y de reacción (donde se incluyen las turbinas)”<sup>1</sup>. Recientemente y gracias al desarrollo de la NASA y otras entidades, se ha comenzado también la producción de motores eléctricos para aeronaves que funcionen con energía solar.

### 2.2.1 Evolución

Con el desarrollo del ciclo Otto se inventó el motor de combustión interna, el cual fue aplicado en los principios de la aeronáutica de finales del siglo XIX. Estos motores generaban la potencia requerida por el aeroplano por medio de hélices, las mismas que propulsaban el aire hacia atrás y como consecuencia se producía el movimiento hacia adelante del aeroplano. En 1903, los hermanos Wright lograron realizar el sueño casi imposible de hacer volar un aparato más pesado que el aire.

Los motores se fueron perfeccionando aprovechando al máximo su potencia ya sea con fines de transporte o militares, como los de la Primera Guerra Mundial. Entre los años 1940 y 1950 se crearon los primeros motores a reacción a ser utilizados en los aviones de combate en la Segunda Guerra Mundial.

De los descubrimientos en la física y la mecánica de fluidos, se tomó el principio de Bernoulli, del mismo que se fundarían las bases para la invención de los cohetes y de los motores de reacción, a su vez también utilizando la ley física referente a la acción y reacción.

---

<sup>1</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_aeron%C3%A1utico](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_aeron%C3%A1utico)

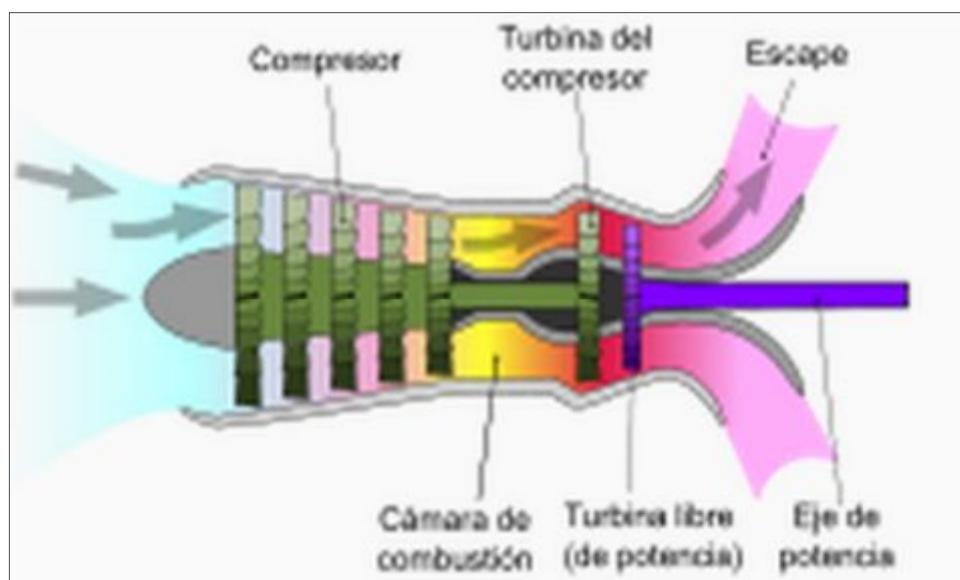
Los últimos aviones de transporte comercial de hélices emplearon cuatro motores radiales de 36 cilindros y de 3.500 caballos de fuerza; son ejemplos de ellos los Douglas DC-7 y los Lockheed Constellation. Más tarde, vendría el gran cambio a los motores a reacción, que en un inicio fueron motores Straight Jet, es decir, de flujo de aire directo, (no poseían fan).



**Fig. 2.1:** Motor radial

La industria del motor de aviación ha avanzado significativamente; hoy se emplean los motores turbo fan en aviones comerciales. Para los aviones de combate se ha mejorado su rendimiento, no emplean el mecanismo del turbo fan pero sí el postquemador, que es un quemador posterior que aumenta el empuje real de los motores durante una maniobra forzada.

En la aviación moderna se emplean básicamente dos tipos de motores, los de turbo fan y los de turbohélice. Si bien, en la aeronáutica también se emplean motores con combustibles sólidos, los montados en aviones, tanto comerciales como militares, emplean combustibles líquidos. En los aviones de porte pequeño es usual que se utilicen motores de combustión interna que no se basan en el principio de las turbinas de gas sino en el movimiento alternativo de pistones.



**Fig. 2.2:** Diagrama motor turbo hélice

## 2.2.2 Tipos de motores

### 2.2.2.1 Motores recíprocos

Los inicios de la aviación fueron marcados por el uso de motores a pistón, también llamados recíprocos o alternativos; para la propulsión de las aeronaves. Su rendimiento estaría estrictamente marcado por la relación peso- potencia capaz de generar dicho motor.

A pesar de la insipiente tecnología de esa época se logró conseguir el vuelo propulsado por motores a gasolina, los cuales con el desarrollo de la tecnología fueron la base para la invención de motores con mejor rendimiento y confiabilidad.

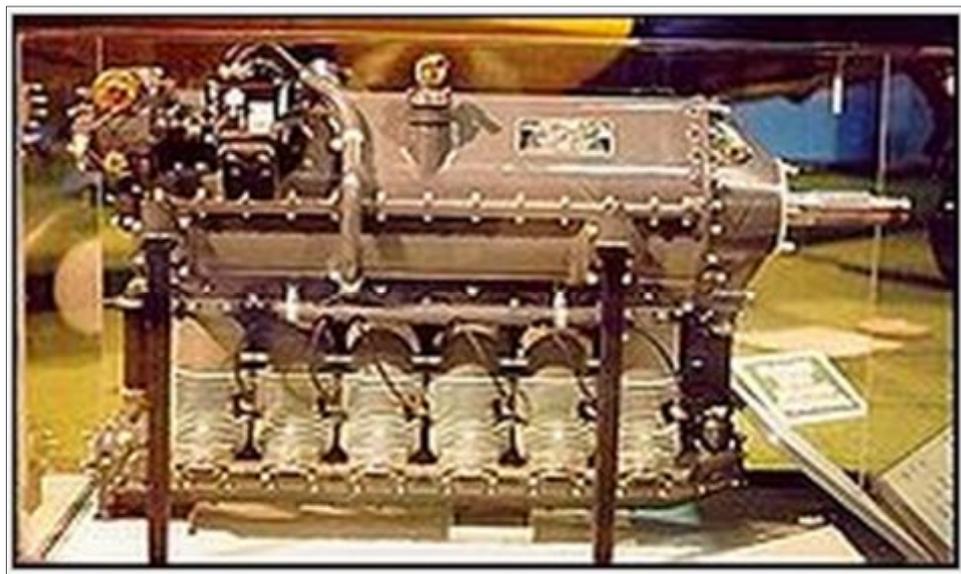
#### 2.2.2.1.1 Tipos

##### 2.2.2.1.1.1 Motor en línea

Este tipo de motor tiene los cilindros alineados en una sola fila. Normalmente tienen un número par de cilindros, pero existen 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. Si el cigüeñal del motor está ubicado encima de los cilindros se le llama un motor en línea invertido, esta configuración permite que la hélice sea montada en una posición más alta, a una mayor distancia del suelo.

Una de las desventajas de este motor es que ofrece una escasa relación potencia a peso, debido a que el cárter y el cigüeñal son largos y por lo tanto más pesados. Pueden ser refrigerados por aire o por líquido, pero lo más común es que sean refrigerados por líquido por la facilidad de refrigerar los cilindros de la parte trasera.



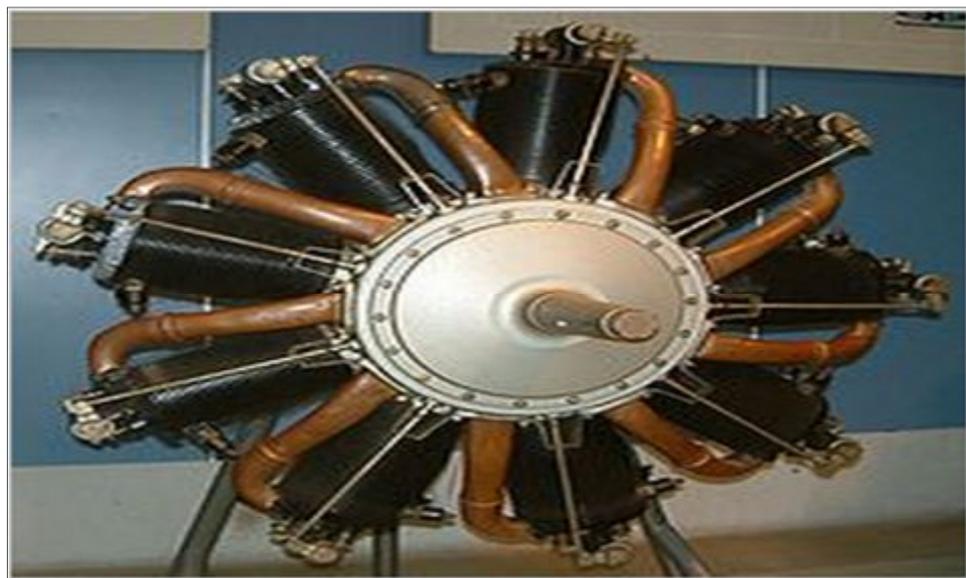
**Fig. 2.3:** Motor en línea invertido

#### **2.2.2.1.1.2 Motor rotativo**

A inicios de la Primera Guerra Mundial, los aviones estaban siendo utilizados para fines militares, se hizo evidente que los motores en línea eran demasiado pesados para la potencia que generaban. Los diseñadores necesitaban un motor ligero, potente, barato, y fácil de producir en grandes cantidades. El motor rotativo cumplió con esas expectativas.

Los motores rotativos poseen 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. De este modo el motor entero gira junto a la hélice, proporcionando abundante flujo de aire para la refrigeración, independientemente de la velocidad de avance de la aeronave.

Algunos de estos motores eran de dos tiempos, con una gran relación potencia a peso pero los severos efectos giroscópicos de un pesado motor rotando a altas velocidades hacían más difícil maniobrar el avión.



**Fig. 2.4:** Motor rotativo

#### **2.2.2.1.1.3 Motor en V**

En este tipo de motores los cilindros están dispuestos en dos bancadas, inclinadas con una diferencia de entre 30 y 60 grados en forma de V. La gran mayoría de motores en V son enfriados con agua. Estos ofrecen una relación potencia a peso mayor que un motor en línea, mientras que siguen manteniendo un área frontal reducida.



**Fig. 2.5:** Motor en V Rolls Royce

#### **2.2.2.1.1.4 Motor radial**

El motor radial o también conocido en estrella 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. Son cuatro tiempos y refrigerados por aire, poseen solo una muñequilla en el cigüeñal por cada fila de cilindros y por lo tanto un cárter relativamente pequeño, lo que reduce el peso del motor y finalmente obteniendo una buena relación potencia a peso.

Debido a la ubicación de los cilindros se exponen muy bien las superficies de irradiación de calor del motor al aire y tiende anular las fuerzas recíprocas, los radiales suelen enfriar uniformemente y funcionar correctamente.



**Fig. 2.6:** Motor radial Wright R-2600

#### **2.2.2.1.1.5 Motor de cilindros en oposición**

Un motor en oposición tiene dos bancadas de cilindros ubicadas en los lados del cárter una en contraposición de la otra. Puede ser refrigerado por aire o por líquido, pero las refrigeradas por aire son las predominantes. Este tipo de motor es montado con el cárter en posición horizontal en aeroplanos, pero puede ser montado con el cárter en vertical en helicópteros. Debido a la disposición de los cilindros, las fuerzas recíprocas tienden a cancelarse, resultando en un buen funcionamiento del motor.

Son relativamente pequeños, livianos y económicos, los motores de cuatro o seis cilindros opuestos refrigerados por aire son los más usados en pequeñas aeronaves de aviación general que requieren una potencia no superior a 400 HP (300 kW) por motor. Las aeronaves que necesitan una potencia superior en cada motor tienden a ser propulsados por motores de turbina.



**Fig. 2.7:** Motor de cilindros opuestos UL260i.

### **2.2.2.2 Motores de turbina**

Este tipo de motores usan una turbina de gas para mover el eje propulsor.

#### **2.2.2.2.1 Tipos**

##### **2.2.2.2.1.1 Motor turbo hélice**

Con la idea de aprovechar la alta potencia y bajo mantenimiento de un motor de turbina de gas, nació la idea de acoplar un motor de turbina a una hélice convencional. Estos motores no basan la producción del empuje en el chorro de gases que circula a través de la turbina, sino que la potencia que producen se emplea para mover la hélice, la cual genera la tracción para propulsar la aeronave.

Debido a que el óptimo funcionamiento de las turbinas de gas se produce a altas velocidades de giro (superiores a 10.000 RPM), los turbohélices disponen de una caja de engranajes de reducción para disminuir la velocidad del eje y que las puntas de la hélice no alcancen velocidades supersónicas.

A menudo la turbina que mueve la hélice está separada del resto de componentes rotativos para que sean libres de girar a su óptima velocidad propia (se conocen como motores de turbina libre).

Los turbohélices son muy eficientes cuando operan dentro de las velocidades de crucero, que es aproximadamente entre los 320 a los 640 km/h. Los motores cuentan con controles que mantienen fija la velocidad de la hélice y regulan el paso o ángulo de sus palas (hélice de velocidad constante y paso variable). La potencia de los motores turbohélice se mide por su potencia en eje, en inglés: shaft horsepower (SHP), normalmente en caballos de potencia o kilovatios.

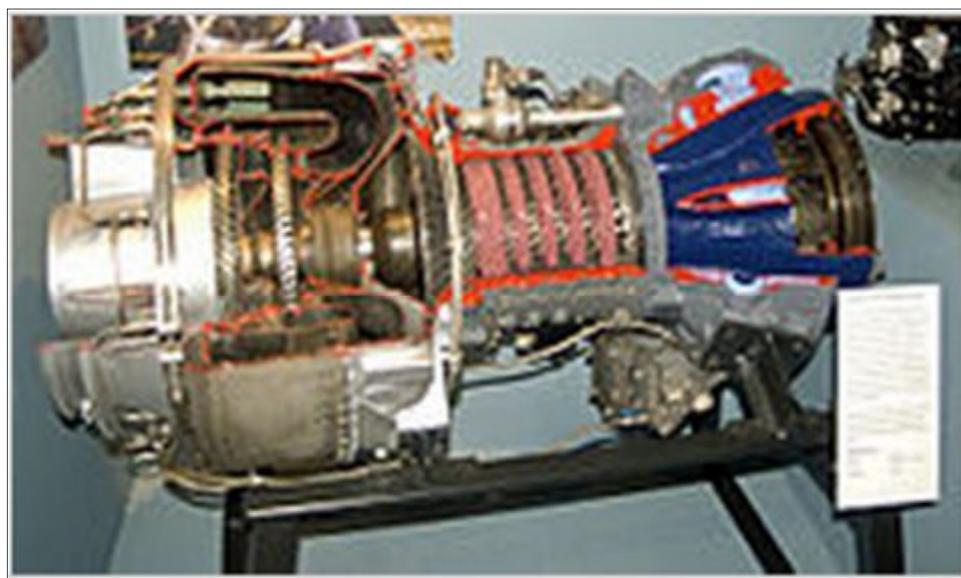


**Fig. 2.8:** Motor turbohélice Garret

#### **2.2.2.2.1.2 Motor turbo eje**

Es un motor de turbina de gas que entrega su potencia a través de un eje. Estos motores son utilizados principalmente en helicópteros y en unidades de energía auxiliar. El turbo eje es muy similar al turbohélice, con la diferencia que en el turbohélice la hélice es soportada directamente por el motor, y el motor está anclado a la estructura de la aeronave; en un turbo eje

el motor no tiene que ofrecer un soporte a los rotores del helicóptero, ya que el rotor está conectado a una transmisión fijada a la estructura y el turbo eje simplemente transmite la potencia mediante un eje de transmisión.



**Fig. 2.9:** Motor turbo eje Lycoming T- 53

### **2.2.2.3 Motores a reacción**

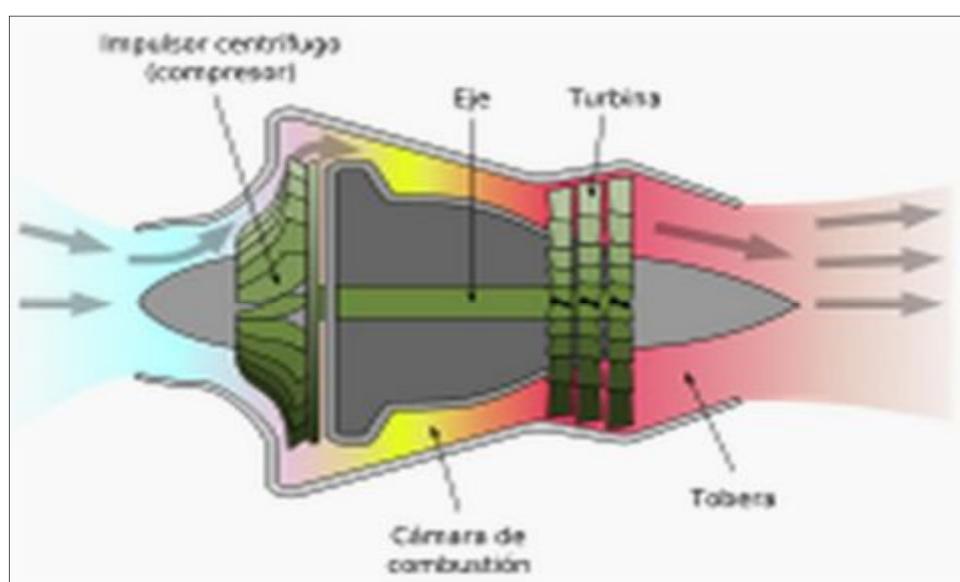
El componente fundamental de este tipo de motores es la tobera de escape. Esta es la parte que crea el empuje mediante un chorro de gas. El flujo de aire caliente del motor es acelerado al salir de la tobera, creando el empuje que junto con las presiones que actúan dentro del motor empujan la aeronave hacia adelante.

Los motores de reacción más habituales son el turboreactor, el turbo fan y el cohete. Aunque también se emplearon de forma menos habitual otro tipo de motores de reacción como el pulsorreactor (desarrollado en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial para impulsar las bombas guiadas V1), el estatorreactor (ramjet), el estatorreactor de combustión supersónica (scramjet) o el motor de detonación por pulsos.

### 2.2.2.3.1 Tipos

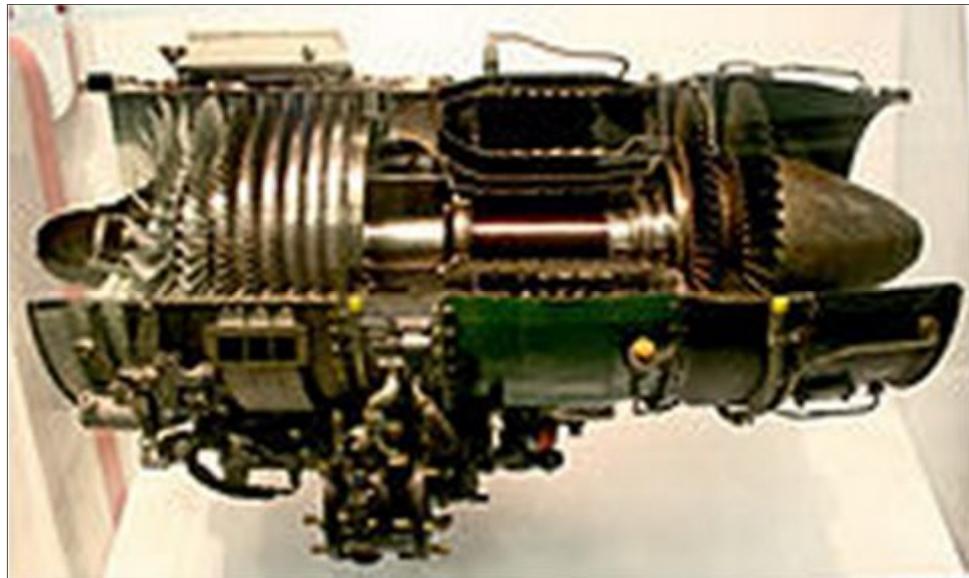
#### 2.2.2.3.1.1 Turborreactores

Un turborreactor es un tipo de motor de turbina de gas desarrollado originalmente para aviones de combate durante la Segunda Guerra Mundial en el que los gases generados por la turbina, al ser expulsados, aportan la mayor parte del empuje del motor.



**Fig. 2.10:** Turborreactor de flujo centrífugo

El turborreactor es el más simple de todos los motores de turbina de gas para aviación. Generalmente se divide en zonas de componentes principales que van a lo largo del motor, desde la entrada hasta la salida del aire: en la zona de admisión (parte delantera) hay un compresor que absorbe el aire y lo comprime, una sección de combustión inyecta y quema el combustible mezclado con el aire comprimido, a continuación una o más turbinas obtienen potencia de la expansión de los gases de escape para mover el compresor de admisión, y al final una tobera de escape acelera los gases de escape por la parte trasera del motor para crear el empuje. Entre los diseños de turborreactores se distinguen dos grandes grupos: los de compresor centrífugo y los de compresor axial.



**Fig. 2.11:** Turborreactor de flujo axial

#### **2.2.2.3.1.2 Turbo fan**

En el motor turbo fan (turbosoplante o turboventilador) los gases generados por la turbina son empleados mayoritariamente en accionar un ventilador (fan) situado en la parte frontal del sistema que produce la mayor parte del empuje, dejando para el chorro de gases de escape solo una parte del trabajo (aproximadamente el 30%).

Estos motores comenzaron a usar el sistema de flujo axial, que mantiene la corriente de aire comprimido presionada hacia el eje de la turbina, por lo que el aire sale propulsado con mayor velocidad y con menos tendencia a dispersarse de la corriente de salida. Esto incrementa notablemente la eficiencia.

Otro gran avance del turbo fan fue la introducción del sistema de doble flujo en el cual, el ventilador frontal es mucho más grande ya que permite que una corriente de aire circule a alta velocidad por las paredes externas del motor, sin ser comprimido o calentado por los componentes internos.

Esto permite que este aire se mantenga frío y avance a una velocidad relativamente igual al aire caliente del interior, haciendo que cuando los dos flujos se encuentren en la tobera de escape, formen un torrente que amplifica la magnitud del flujo de salida y a la vez lo convierte en un flujo más estrecho, aumentando la velocidad total del aire de salida. Este tipo de motor tiene una gran entrega de empuje, permitiendo el desarrollo de aviones con capacidad de carga y transporte de pasajeros mucho más grande, y al nivel que conocemos en la actualidad.

Es el motor utilizado por la mayoría de los aviones de reacción modernos por su elevado rendimiento y relativa economía de combustible respecto a un Turbo jet. Normalmente son motores de dos ejes, uno para la turbina de gas y otro para el fan. Sin embargo Rolls Royce produce motores turbo fan de tres ejes, que corresponden a los modelos de la serie Trent.

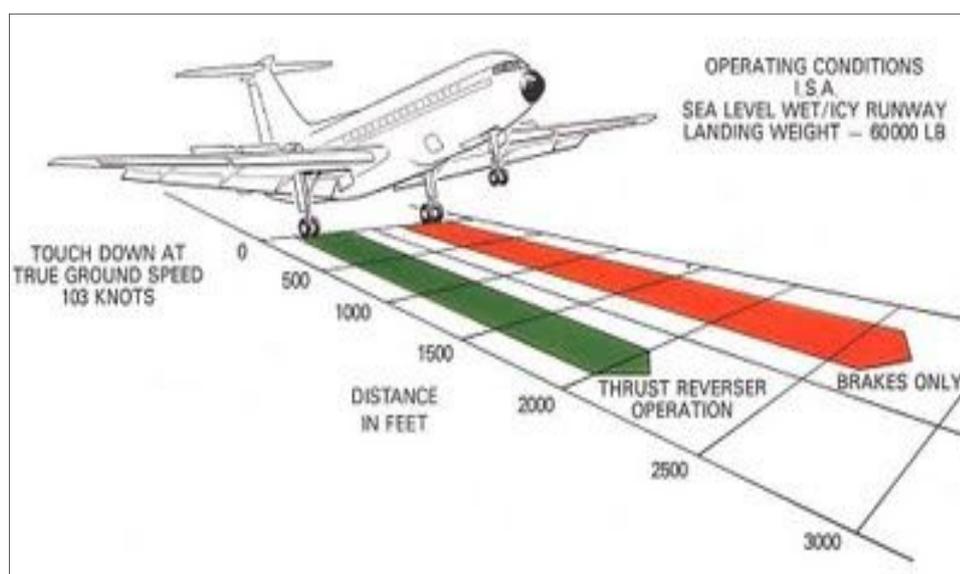


**Fig. 2.12:** Turbofan General Electric CF- 6

### **2.3 Reversas para motores**

Los frenos de los aviones modernos son muy poderosos y eficientes, pero en una pista congelada o muy mojada, esta efectividad se reduce por

la pérdida de adherencia entre la goma de la rueda y el asfalto, por lo que se hace necesario usar otro sistema adicional. Éste método es diferente si el avión es de reacción o si es de hélice.



**Fig. 2.13:** Comparación entre uso de frenos y reversa.

“Se conoce como empuje inverso o empuje de reversa a la desviación temporal de la salida de un reactor de modo que los gases de escape sean expulsados en otra dirección distinta a la del avión. La desaceleración resultante actúa contra el avance de la aeronave, frenándola. Este sistema es empleado por muchos aviones de reacción para facilitar la frenada justo después de tocar tierra, reduciendo el esfuerzo de los frenos y permitiendo al avión operar en aeropuertos de pistas más cortas. También es instalado en aviones a hélice gracias a los motores con palas de inclinación variable hacia ángulos negativos, de modo que se puede invertir la dirección del flujo de aire.”<sup>2</sup>

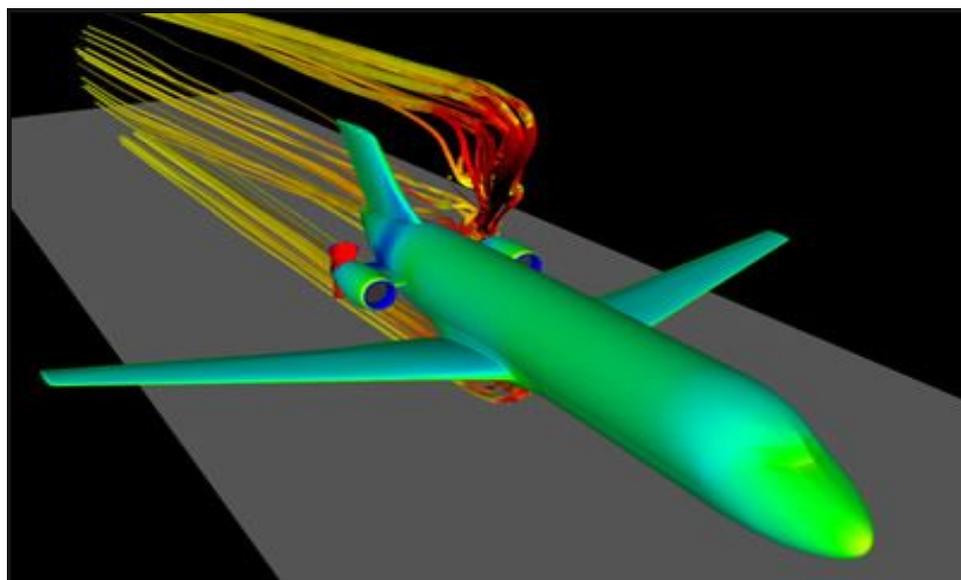
Sin embargo, según normas internacionales un avión debe ser capaz de aterrizar en una pista sin el uso del sistema de reversa para que sea

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Empuje\\_inverso](http://es.wikipedia.org/wiki/Empuje_inverso)

certificado como operativo en ella. El uso del empuje inverso es fácil de identificar por un repentino aumento del ruido de los motores justo antes de aterrizar. Los inversores son claramente visibles en la parte trasera de los motores durante su uso.

### 2.3.1 Funcionamiento

La reversa es un sistema muy utilizado en la aviación, ya que ayuda al frenado del aparato durante la etapa de aterrizaje sobre la pista. Lo que hace la reversa es invertir el flujo de propulsión en la misma dirección a la del avance de la aeronave creando así resistencia al avance. Las imágenes a continuación son simulaciones que muestran la fricción aerodinámica al accionar las reversas.



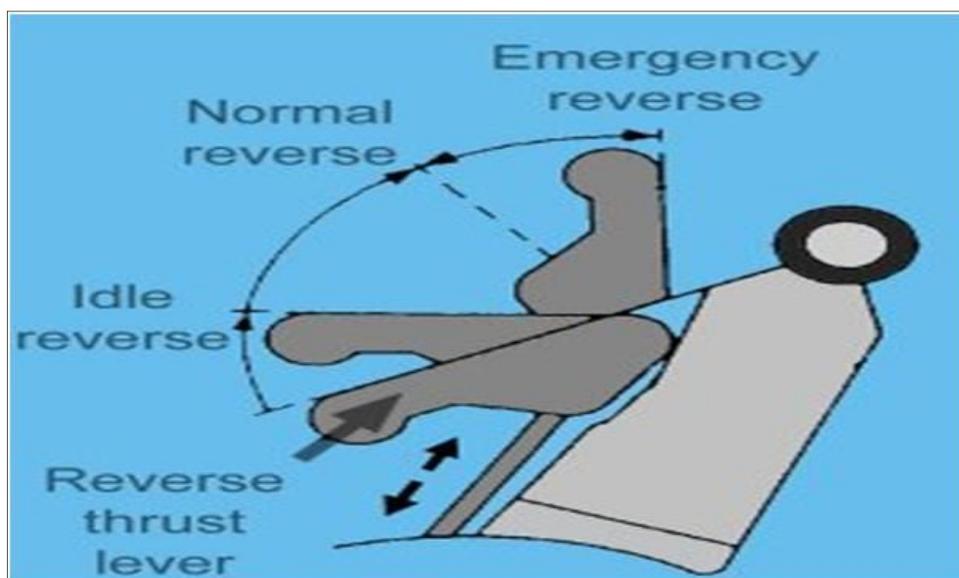
**Fig. 2.14:** Resistencia aerodinámica de la reversa.

Las reversas se accionan a través de las palancas de los motores, el procedimiento consiste en retrasar las palancas hasta el mínimo llamado "Idle" y volver a extender las palancas más pequeñas que corresponden a las reversas.

Dicho sistema funciona con los siguientes requisitos de seguridad:

- 1) Tren de aterrizaje desplegado y en tierra (comprimido).
- 2) Palancas de potencia de motores en Idle.

Estos requisitos impiden que la reversa se accione en vuelo evitando de esta forma un accidente.



**Fig. 2.15:** Palanca de reversa y posiciones.

### 2.3.2 Tipos de reversas

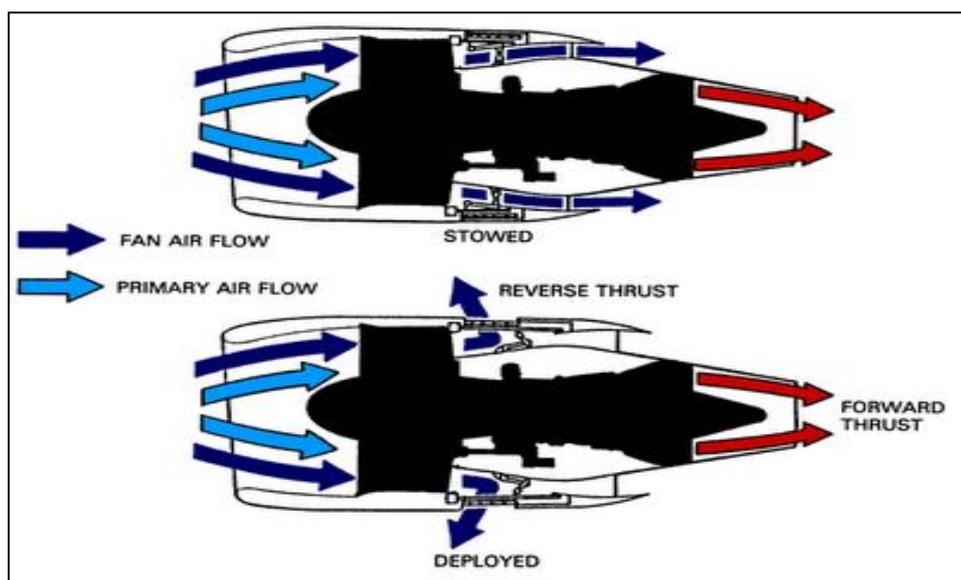
Hay varios tipos de reversas, esto depende del motor, y básicamente es una cuestión de diseño. Pero el principio de funcionamiento siempre es el mismo.

#### 2.3.2.1 Reversas de motores de doble flujo

Si el motor es de doble flujo (turbo fan), se revierte la dirección del flujo secundario, que es el que no sufre las transformaciones termodinámicas del motor, es decir, el que va directamente del fan a la tobera, sin pasar por el compresor, cámara de combustión y turbina.

### 2.3.2.1.1 Blocker doors

Desvían el chorro frío a través de unas ranuras, las cuales quedan cerradas por unas compuertas que se abren hacia el exterior. Las compuertas redirigen el chorro frío hacia delante lo que reduce un efecto contrario al empuje (reversa).



**Fig. 2.16:** Posiciones de las Blocker doors.



**Fig. 2.17:** Blocker doors.

### 2.3.2.1.2 Translating Cowl

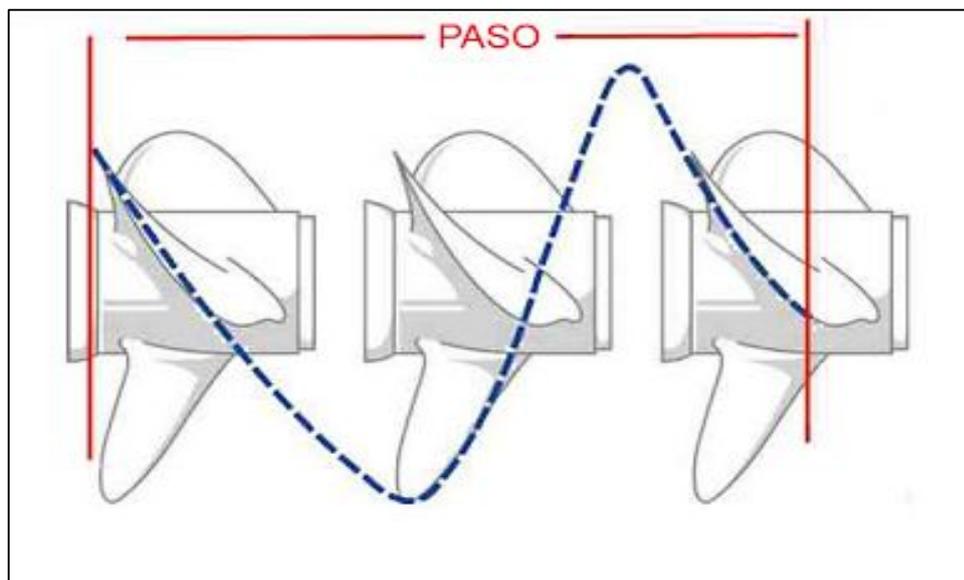
Al igual que las blocker doors se va a invertir el flujo secundario pero en este tipo de reversa existen unas capotas móviles las cuales al momento de actuar la reversa van a recorrer hacia atrás y por medio de mecanismos internos bloqueas el flujo frío del fan, al mismo tiempo abren una ranura equipada con unas aletas direccionales para guiar el flujo hacia adelante y obtener el empuje inverso.



**Fig. 2.18:** Translating cowl.

### 2.3.2.2 Reversas de motores turbo hélice

El método que usan los aviones de hélice para ayudar a la frenada es el de cambiar el ángulo de paso de las palas de la hélice, la reversa de un avión de hélice se consigue haciendo negativo el ángulo de paso. Así, cuando la hélice gira, impulsa al avión hacia atrás (es como si un tornillo a derechas se cambia por uno a izquierdas: cuando se gire para apretar, en realidad se aflojará).



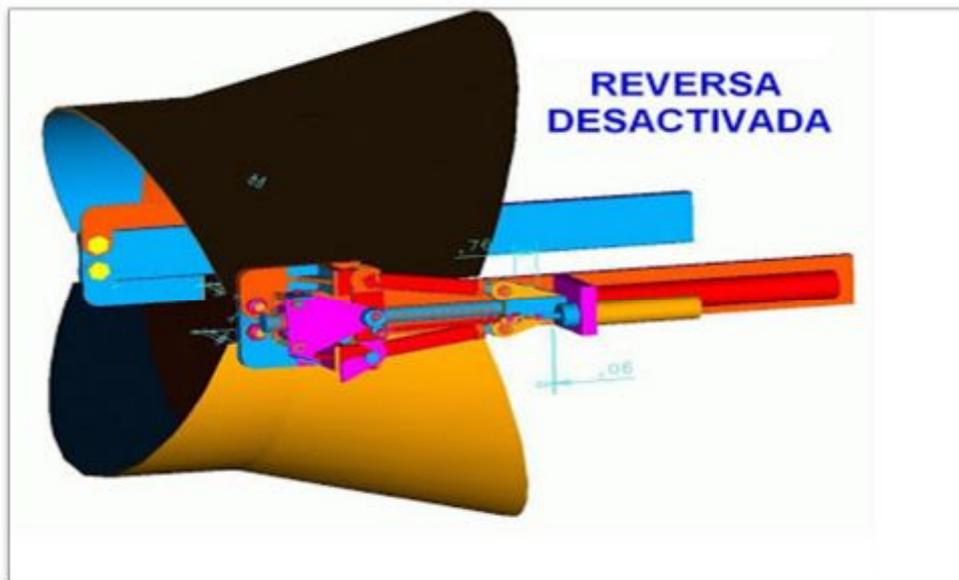
**Fig. 2.19:** Paso de la hélice.

### 2.3.2.3 Reversas de motores de flujo único

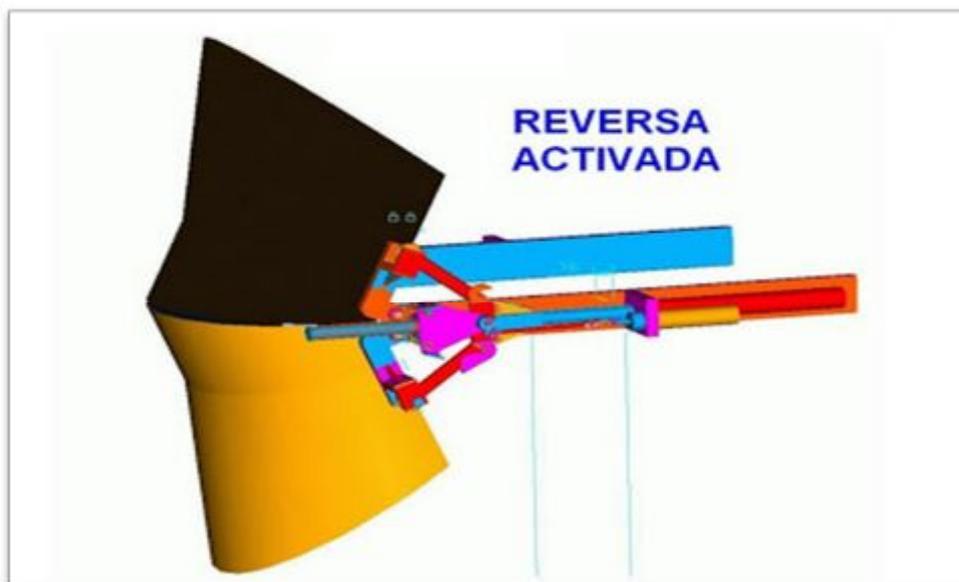
Generalmente este tipo de reversas son para motores turbo fan de baja derivación con es el caso del JT8D ya que su principal fuente de empuje es producido por los gases de expansión y no por el fan, por este motivo se lo llama de baja derivación. Se puede encontrar el uso de dos tipos de reversas diferentes para motores de estas características, estas son de tipo Clamshell doors y Deflector doors.

#### 2.3.2.3.1 Deflector doors

El efecto de reversa se logra a través de una tobera abatible, cuyas partes superior e inferior pivotan hacia afuera para bloquear el flujo, y revertirlo, una vez fuera del motor.



**Fig. 2.20:** Deflector doors en posición retractada

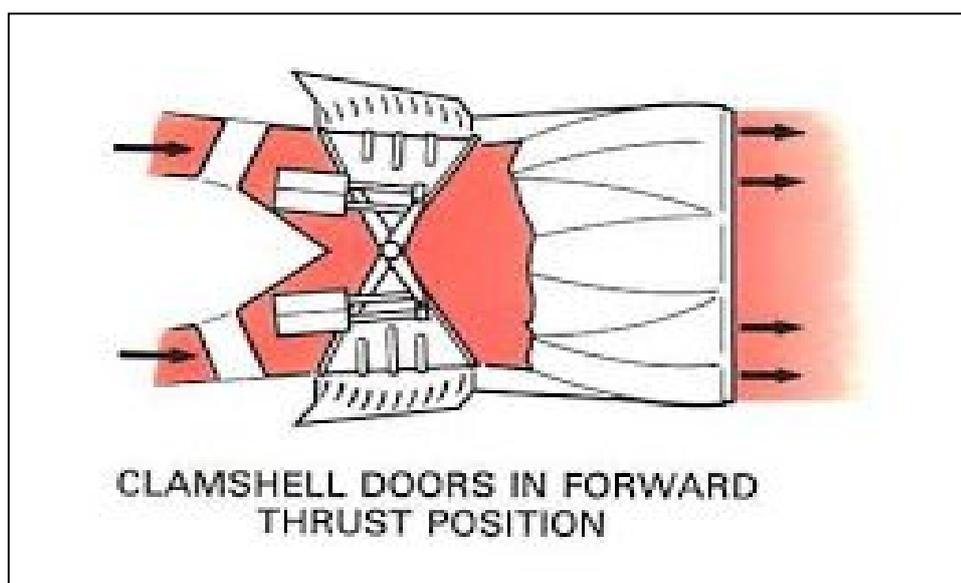


**Fig. 2.21:** Deflector doors en posición extendida

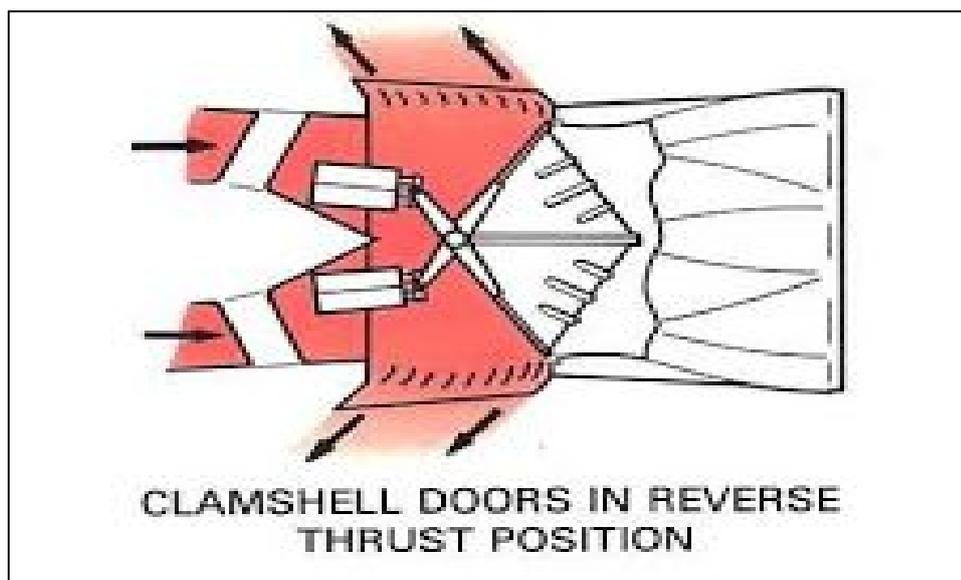
#### 2.3.2.3.2 Clamshell doors

El empuje inverso se logra por medio de unas compuertas que se actúan por medio de presión neumática o hidráulica dependiendo del modelo del motor, las compuertas cambian la dirección del flujo de gases antes de salir

del motor después de haber pasado por la etapa de turbina, dichos gases cambian de sentido y son direccionados por medio aletas deflectoras llamadas Cascade Vanes y posteriormente expulsados al exterior y obteniendo el empuje inverso. Este tipo de reversa la utiliza el motor JT8D en la mayoría de sus diseños.



**Fig. 2.22:** Clamshell doors en posición retractada



**Fig. 2.23:** Clamshell doors en posición extendida

#### **2.3.2.3.2.1 Compuertas**

Las compuertas se encuentra en el interior del ensamblaje del motor y son unidas a bisagras coaxiales las cuales van a transmitir el movimiento de los actuadores a las compuertas.

Las compuertas son estructuras soldadas que tienen una piel lisa interna gruesa soldada por medio de reforzadores con otra piel externa y así se obtiene la forma del ensamblaje para el contacto durante la operación de la reversa. En el borde externo tienen un sello tipo hoja para evitar el escape de gas.

En vuelo se encuentran en “stowed position” (posición retraída) formando una pared interna para el paso de los gases hasta la tobera de salida. Al accionar las reversas estas se extienden y se cierran invirtiendo el paso de gases y produciendo el efecto contrario al empuje.

#### **2.3.2.3.2.2 Ensamblaje de bisagras**

Estas se encuentran ubicadas diametralmente opuestas en el ensamblaje estructural de la reversa. Cada una de las bisagras se encuentra conectada por un mecanismo mecánico al actuador de la reversa y así operan adecuadamente al momento de accionarlas.

#### **2.3.2.3.2.3 Actuadores de la reversa**

Son actuadores de doble efecto, neumáticamente operados y provistos de enlaces mecánicos para accionar las compuertas de reversa. Hay dos actuadores por cada ensamblaje de reversa y están ubicados en cada una de las bisagras opuestamente instaladas, además poseen mecanismos tales

como rieles, cojinetes y sujetadores a fin de asegurar la operación correcta de la reversa cuando ésta es selectada.

Cuando las reversas son accionadas por las palancas en el “control stand” en la cabina de vuelo el aire es guiado hacia el actuador para empujar el pistón y actuar la reversa; este efecto se produce simultáneamente en el otro actuador y así actúa la reversa a la posición selectada. (Ver anexo B).

#### **2.3.2.3.2.4 Válvula de secuencia**

Es una válvula de control direccional de dos posiciones. El accionamiento de las palancas de reversa va actuar directamente sobre una válvula la cual es la encargada de enviar la presión neumática hacia un puerto o al otro para invertir su funcionamiento a “stowed position” o “deployed position”. (Ver anexo B).

#### **2.3.2.3.2.5 Circuito de luz de operación de reversa**

Este circuito provee de una indicación luminosa a los miembros de la tripulación de mando para indicar la posición de la reversa. El circuito para cada motor consiste de una luz indicadora en el panel principal de instrumentos y un microswitch ubicado en el ensamblaje del actuador. La luz indica que la reversa ha sido desplegada. (Ver anexo D).

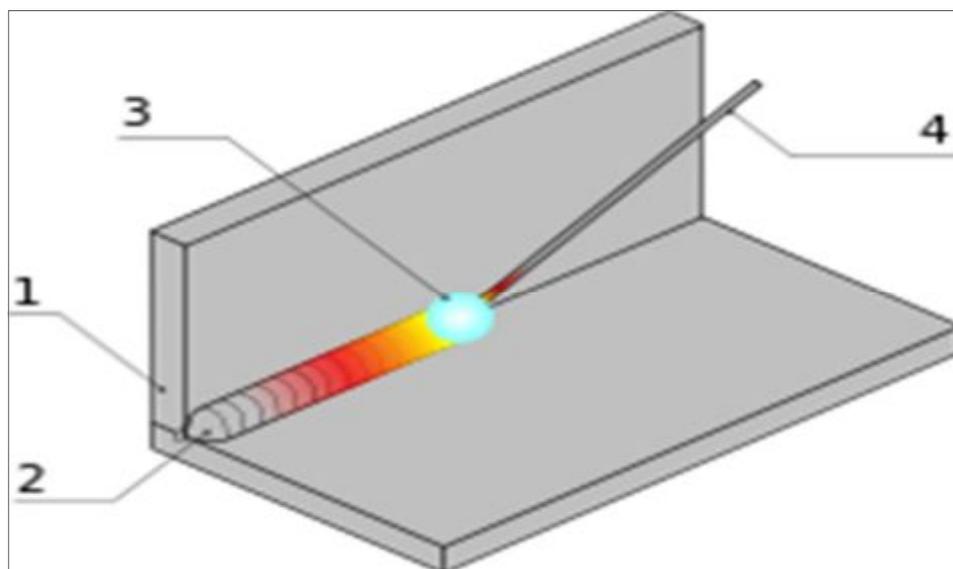
### **2.4 Soldadura**

La soldadura es el proceso en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal o plástico), para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fija. A veces la presión es usada

conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda (en inglés soldering) y la soldadura fuerte (en inglés brazing), que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico. La energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

Mientras que con frecuencia es un proceso industrial, la soldadura puede ser hecha en muchos ambientes diferentes, incluyendo al aire libre, debajo del agua y en el espacio. Sin importar la localización, sin embargo, la soldadura sigue siendo peligrosa, y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos, y la sobreexposición a la luz ultravioleta.



**Figura 2.24.** Soldadura y sus partes

**Dónde:**

- 1 Metal de base
- 2 Cordón de soldadura
- 3 Fuente de energía
- 4 Metal de aportación

**2.4.1 Soldadura por arco**

Estos procesos usan una fuente de energía para crear y mantener un arco eléctrico endurecido y duro. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles los cuales se encuentran cubiertos por un material llamado revestimiento. A veces, la región de la soldadura es protegida por un cierto tipo de gas inerte o semi inerte, conocido como gas de protección, y el material de relleno a veces es usado también.

### 2.4.2 Soldadura por combustión (autógena)

La soldadura por combustión (autógena) es un procedimiento de soldadura homogénea. Esta soldadura se realiza llevando hasta la temperatura de fusión de los bordes de la pieza a unir mediante el calor que produce la llama oxiacetilénica que se produce en la combustión de un gas combustible mezclándolo con gas carburante (temperatura próxima a 3055 °C).

Se trata de un proceso de soldadura con fusión, normalmente sin aporte externo de material metálico. Es posible soldar casi cualquier metal de uso industrial: cobre y sus aleaciones, magnesio y sus aleaciones, aluminio y sus aleaciones, así como aceros al carbono, aleados e inoxidables.

Aunque actualmente ha sido desplazada casi por completo por la soldadura por arco, ya que uno de los problemas que plantea la soldadura oxiacetilénica son las impurezas que introduce en el baño de fusión además de baja productividad y difícil automatización.



**Figura 2.25.** Soldadura autógena

### **2.4.2.1 Equipo de soldadura**

Una ventaja es que el equipo de soldadura oxiacetilénica es barato y fácil de transportar. Su función principal es suministrar la mezcla de gases a una velocidad, presión y proporción adecuadas. El equipo está compuesto por:

- Botella de acetileno
- Botella de oxígeno
- Válvulas de seguridad o anti retroceso
- Mangueras
- Manorreductores
- Soplete
- Accesorios (encendedores, escariadores)

### **2.4.2.2 Proceso de soldadura**

- 1) Abrir y cerrar con suavidad las dos llaves de paso para eliminar la dureza de apertura.
- 2) Colocar la boquilla que corresponda al espesor de las piezas a soldar.
- 3) Abrir los grifos de las botellas.
- 4) Regular los manorreductores, mediante los tronillos de expansión, para obtener una presión de 0.3 a 0.5 para el acetileno y 1.5 a 2 bares para el oxígeno.
- 5) Abrir un poco el grifo del oxígeno y regular con poco caudal.
- 6) Abrir el grifo de acetileno e inflamar los gases empleando una llama piloto.
- 7) Regular el caudal de acetileno y oxígeno para conseguir la llama deseada.
- 8) Una vez encendida y regulada la llama oxiacetilénica hay que acercar la boquilla en la zona de soldadura, manteniendo de 3 a 5 mm de distancia entre el dardo y la pieza a soldar.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **3.1 Preliminares**

El presente capítulo contiene toda la información referente al proceso de rehabilitación funcional de la reversa del motor JT8D e indica paso a paso como se realizó el todo el proceso.

Tener una reversa funcional real para la enseñanza y el aprendizaje de las futuras generaciones responde a una necesidad observada en la Unidad de Gestión de Tecnologías durante el proceso de investigación.

#### **3.2 Procedimientos a seguir para la rehabilitación funcional de la reversa del motor JT8D.**

Para empezar a efectuar el trabajo se debe asegurar que se cuente con todo el equipo de protección necesario para no tener ningún inconveniente, como por ejemplo overol, guantes, zapatos de protección, protector de ojos y protector de oídos.

#### **3.3 Rehabilitación funcional**

La parte práctica se desarrolló de la siguiente manera:

##### **Rehabilitación del sistema de presión**

- Cañerías
- Actuadores
- Acoples
- Limpieza e instalación

### **Rehabilitación del sistema mecánico**

- Rieles guías
- Mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra
- Adaptación clamshell doors

### **Rehabilitación del sistema de control e indicación**

- Válvula de control
- Control de presión
- Luz de indicación
- Construcción de la caja de control

#### **3.3.1 Rehabilitación del sistema de presión**

Antes de comenzar a rehabilitar cualquier componente del sistema de presión se procedió aplicar presión en el sistema para comprobar las fugas existentes pero debido a la falta de algunos componentes; se continuó a rehabilitar cada uno de los componentes por separado como se detalla a continuación.

##### **3.3.1.1 Cañerías**

Debido al mal estado de las cañerías se procedió a realizar las respectivas mediciones tomando en cuenta la falta de puntos de acoplamiento, el largo de las cañerías rígidas; de color naranja (presión para extensión) es de 45cm y para la cañería de color negro (presión para retracción) es de 48 cm. Para reconstruirlas se soldó acoples metálicos donde hacían falta los puertos originales, una vez instalados se realizó una extensa limpieza interna usando combustible (gasolina) para remover cualquier objeto que pueda impedir el correcto funcionamiento u obstaculizar la presión de aire.

Posteriormente se adaptó cañerías flexibles las cuales van al panel de control ya que por sus características son más fáciles de manipular que las cañerías rígidas; esto se realizó empleando acoples reductores y racores ya que el diámetro de las cañerías rígidas de la reversa (originales) es mayor que el de las flexibles; finalmente las cañerías fueron sometidas a pruebas de presión, inspeccionadas por fugas e instaladas en el ensamblaje.

Con fin didáctico y para diferenciar su efecto las cañerías son de dos colores diferentes; la de color naranja es la cañería donde va a existir presión para actuar la reversa a posición “deployed” y la de color negro para la presión hacia la posición “stowed”.



**Figura 3.1.** Cañerías

### **3.3.1.2 Actuadores**

Para la rehabilitación de los actuadores se procedió a desmontarlos y desarmarlos, retirar el pistón del cilindro y revisar los sellos; además de una limpieza profunda por la suciedad acumulada dentro de las cámaras.

Debido a que todo el ensamblaje de la reversa estaba muy deteriorado los sellos también lo estaban, al ser estos sellos material aeronáutico no se pueden encontrar en el mercado por lo que se procedió a adaptar otros sellos los cuales después de extensas pruebas y ciclos de operación demostraron ser útiles en sus funciones.

El actuador estructuralmente posee una tapa la cual provee de hermeticidad a las cámaras por lo que también posee un sello el cual también fue sustituido por uno nuevo.

Luego se procedió a lubricar el cilindro y el actuador utilizando vaselina; armar y montar en el ensamblaje de reversa. Se realizaron pruebas de hermeticidad (pruebas de presión) y una inspección final para comprobar su funcionamiento.



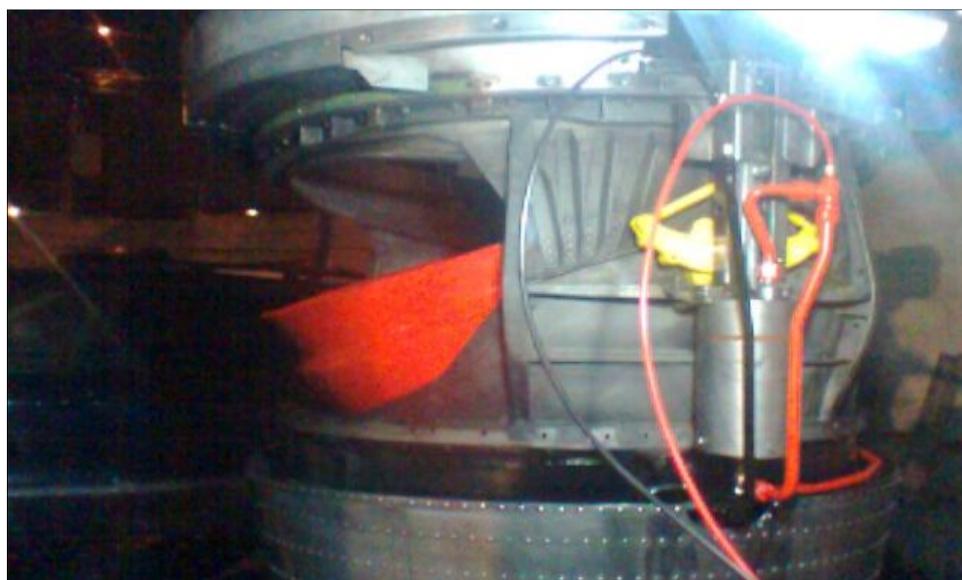
**Figura 3.2.** Actuador

### 3.3.1.3 Acoples

Los acoples instalados en las cañerías originales de la reversa fueron metálicos roscados los cuales fueron soldados con un proceso especial (suelda autógena) ya que se trata de cañerías de aluminio.

Los acoples para la adaptación de la cañerías flexibles son del tipo racores los cuales son fáciles de instalar y eficientes a fin de que no existan fugas por los puntos de conexión.

También se procedió a instalar otro tipo de acople de conexión rápida el cual va a permitir la conexión de presión neumática externa para poder actuar la reversa la presión referencial es de 60 PSI obtenida por un compresor industrial, el mismo que la Unidad posee en el bloque 42.



**Figura 3.3.** Acoples actuador y cañerías flexibles

### 3.3.1.4 Limpieza e instalación

Una vez que el sistema está libre de fugas y listo para instalar se procedió a efectuar una última limpieza externa para ya instalar en la

reversa. Lo primero que se instaló son las cañerías rígidas con sus respectivos acoples ya que estos fueron armados fuera del ensamblaje de la reversa; luego se instaló los actuadores con sus pernos de sujeción y finalmente se conectó las cañerías a los actuadores por medio de los acoples previamente instalados.



**Figura 3.4.** Ensamblaje de reversa

### **3.3.2 Rehabilitación del sistema mecánico**

#### **3.3.2.1 Rieles guías**

Parte del sistema mecánico son las rieles guías ya que éstas van a permitir que el recorrido del pistón del actuador sea recto y que no se trabe en ninguna parte de su pista de rodaje.

Se desmontaron las rieles del ensamblaje, se desarmaron y limpiaron para poder comprobar su condición real; se encontró dentro de estos rieles unos rodamientos o también llamados cojinetes los mismos que estaban gastados y trabados, se los reemplazó y cumplieron con su función de centrar la parte superior del pistón para que su extensión y retracción sea limpia y se produzca el accionamiento de una manera rápida.

Adicionalmente al cambio de los rodamientos también se engrasaron internamente los rieles para maximizar la operación de la reversa una vez que sea activada o desactivada.

Luego se armó y montó en el ensamblaje para realizar la prueba mecánica de recorrido libre y su inspección final de funcionamiento.



**Figura 3.5.** Rieles guías

### **3.3.2.2 Mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra**

El movimiento de las bisagras coaxiales es circular y el movimiento del actuador es lineal, existe un mecanismo para invertir el movimiento del actuador y cambiar de posición a las bisagras.

Este mecanismo está formado por dos ejes concéntricos unidos directamente al punto de sujeción de las clamshell doors y por brazos mecánicos los cuales se van a unir en un extremo a una parte de los ejes concéntricos y el otro extremo del brazo con la parte superior del pistón.

Dichos brazos y ejes concéntricos (bisagras) no tenían libre movimiento por lo que se procedió a desmontarlos, limpiarlos y posteriormente a engrasarlos utilizando grasa de litio, luego del procedimiento realizado los ejes y los brazos se movían libremente dentro de su recorrido total. Adicionalmente se completó los pernos que sujetan a los brazos con los ejes y con el pistón ya que estos no se encontraban en el ensamblaje.

Finalmente se montaron los brazos en el ensamblaje y se procedió con tu respectiva prueba mecánica de movimiento libre.



**Figura 3.6.** Ejes concéntricos y brazos mecánicos

### **3.3.2.3 Adaptación clamshell doors**

Debido a que las clamshell doors no son las originales se tuvo un problema en el momento de su operación, pero se logró determinar el problema el cual era que las compuertas originales en su punto de sujeción no tenían un ancho uniforme; por lo que se colocaron unas alzas (arandelas) en los puntos de sujeción de las clamshell doors con las bisagras coaxiales para de esta manera simular el ancho particular de las compuertas originales.

Una vez instaladas las alzas se ejecutó las pruebas mecánicas de movimiento libre siendo éstas exitosas.



**Figura 3.7.** Alzas de clamshell doors.

### **3.3.3 Elaboración del sistema de control e indicación**

Para la construcción del sistema de control se elaboró un diseño neumático con todos sus elementos, como son: Válvula de accionamiento, regulador de presión, manómetro de presión, fuente de presión y cilindro actuador. (Ver Anexo E).

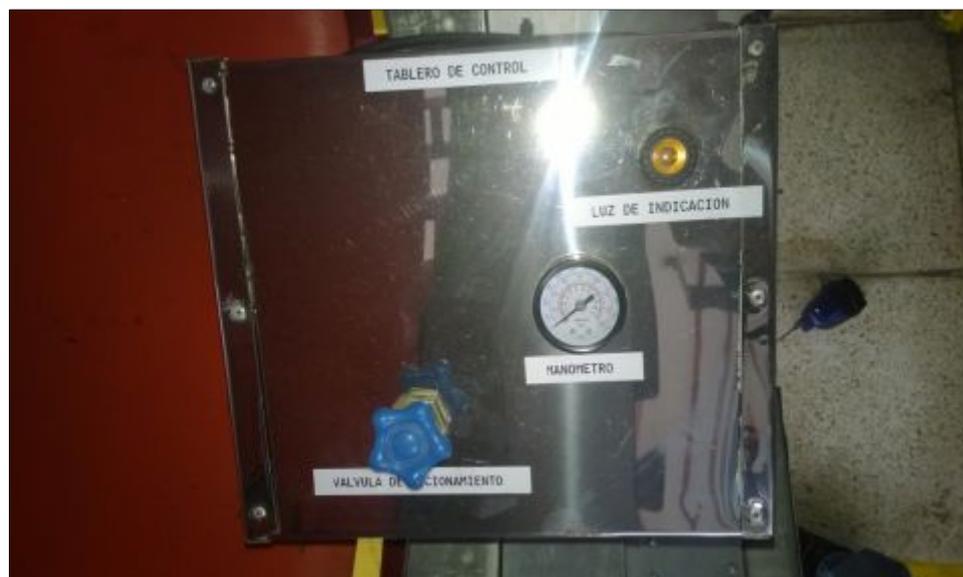
#### **3.3.3.1 Construcción de la caja de control**

Se elaboró una caja de control a fin de que todos los dispositivos tales como el regulador de presión, la palanca de accionamiento, la válvula de dos posiciones y la luz de indicación, se encuentren centralizadas y así tener el control de la reversa.

La caja se construyó utilizando perfiles angulares y tol de acero inoxidable. La estructura de la caja fue hecha con los perfiles medidos con

una base rectangular de 25cm de ancho por 20cm de largo, una altura frontal de 13.5cm y una altura posterior de 20cm cortados con sierra y pulidos con amoladora y disco de desbaste; soldados entre sí usando una suelda eléctrica convencional, los que le dieron la forma de caja; posteriormente se pulió los puntos de suelo utilizando la amoladora y preparo para pintura. Luego del secado de la pintura de la estructura se forró la con una lámina de acero inoxidable la cual fue cortada y doblada acorde a las medidas de la caja previamente descritas; se fijó a la estructura empleando remaches por lo que fue necesario el uso de una taladro eléctrico y una remachadora manual, y en la cual una vez terminada fueron colocados los componentes de control.

En la parte inferior de la caja se instaló una tapa utilizando bisagras con el fin de tener acceso a los componentes de control, en un caso existiera algún problema con uno de ellos o si hubiera una fuga en el sistema, para poder solucionarlo rápidamente.



**Figura 3.8.** Caja de control

### 3.3.3.2 Control de presión

Debido a que la presión va a variar dependiendo del compresor que se utilice se instaló un manómetro para saber la presión del sistema y una regulador de baja presión para así evitar que un exceso de presión dañe los componentes del sistema.



**Figura 3.9.** Regulador de presión

### 3.3.3.3 Válvula de control

Para el control de la reversa a las posiciones de “stowed” o “deployed” se instaló una válvula de dos posiciones de accionamiento manual en la caja de control, la cual es la encargada de invertir las líneas de presión y de retorno de acuerdo al mando seleccionado.

La válvula consta de una línea de entrada de presión la cual fue conectada al acople rápido que se instaló en la caja de control el cual va a recibir la presión de la fuente (compresor). También posee dos líneas de salida de presión y/o retorno, esto dependerá de la posición seleccionada en la

válvula; se instalaron las cañerías flexibles a dichos puertos de salida para la posición “deployed” y la otra para la posición “stowed”, las cuales serán seleccionadas por medio de la palanca de control. Finalmente se realizó la prueba de presión para inspeccionar por fugas del sistema.



**Figura 3.10.** Válvula de accionamiento

#### **3.3.3.4 Luz de indicación**

Para que los operadores de la reversa sepan que la reversa ha sido extendida exitosamente se implementó un circuito (ver Anexo D) el cual va a encender una luz al momento de que las clamshell doors estén extendidas en su totalidad.

Se circuito consiste básicamente en un switch de posición, una luz indicadora y un adaptador el cual internamente posee un transformador que va a disminuir de 110VAC a 24VAC, dichos componentes están conectados en serie en el circuito.

Luego se procedió a instalar el sensor de posición de tal manera que actúe cuando las clamshell doors lleguen a su posición extendida (deployed)

y así cierre el circuito y la luz instalada en la caja de control se encienda; la conexión eléctrica del sensor con la luz se la realizó utilizando cable N°14. También se instaló el adaptador para la fuente eléctrica y se procedió a energizar el sistema y se realizó la prueba eléctrica para comprobar su funcionamiento al actuar la reversa.



**Figura 3.11.** Sensor de posición

### 3.4 Codificación de máquinas, herramientas y materiales:

**Tabla 3.1.**

#### Codificación de máquinas

Nº	Maquina	Código
1	Amoladora	M1
2	Compresor eléctrico	M2
3	Suelda eléctrica	M3
4	Taladro eléctrico	M4
5	Suelda autógena	M5
6	Soplete neumático	M6
7	Dobladora neumática	M7

**Tabla 3.2.****Codificación de herramientas**

Nº	Herramienta	Código
1	Broca de acero 5/16"	H1
2	Cepillo de acero	H2
3	Destornilladores	H3
4	Flexómetro	H4
5	Lápiz	H5
6	Llave mixta 3/8"	H6
7	Llave mixta 7/16"	H7
8	Llave mixta 1/2"	H8
9	Llave mixta 9/16"	H9
10	Llave mixta 5/8"	H10
11	Martillo	H11
12	Remachadora	H12
13	Sierra	H13
14	Soplete	H14
15	Trapos	H15
16	Broca de acero 7/16"	H16
17	Cortador de alambre	H17
18	Cinta aislante	H18
19	Toma corriente (115VAC)	H19

**Tabla 3.3****Codificación de materiales**

N°	Material	Código
1	Perfiles angulares	M1
2	Tol de acero inoxidable	M2
3	Acoples metálicos	M3
4	Racores	M4
5	Válvula de secuencia	M5
6	Regulador de presión	M6
7	Acople de conexión rápida	M7
8	Cañerías flexibles	M8
9	Pernos 5/8"	M9
10	Pernos 3/8"	M10
11	Pintura	M11
13	Rodenas planas 5/8"	M13
14	Rodenas planas 3/8"	M14
15	Thinner	M15
16	Fondo anticorrosivo	M16
17	Combustible	M17
18	Sellos (o´ring)	M18
19	Vaselina	M19
20	Rodamientos	M20
21	Grasa	M21
22	Grasa de litio	M22
23	Tornillos	M23
24	Bisagras	M24
25	Sensor de posición	M25
26	Cable	M26
27	Transformador 24VAC	M27
28	Foco	M28

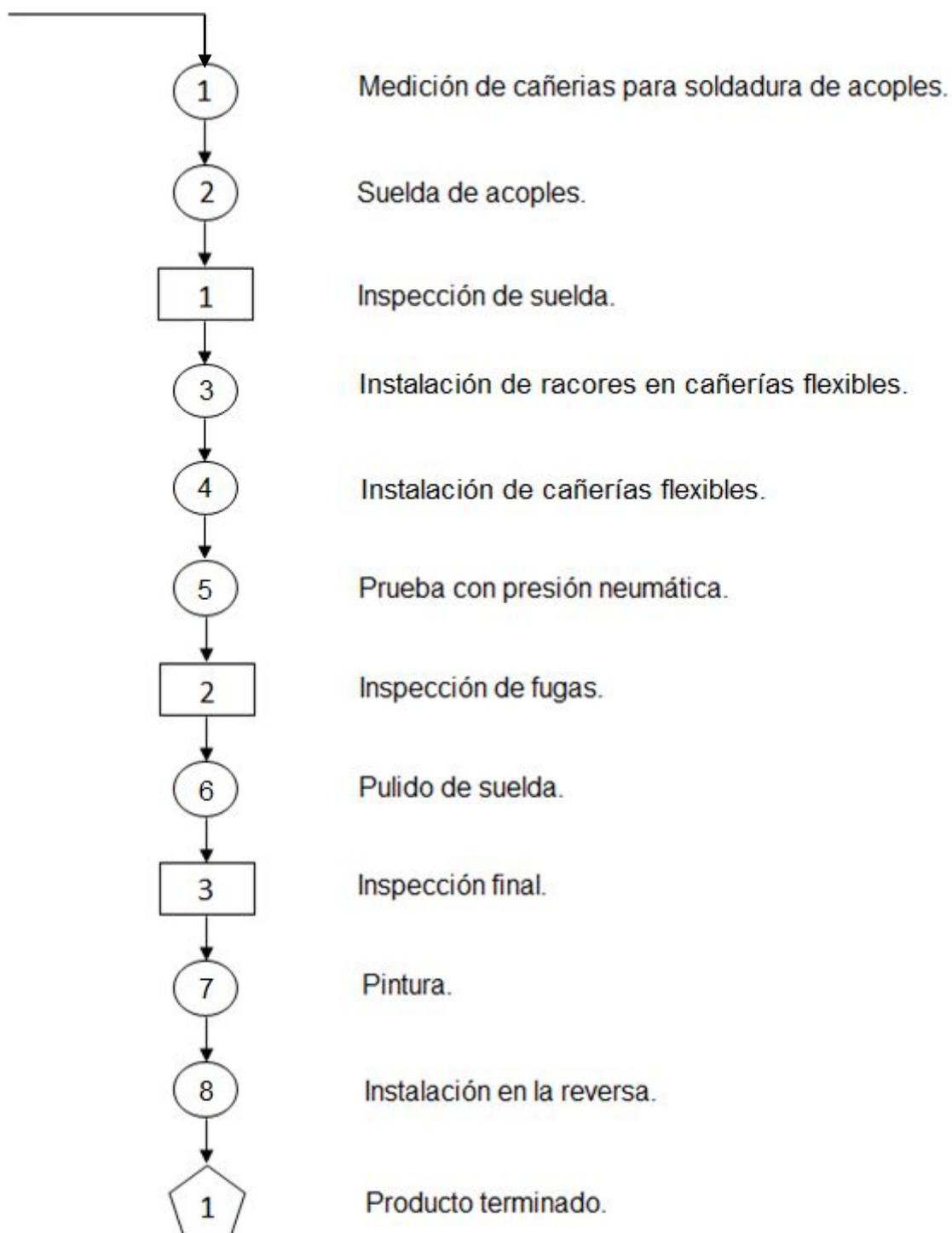
### 3.5 Diagrama de procesos

Tabla 3.4.

**Simbología**

Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Producto terminado	

### 3.5.1 Diagrama de proceso de la rehabilitación de cañerías



**Tabla 3.5.**

Proceso de rehabilitación de cañerías.

<b>Nº</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material M</b>
1	Medición		H4, H5	
2	Suelda	M5		M3
3	Prueba	M2		
4	Pulido	M1		
5	Pintura	M6	H14	M11, M15, M16
6	Instalación			H9

### 3.5.2 Diagrama de proceso de rehabilitación de actuadores.

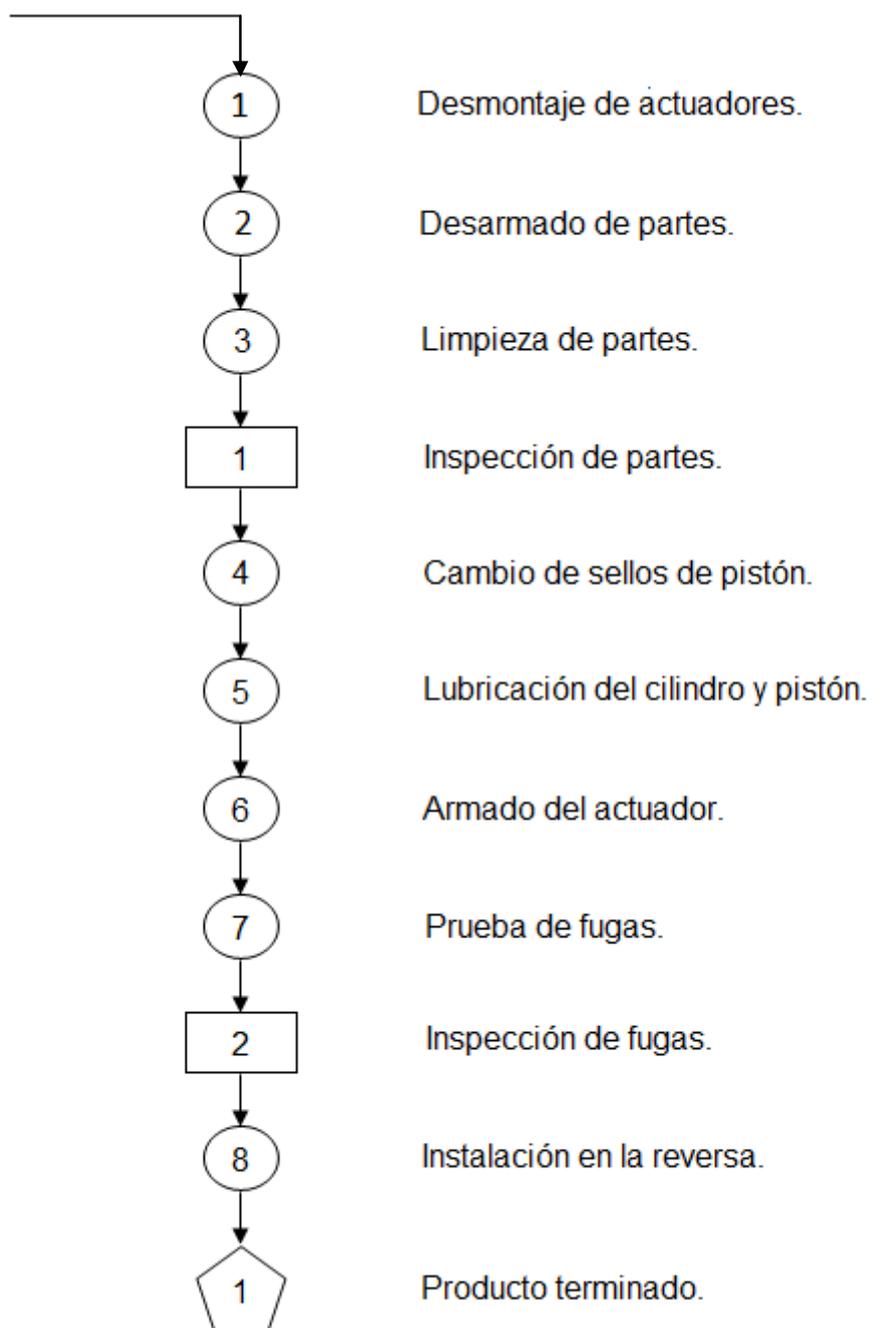


Tabla 3.6.

## Proceso de rehabilitación de actuadores.

Nº	Proceso	Máquina	Herramienta	Material
		M	H	M
1	Desmontaje		H7, H8	
2	Desarmado		H6	
3	Limpieza			M17
4	Cambio sellos			M18
5	Lubricación			M19
6	Armado		H6	
7	Prueba	M2		
8	Instalación		H7, H8	

### 3.5.3 Diagrama de proceso de rehabilitación de rieles guías.

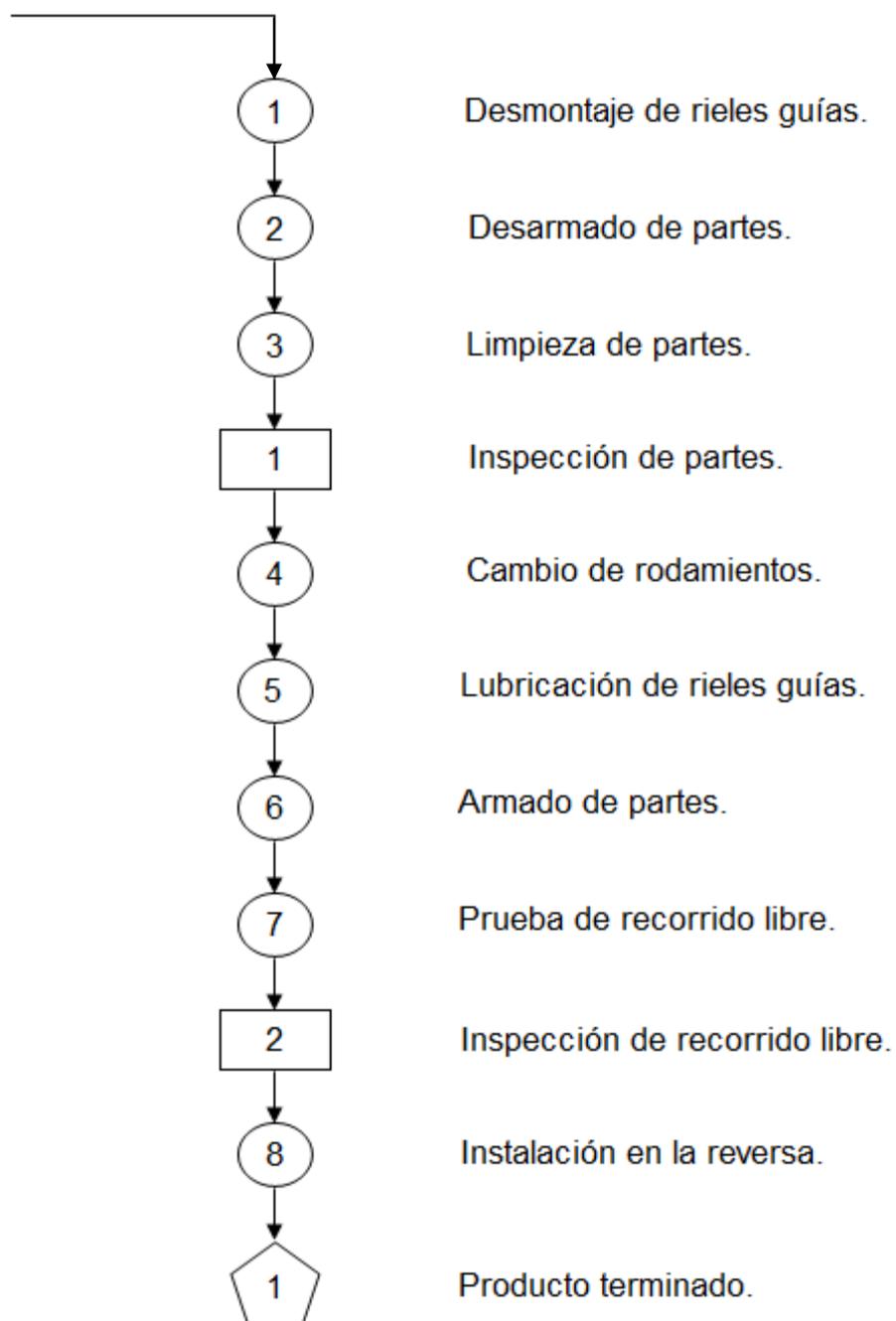
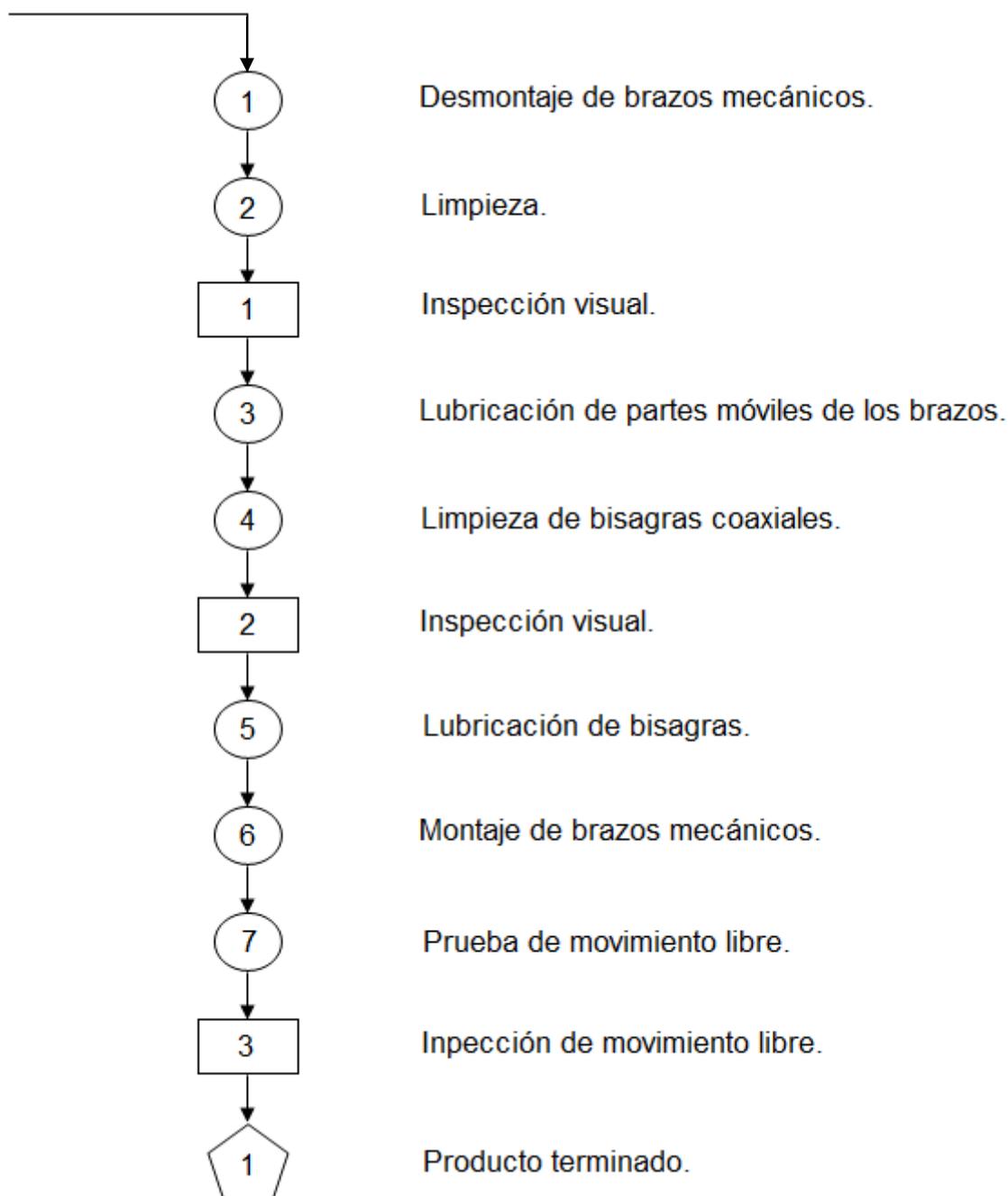


Tabla 3.7.

## Proceso de rehabilitación de rieles guías.

Nº	Proceso	Máquina	Herramienta	Material
		M	H	M
1	Desmontaje		H6, H7	
2	Desarmado		H6, H7	
3	Limpieza			M17
4	Cambio rodamientos			M20
5	Lubricación			M21
6	Armado		H6, H7	
7	Prueba	M2		
8	Instalación		H6, H7	

### 3.5.4 Diagrama de proceso de rehabilitación del mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra.

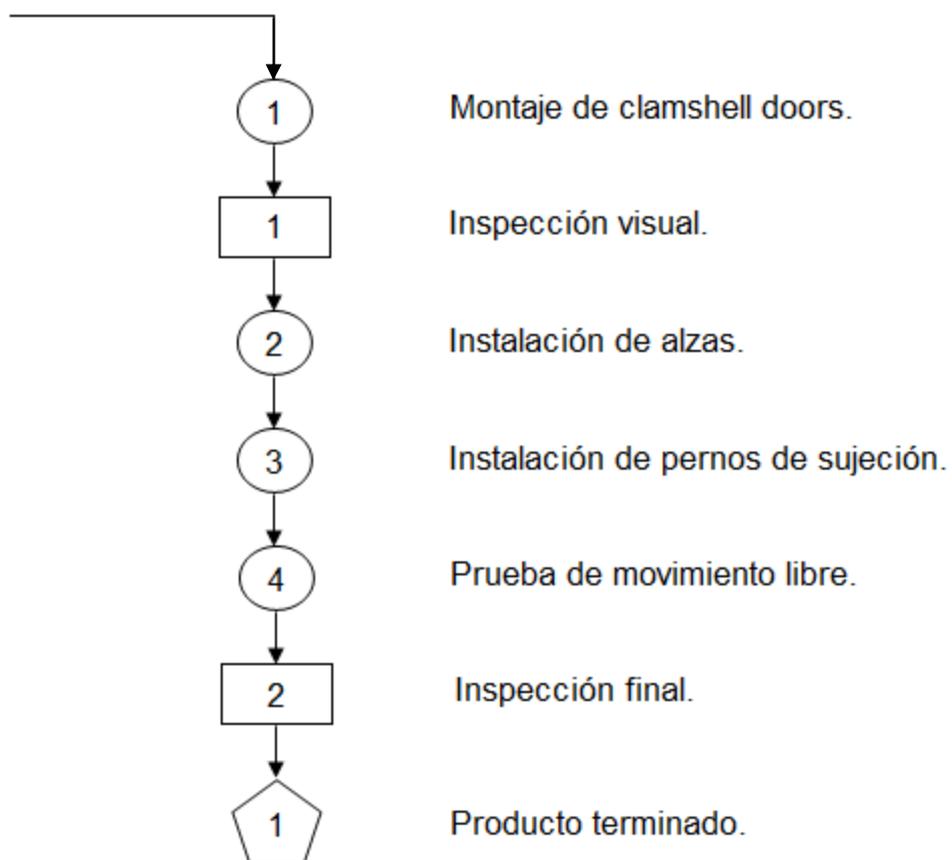


**Tabla 3.8.**

**Proceso de rehabilitación del mecanismo de acoplamiento actuador-bisagra.**

Nº	Proceso	Máquina	Herramienta	Material
		M	H	M
1	Desmontaje		H6	
2	Limpieza			M17
3	Lubricación partes			M22
4	Limpieza	M6	H14	M17
5	Lubricación bisagras			M22
6	Montaje		H6	M10, M14
7	Prueba	M2		

### 3.5.5 Diagrama de proceso de adaptación de clamshell doors.



**Tabla 3.9.**

**Proceso de adaptación clamshell doors.**

Nº	Proceso	Máquina M	Herramienta H	Material M
1	Montaje		H10	
2	Instalación de alzas			M13
3	Instalación de pernos		H10	M9
4	Prueba	M2		

### 3.5.6 Diagrama de proceso de construcción de la caja de control.



Tabla 3.10.

## Proceso de construcción de la caja de control.

Nº	Proceso	Máquina	Herramienta	Material
		M	H	M
1	Medición y trazado		H4, H5	
2	Corte de perfiles	M1	H13	
3	Pulido de corte	M1	H2	
4	Suelda	M3		
5	Pulido de suelda	M1		
6	Pintura	M6	H14	M11, M15, M16
7	Medición y trazado de tol		H4, H5	M2
8	Corte de tol	M1		
9	Pulido de corte	M1		
10	Doblaje de tol	M7		
11	Fijación en estructura		H11	
12	Perforación	M4	H1	
13	Remachado		H1, H12	M12
14	Instalación de bisagras	M4	H1,H3	M23, M24

### 3.5.7 Diagrama de proceso de construcción del sistema de control.

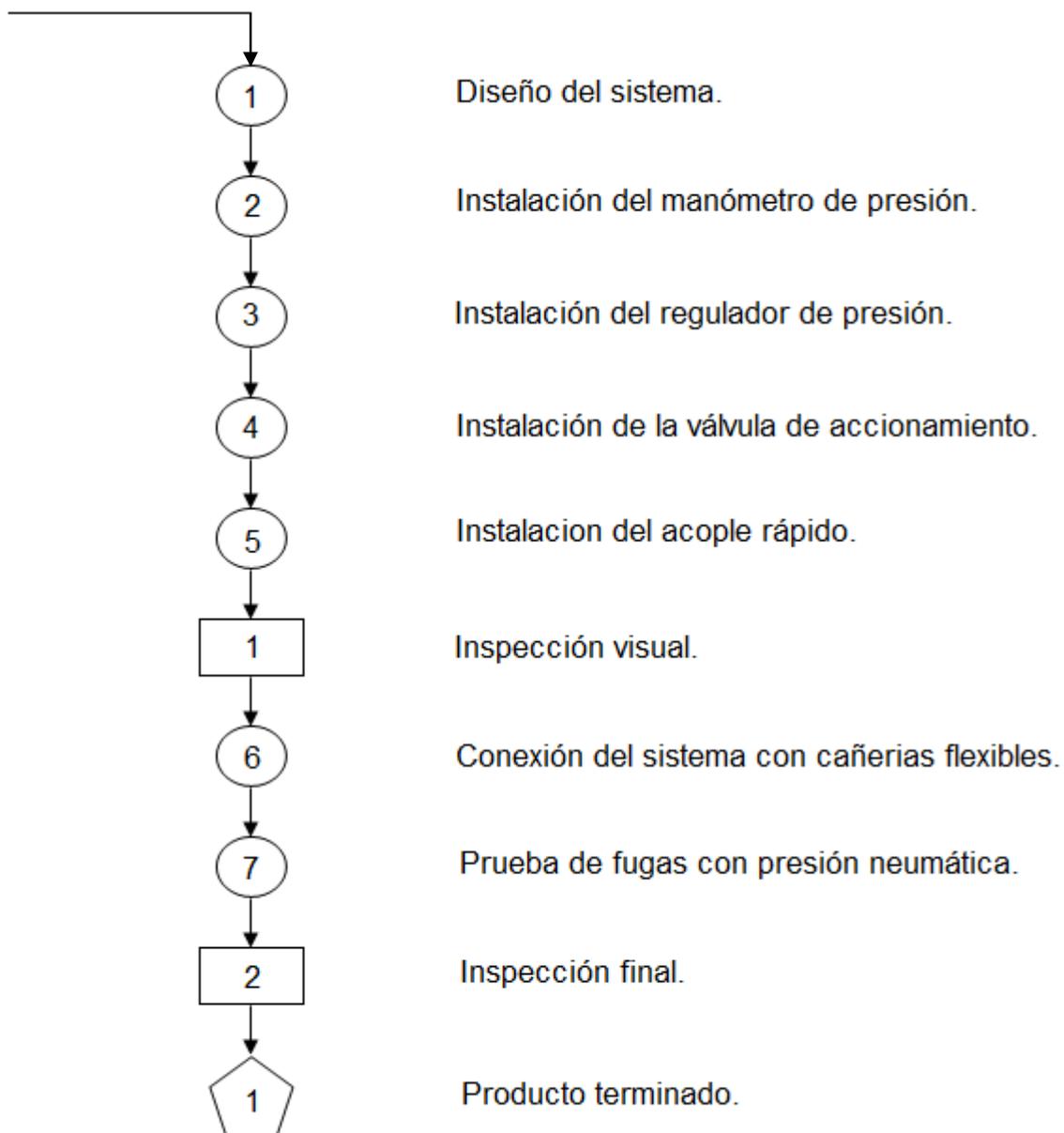


Tabla 3.11.

## Proceso de construcción del sistema de control.

<b>Nº</b>	<b>Proceso</b>	<b>Máquina M</b>	<b>Herramienta H</b>	<b>Material M</b>
1	Diseño		H5	
2	Instalación manómetro	M4	H16, H9	M24
3	Instalación regulador presión		H9	M6
4	Instalación válvula	M4	H16	M5
5	Instalación acople rápido	M4	H16, H10	M7
6	Conexión del sistema			M4, M8
7	Prueba	M2		

### 3.5.8 Diagrama de proceso de construcción del sistema de indicación.

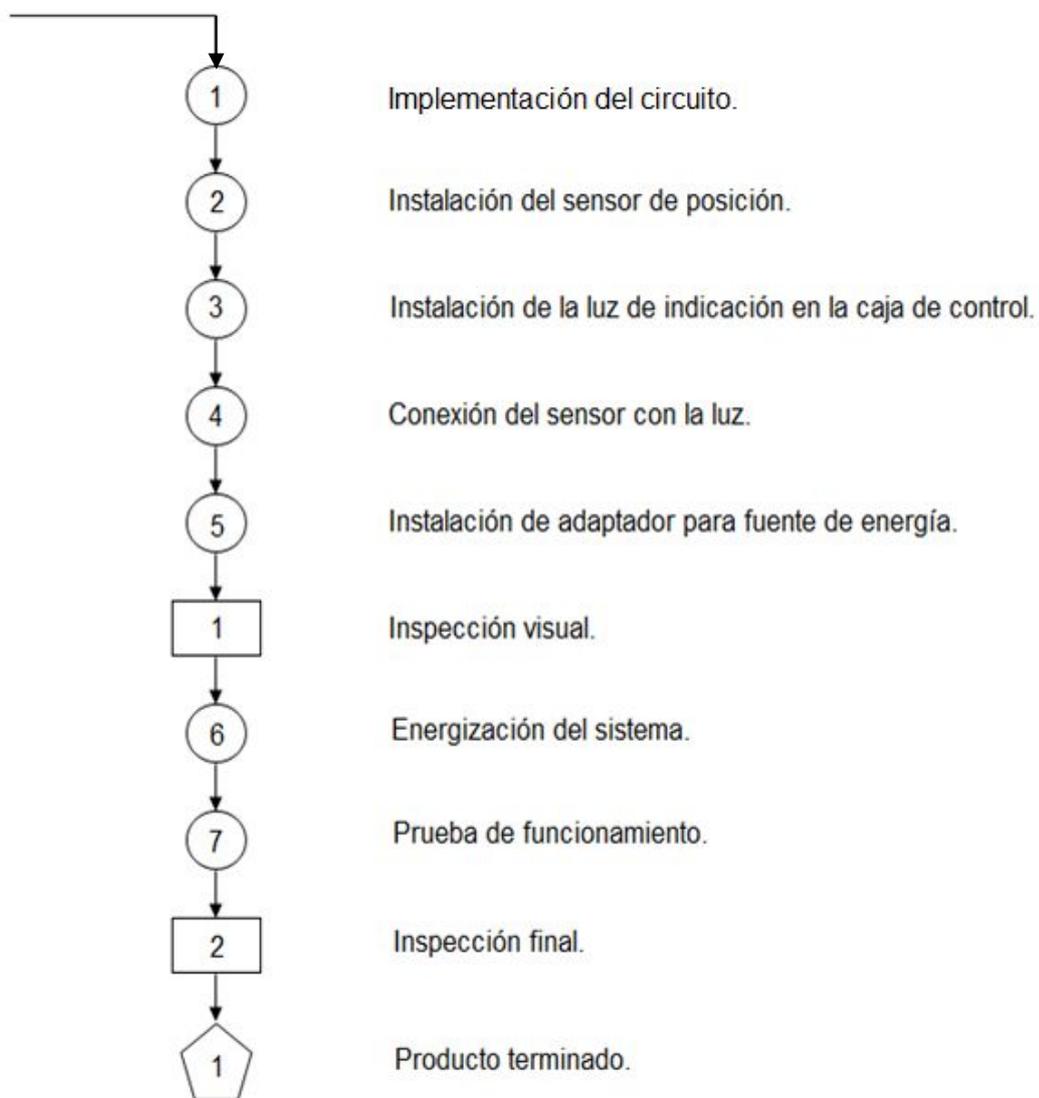


Tabla 3.12.

## Proceso de construcción del sistema de indicación.

Nº	Proceso	Máquina	Herramienta	Material
		M	H	M
1	Diseño		H5	
2	Instalación sensor		H9	M25
3	Instalación de luz indicadora	M4	H16	M28
4	Conexión del sistema		H17, H18	M26
5	Instalación adaptador		H17, H18	M26, M27
6	Energización		H19	M27
7	Prueba	M2		

## 3.6 Pruebas operacionales

## 3.6.1 Pruebas con presión neumática

Por ser este sistema de reversa netamente neumático la gran mayoría de pruebas operacionales fueron dirigidas a pruebas por presión y chequeo de fugas; ya que si el sistema presentara fugas de presión éste no va a funcionar correctamente como puede ser el caso que las clamshell doors no se abran o cierren completamente.

Por medio de esta prueba se logró determinar el correcto funcionamiento de las siguientes partes rehabilitadas:

- 1) Cañerías rígidas: Luego de la suelda de acoples faltantes se aplicó presión neumática a las cañerías y se comprobó que no existían fugas en su primera prueba.
- 2) Actuadores: Inicialmente se sometió a los actuadores a presión pero debido al desgaste de los sellos internos del mismo existieron fugas; luego de su rehabilitación se volvió a efectuar esta prueba la cual fue exitosa en esta ocasión (segunda prueba).
- 3) Construcción de sistema de control: Luego de instalar todos los componentes de control en la caja se procedió aplicar presión y se determinó que existían fugas por la válvula de accionamiento pero éstas no eran por falla del componente o instalación, sino que la

válvula requería de calibración de su recorrido esto se consiguió regulando la tuerca que posee la palanca de control en la parte inferior y así se eliminó la fuga existente. Se sometió a prueba siendo exitosa en la segunda ocasión.

### **3.6.2 Pruebas mecánicas**

Conjuntamente por medio de las pruebas de presión obtiene movimiento en el sistema, por esta razón también se hizo pruebas mecánicas para comprobar que ningún objeto o parte del sistema interfiera con la operación de la reversa (movimiento de clamshell doors). También se debe considerar que las pruebas mecánicas abarcan las pruebas de recorrido libre y de movimiento libre.

Los componentes sometidos a esta prueba fueron:

- 1) Clamshell doors: Durante la primera prueba de movimiento las clamshell doors no se movieron esto era debido a que las mismas ejercían presión sobre las bisagras coaxiales debido a la irregular forma de las clamshell doors originales por lo que se vio necesario instalar alzas (arandelas) para simular la forma original. Posteriormente se sometió nuevamente a prueba y fue exitosa en su segundo intento.
- 2) Mecanismo de acoplamiento actuador- bisagra: Este mecanismo debido a su deterioro no poseía movimiento inicialmente; se realizó una limpieza profunda de las partes, se completó elementos faltantes (pernos de sujeción) y se lubrico todas las partes móviles. Luego se sometieron a prueba siendo ésta exitosa.
- 3) Actuadores: Debido a los problemas de hermeticidad antes mencionados tampoco se obtuvo un recorrido limpio del pistón; después de que fueron corregidas dichas fallas se obtuvo el recorrido deseado.

- 4) Rieles guías: El ensamblaje de reversa fue encontrado a la intemperie por lo que existía gran cantidad de suciedad en la rieles, por lo que se procedió a limpiarlas y desarmarlas donde se encontró que los rodamientos también estaban defectuosos. Se reemplazaron los rodamientos y se lubricaron los rieles lo que sirvió para obtener el movimiento libre deseado para la actuación de la reversa.

### **3.6.3 Prueba eléctrica**

Esta prueba solamente se la realizó para el circuito de luz de indicación, para comprobar el funcionamiento del material eléctrico y las conexiones realizadas sean eficientes para la correcta y prolongada operación de la reversa.

A continuación se presenta una tabla de aceptación de pruebas realizadas a los diferentes componentes de la reversa, debido a que se presentaron pruebas fallidas fue necesario hacer las correcciones necesarias y volver a realizar las pruebas por segunda ocasión. En la tabla 3.13 se puede observar los diferentes componentes sometidos a las pruebas y en qué prueba quedaron listos para su funcionamiento; la simbología “X” señala la prueba satisfactoria de cada componente.

**Tabla 3.13.****Aceptación de pruebas operacionales.**

Componentes sometidos a pruebas	Prueba de presión		Prueba mecánica		Prueba eléctrica	
	N° 1	N°2	N° 1	N°2	N° 1	N°2
Cañerías	X					
Actuadores		X		X		
Sistema de control		X				
Adaptación clamshell doors				X		
Acoplamiento bisagra- actuador				X		
Rieles guías				X		
Luz de indicación					X	

**3.7 Manual de uso, mantenimiento y hojas de registro****3.7.1 Descripción general**

En el manual se encuentran las instrucciones a seguir para el correcto funcionamiento de la reversa en el momento de su accionamiento y también al momento de su almacenamiento hasta su próxima activación.

Las normas de uso de la reversa son básicas debido a la complejidad de utilizar una aeronave con su reversa y todos sus instrumentos para poder visualizar su funcionamiento, ésta se basa en las seguridades que se debe tener al momento de realizar la extensión y la retracción de la reversa, además la operación de sus elementos y de cómo conservarlos para alargar su vida útil.

Las precauciones que se debe tomar no están por demás advertirlas, a pesar que el uso de dicha reversa así como la transportación de la misma es muy sencilla, hay que tener en cuenta las debidas previsiones para evadir cualquier tipo de accidente o incidente.

### **3.6.2 Registro de datos técnicos**

La hoja de datos o registros es un instrumento necesario e importante para llevar en forma ordenada y organizada el uso del soporte así como el de la reversa, ya que en el mismo se registran todos los datos de funcionamiento así como el de cualquier anomalía que éste presentase.

Estos registros sirve para las personas que desean manipular la reversa para que por medio de los mismos se encuentren bien enterados de cualquier tipo de anomalía que presentan dichos dispositivos, indica también si se ha realizado alguna actividad de mantenimiento, reparación, etc.

Las hojas de registro reúnen datos específicos de cada uno de los mantenimientos realizados o daños que se presenten con el pasar del tiempo a medida que se utilice ya sea el soporte, la reversa o los elementos reconstruidos debido a su accionamiento.

 <p>UGT 1922 ECUADOR</p>	<b>MANUALES</b>	<b>Pág. :</b>
	<b>MANUAL DE OPERACIÓN DE LA REVERSA DEL MOTOR JT8D</b>	<b>1 de 5</b>
	<b>Elaborado por: Sr. Esteban Francisco Torres Valencia</b>	<b>Revisión Nº. : 1</b>
	<b>Aprobado por: Tlgo. Alejandro Proaño</b>	<b>Fecha : Octubre 2014</b>
<p><b>1. OBJETIVO</b> Documentar los procedimientos de uso de la reversa del motor JT8D.</p> <p><b>2. ALCANCE</b> Dar a conocer al operario los pasos que se debe tener en cuenta para la manipulación de la reversa.</p> <p><b>3. NOMBRE DEL EQUIPO:</b> REVERSA TIPO CLAMSHELL DOORS DEL MOTOR JT8D.</p> <p><b>4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b> Soporte y Reversa Modelo                      Boeing 727-100 Longitud                    240 cm x 145 cm x 170cm Peso máx.                    250 kg</p> <p><b>5. ANTES DE LA OPERACIÓN</b>  Inspeccione la estructura, los elementos neumáticos, conexiones eléctricas, puertos neumáticos y sus alrededores, antes de su uso para confirmar el correcto estado de sus componentes.</p>		
		<b>Pág. 1</b>

Asegúrese que todos los elementos de la reversa se encuentran en perfectas condiciones para su funcionamiento. Analice los posibles riesgos antes de su uso.

El sistema neumático debe tener la suficiente presión para poder realizar la extensión y retracción de las clamshell doors.

Tenga en cuenta el riesgo de accidentes o incidentes durante la activación de la reversa, como wippes en los puntos de fricción, o personas que introduzcan sus manos cuando se va a poner en marcha la reversa.

Identifique posibles peligros eléctricos en el área de funcionamiento.

Evite movimientos bruscos de la reversa, si esto sucede tome obligatoriamente las medidas de seguridad como poner a la persona apta para la transportación del mismo.

Utilice equipos de protección personal como: Protección auditiva y protección visual.



## 6. PASOS DE OPERACIÓN

1. Conecte la fuente de presión neumática al acople rápido de la caja de control. (La presión de operación de la reversa es 60 PSI).



2. Conecte el enchufe del sistema de indicación a un tomacorriente de 110V.



3. La presión utilizada será de 60 PSI obtenidos por medio del regulador de presión de tal manera que la presión nominal de la fuente externa no influirá siempre y cuando esta sea mayor a 60 PSI.



4. Presione el control de la válvula de accionamiento para llevar las clamshell doors a la posición deployed (extendida), esta acción tardará 3 segundos aproximadamente.



5. La luz de indicación se encenderá tan pronto como las clamshell doors llegue a dicha posición y permanecerá encendida mientras la reversa se encuentre extendida.

6. Hale el control de la válvula para llevar las clamshell doors a la posición stowed (retraída), esta acción tardará 3 segundos aproximadamente.



7. La luz indicadora se apagará en cuanto las clamshell doors abandonen la posición extendida.

## 7. DESPUÉS DE LA OPERACIÓN

- Para finalizar la operación desconecte el puerto neumático de la caja de control y desconecte el enchufe del tomacorriente.
- Cualquier discrepancia encontrada se debe informar al personal encargado de su operación en el Bloque 42 y registrarla en el libro de vida de la reversa.
- Asegúrese que el soporte y su reversa se encuentran en un sitio que no moleste y con sus seguros o frenos colocados.
- Purgue todo el aire restante del sistema.
- Inspeccione alrededor de la reversa por si existe alguna falla.

 <p>UGT 1922 ECUADOR</p>	<b>MANUALES</b>	<b>Pág. :</b>
	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA REVERSA DEL MOTOR JT8D</b>	<b>1 de 5</b>
	<b>Elaborado por: Sr. Esteban Francisco Torres Valencia</b>	<b>Revisión</b>
	<b>Aprobado por: Tlgo. Alejandro Proaño</b>	<b>Nº. : 1</b>
		<b>Fecha : Octubre 2014</b>
<p><b>1. OBJETIVO</b> Documentar los procedimientos de mantenimiento de la reversa del motor JT8D.</p> <p><b>2. ALCANCE</b> Dar a conocer al operario los pasos que se debe tener en cuenta para la conservación funcional de la reversa.</p> <p><b>3. NOMBRE DEL EQUIPO:</b> REVERSA TIPO CLAMSHELL DOORS DEL MOTOR JT8D.</p> <p><b>4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b> Soporte y Reversa Modelo                      Boeing 727-100 Longitud                      240 cm x 145 cm x 170cm Peso máx.                      250 kg</p> <p><b>5. MANTENIMIENTO</b>  Es aconsejable realizar una inspección visual regularmente cada tres meses para prevenir posibles defectos durante el uso de la reversa. La frecuencia del proceso de inspección dependerá del uso de la reversa.</p>		
		<b>Pág. 1</b>

Toda esta información debe encontrarse plasmada en las hojas de inspección.

Es aconsejable realizar un mantenimiento preventivo de pintura de las partes de la reversa cada 12 meses (un año) con los materiales adecuados como anticorrosivos para poder dar una mayor vida útil al dispositivo, este mantenimiento se lo realiza después de mencionado tiempo debido a que no se va a encontrar expuesto a intemperie o a cambios bruscos de temperatura que podrían afectar la pintura.



La estructura y los elementos también deben ser inspeccionados cada tres meses, para de esta manera verificar que no exista ningún tipo de anomalía que podría afectar a su funcionamiento, en caso de existir algún daño se debe realizar su respectiva corrección.

Debido a que este sistema de presión no cuenta con un filtro para retención de agua se debe desmontar los cilindros actuadores y desarmarlo para retirar el

agua que se pudiese haber formado durante los ciclos de operación de la reversa, esta acción de mantenimiento se la deberá realizar cada 6 meses (refiérase a la sección de reparación de cilindros para su desmontaje y desarmado).

## **6. ALMACENAMIENTO**

Para el correcto almacenamiento del soporte con la reversa se los debe ubicar en un lugar fresco y seco sin que pueda existir contacto alguno ya sea con el agua o con alguna clase de humedad existente, es conveniente después de cada uso un chequeo menor a cada uno de los componentes.

## **7. REPARACIONES**

Toda reparación y mantenimiento se debe realizar por personal adecuado y competente. En caso de existir algún inconveniente en la operación de la reversa se deberá analizar la falla existente y proceder a corregirla, las posibles fallas son las siguientes:

- a. Fuga de presión neumática interna del actuador para lo cual se deberá desmontar el actuador afectado y desarmarlo hasta obtener el pistón.



En el pistón se encuentran los sellos que en esta falla van a ser los defectuosos; descarte los sellos.



Limpie e inspeccione las partes del actuador en busca de otros posibles daños.

Para la instalación lubrique usando vaselina las paredes del cilindro actuador y los sellos nuevos que van a ser instalados.

Arme el actuador y móntelo en el ensamblaje de reversa.



b. Recorrido de rieles guías pausado o no existe recorrido del pistón, en primer lugar descarte posibles fugas internas del actuador.

Este tipo de falla se le atribuye a una falta de lubricación a las rieles guías o un mal funcionamiento de los rodamientos en las mismas.

Desmonte las rieles hasta obtener los rodamientos instalados en su interior.



Compruebe que los rodamientos giren libremente, de lo contrario reemplácelos; si los rodamientos giran libremente únicamente lubrique las rieles.



Arme el conjunto de rieles guías y móntelos en el ensamblaje, compruebe su funcionamiento

c. Fugas de presión neumática, si existen fugas en cualquier otro lugar de los lugares antes mencionados se deberá identificar el componente defectuoso y reemplazarlo con uno nuevo.

	<b>REGISTRO</b>	<b>Código:</b>	
	<b>LIBRO DE VIDA DE LA REVERSA.</b>	<b>Registro No:</b>	

Hoja: ..... de.....

No	FECHA		HORAS DE FUNCIONAMIENTO	ENCARGADO	OBSERVACIONES
	ENTRADA	SALIDA			

**Firma del Responsable:**

### 3.8 Análisis económico

Se realizó un presupuesto general para la elaboración de este proyecto que tenía como fin la rehabilitación funcional de la reversa del motor JT8D. A continuación se presente detalladamente el costo real del presupuesto inicial en dos grupos.

- Recursos
- Costos

#### 3.8.1 Recursos:

Se contó con el talento humano que en este caso fueron los conocimientos del director del proyecto y el autor del mismo.

**Tabla 3.14.**

#### Recursos humanos

Talento Humano	Denominación
Torres Valencia Esteban Francisco	Autor del proyecto
Tlgo. Alejandro Proaño	Director del proyecto

#### 3.8.2 Costos

Se detalla el costo del proyecto dividido en dos costos, el mismo que es asumido por el autor del proyecto.

### 3.8.2.1 Costo Primario

Tabla 3.15.

#### Costos primarios

<b>PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>VALOR UNITARIO</b>	<b>VALOR TOTAL</b>
1	Hojas de tol	\$ 60,00	\$ 60,00
1	Perfil angular	\$ 10,00	\$ 10,00
4	Acoples metálicos	\$ 8,00	\$ 32,00
2	Electrodos (KG)	\$ 5,00	\$ 10,00
10	Racores	\$ 0,50	\$ 5,00
1	Thinner	\$ 3,00	\$ 3,00
1	Válvula accionamiento	\$ 14,00	\$ 14,00
1	Combustible	\$ 30,00	\$ 30,00
4	Lijas	\$ 1,00	\$ 4,00
2	Disco de corte	\$ 5,00	\$ 10,00
2	Disco de desbaste	\$ 5,00	\$ 10,00
1	Regulador de presión	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Acople rápido	\$ 7,00	\$ 7,00
10	Pernos 5/8	\$ 0,50	\$ 5,00
8	Pernos 3/8	\$ 0,40	\$ 3,20
2	Cañerías flexibles	\$ 3,00	\$ 6,00
1	Pintura	\$ 40,00	\$ 40,00
1	Dobladora	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Suelda	\$ 15,00	\$ 15,00
30	Remaches 5/16	\$ 0,10	\$ 3,00
30	Rodelas planas 5/8	\$ 0,20	\$ 6,00
10	Rodelas planas 3/8	\$ 0,15	\$ 1,50
1	Fondo anticorrosivo	\$ 20,00	\$ 20,00
4	Sellos	\$ 3,00	\$ 12,00
1	Vaselina	\$ 1,00	\$ 1,00
4	Rodamientos	\$ 5,00	\$ 20,00
1	Grasa	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Grasa de litio	\$ 13,00	\$ 13,00
10	Tornillos	\$ 0,10	\$ 1,00
2	Bisagras	\$ 0,50	\$ 1,00
1	Sensor posición	\$ 9,00	\$ 9,00
1	Cable	\$ 3,00	\$ 3,00
1	Transformador	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Foco	\$ 2,00	\$ 2,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 406,70</b>

### 3.8.2.2 Costo secundario

Tabla 3.16.

#### Costos secundarios

<b>N°</b>	<b>Material</b>	<b>Costo</b>
1	Alimentación	\$ 220,00
2	Hospedaje	\$ 200,00
3	Transporte	\$ 170,00
4	Impresiones	\$ 180,00
5	Empastados y anillados	\$100,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 870,00</b>

### 3.8.2.3 Costo Total

Tabla 3.17.

#### Costo Total

<b>Detalle</b>	<b>Costo</b>
<b>Costo primario</b>	\$ 401,70
<b>Costo secundario</b>	\$ 870,00
<b>Total</b>	<b>\$ 1.271,70</b>

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Se pudo conocer de forma práctica la correcta funcionalidad de la reversa así como de forma teórica.
- Los métodos seleccionados para la rehabilitación funcional de la reversa fueron eficientes para su buena funcionalidad.
- Las pruebas operacionales de la reversa ya con los elementos reconstruidos y la rehabilitación de sus sistemas fueron exitosas, logrando así tener una reversa fácil de usar y totalmente funcional.
- Con la elaboración del presente proyecto se pudo utilizar de forma adecuada los distintos tipos de herramientas y máquinas, obteniendo de esta manera una excelente calidad en su funcionamiento.
- Se cumplió con todas las expectativas trazadas acerca del funcionamiento de la reversa.
- Ahora el Bloque N°42 cuenta con una reversa operativa, simulando su operación en el avión y ampliando el conocimiento teórico adquirido por los estudiantes de la Unidad.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Antes de la operación de la reversa se recomienda realizar una inspección menor de sus componentes asegurando así su correcto funcionamiento.
- Durante la operación de la reversa no introducir ningún tipo de objeto o extremidad del cuerpo ya que podría tener perjuicios a la integridad física de los operadores o daños a la reversa.

- Para una mayor vida de utilidad de la reversa se deberán cumplir los procedimientos de operación y mantenimiento de la misma, detallados en su manual de uso.
- Evitar el contacto con cualquier tipo de disolvente como thinner o gasolina ya que esto deterioraría la pintura de la reversa.
- Tener siempre en cuenta la presión neumática para su funcionamiento ya que un exceso de presión podría causar daños en los componentes internos de la reversa.

**GLOSARIO:****A**

**Acople:** Objeto que se utiliza para unir entre sí dos piezas o cuerpos de manera que ajusten perfectamente.

**Actuador:** Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.

**Aeronave:** Es una máquina impulsada por dos o más motores, además posee alas para poder lograr su sustentación en el aire.

**Amoladora:** Se llama amoladora a una máquina herramienta también conocida como muela, que consiste en un motor eléctrico a cuyo eje de giro se acoplan en ambos extremos discos sobre los que se realizan diversas tareas, según sea el tipo de disco que se monten en la misma.

**C**

**Cañería:** Conducto o tubería por donde circulan o se distribuyen líquidos o gases.

**D**

**Despegue:** En aeronáutica, el despegue es la fase inicial y esencial de un vuelo, que se logra tras realizar la carrera de despegue sobre una pista de despegue y aterrizaje de un aeropuerto o en una superficie extensa de agua, con la cual se consigue el efecto aerodinámico de la sustentación, que es provocado por el flujo a una determinada velocidad del aire sobre las alas.

**E**

**Electrodo:** Un electrodo es un conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito, por ejemplo un semiconductor, un electrolito, el vacío, un gas (en una lámpara de neón), etc.

**Émbolo:** Disco que se ajusta y mueve alternativamente en el interior de una bomba para comprimir un fluido o para recibir movimiento de él.

## **M**

**Manómetro:** Instrumento para medir la presión de los líquidos y gases.

## **R**

**Racor:** Pieza metálica con dos roscas internas en sentido inverso que sirve para unir tubos y otros perfiles cilíndricos.

**Reversa:** Se denomina como "reversa" o "empuje inverso" al mecanismo que permite desviar, temporalmente, el flujo de los gases de escape. Es un dispositivo muy usado en aviones de reacción.

## **S**

**Sensor:** Dispositivo formado por mecanismos o células que detecta variaciones de una magnitud física y las convierte en señales útiles para un sistema de control

**Suelda:** Unir sólidamente dos cosas fundiendo sus bordes o alguna sustancia igual o semejante a las que se quiere unir.

## **T**

**Transformador:** Aparato eléctrico para convertir la corriente de alta tensión y débil intensidad en otra de baja tensión y gran intensidad, o viceversa.

## **V**

**Válvula:** Sirve para dejar libre o cerrar un conducto.

## **ABREVIATURAS:**

### **A**

**AC:** Corriente alterna

**ATA:** Asociación de Transporte Americano.

**D**

**DC:** Corriente continua.

## BIBLIOGRAFÍA

- Cuesta Álvarez, M. (2001). *Motores de reacción* (pp. 219). Novena Edición, Edit. Thomson Paraninfo.
- Muñoz, M. (2011). *Escape y reversa*. Material didáctico presentado en clases impartidas en ITSA.
- Oñate, A. (2007). *Conocimiento básico del avión*. (pp. 441), Segunda Edición, Edit. Thomson Paraninfo.
- Sainz Díaz, V. (2007). *El motor de reacción y sus sistemas auxiliares*. (pp. 164). Tercera Edición, Edit. Thomson Paraninfo.
- Crane, D. (2005). *Aviation maintenance technician series "power plant"*. (pp. 507). Canadá, Segunda Edición, Edit ASA.
- García de la Cuesta, Juan. (2003). Terminología aeronáutica. Ediciones Díaz de Santos.

## NETGRAFÍA

- Kenobi, N. (2009). *La reversa del motor de un avión*. Recuperado el 10 de septiembre de 2013, de, <http://www.enocasioneshagoclick.com/2009/08/la-reversa-de-un-motor-de-avion.html>(en línea)
- Pozo, A. (2008). *Powerback*. Recuperado el 10 de septiembre de 2013, de, <http://surcandoloscielos.es/blog/powerback/>(en línea)
- Aerotecnología. (2010). *¿Cómo funciona la reversa?* Recuperado el 10 de septiembre de 2013, de, <http://aerotecnologia.blogspot.com/2010/01/como-funciona-la-reversa.html>(en línea)
- Aviation blog. (2010). *Cómo frena un avión parte 1: La reversa*. Recuperado el 10 de septiembre de 2013, de, <http://levrais.wordpress.com/2010/10/31/como-frena-un-avion-parte-1-la-reversa/>(en línea)

- Wikipedia. (2013). *Empuje inverso*. Recuperado el 10 de septiembre de 2013, de, [http://es.wikipedia.org/wiki/Empuje\\_inverso.html\(en línea\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Empuje_inverso.html)
- Avión revue. (2009). *Cómo funcionan las reversas*. Recuperado el 10 de septiembre de 2013, de, [http://avion.microsiervos.com/sabias/sabias-como-funcionan-reversas.html\(en línea\)](http://avion.microsiervos.com/sabias/sabias-como-funcionan-reversas.html)

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

**NOMBRES:** Esteban Francisco Torres Valencia

**NACIONALIDAD:** ecuatoriana

**FECHA DE NACIMIENTO:** 04 de Octubre de 1991

**CEDULA DE CUIDADANÍA:** 172164609-7

**TELÉFONOS:** 022533336 / 0995650146

**CORREO ELECTRONICO:** [mottodido@hotmail.es](mailto:mottodido@hotmail.es)

**DIRECCION:** Pedro de Alvarado N56-48 y Carlos V Sector "San Carlos"



### ESTUDIOS REALIZADOS

**PRIMARIA:** Escuela Francisco Febres Cordero "La Salle" (1997-2003)

**SECUNDARIA:** Colegio Técnico Experimental de Aviación Civil "COTAC" (2003-2009)

**SUPERIOR:** Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las fuerzas armadas ESPE

### TITULOS OBTENIDOS

**COTAC:** Bachiller en Ciencias Especialidad "Físico Matemático"

#### UGT:

- Egresado en Mecánica Aeronáutica Mención Motores.
- Proficiency in the English Language Training Course.

**DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL:** Licencia de Mecánico de Mantenimiento con habilitación en Motores y Fuselaje N° 2539 MM.

### EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PRE- PROFESIONALES

Empresa: ALA DE TRANSPORTES N° 11 – QUITO

Cargo: PRACTICANTE (160H)  
Desde/ hasta: 14 DE FEBRERO DEL 2011/ 18 MARZO DEL 2011

Empresa: ALA DE TRANSPORTE N° 11 FAE - QUITO  
Cargo: PRACTICANTE (160 H)  
Desde/Hasta: 08 DE AGOSTO DEL 2011 / 02 DE SEPTIEMBRE DEL 2011

Empresa: TAME EP  
Cargo: PRACTICANTE  
Desde/ hasta: FEBRERO 2012 / ENERO 2013

### **CURSOS REALIZADOS**

Curso Inicial del Avión ATR42-500 (3/12/2012- 28/12/2012)

Habilitación aeronave ATR42-500: mantenimiento, mantenimiento preventivo, alteraciones, Maintenance Release, Push back y remolque, Airworthiness Release y Engine Run Up and Taxi (IRR: ATA 71; 80).

Curso inicial sistema IFE (In- Flight Entertainment) avión airbus A330-200.

### **EXPERIENCIA LABORAL**

Empresa: TAME EP  
Cargo: TÉCNICO EN MANTENIMIENTO TIPO 1  
Desde/ hasta: 01 DE FEBRERO DE 2013 / PRESENTE FECHA

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

**DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE  
RESPONSABILIZA EL AUTOR**

---

**Torres Valencia Esteban Francisco**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA**

---

**Ing. Lucia Guerrero**

---

Latacunga, Octubre 07 del 2014