



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN “MOTORES”

TEMA: DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICÓPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

AUTOR: ZURITA CARRASCO, STALIN FABRICIO

DIRECTOR: Ing. Bautista Rodrigo

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. Stalin Fabricio Zurita Carrasco, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES.

Latacunga, 20 de Marzo del 2015

---

ING RODRIGO BAUTISTA  
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

**DECLARO QUE**

EL proyecto de grado denominado **“DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICOPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que 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, 20 de Marzo de 2015

---

SBTE. DE POLICIA STALIN ZURITA  
C.C.: 1802698074

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo, STALIN FABRICIO ZURITA CARRASCO

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICOPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 20 de Marzo de 2015

---

SBTE. DE POLICIA STALIN ZURITA  
C.C.: 1802698074

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas y cada uno de los individuos de las nuevas generaciones que directa o indirectamente deseen conocer esta investigación para fundamentar y ajustarlos a sus propios estudios, de esa manera estaré satisfecho del esfuerzo hecho, así como también deseo que mi trabajo sirva a otros a lo largo de la línea del tiempo y ello siga contribuyendo en un sin fin de avance y tecnología para nunca extinguir el progreso de nuestra humanidad. Mi dedicatoria especial a nuestro Padre Dios, mi esposa y mi hijo que con tanto amor y esmero colaboraron con el desarrollo de este proyecto, espiritual y moral; a mi segunda casa, la Policía Nacional del Ecuador, que sin ella no hubiésemos tenido las direcciones y guías que con esmero y dedicación terminaron en la culminación de mi carrera y a mi tercera casa El Servicio Aeropolicial, Unidad que contribuyó a pulir nuestras enseñanzas para aplicar mis conocimientos en aviación y transmitirlos y utilizarlos de forma adecuada, cuidadosa y correcta en nuestras unidades que sirven a la comunidad.

SBTE. DE POLICIA STALIN ZURITA

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios.

A mis Padres, Hermanos, esposa e hijo.

A la Unidad de fe Gestión de Tecnologías.

A las personas que me apoyaron e incentivaron a continuar con mi trabajo.

A todos y cada uno de nuestros profesores y Aerotécnicos que han contribuido para nuestros conocimientos y actitudes.

Al Servicio Aeropolicial de Riobamba quien me abrió sus puertas para mi aprendizaje.

A los Señores Técnicos del área de mantenimiento del Servicio Aeropolicial.

Al Personal de Mundo Auto que colaboraron contribuyeron en el ensamble del proyecto.

A los Señores Miembros del Tribunal de Graduación.

SBTE. DE POLICIA STALIN ZURITA

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY .....	xv
CAPÍTULO I.....	1
TEMA.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	2
1.3 Justificación .....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos .....	3
1.5 Alcance.....	4
CAPÍTULO II.....	5
MARCO TEÓRICO .....	5
2.1 Introducción .....	5
2.2 Características principales del Helicóptero MD 369FF .....	5
2.3 Fuselaje .....	6

2.4 Tren de aterrizaje.....	6
2.5 Interior del helicóptero .....	7
2.7 Sistema de Engranajes .....	8
2.8 Sistema del rotor principal .....	8
2.9 Sistema Eléctrico .....	9
2.10 Capacidades y Dimensiones.....	9
2.10.1 Combustible.....	9
2.10.3 Dimensiones .....	10
2.10.4 Datos técnicos .....	10
2.11 Instrumentos del Motor .....	11
2.12 Indicaciones de emergencia .....	12
2.13 Motor Rolls–Royce 250–C30 .....	12
2.13.1 Componentes .....	12
2.13.1.1 Cámara de Combustión .....	12
2.13.1.2 Turbina .....	13
2.13.1.3 Caja de engranajes de accesorios y potencia .....	14
2.13.1.4 Sistemas .....	15
2.13.1.5 Sistema de ignición.....	15
2.13.1.6 Compresor .....	15
2.13.1.7 Compresor Centrífugo.....	16
2.13.2 Principio de Funcionamiento .....	17
2.14 Limpieza del compresor.....	18
2.15 Sustancia a utilizarse en el lavado del compresor.....	18
2.15.1 Agua destilada .....	19
2.15.3 Turbine Cleaner .....	19
2.15.4 Ardrox 6367 .....	20
2.16 Proceso de lavado del compresor.....	21

2.17 Procedimiento de enjuague .....	21
2.18 Procedimiento de lavado .....	22
2.19 Proceso .....	22
2.20 Materiales y Equipos.....	23
2.21 Materiales utilizados en la construcción .....	23
2.21.1 Tubos Cuadrados .....	23
2.21.2 Aplicación .....	24
2.21.3 Manómetro de presión 0-100 PSI .....	24
2.21.4 Válvula reguladora de presión .....	25
2.21.5 Válvula de paso .....	25
2.21.6 Teflón blanco .....	26
2.21.7 Plancha de aluminio 1.0mm.....	26
2.21.8 Cañería rígida y acoples de sujeción .....	27
2.21.8.1 Cañería Rígida.....	27
2.21.9 ACOPLES.....	28
2.21.9.1 Acoples rápidos para servicio neumático .....	28
2.21.9.2 Aplicaciones:.....	29
2.21.10 Mangueras.....	30
2.21.11 SOLDADURA .....	31
2.21.11.1 Soldadura por arco .....	31
2.21.11.2 Área de soldado.....	32
2.21.11.3 Nomenclatura de Electrodo revestido.....	33
2.21.12 Dobladora de láminas .....	35
2.21.12.1 Precauciones .....	35
2.21.13 Cortador de tubos para cañerías.....	36
2.21.14 Pintura de Esmalte.....	36
2.21.15 Thinner .....	37

2.21.16 Cilindro de Acero Inoxidable .....	38
CAPÍTULO III.....	39
3.1 CONSTRUCCIÓN .....	39
3.2 Preliminares.....	39
3.3 Planteamiento de los factores de construcción .....	39
3.4.1 Parámetro Técnico - Constructivo.....	40
3.4.2 Parámetro Operacional. ....	41
3.4.3 Parámetro Económico. ....	42
3.5 Ventajas y Desventajas de los materiales.....	42
3.6 Construcción del Equipo de Lavado de Compresor de la Turbina.....	43
3.6.1 Descripción del Equipo de Lavado.....	43
3.6.2 Partes del Equipo de Lavado .....	44
3.6.2 Construcción.....	45
3.6.3 Orden de construcción.....	45
3.6.4 Construcción de la estructura .....	45
3.6.5 Corte y doblado de láminas .....	46
3.6.6 Instalación de Instrumentos .....	47
3.6.7 Conexión de cañerías .....	48
3.6.8 Pintura .....	49
3.6.9 Codificación de máquinas, herramientas y materiales: .....	51
3.6.10 Diagramas de proceso.....	52
3.6.10.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE MOVIL .....	54
3.6.10.2 PANEL DE CONTROL.....	55
3.6.10.3 UNION DE ELEMENTOS .....	56
3.6.10.4 ENSAMBLE DEL EQUIPO DE LAVADO .....	57
3.6.10.5 Pruebas de funcionamiento y operación .....	57
3.6.11 Elaboración de manuales.....	58

3.6.12 Presupuesto.....	60
3.6.13 Rubros .....	67
3.6.13.1 Costo primario .....	67
CAPÍTULO IV .....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	70
4.1 Conclusiones.....	70
4.2 Recomendaciones .....	70
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>72</b>
ANEXOS.....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del Electrodo Revestido .....	34
Tabla 2. Ventajas y desventajas del Tubo de Hierro .....	42
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la Plancha de Hierro .....	43
Tabla 4. Codificación de Máquinas.....	51
Tabla 5. Codificación de Herramientas.....	51
Tabla 6. Codificación de Materiales.....	52
Tabla 7. Especificaciones de Construcción .....	52
Tabla 8. Simbologías de Diagramas de Procesos .....	53
Tabla 9. Costo Primario.....	67
Tabla 10. Máquina, herramienta y equipo .....	68
Tabla 11. Mano de Obra.....	68
Tabla 12. Costos Secundarios .....	69
Tabla 13. Costo total del Proyecto.....	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Helicóptero MD 369FF .....	5
Figura 2: Interior del helicóptero MD 369FF .....	7
Figura 3: Dimensiones externas del helicóptero MD 369FF .....	10
Figura 4: Instrumentos del motor del helicóptero MD 369FF .....	11
Figura 5: Luces de advertencia y peligro, MD 369FF .....	12
Figura 6: Motor Roll Roys 250 C30 .....	13
Figura 7: Flujo de aire en el motor .....	14
Figura 8: Compresor .....	16
Figura 9: Compresor Centrifugado .....	16
Figura 10: Principio de Funcionamiento .....	17
Figura 11: Manómetro de presión .....	24
Figura 12: Válvula reguladora de presión .....	25
Figura 13: Válvula de paso .....	25
Figura 14: Teflón Blanco .....	26
Figura 15: Lamina de aluminio .....	27
Figura 16: Acoples neumáticos .....	29
Figura 17: Soldadura por arco .....	32
Figura 18: Área de soldado .....	32
Figura 19: Nomenclatura de Electroodos revestido .....	33
Figura 20: Dobladora de láminas .....	35
Figura 21: Cortador de tubos .....	36
Figura 22: Pintura sintética .....	37
Figura 23: Cilindro de acero inoxidable .....	38
Figura 24: Construcción de la estructura .....	46
Figura 25: Corte y doblado de láminas .....	47
Figura 26: instalación de instrumentos .....	48
Figura 27: Conexión de cañerías .....	49
Figura 28: Válvulas de paso .....	49
Figura 29: Pintado del equipo de lavado .....	50

## RESUMEN

El siguiente trabajo contiene el proceso según el cual se desarrolló el diseño de un equipo de lavado de los compresores de la turbina del helicóptero del Servicio Aeropolicial de la Ciudad de Riobamba. Además consta de un análisis técnico y económico del costo total e individual de cada uno de los elementos y materiales utilizados en el desarrollo del proyecto, así como de las herramientas, equipos y demás ítems que fueron necesarios para la construcción de la máquina. Este proyecto es creado con el afán de cubrir una necesidad que se presenta en AEROPOLICIAL en el área de Mantenimiento, y que de acuerdo a los procedimientos que se encuentran en el Manual de Mantenimiento del Motor, y las Guías de Inspección, se debe realizar el lavado de los compresores de las turbinas cada cierto intervalo de horas de vuelo, y debido a que la Unidad no cuenta actualmente con este equipo se ha procedido al análisis realizado en la investigación previa al desarrollo de este proyecto, determinando que lo más útil y necesario para el SAP Servicio Aero Policial era el diseño de esta máquina que está realizada según las especificaciones del fabricante y según las guías encontradas en el Manual de Mantenimiento.

### **Palabras clave:**

- COMPRESORES
- TURBINA
- HELICÓPTEROS
- MANUAL DE MANTENIMIENTO
- GUÍAS DE INSPECCIÓN

## SUMMARY

The following paper contains the process whereby the design of a washing machine compressor turbine helicopter Aeropolicial Service of the City of Riobamba was developed. Also includes a technical and economic analysis of total and individual of each of the elements and materials used in the project development cost as well as tools, equipment and other items that were necessary for the construction of the machine. This project is created in an effort to fill a need that is presented in Aeropolicial in the area of maintenance, and according to the procedures found in the Maintenance Manual Motor and Guides Inspection is to be performed compressor washing turbines at intervals of flight hours, and because the unit does not currently have this team has carried out the analysis in previous research to the development of this project, determining that the most useful and necessary for SAP Aero Police Service was the design of this machine is performed according to the manufacturer's specifications and according to the guidelines found in the Maintenance Manual.

### **Palabras clave:**

- COMPRESORES
- TURBINA
- HELICÓPTEROS
- MANUAL DE MANTENIMIENTO
- GUÍAS DE INSPECCIÓN

## **CAPÍTULO I**

### **TEMA**

### **DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICOPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA**

#### **1.1 Antecedentes**

El servicio Aeropolicial de la ciudad de Riobamba, perteneciente a la policía Nacional del Ecuador, es una Institución que brinda el servicio de vigilancia aérea, para lo cual cuenta con personal capacitado en varias áreas, así como materias y herramientas que ayudan al cumplimiento óptimo de su labor. Es así que para cumplir con sus funciones requiere del área del mantenimiento para los helicópteros y aeronaves que tienen a su servicio, mismo que en la actualidad presenta falencias que no le permiten cumplir de manera óptima con sus actividades.

El no contar con el equipo necesario para el mantenimiento dentro de la Unidad disminuye la calidad del servicio, ya que los compresores de las turbinas están expuestos a todo tipo de impurezas lo que implica un constante seguimiento de los compresores de las turbinas, por lo tanto la ausencia de las herramientas contribuye con el deterioro de las partes de los helicópteros y aeronaves.

El Señor Diego Chango técnico de mantenimiento del Servicio Aeropolicial de Quito, se encuentra capacitado para realizar el lavado de los compresores de las turbinas, ya que realizó el lavado de las turbinas del Helicóptero MD 369 FF, con la máquina de lavado de la Institución hermana del Servicio Aeropolicial de Chile. Cabe recalcar que el Señor Diego Chango está presto a colaborar con el correcto desarrollo de este proyecto.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El servicio Aeropolicial (SAP) es un grupo de pilotos y aerotécnicos tanto en ala fija, como rotatoria, quienes forman parte de la Policía Nacional del Ecuador, estando ubicados en puntos estratégicos del territorio Nacional, operando sus aeronaves de manera segura y tal y como lo indica los diferentes manuales de mantenimiento.

Sin embargo, el servicio SAP no cuenta todavía con todos los implementos, equipos y herramientas para realizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. En este sentido se presentan varias dificultades en el desarrollo de las actividades y tareas de mantenimiento, las mismas que deben ser cubiertas mediante la contratación de servicios externos de mantenimiento para asegurar la correcta operación de las aeronaves.

Dentro de las tareas de mantenimiento se puede observar que un punto de vital importancia en el funcionamiento de la aeronave es el motor, con sus respectivos componentes, entre estos los más críticos el compresor.

Este componente requiere de limpiezas periódicas y continuas para evitar problemas de incrustaciones y posteriores pérdidas de potencia y eficiencia en el funcionamiento del motor. Actualmente, el servicio SAP no cuenta con el equipo para la limpieza de compresor y turbina, y es así como se plantea como alternativa de solución a este problema la construcción de un equipo que sirva para suplir esta necesidad y mantener en óptimas condiciones este elemento del motor.

## **1.3 Justificación**

El diseño de un equipo de lavado de los compresores de la turbina de los helicópteros, permitirá cumplir las actividades del Servicio Aeropolicial de forma

adecuada y con un servicio de calidad, permitiendo de esta manera aprovechar la capacidad humana cumplimiento con los niveles de eficiencia requeridos por la Institución y sus objetivos.

Un equipo de lavado de los compresores de la turbina de los helicópteros, debidamente diseñado permitirá que los aerotécnicos realicen un monitoreo constataste de los compresores de las turbinas, lo cual aportara con la aeronavegabilidad del Helicóptero.

El diseño de equipo de lavado de los compresores de la turbina de los helicópteros permitirá optimizar costos y eficiencia del trabajo, manteniendo un especial cuidado de los helicópteros.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Diseño de un equipo de lavado de los compresores del motor ALLISON 350 C30, del helicópteros MD 369FF del Servicio Aeropolicial de la ciudad de Riobamba, según los manuales de mantenimiento.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información sobre el funcionamiento del motor ALLISON 350 C30.
- Realizar el diseño del equipo de lavado del compresor.
- Seleccionar los materiales adecuados y construir el equipo.
- Realizar pruebas de funcionamiento del equipo.

### **1.5 Alcance**

Al diseñar el equipo de lavado de los compresores de las turbinas, se logrará mejorar notablemente la calidad de los trabajos de mantenimiento en esta sección del motor, siendo los principales beneficiarios el personal de mantenimiento, quienes tendrán una herramienta sumamente útil, y en general la Unidad, quienes elevarán los estándares de calidad de sus trabajos, incrementando su prestigio en el servicio que brinda la Policía Nacional.

Además se brinda un referente constructivo de este tipo de equipos para estudiantes de carreras afines y en general a toda persona que vayan a realizar trabajos de similares características o requiera esta información.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Introducción

El presente capítulo contiene toda la información introductoria y complementaria para un correcto manejo y comprensión de los instrumentos, materiales y herramientas que se utilizaron para la construcción de todas las partes que comprenden el banco de pruebas, además da a conocer breves nociones de temas concernientes al desarrollo de este trabajo de graduación.

#### 2.2 Características principales del Helicóptero MD 369FF

El helicóptero MD 369FF es una aeronave de ala rotatoria, de 5 palas, propulsado por una turbina. Está construido principalmente de aleación de aluminio. El rotor principal tiene un sistema de 5 palas totalmente articuladas, con un sistema de rotor de cola provisto de 2 palas semirígidas.

La potencia es transmitida desde el motor turboshaft hacia el eje del rotor principal a través de una caja de engranajes principal, y hacia el rotor de cola por medio de otra caja de engranajes. Un gancho de sobre-recorrido, situado entre el motor y la transmisión principal, permite la libre rotación de las palas en el caso de necesitar auto rotación.



**Figura 1: Helicóptero MD 369FF**

**Fuente:** [www.mdhelicopters.com](http://www.mdhelicopters.com)

### **2.3 Fuselaje**

La estructura del fuselaje tiene forma de huevo y proporciona líneas aerodinámicas bastante limpias. La estructura de viga rígida tridimensional incrementa la seguridad de los tripulantes y pasajeros, sumado al diseño tipo “rollbar” y una reducción en el número de potenciales fuentes de fallo estructural. La estructura del fuselaje está diseñada para absorber la energía y va deformándose progresivamente en el caso de un impacto.

El fuselaje es de tipo semi – monocasco, que está dividida en 3 secciones principales. La primera sección comprende el compartimiento del piloto. Tiene un parabrisas totalmente transparente de material acrílico que proporciona una excelente visibilidad.

La parte más baja de la estructura del fuselaje contiene un espacio para las baterías del helicóptero y un espacio pequeño para la instalación de aviónica o equipaje. El compartimiento de carga ubicado en el centro de la aeronave, tiene la facilidad de instalar 2 asientos abatibles para dos pasajeros.

La parte posterior incluye la estructura de cola y el compartimiento del motor. En la parte baja de esta sección se encuentran ubicadas 2 células de combustible acopladas al contorno de la aeronave.

### **2.4 Tren de aterrizaje**

El tren de aterrizaje es de tipo Skid. Esta acoplado al fuselaje por medio de 12 puntos de unión y no es retraible. Carenados aerodinámicos cubren las vigas del Skid. El Skid tiene un sistema de amortiguadores cargados con Nitrógeno, los cuales proporcionan estabilidad en los aterrizajes. Además Tiene neumáticos incorporados a los tubos del Skid.

## 2.5 Interior del helicóptero

El modelo estándar del MD requiere un mínimo de un piloto, sentado en la parte izquierda de la cabina, y tiene 1 o 2 asientos para pasajeros o tripulantes. En la versión militar, el asiento del centro es eliminado. El panel de instrumentos está localizado frente al asiento central, e incorpora los instrumentos de vuelo estándar, así como la información del motor, luces de advertencia y peligro. Además permite la instalación de los equipos de navegación necesarios.



**Figura 2: Interior del helicóptero MD 369FF**

**Fuente:** [www.mdhelicopters.com](http://www.mdhelicopters.com)

## 2.6 Motor

El motor utilizado es una turbina de gas Rolls Royce Modelo 250-C30. Este motor es capaz de producir 447 shp de potencia a nivel del mar en un día estándar. Hasta 425 shp al 100% de N2 es utilizado para el despegue y 350shp (máximo continuo) al 100% RPM proporciona la potencia suficiente para el resto de modos de vuelo requeridos.

Limitando la potencia máxima a menos de máximo seteados, proporcionan una altitud crítica del motor más alta. El Gobernador de la turbina de potencia proporciona un control automático de la velocidad del rotor (RPM).

## **2.7 Sistema de Engranajes**

Un sistema de embrague transmite la potencia desde el motor al eje principal. El embrague no tiene controles externos, y se desengancha automáticamente durante “auto rotación” o apagado del motor. El enfriador de aceite del motor es movido por medio de una polea y correa que están en el eje principal. Este enfriador proporciona aire fresco desde el exterior de la aeronave hacia el interior, para el motor y la transmisión.

El rotor principal está montado en la base de la estructura del fuselaje sobre el compartimiento de pasajeros y carga. La transmisión es lubricada por su propio sistema de lubricación enfriado por aire. El mástil del rotor principal es estático, y está montado sobre una estructura de soporte.

La transmisión del rotor de cola está montada al final de la cola y tiene su propio sistema de lubricación. El rotor de cola está constituido por 2 palas de paso variable.

## **2.8 Sistema del rotor principal**

El helicóptero utiliza un ensamblaje de 5 palas totalmente articuladas, que son controladas por un sistema totalmente innovador denominado MDHI. Opera bajo el mismo principio de cargas centrifugas que permiten el cambio de paso de las palas, además contiene unas barras tipo “V” que se encuentra en el cono y finalmente como elemento de seguridad contiene unos pines de seguridad que a manera de palancas permiten mantener los pasos o el embanderamiento de las palas en caso de emergencia.

## 2.9 Sistema Eléctrico

El helicóptero es alimentado por un sistema eléctrico de 24 V corriente directa DC, y una de 28V, distribuidos por un generador de 200 amperios acoplado al motor. La unidad de control GCU incrementa la confiabilidad y el performance de la aeronave.

## 2.10 Capacidades y Dimensiones

### 2.10.1 Combustible

Fuel Type	Liters	Imp. Gal	U.S. Gal	Pounds/ Kilograms
<b>Jet-A</b>				
Usable	235	51.7	62.1	421.9/191.4
Unusable	7.2	1.6	1.9	13.1/5.9
<b>Total</b>	<b>242</b>	<b>53.3</b>	<b>64.0</b>	<b>435.0/197.3</b>

### 2.10.2 Aceite

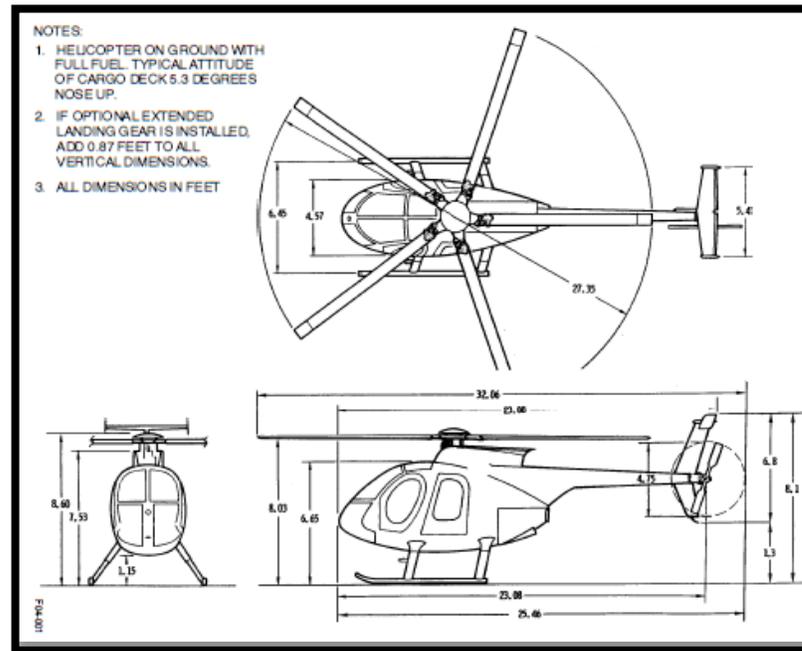
#### Capacities - Oil:

Engine oil tank: 3.0 U.S. quarts (2.84 L)

Main transmission: 12.0 U.S. pints (5.67 L)

Tail rotor transmission: 0.5 U.S. pints (236 cc; 0.23 L)

### 2.10.3 Dimensiones



Parameter	Dimensions ft (m)
Fuselage Width	4.57 (1.40)
Fuselage Length	23.08 (7.04)
Horizontal Stabilizer Width	5.43 (1.66)
Landing Skid Width	6.45 (1.97)
Ground to Rotor Height	8.65 (2.65)
Ground to Fuselage Bottom Height	1.77 (0.54)
Main Rotor Diameter	27.50 (8.38)
Tail Rotor Diameter	5.08 (1.55)

**Figura 3: Dimensiones externas del helicóptero MD 369FF**

Fuente: [www.mdhelicopters.com](http://www.mdhelicopters.com)

### 2.10.4 Datos técnicos

#### 2.10.4.1 Altitud máxima de operación

16,000 feet.

### 2.10.4.2 Limitaciones de temperatura ambiente

La temperatura máxima de entrada es 54°C (130°F) a nivel del mar, disminuyendo cerca de 23°C (74°F) a 16,000 feet.

### 2.10.4.3 Peso máximo neto

3100 lbs.

### 2.10.4.4 Peso mínimo neto

1700 lbs.

### 2.10.4.5 Capacidad de carga en cabina

1300 lbs.

### 2.10.4.6 Capacidad de carga útil de equipaje

50 lbs.

## 2.11 Instrumentos del Motor

Como en cualquier aeronave moderna, las indicaciones del motor se encuentran en el panel frontal de la cabina, teniendo las siguientes indicaciones: N1, N2, TOT, RPM y Torque.

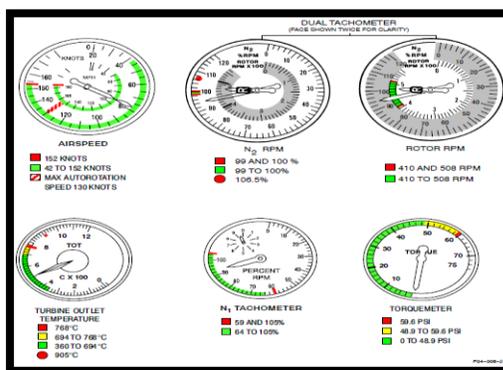


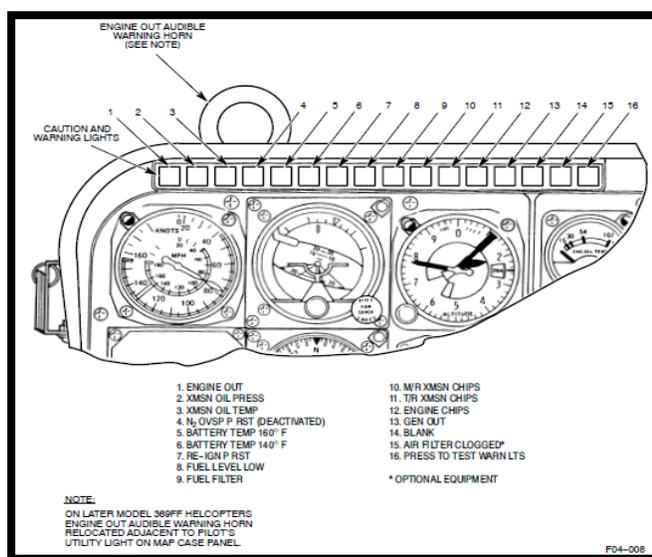
Figura 4: Instrumentos del motor del helicóptero MD 369FF

Fuente: MD369 FF Maintenance Manual

## 2.12 Indicaciones de emergencia

Sobre los instrumentos de navegación de la aeronave se encuentra una fila de luces de advertencia y peligro, que sirven para alertar a la tripulación de un eventual inconveniente o posible problema en la aeronave o el motor.

En la siguiente figura se puede apreciar esta distribución en la cabina.



**Figura 5: Luces de advertencia y peligro, MD 369FF**

**Fuente:** MD369 FF Maintenance Manual

## 2.13 Motor Rolls–Royce 250–C30

### 2.13.1 Componentes

#### 2.13.1.1 Cámara de Combustión

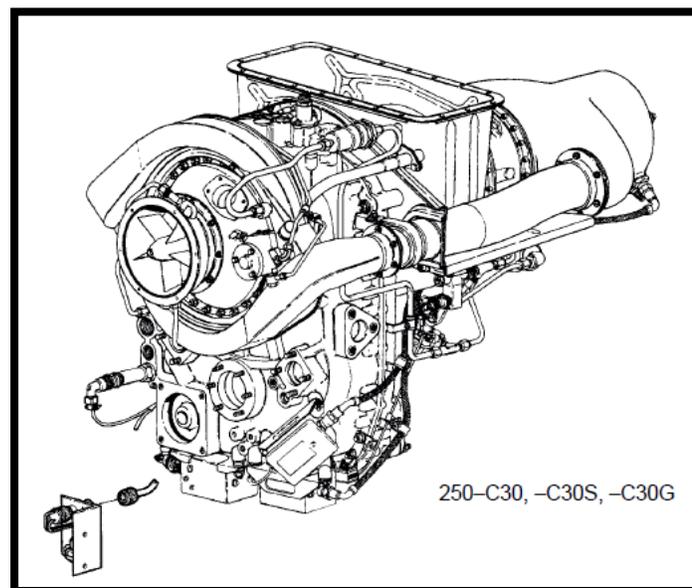
La cámara de combustión está compuesta por la carcasa y la cubierta interior, en donde se alojan los inyectores. En el conjunto interior del “liner” también se encuentran montadas dos bujías situadas a aproximadamente 160° en sentido opuesto.

El aire para la combustión ingresa por una serie de agujeros practicados en el “liner” y en el domo de la piel, y es mezclado con el combustible que se encuentra atomizado por los inyectores. Los gases de combustión se mueven hacia la parte delantera hacia el difusor de la primera etapa de la turbina de gas

### 2.13.1.2 Turbina

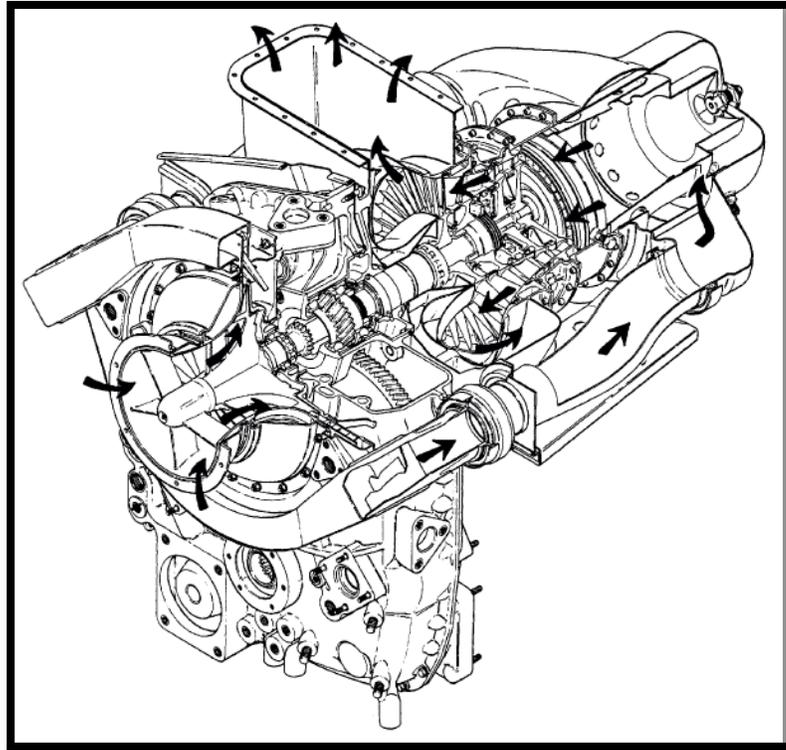
La turbina de gas está compuesta por un soporte de la turbina de potencia, un rotor de turbina, un rotor de turbina de potencia, un soporte para el colector de escape. La turbina se encuentra ubicada entre la sección de combustión y la caja de engranajes de potencia.

Las dos primeras etapas de la turbina conducen al tren de la caja de engranajes y el compresor. Las otras dos etapas de potencia conducen el gobernador y generador tacómetro y constituyen parte de la salida de potencia del motor. El gas expandido es descargado hacia la parte contraria al avance de la aeronave.



**Figura 6: Motor Roll Roys 250 C30**

**Fuente:** MD369 FF Maintenance Manual



**Figura 7: Flujo de aire en el motor**

**Fuente: MD369 FF Maintenance Manual**

### **2.13.1.3 Caja de engranajes de accesorios y potencia**

La caja de accesorios principal de potencia y accesorios está constituida por una carcasa simple que además de contener al tren de engranajes sirve también como soporte para todos los accesorios del motor y aeronave. Un conjunto de dos etapas de engranajes helicoidales permiten reducir la velocidad de 30650RPM a 6016RPM a la salida de la caja. También están ubicados en la caja los sensores para el control de velocidad de la turbina.

El tren de engranajes conduce al compresor, bomba de combustible, control de combustible, bomba de aceite de presión y recuperación, generador tacómetro, y el arrancador.

#### **2.13.1.4 Sistemas**

Los sistemas principales del motor son: Combustible, lubricación, eléctrico y anti congelamiento.

#### **2.13.1.5 Sistema de ignición**

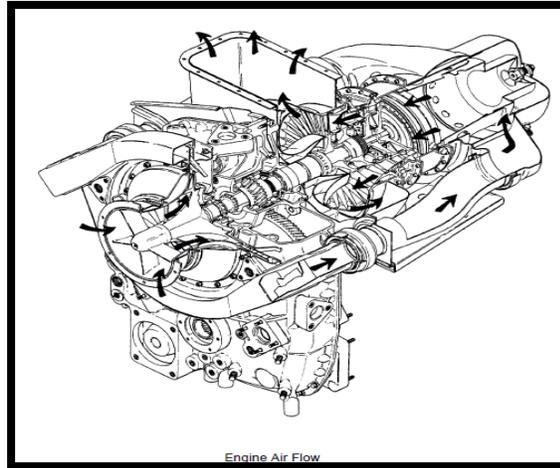
El sistema consta de un arnés, dos capacitores de baja tensión, excitadores, dos bujías, fuente de potencia (desde 14 a 29V DC). El sistema transfiere energía a la mezcla aire-combustible. Dicha energía proviene de la alta temperatura y alto amperaje producido en las bujías, allí se produce un arco voltaico que es el que enciende la mezcla.

#### **2.13.1.6 Compresor**

El conjunto del compresor está compuesto por un soporte delantero, la carcasa, un difusor, el soporte posterior impulsor centrifugo, conjunto de montaje y rodamientos. Los cojinetes son lubricados por la caja de engranajes y se encuentran tanto en el soporte frontal como en el posterior.

El compresor del motor Roll Royce 250-C30, es de tipo centrífugo. El conjunto del compresor está compuesto por un soporte delantero, la carcasa, un difusor, el soporte posterior impulsor centrifugo, conjunto de montaje y rodamientos. Los cojinetes son lubricados por la caja de engranajes y se encuentran tanto en el soporte frontal como en el posterior.

Dentro de los procedimientos de mantenimiento, primordiales y básicos, están la limpieza de los componentes, previniendo muchos problemas más complicados a futuro.

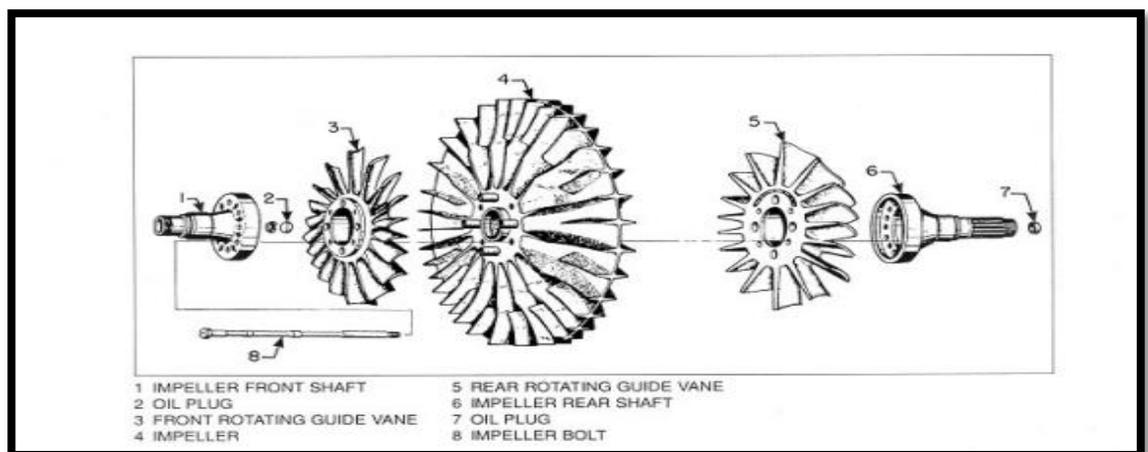


**Figura 8: Compresor**

**Fuente:** MD369 FF Maintenance Manual

### 2.13.1.7 Compresor Centrífugo

Los motores de turbina de flujo centrífugo normalmente usan compresores de acero o titanio mecanizado, aunque en motores pequeños se están usando compresores de fundición. El difusor del compresor generalmente también está fabricado de fundición. En muchos casos el inductor o álabes guías, que suaviza y dirige el flujo de aire dentro del motor atenuando de esta forma el choque en el impulsor, está fabricado independientemente del impulsor o rotor.



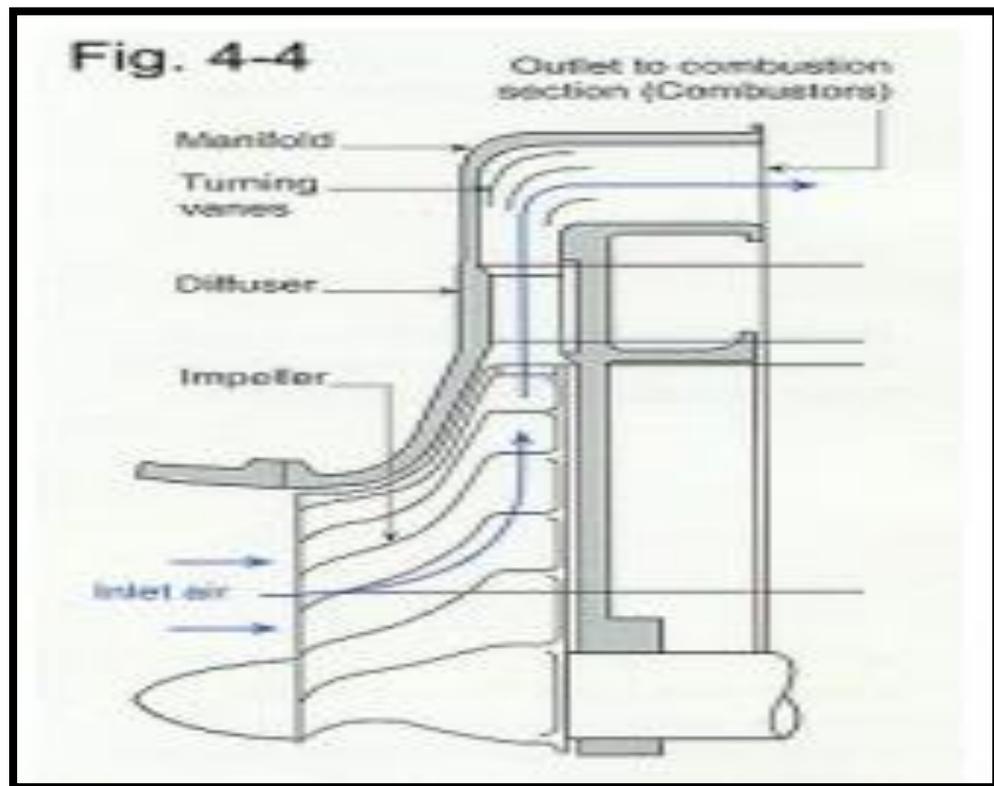
**Figura 9: Compresor Centrífugo**

**Fuente:** MD369 FF Maintenance Manual

### 2.13.2 Principio de Funcionamiento

El aire entra en el ojo o centro del impulsor que gira a altas vueltas y es acelerado a una gran velocidad a medida que es lanzado hacia la periferia o borde exterior por la fuerza centrífuga. Entonces el aire a alta velocidad fluye dentro del difusor que se ajusta estrechamente alrededor de la periferia del impulsor. Allí fluye a través de conductos divergentes donde parte de la energía de velocidad se transforma en energía de presión. El aire con su velocidad reducida y su presión aumentada, fluye dentro del colector a través de una serie de álabes fijos curvos.

Desde el colector, el aire fluye dentro de la sección de combustión del motor.



**Figura 10: Principio de Funcionamiento**

**Fuente:** MD369 FF Maintenance Manual

## **2.14 Limpieza del compresor**

El compresor pierde eficiencia y la turbina pierde potencia y degrada su rendimiento, a causa de varios factores, que no son propias del motor ni de sus elementos o equipos, sino más bien del medio ambiente en donde desarrollan sus actividades, y que pueden ser:

- Contaminación por aceite
- Materiales que no se han combustionado correctamente (hollines).
- Polvo y Tierra y
- Sal

A fin de prevenir que estos contaminantes se vuelvan un problema serio, se han desarrollado procedimientos de mantenimiento preventivo como es el lavado de compresor, el cual puede ser de varios tipos como se menciona a continuación:

## **2.15 Sustancia a utilizarse en el lavado del compresor**

En ciertas ocasiones es necesaria la aplicación de ciertos productos a fin de garantizar la correcta limpieza del compresor. Esto sobre todo cuando la aeronave ha estado operando en sitios con ambientes altamente contaminados o salinos. El agente más comúnmente utilizado y permitido por los fabricantes de motores es una mezcla de Agua y Keroseno, presenta las siguientes características:

- Barato
- Los hidrocarburos aromáticos están prohibidos en algunos países
- La emulsión puede dividirse con resultados catastróficos

También se pueden utilizar disolventes para esta tarea, y del mismo modo presentan las siguientes características:

- Olor desagradable
- Peligrosos
- Los hidrocarburos aromáticos están prohibidos en algunos países
- Ataca las gomas y la pintura de los aviones
- Pueden ser corrosivos

### **2.15.1 Agua destilada es la recomendada para el lavado de los compresores de las turbinas**

La destilación es un método de separación, que se utiliza en la de producción de agua destilada (Pura) donde básicamente se separan los componentes líquidos de una mezcla. Por lo tanto, el agua destilada es H<sub>2</sub>O sin compuestos añadidos.

El proceso consiste en hacer hervir una cierta cantidad de agua en un recipiente herméticamente cerrado y conectado a un condensador por su parte superior, el vapor de agua sube y al pasar por el condensador nuevamente se convierte en líquido, agua destilada, que será almacenada en un recipiente colector que estará conectado al otro extremo del condensador.

### **2.15.2 Brulin**

Este detergente de alta resistencia ofrece una limpieza agresiva de los suelos más tenaces y amplia compatibilidad con el acero, el aluminio, y la mayoría de los sustratos - 815 QR es el detergente ideal para procesos de limpieza de inmersión automoción reconstruir y otros de alta resistencia.

### **2.15.3 Turbine Cleaner**

ZOK fabrica y distribuye a nivel mundial soluciones para la turbina, el motor y el compresor soluciones limpias para todos los compresores de turbinas de gas. La limpieza con estas soluciones brinda la eficiencia de la turbina de gas y

se extiende el tiempo entre reparaciones importantes, aumentando el rendimiento de la turbina de gas, la disponibilidad y la fiabilidad de cualquier compresor además reducir los costos a través de la vida.

Ambientalmente responsable del agua productos que ayudan a mantener el gasto máximo para cualquier tipo de compresor de turbina de gas con base.

#### **2.15.4 Ardrox 6367**

Es un producto líquido alcalino formulado para limpiar las secciones del compresor de la turbina de gas. Es seguro en todo el metal avión, plásticos, ventanas, etc., y no es inflamable y biodegradable. Además, contiene un inhibidor que protege los componentes del motor de la oxidación y la corrosión para un máximo de 3 días. La limpieza regular con Ardrox 6367 ayuda a mantener un rendimiento óptimo del motor y reduce el mantenimiento y el costo de combustible.

Es compatible con los materiales anticongelantes reconocidos utilizados durante la limpieza de clima frío.

#### **2.15.5 Turco**

Turco líquido alcalino RUST REMOVER (T - 4181 - L) es un color ámbar, compuesto líquido formulado para eliminar el óxido, pinturas, aceites lubricantes, dibujo pastas, aceites de corte y aceites protectores de aleaciones ferrosas por métodos de inmersión.

Turco líquido alcalino RUST REMOVER (T - 4181 - L) ofrece las siguientes características:

1. Aprobado por Pratt & Whitney, General Electric y Rolls Royce.
2. Se vende en forma líquida.

3. Puede ser dispensados por un equipo automático.
4. fácilmente soluble en agua del grifo en concentraciones recomendadas.
5. Concentración se controla mediante una simple valoración.
6. enjuagues fácilmente de metal con agua del grifo.
7. No inflamable.
8. No requiere enjuague neutralización posterior.

### **2.16 Proceso de lavado del compresor (según el manual de mantenimiento).**

Las prácticas de limpieza necesarias para un adecuado mantenimiento son: enjuague del compresor con agua para remover contaminación y lavado para recuperar el performance.

### **2.17 Procedimiento de enjuague**

El enjuague es esencial para limpiar las partículas del agente químico que se haya utilizado en el lavado con el agua más limpia desmineralizada a través del motor. Se debe cerrar el agua y girar el motor hasta unas RPM específicas, para secarle completamente.

Así se obtendrá un excelente lavado del compresor cuidando el tiempo de vida de la logística a la cual se aplicado.

- Colocar el control de calentamiento de combustible en OFF.
- Nunca realice este procedimiento mientras el motor esta en operación.
- La velocidad de N1 no debe exceder el 10% durante la inyección de agua.
- Use el agua de mejor calidad posible.
- No introduzca agua en el motor caliente.
- Evite las condiciones bajo las cuales el agua pueda congelarse.
- No introduzca un chorro sólido de agua en el motor.

- Utilice la herramienta descrita en este documento.

### **2.18 Procedimiento de lavado**

El lavado líquido es sin duda el método usado más ampliamente para la limpieza del compresor. Hay dos tipos de lavado líquido: el lavado de desalinización y el lavado para la recuperación de la actuación.

Cuando un motor se opera en un ambiente altamente cargado de sal, normalmente se recomienda lavar el compresor en un programa regular pulverizando agua desmineralizada a través del motor mientras se gira con la puesta en marcha hasta aproximadamente del 15% al 20% de r.p.m.. Este lavado quita los depósitos de sal antes de que se acumule lo suficiente para provocar deterioro de la actuación. Cuando se use la puesta en marcha para girar el motor, asegúrese de no actuarla más tiempo del permitido por el fabricante, ya que puede calentarse en exceso y dañarse permanentemente.

Si la actuación se ha deteriorado, al motor se le puede dar un lavado para la recuperación de la actuación. El motor se gira con la puesta en marcha o se rueda a ralentí, mientras que por medio de una boquilla pulverizadora sujeta a mano o un anillo incorporado de boquillas pulverizadoras se inyecta en el conducto de entrada una corriente de agua desmineralizada y líquido limpiador. El agente activo en el líquido limpiador desprende los contaminantes de manera que puedan pasar inofensivamente a través del motor. El agente deja sobre el compresor una película inhibitoria de corrosión para evitar la posterior acumulación de depósitos.

### **2.19 Proceso**

- Se debe verificar que la válvula anti-hielo este en posición OFF
- Se debe verificar que el interruptor de ignición del motor este presionado.
- Inyectar agua 3 segundos antes que de poner en motoring.

- Poner motoring hasta que N1 llegue al 10 %.
- Detenga la inyección de agua hasta que el motor deje de rotar. No inunde el motor.
- Después de 15 minutos del enjuague del compresor, y realice el mismo procedimiento de lavado.
- Accione el sistema anti-hielo por 1 minuto.

## **2.20 Materiales y Equipos**

1. Utilizar el agua de mejor calidad posible.
2. Un equipo portátil como un atomizador para el jardín o un extintor que pueden ser presurizados para obtener el flujo requerido. El equipo utilizado debe mantener una presión de alrededor de 55 psig.
3. El atomizador debe proporcionar una difusión de agua en un flujo de un cuarto de litro en 9 u 11 segundos a la presión indicada.
4. Una válvula de apertura rápida debe ser instalada en el área de introducción de agua tan cerca del inyector como sea posible.
5. Mantener la válvula de purga en la posición cerrada para proteger los pasos internos de la válvula del daño causado por la solución de lavado.

## **2.21 Materiales utilizados en la construcción**

### **2.21.1 Tubos Cuadrados**

Los perfiles cuadrados ligeros y estructurales fabricados por diferentes empresas certificadas bajo normas internacionales, se conforman en frío partiendo de flejes de acero al carbono soldado longitudinalmente por inducción a alta frecuencia.

Los tubos a utilizar en el presente proyecto son fabricados de hierro y de las siguientes medidas: 1"x1.5 mm.

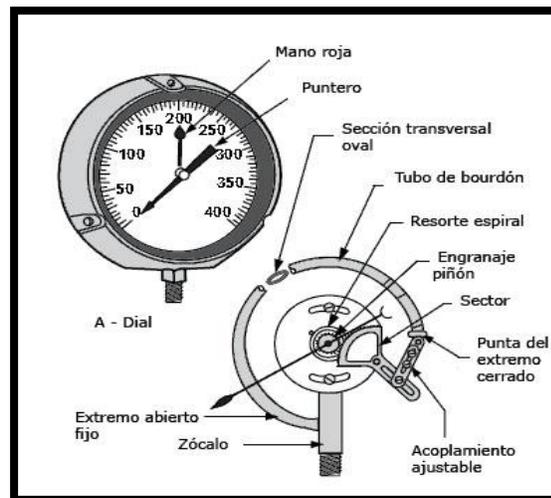
### 2.21.2 Aplicación

Construcción metálica, mecánica, edificación y abrazaderas de los tanques.

### 2.21.3 Manómetro de presión 0-100 PSI<sup>1</sup>

El indicador mecánico de la presión está constituido por un tubo Bourdon acoplado a un mecanismo que hace girar la aguja de un instrumento de medida. Un extremo del tubo bourdon se conecta a la boca cuya presión se quiere medir, mientras que el otro extremo cerrado del mismo tubo se acopla al mecanismo que hace girar la aguja del instrumento.

La presión en el interior del tubo tiende a enderezarle y este movimiento se transmite al piñón de la aguja por medio de un sector. La presión de la aguja por medio de un sector. La presión se puede leer directamente en kilogramos por centímetro cuadrado en la esfera graduada del manómetro.

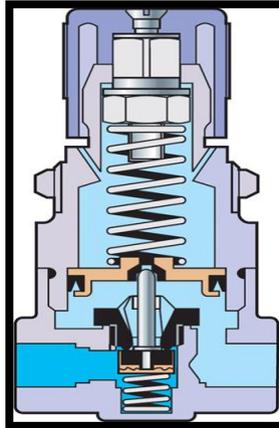


**Figura 11: Manómetro de presión**

**Fuente:** Manual de Mantenimiento JhoonDee

#### 2.21.4 Válvula reguladora de presión

Se utilizan cuando es necesario reducir la presión, manteniéndola en valores prefijados, al margen de la cantidad de fluido que pasa a través de ellas.



**Figura 12: Válvula reguladora de presión**

**Fuente:**<http://www.marshbellofram.com>

#### 2.21.5 Válvula de paso

Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.



**Figura 13: Válvula de paso**

**Fuente:** [www.muellercomercial.com](http://www.muellercomercial.com)

### 2.21.6 Teflón blanco

#### Datos técnicos

- Composición: 100% TEFLON
- Color: blanco
- Resistencia a la tracción: 25 N/mm<sup>2</sup>
- Elongación: 280%
- Resistencia a la presión/temperatura: un máximo de 0,2 bar a temperaturas de -20° C hasta +135°



**Figura 14: Teflón Blanco**

**Fuente:** [www.indusolder.com](http://www.indusolder.com)

### 2.21.7 Plancha de aluminio 1.0mm

Los aluminios son (mezcla) a base de aluminio, cromo, carbono y otros elementos principalmente níquel, molibdeno, manganeso, silicio, titanio, etc. Que les confieren una resistencia particular a algunos tipos de corrosión. El aluminio es utilizado en distintos sectores de la industria tales como: de la refrigeración, utensilios de cocina, amueblamiento urbano, fachadas de edificios

obras de arte, alimenticia, tanques entre otros. Dentro de los beneficios del aluminio se encuentran:

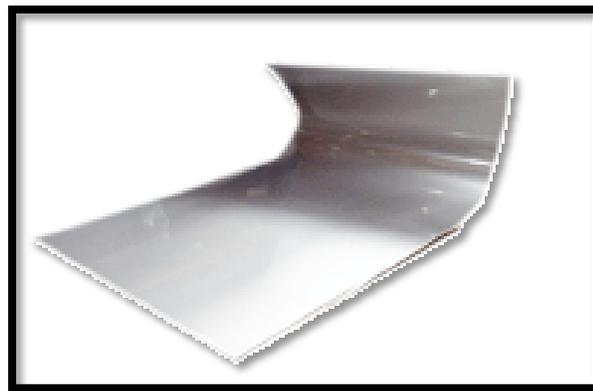
- Alta resistencia a la corrosión,
- Impermeabilidad,
- Durabilidad.
- Además por su belleza es utilizado en acabados.

Dimensiones:

Espesores: Desde 1/4 pulgada hasta calibre 24 (Desde 6 mm a 0.60 mm)

Anchos: 3,4 y 5 pies (91.5 cm, 122 cm y 152.5 cm )

Longitudes: 8 y 10 pies (244cm y 305 cm)



**Figura 15: Lámina de aluminio**

**Fuente:** [www.metaza.com](http://www.metaza.com)

## **2.21.8 Cañería rígida y acoples de sujeción**

### **2.21.8.1 Cañería Rígida**

El tubo estándar de acero o de hierro dulce o forjado hasta de 12 pulg. de diámetro se designa por su diámetro interno nominal, el cual difiere algo del

diámetro interno real. Así, el diámetro exterior del tubo de 1 pulg. nominal, en los tres tipos, es de 1.315 pulg., siendo el diámetro interior del tipo estándar 1.05 pulg., del tipo reforzado 0.951 pulg. y del doblemente reforzado 0.587 pulg.

Todos los tubos de diámetro mayor de 12 pulg. se designan por sus diámetros exteriores y se especifican por su diámetro exterior y el espesor de pared. Los tubos para calderas, de todos los tamaños, se designan por sus respectivos diámetros exteriores.

Los tubos de latón, cobre, acero inoxidable y aluminio tienen los mismos diámetros nominales que los de hierro, pero tienen secciones de pared más delgadas. El tubo de plomo y los revestidos interiormente de plomo se usan en trabajos de química. El tubo de fundición se emplea en las condiciones subterráneas de agua o gas y para desagües de edificios.

### **2.21.9 ACOPLES**

Permiten una rápida operación de acople y desacople. Diferentes opciones para hidráulica, aire comprimido, de pasos libres, con y sin válvula retención, para variadas presiones de trabajo, con cierre estático. Fabricados en diferentes materiales y modelos para cumplir con los más diversos requerimientos de cada equipo o necesidad.

#### **2.21.9.1 Acoples rápidos para servicio neumático**

Acoples diseñados específicamente para la óptima conexión de su instalación neumática.



**Figura 16: Acoples neumáticos**

**Fuente:** [www.muellercomercial.com](http://www.muellercomercial.com)

#### **2.21.9.2 Aplicaciones:**

- Servicios generales en industrias y talleres de mantenimiento.
- Conexiones de aire en equipos estacionarios.
- Conexiones de aire en equipos móviles.
- Alimentación neumática de herramientas de mano.
- Aplicaciones especiales (equipos autónomos, líneas de ensamble, inyectoras de plástico, etc.).

#### **2.21.9.3 Ventajas Comparativas:**

- Por la variedad de modelos y materiales, se podrá elegir el modelo más adecuado para cada aplicación.
- Fácil ensamble y desensamble.
- Máxima seguridad en la conexión.

- Baja pérdida de caudal.

### **2.21.10 Mangueras**

Una manguera es un tubo hueco flexible diseñado para transportar fluidos de un lugar a otro. Algunos usos de las mangueras incluyen los siguientes:

- Una manguera de jardín es usada para regar las plantas en un jardín o patio, o para proporcionar agua a un rociador para el mismo propósito.
- Una manguera para incendios es usada por los bomberos para apagar el fuego con agua.
- Las mangueras de aire son usadas bajo el agua para transportar aire de la superficie a los buzos.
- En arquitectura, mangueras de plástico o metal son usadas para mover agua debajo de un edificio.
- Las mangueras automotrices son usadas en los automóviles para mover los fluidos para el aire acondicionado o para la lubricación de los sistemas hidráulicos.
- En la química y en la medicina, las mangueras (o tubos) son usados para transportar productos químicos líquidos o gaseosos.
- En electricidad, una manguera es un cable formado por varios hilos aislados separadamente y recubiertos todos de una funda de material plástico flexible.
- En sistemas de audio, una manguera es el cable que está integrado por varios cables que llevan señales independientes, es muy usada en eventos o instalaciones fijas como controles de televisión o estaciones de radio.
- Mangueras hidráulicas para baja, mediana, alta y extrema presión. Estas pueden tener mallas metálicas trenzadas desde una hasta cuatro dependiendo de la presión requerida.

### **2.21.11 SOLDADURA**

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando un material de relleno derretido (metal), el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fuerte. 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.

#### **2.21.11.1 Soldadura por arco**

Estos procesos usan una fuente de alimentación para soldadura para crear y mantener un arco eléctrico entre un electrodo y el material base para derretir los metales en el punto de la soldadura. Pueden usar tanto corriente continua (DC) como alterna (AC), y electrodos consumibles o no consumibles. 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.

Uno de los tipos más comunes de soldadura de arco es la soldadura manual con electrodo revestido (SMAW, Shielded Metal ArcWelding), que también es conocida como soldadura manual de arco metálico (MWMA) o soldadura de electrodo. La corriente eléctrica se usa para crear un arco entre el material base y la varilla de electrodo consumible, que es de acero y está cubierto con un fundente que protege el área de la soldadura contra la oxidación y la

contaminación por medio de la producción del gas  $\text{CO}_2$  durante el proceso de la soldadura. El núcleo en sí mismo del electrodo actúa como material de relleno, haciendo innecesario un material de relleno adicional.

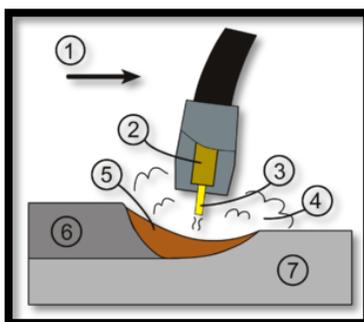


**Figura 17: Soldadura por arco**

Fuente: [www.google.com/images](http://www.google.com/images)

#### 2.21.11.2 Área de soldado.

(1) Dirección de avance, (2) Tubo de contacto, (3) Electrodo, (4) Gas, (5) Metal derretido de soldadura, (6) Metal de soldadura solidificado, (7) Pieza a soldar.



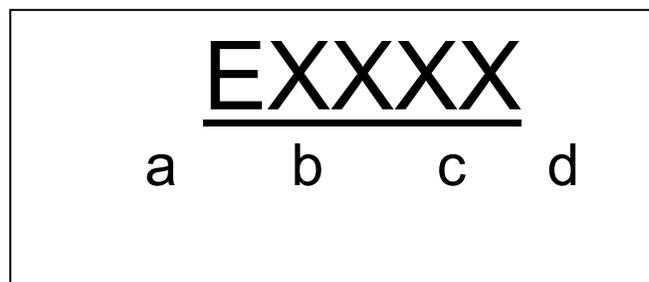
**Figura 18: Área de soldado**

Fuente: [www.google.com/images](http://www.google.com/images)

El factor principal que hace del proceso de soldadura con electrodo revestido un método tan útil es su simplicidad y su bajo costo.

### 2.21.11.3 Nomenclatura de Electroodos revestido

Debido a que hay muchos tipos diferentes de electrodos en el mercado, puede resultar muy confuso escoger los correctos para el trabajo que se va a ejecutar. Como resultado la AWS (AmericanWeldingSociety) estableció un sistema numérico aceptado y utilizado por la industria de la soldadura. Se especifican cuatro o cinco dígitos con la letra E al comienzo, detallados a continuación:



**Figura 19: Nomenclatura de Electroodos revestido**

**Fuente:** <http://www.mailxmail.com>

- a. Prefijo E de electrodo para acero dulce.
- b. Resistencia a la tracción mínima del depósito en miles de libras por pulgada cuadrada (lb /pul<sup>2</sup>) por mil (x 1000).
- c. Posición de soldar.
  - 1.-TODA POSICIÓN
  - 2.- PLANA HORIZONTAL
- d. Tipo de revestimiento, Corriente eléctrica y Polaridad a usar según tabla.

**Tabla 1.**  
**Características del Electrodo revestido**

ÚLTIMO DIGITO	CARACTERÍSTICAS DEL ÚLTIMO DÍGITO		
	TIPO DE REVESTIMIENTO	CORRIENTE ELECTRICA	POLARIDAD
0	Celulósico Sódico	CC	PI
1	Celulósico Potásico	CA-CC	PI
2	Rutílico Sódico	CA-CC	PD
3	Rutílico Potásico	CA-CC	PD-PI
4	Rutílico + hierro en polvo	CA-CC	PD-PI
5	Bajo hidrógeno Sódico	CC	PI
6	Bajo hidrógeno Potásico	CA-CC	PI
7	Mineral + hierro en polvo	CA-CC	PD-PI
8	Bajo hidrógeno + hierro en polvo	CA-CC	PI

Fuente: <http://www.mailxmail.com>

CC : Corriente continúa  
 CA : Corriente alterna  
 PD : Polaridad Directa (Electrodo negativo)  
 PI : Polaridad invertida (Electrodo positivo)

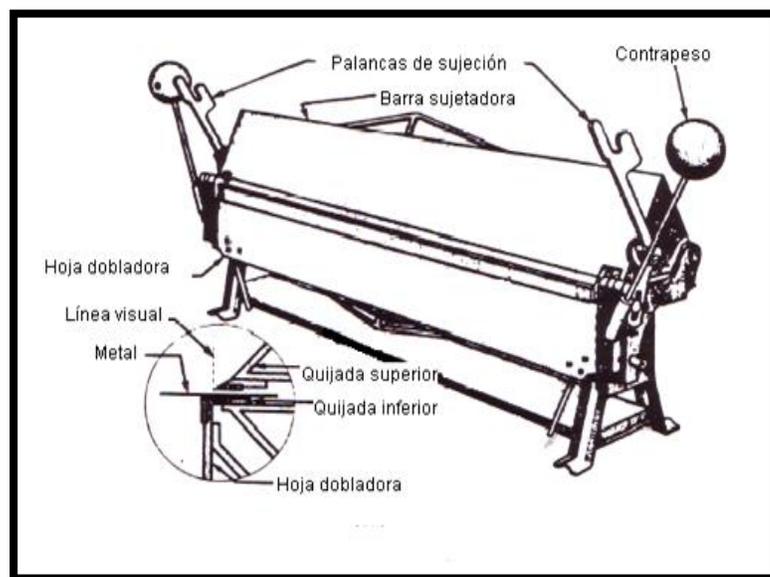
EJEMPLO:

Electrodo E.6011 (AWS-ASTM)  
 E- Electrodo para acero dulce  
 60- 60.000 Lbs/pul<sup>2</sup> de resistencia a la tracción  
 1 Para soldar en toda posición

2 Revestimiento Celulósico Potásico para corriente alterna y corriente continua, Polaridad invertida”

### 2.21.12 Dobladora de láminas

Es una Máquina que sirve para doblar láminas de metal, la que se utilizará es de tipo mecánica, sus partes son: Hoja dobladora, quijada superior e inferior, barras de sujeción, palancas de la barra de sujeción, contrapesos.



**Figura 20: Dobladora de láminas**

**Fuente:** [www.google.com/images](http://www.google.com/images)

#### 2.21.12.1 Precauciones

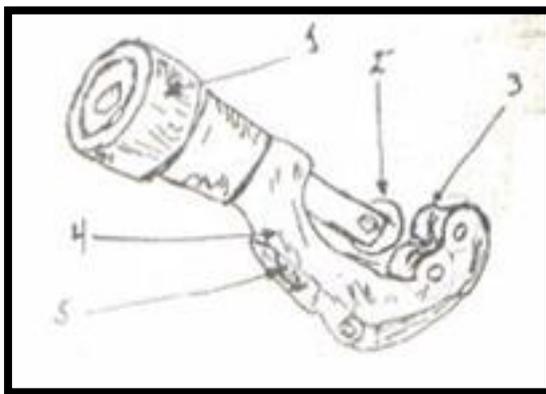
- El área de las palancas de sujeción y contra pesos de la máquina debe estar despejada al momento de levantar la hoja dobladora
- Cada vez que se vaya a doblar un espesor distinto de material deben reajustarse los pernos de ajuste vertical y horizontal de la barra sujetadora

### 2.21.13 Cortador de tubos para cañerías

La operación de seccionar o cortar el tramo de tubería se realiza con el cortador de tubos, que es la herramienta adecuada para esta acción. Hay variedad de tipos y marcas de cortatubos, siendo de uso común el cortatubo para diámetros de tubería desde 3/16" hasta 5/8". Para realizar cortes de tubería en instalaciones de difícil acceso se utiliza un pequeño cortador, pero está limitado a tuberías de reducido diámetro.

Partes del cortador:

- Manubrio de ajuste.
- Rueda cortante.
- Rodillos giratorios.
- Cuerpo del cortador.
- Escariador.



**Figura 21: Cortador de tubos**

**Fuente:** [www.mailxmail.com](http://www.mailxmail.com)

### 2.21.14 Pintura de Esmalte

La pintura es un producto fluido que, aplicado sobre una superficie en capas relativamente delgadas, se transforma al cabo del tiempo en una película sólida que se adhiere a dicha superficie, de tal forma que recubre, protege y decora el elemento sobre el que se ha aplicado.

Este es el tipo de pintura que mejor conserva el brillo, incluso a la intemperie. El acabado es liso, con aspecto mate, satinado o brillante. Se utiliza mucho para proteger superficies de metal y de madera, tanto en el exterior como interior



**Figura 22: Pintura sintética**

**Fuente:** [www.mailxmail.com](http://www.mailxmail.com)

### **2.21.15 Thinner**

El diluyente (thinner en inglés), también conocido como adelgazador o rebajador de pinturas, es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura de esmalte o basada en aceites, los aceites y las grasas.

El diluyente está compuesto por un disolvente activo, un cosolvente y un diluyente, sustancias que efectúan una función en particular. El disolvente activo es el que tendrá un efecto directo sobre lo que se está disolviendo, el cosolvente potenciará el efecto del disolvente activo y el diluyente dará volumen al compuesto. Esta mezcla tiene como disolvente principal al tolueno, como cosolvente al benceno y como diluyente a una serie de disolventes, sustancias todas ellas tóxicas para el ser humano.

### **2.21.16 Cilindro de Acero Inoxidable**

Se utilizaron dos tanques de acero inoxidable de cinco galones de capacidad cada uno, los mismos que son utilizados para servir de provisión de agua, o de cualquiera de los componentes de enjuague recomendados por el fabricante.

Están diseñados para soportar una presión de 130 PSI y están conectados al sistema por medio de válvulas check o de un solo flujo, que permiten el paso del líquido hacia el motor. Así mismo del sistema de medición de presión por medio de un manómetro independiente para cada cilindro.



**Figura 23: Cilindro de acero inoxidable**

## **CAPÍTULO III**

### **3.1 CONSTRUCCIÓN**

En este capítulo se hace referencia al proceso que se siguió para la construcción de un equipo de lavado de compresores de la turbina, de una manera secuencial y describiendo cada uno de los pasos.

### **3.2 Preliminares**

La construcción del equipo de lavado de los compresores de las turbina de los Helicópteros MD del AEROPOLICIAL es de suma importancia en vista que actualmente no existe ninguna máquina en Servicio Aeropolicial que brinde la posibilidad de realizar este tipo de tareas de mantenimiento, descritas en el manual y servicio del motor Allison 250 C30.

De esta manera al implementar este equipo de lavado se logró realizar los procesos de trabajo en la zona de la turbina y especialmente en los compresores, con gran precisión y calidad, que es lo que busca la Industria Aeronáutica moderna.

### **3.3 Planteamiento de los factores de construcción**

Para realizar el diseño del equipo de lavado de los compresores de las turbinas se lo realizo en función de las características que propone el fabricante del motor, a fin de cumplir con los parámetros establecidos. Para poder realizar el diseño del equipo de lavado de los compresores de las turbinas se realizó una investigación minuciosa de los parámetros que constan en el manual de mantenimiento, mejorando su aspecto y adicionando alguna característica que beneficie a su funcionamiento.

Lo que el autor del proyecto realizó, fue optimizar los recursos y mejorar el manejo de máquinas, facilitando su transporte, y permitiendo un trabajo sumamente cómodo, de acuerdo a las recomendaciones del personal de mantenimiento y a criterios propios, intentando mejorar la estética del equipo presentado por el fabricante del motor.

Se evaluaron tres parámetros con el fin de determinar la mejor elección de materiales a ser utilizados en la construcción de la máquina:

- Parámetro técnico constructivo.
- Parámetro operacional.
- Parámetro económico.

#### **3.4.1 Parámetro Técnico - Constructivo.**

Se refiere al proceso constructivo de los componentes y partes de un equipo de lavado de los compresores de las turbinas, para la cual se tuvo en cuenta principalmente el material existente en el país y que sea fácil de maquinar. En este caso para la estructura se optó por tubo redondo de hierro y para las superficies del resto de la máquina se utilizó lámina de acero inoxidable.

Ambos materiales mencionados son fácilmente trabajables, se los puede cortar, soldar, lijar y pintar sin necesidad de que exista algún tipo de procedimiento o material especial. En cuanto al equipo ya en conjunto se debe tomar en cuenta varios factores que constituyen el parámetro técnico – constructivo y que se describen a continuación:

- **Construcción:** El equipo de lavado necesita elementos o piezas de tolerancia de construcción con óptimas características mecánicas para obtener buenos resultados en la construcción y el funcionamiento.

- **Facilidad de operación y control:** Toda máquina y equipo están creados para facilitar el trabajo y minimizar el esfuerzo del hombre. Por lo que, la finalidad de este equipo es facilitar las operaciones mediante un sencillo equipo de fácil manejo.

Cabe recalcar que los fundamentos de operación están ya descritos en el manual de mantenimiento y que el autor del proyecto únicamente se limitará a cumplir con dichos factores, sin descuidar lo descrito en el párrafo anterior.

- **Mantenimiento:** Para preservar la vida útil del equipo de lavado de compresores de la turbina se debe dar mantenimiento cada vez que sea necesario para tenerlo en condiciones estándar de operación.

Siempre se debe tener en mente que el mejor mantenimiento es el preventivo, luego que cada vez que se utilice el equipo se debe hacer un mantenimiento y que desde luego un apropiado uso de la máquina permitirá alargar su vida útil.

Es también necesario mencionar que los procedimientos de mantenimiento específicos se detallan en el manual de operación del presente trabajo de graduación

### **3.4.2 Parámetro Operacional.**

Describe las cualidades de operatividad que tienen los materiales y en conjunto con la máquina concluida. Tomando en consideración este tema se necesita que la máquina sea liviana, de fácil transporte y que sea resistente a diferentes ambientes de trabajo, es así que los materiales escogidos permiten que el banco de pruebas cumpla completamente con este aspecto tan importante y para eso se detallan los siguientes aspectos:

- **Tamaño:** Se refiere al espacio ocupado por el equipo, el cual tiene un dimensión total de: alto 1.30, ancho 0.45 y 0.40 metros de profundidad.

- **Forma:** El equipo tiene una forma que permite visualizar fácilmente todo el proceso de lavado, permitiendo monitorear cada uno de los manómetros de presión, estado del equipo de manera sencilla y técnica.
- **Transporte:** Es la facilidad con la que el banco de pruebas se moviliza de un lugar a otro.

El diseño del equipo de lavado permite que su transporte sea realizado por una sola persona y que no exista un gran esfuerzo para realizarlo, ya que cuenta con ruedas sujetas a la estructura.

### 3.4.3 Parámetro Económico.

Se analiza la inversión económica que se realizó para la construcción del equipo de lavado de compresores de la turbina, tomando en cuenta los factores anteriormente mencionados, es de esta manera que los materiales escogidos se adaptan perfectamente a la economía del autor del proyecto, sin reducir la calidad del producto final, y sin perjudicar su operatividad ni su rendimiento en el tiempo. El equipo construido tiene un costo de \$ **825.00 USD** dólares

## 3.5 Ventajas y Desventajas de los materiales

Tabla 2.

### Ventajas y desventajas del Tubo de hierro.

Tubo cuadrado de hierro	
Ventajas	Desventajas
Fácil mecanizado	Peso moderado
Fácil pintado	Se corroe fácilmente sin protección superficial
Costo económico	
Buena resistencia mecánica	

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

**Tabla 3.****Ventajas y desventajas de la plancha de acero.**

<b>Plancha de acero inoxidable</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Alta resistencia mecánica</b>	Alto peso
<b>Fácil de taladrar</b>	Costo moderado
<b>No se corroe</b>	
<b>Buena soldabilidad</b>	

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita.

### **3.6 Construcción del Equipo de Lavado de Compresor de la Turbina.**

#### **3.6.1 Descripción del Equipo de Lavado.**

El Equipo de Lavado de Compresores de la Turbina tiene como finalidad principal, de realizar el mantenimiento preventivo bajo el funcionamiento que operan los mismos dentro del motor, para de esta manera, y guiados por las recomendaciones del Manual de Mantenimiento, verificar su correcta operación y funcionamiento.

El Equipo de Lavado está constituido por una estructura de soporte, lámina de acero inoxidable para darle forma y soporte a las mangueras de presión, e instrumentos de medición y control. Los dos tanques de acero inoxidable designados para el desengrasante y para el agua tienen una línea de entrada de aire y otra línea de salida de los fluidos, por lo tanto se conectan las dos líneas de aire a una válvula de paso y las dos líneas de fluido a la otra válvula de paso obteniendo así el mando desde el panel de control de acuerdo a las necesidades, por ejemplo si se desea que salga el líquido desengrasante por el motor número 2 que es la manguera roja se debe poner la válvula en la opción JABÓN y la otra válvula en la opción MOTOR 1 que es la manguera roja.

La función del tanque metálico que está destinado para el almacenamiento de aire va conectada a un manómetro de presión y a una válvula de alivio en caso de que exista una sobre presión neumática y al final una válvula de paso tipo bola para tener el control de la presurización de todo el equipo. Todo este sistema es el encargado de suministrar el aire a los tanques para con esta presión empujar los fluidos hacia la línea de desfogue.

El funcionamiento del equipo se lo consigue con la ayuda de un compresor que provea de 0 – 50 PSI de presión, que es la presión de trabajo para el mejor lavado de los compresores. La presión de aire es necesaria para impulsar los líquidos que se encuentra en los reservorios de enjuague y jabón.

Al momento que en el panel de control se elige con que reservorio trabajar, (enjuague y jabón) la presión neumática impulsa a la sustancia que salga por las mangueras de desfogue directo al compresor de la turbina, realizando un trabajo eficiente con la presión necesaria para alcanzar todos los lugares del compresor.

Todo esto está monitoreado por dos manómetros de presión y un regulador que ayudan a controlar de manera exacta la correcta operación del equipo de lavado. En el ANEXO C se puede encontrar una imagen del equipo de lavado terminado.

### **3.6.2 Partes del Equipo de Lavado**

1. Estructura
2. Lámina de aluminio
3. Instrumentos y válvulas
4. Reservorios y cañerías

### **3.6.2 Construcción**

El objetivo de este tema es resumir los procesos de ensamble de las diferentes partes que componen el equipo de lavado.

### **3.6.3 Orden de construcción.**

El equipo se construyó por partes en una secuencia lógica que se describe a continuación y de manera detallada.

- Construcción de la estructura
- Corte y doblado de lámina y perfiles de soporte
- Instalación de instrumentos
- Conexión de cañerías
- Pintura y acabados

### **3.6.4 Construcción de la estructura**

La estructura está compuesta de tubo redondo de hierro con medidas de 1"x0,0064". Se procedió a medir los tubos para realizar los cortes según las medidas de los planos. Una vez marcados se cortaron y con la ayuda de una lima se retiraron las limallas remanentes.

Con todos los tubos cortados y listos se realizó el ensamblaje con el método de soldadura por arco con un electrodo E.6011, para su unión. En la figura siguiente se puede apreciar el proceso de construcción de la estructura que dará soporte a todo el equipo de lavado y al que se unirán el resto de componentes necesarios para su funcionamiento.



**Figura 24: Construcción de la estructura**

En función del peso y características de funcionamiento del equipo, se determinó que la estructura seleccionada de acuerdo a los parámetros técnicos definidos anteriormente cumplía con las necesidades de soporte y transporte del equipo. Brindándole estabilidad, seguridad y firmeza durante la fase de operación.

### **3.6.5 Corte y doblado de láminas**

Con la estructura lista se procedió a trazar en lámina de acero de 1mm de espesor las medidas requeridas para poder cortarla. La función de las láminas de acero es cubrir y dar soporte, algunos de los instrumentos del banco.

Una vez cortada la lámina para todos los lugares en donde se va a colocar, se continúa con el doblado de las mismas. Este proceso de doblado se realizó con la ayuda de la dobladora de láminas.



**Figura 25: Corte y doblado de láminas**

### **3.6.6 Instalación de Instrumentos**

Para poder instalar los instrumentos de control y medida como son: regulador de presión, manómetros y válvulas de paso, fue necesario elaborar los soportes de los mismos que irán sujetos a la estructura y que permitirán su instalación.

Se puede observar este punto en la figura 30.



**Figura 26: instalación de instrumentos**

### **3.6.7 Conexión de cañerías**

Las conexiones que serán necesarias son para los instrumentos nombrados en el punto anterior, y que fueron hechas con cañerías flexibles de 1/2" de diámetro externo y que soportan una presión de trabajo de 350 PSI. Las cañerías se utilizaron tanto para aire a presión como para las soluciones desengrasantes, no existiendo diferencia alguna entre las cañerías debido a que el sistema opera a una presión de 20 a 50 PSI.

Las cañerías se conectaron con la ayuda de acoples roscados, y entre los siguientes elementos:

- a. De tanque de aire al manómetro de presión
- b. Del taque de aire a la válvula de paso
- c. De las válvula de paso al manómetro
- d. Del manómetro a la válvula reguladora
- e. Entre la válvula reguladora y tanque
- f. Del tanque reservorio y la válvula reguladora
- g. De la válvula a los tanques reservorios



**Figura 27: Conexión de cañerías**



**Figura 28: Válvulas de paso**

### **3.6.8 Pintura**

Con todos los componentes en su lugar y ensamblados correctamente, se procedió a realizar un tratamiento de protección de todo el equipo de lavado con la ayuda de pintura esmalte de Color Amarillo.

La función de la pintura en el equipo de lavado es protegerlo de los agentes corrosivos del medio ambiente y de soluciones desengrasantes con el que va a trabajar, y para darle una mejor presentación estética.



**Figura 29: Pintado del equipo de lavado**

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

**Tabla 4.**

#### **Codificación de Maquinas.**

<b>N°</b>	<b>MÁQUINA</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>1</b>	Soldadura Eléctrica	110v – 220v	M1
<b>2</b>	Taladro Pedestal	110v, 1725 rpm	M2
<b>3</b>	Cortadora	110v – 220v	M3
<b>4</b>	Taladro de Mano	110v – 220v	M4
<b>5</b>	Compresor	220v	M5
<b>6</b>	Dobladora	Manual	M6

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

**Tabla 5.**

#### **Codificación de Herramientas.**

<b>N°</b>	<b>HERRAMIENTA</b>	<b>CÓDIGO</b>
<b>1</b>	Calibrador Pie de Rey	H1
<b>2</b>	Escuadra	H2
<b>3</b>	Flexómetro	H3
<b>4</b>	Sierra	H4
<b>5</b>	Lima	H5
<b>6</b>	Martillo	H6
<b>7</b>	Llaves	H7

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

Tabla 6.

## Codificación de materiales

N°	MATERIAL	CÓDIGO
1	Lija	M1
2	Cinta adhesiva	M2
3	Electrodos	M3
4	Teflón	M4

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

Tabla 7.

## Especificaciones de construcción

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	HERRAMIENTA	MÁQUINAS	MATERIAL
1	Medición del material	1 – 2 – 3		
2	Trazado	2		
3	Corte	4 – 5	3	
4	Soldadura		1	3
5	Doblado	6	6	2
6	Conexión de cañerías	7		4
7	Pintura		5	1 – 2
9	Producto terminado			

**Fuente:** Investigación de campo.

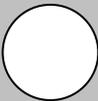
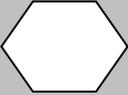
**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

## 3.6.10 Diagramas de proceso.

En la siguiente tabla se describe la simbología que se va a utilizar para cada uno de los procesos de construcción del banco de pruebas.

Tabla 8.

## Simbología de los Diagramas de Proceso.

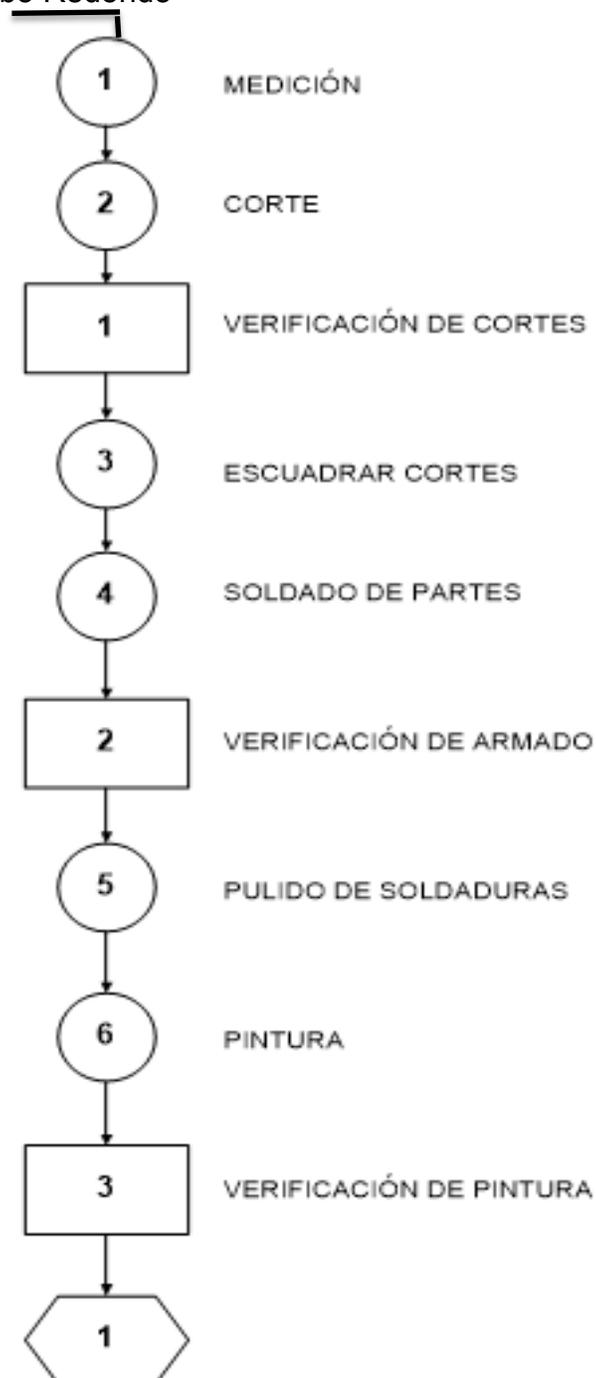
N°	SIMBOLOGÍA	SIGNIFICADO
1		Operación
2		Inspección Comprobación
3		Ensamblaje
4		Conector

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

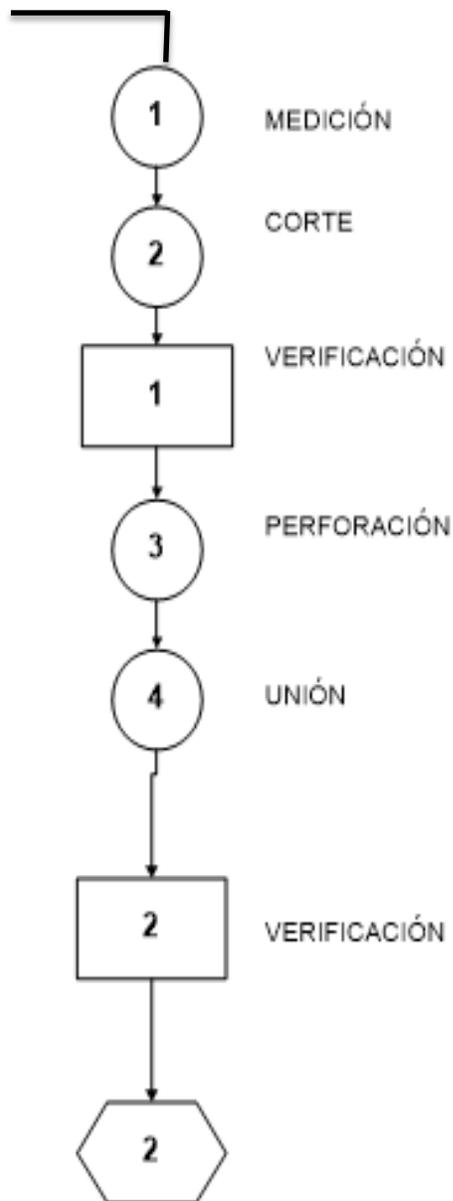
### 3.6.10.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE MOVIL

Material: Tubo Redondo

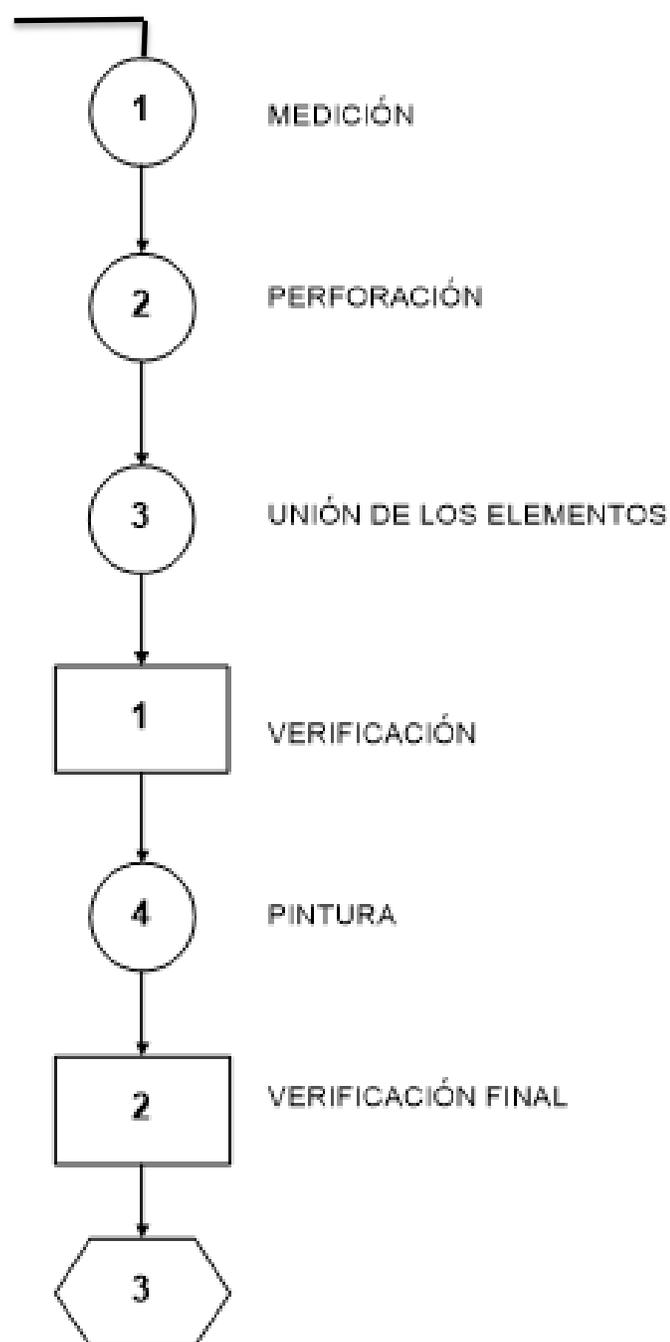


### 3.6.10.2 PANEL DE CONTROL

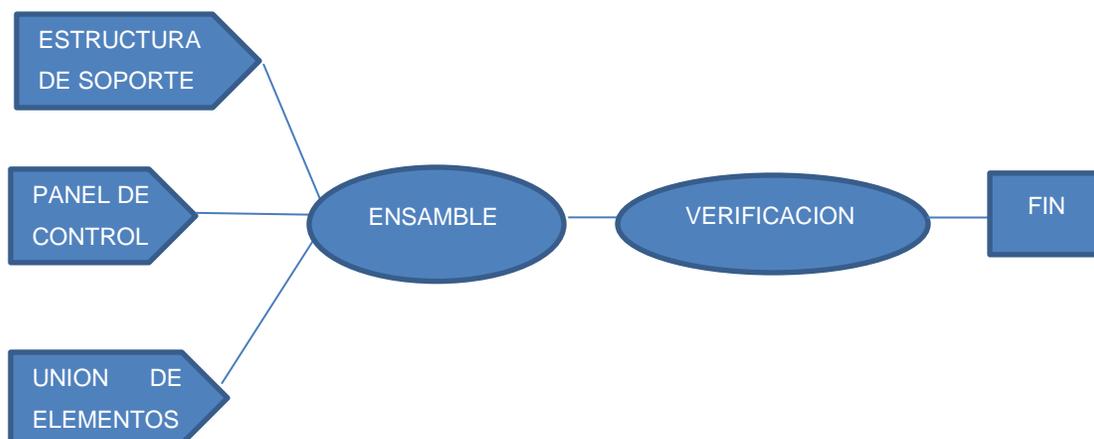
Material: Lamina de aluminio



### 3.6.10.3 UNION DE ELEMENTOS



### 3.6.10.4 ENSAMBLE DEL EQUIPO DE LAVADO



### 3.6.10.5 Pruebas de funcionamiento y operación

Una vez finalizado el trabajo de construcción del equipo de lavado, se verificó que todos sus componentes estén correctamente unidos a la estructura de soporte.

Posteriormente se procedió a realizar las pruebas funcionales y operacionales, en las cuales se fueron probando las dos presiones a las que se puede trabajar la máquina. Se verificó que no existan fugas en las cañerías, tanto de aire como de líquido, ni en las conexiones de las cañerías con los manómetros, ni en las válvulas de paso y en el panel de control.

Se verificó el correcto funcionamiento de las válvulas de paso y reguladora de presión, así como del manómetro de indicación. Todas las pruebas que se realizaron fueron exitosas y no se encontró ningún tipo de inconveniente, quedando el equipo listo para su operación en las tareas de mantenimiento del Servicio Aeropolicial.

### **3.6.11 Elaboración de manuales**

Para que las tareas de mantenimiento de los compresores de las turbinas en los helicópteros MD en Servicio Aeropolicial de la Policial Nacional se realicen de una manera totalmente técnica, se elaboraron una serie de manuales que permitirán al personal técnico utilizar el equipo sin ningún tipo de inconveniente y de manera eficiente.

Cabe señalar que los manuales realizados, están basados en el manual de Mantenimiento del motor, sección 73-00-00 (compressor cleaning).

Los manuales realizados son los siguientes:

- Manual de Seguridad
- Manual de Operación
- Manual de Mantenimiento
- Hojas de Registro

 <p><b>SERVICIO AEROPOLICIAL</b></p>	<b>MANUAL DE SEGURIDAD</b>	Pág. 1 de 1
	<b>DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE LOS COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICOPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA</b>	Código: ESPE-MEC-M1
	Elaborado por: Sr. Stalin Zurita	Revisión N°: 001
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha:06-04-2015
<p><b>1.0.- OBJETIVO:</b> Documentar los procedimientos que se van a realizar para la operación segura del equipo.</p> <p><b>2.0.- ALCANCE:</b> Mantener la seguridad del técnico al operar el equipo.</p> <p><b>3.0.- PROCEDIMIENTO:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Realizar una inspección visual general de todo el equipo de lavado para comprobar las condiciones del mismo.</li> <li>2.- Verificar que no exista corrosión, marcas de óxido, que pueden afectar o contaminar las soluciones desengrasantes que van a usar para el lavado.</li> <li>3.- Comprobar las fecha de calibración de instrumentos.</li> <li>4.- Utilizar el equipo de protección personal necesario. (overol, gafas, guantes, botas).</li> <li>5.- Manipular con cuidado las mangueras de desfogue.</li> <li>6.- Verificar que los tanques no estén presurizados viendo que el manómetro marque cero.</li> </ol> <p><b>NOTA:</b> Al manipular las mangueras de desfogue tener cuidado de verificar que la mismo no tenga ningún tipo de obstrucción para optimizar el lavado en el compresor. Se recomienda utilizar guantes, y el desengrasante que consta en el manual de mantenimiento.</p>		

 <b>SERVICIO AEROPOLICIAL</b>	<b>MANUAL DE OPERACION</b>	Pág. 1 de 5
	<b>DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE LOS COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICOPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA</b>	Código: ESPE-MEC- M2
	Elaborado por: Sr. Stalin Zurita	Revisión N°: 001
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	Fecha:06-04-2015

**1.0.- OBJETIVO:**

Documentar los procedimientos a seguir para el lavado de los compresores de las turbinas.

**2.0.- ALCANCE:**

Proporcionar al personal de mantenimiento los procedimientos de operación, basados en el Manual de Mantenimiento 73-00-00.

**3.0.- PROCEDIMIENTO:**

1.- Verifique que la máquina se encuentre totalmente despresurizada.



2.- Seleccione con el regulador de presión, un valor de cero, verificando en el manómetro y paso siguiente abra la válvula para confirmar que no salga ningún fluido.



3.- Remueva las tapas y llene los reservorios de enjuague con agua desmineralizada, y el reservorio de Jabón con el desengrasante autorizado.



4.-Inspeccione el empaque de la tapa de los reservorios que se encuentre en buen estado y tape los mismos.



5.- Asegúrese que la línea neumática proporcione una presión de aire de máximo 150 psi.

6.- Sincronice en el panel de control según el tipo de operación que se quiera realizar. (enjuague o lavado; Motor 1 o Motor 2).



7.- Cuidadosamente saque las mangueras de desfogue dejándolas libres y sin obstrucciones.

8.- Ubique la máquina a una distancia de 4 metros del motor del helicóptero.

9.- Presurizar el tanque de aire, con 100 PSI.



10.- Abra la válvula y opere el regulador hasta alcanzar gradualmente una presión de 20 psi en el manómetro. Consiguiendo en la manguera de desfogue un caudal

considerable y cierre la válvula.

11.- Limpie el acople de entrada para el lavado del compresor.

12.- Conecte la manguera de desfogue al acople del motor.



13.- Abra la válvula de paso y opere el regulador hasta alcanzar la presión entre 30 a 50 psi.

14.- Elegir según las necesidades en el panel de control. reservorio de ENJUAGUE o JABON; y MOTOR 1 o MOTOR 2



15.- Verifique en transcurso del proceso sino existen fugas en las conexiones y un

correcto funcionamiento.

16.- Al finalizar el proceso de lavado cierre las válvulas de paso.

17.- Hale la válvula de alivio para despresurizar el sistema.



18.- Remueva la manguera de desfogue del acople del motor.

19.- Envuelva la manguera en el soporte.

20.- Despresurice los reservorios.



 <p><b>SERVICIO AEROPOLICIAL</b></p>	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	Pág. 1 de 1
	<b>DISEÑO DE UN EQUIPO DE LAVADO DE LOS COMPRESORES DE LA TURBINA DE LOS HELICOPTEROS DEL SERVICIO AEROPOLICIAL DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA</b>	<b>Código: ESPE-MEC-M3</b>
	Elaborado por: Sr. Stalin Zurita	<b>Revisión N°: 001</b>
	Aprobado por: Ing. Rodrigo Bautista	<b>Fecha:06-04-2015</b>
<p><b>1.0.- OBJETIVO:</b> Documentar los procedimientos a seguir para el mantenimiento del equipo para el lavado de compresores de las turbinas.</p> <p><b>2.0.- ALCANCE:</b> Está dirigido al personal de mantenimiento y personas que utilicen el equipo.</p> <p><b>3.0.- PROCEDIMIENTO:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Antes de iniciar la tareas de lavado verificar el correcto estado del equipo, conexiones, ruedas, cilindros.</li> <li>2. Cuando se termine el proceso de lavado, el equipo debe quedar completamente limpio, los cilindros vacíos y secos.</li> <li>3. Se debe mantener al equipo en un lugar libre de polvo, humedad y excesiva luz solar.</li> <li>4. Realizar limpiezas periódicas de por lo menos una vez al mes, si el equipo no es utilizado.</li> <li>5. Cada 3 meses cambiar el empaque de los tanques de acero inoxidable.</li> <li>6. Verificar daños en las cañerías.</li> <li>7. Cada año calibrar los manómetros ya que el fabricante da un año de garantía.</li> <li>8. Verificar puntos de suelda.</li> </ol>		



### 3.6.12 Presupuesto

El presupuesto de la construcción de este proyecto se basó en proformas que se cotizaron para cada uno de los materiales y accesorios que se utilizaron llegando así a un monto total de OCHOCIENTOS VEINTE Y CINCO dólares americanos.

### 3.6.13 Rubros

Para determinar el costo total de la construcción de este proyecto se tomó en cuenta los siguientes rubros:

- Costo primario (Material).
- Maquinaria, herramienta y equipo.
- Mano de obra.
- Costo secundario (Material de Oficina)

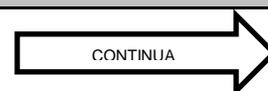
#### 3.6.13.1 Costo primario

Comprende el costo detallado de los materiales y accesorios utilizados.

**Tabla 9.**

#### **Costo primario.**

<b>N.</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>	<b>CANT</b>	<b>P. UNITARIO</b>	<b>COSTO USD</b>
<b>1</b>	Tubo	1"x0.006"	3	12.88	38.64
<b>2</b>	Plancha de acero	1mm	1	131.94	131.94
<b>3</b>	Teflón	BLANCO	3	1.34	4.02



4	Manómetro	0 – 100 PSI	2	24.50	49.00
5	Válvula reguladora	3/4"	1	124	124
6	Válvula de paso	3/4"	1	10	10
7	Válvulas de paso de doble acción	3/4"	2	30	60
7	Cañerías	3/8	14m	4.29	60.80
8	Acoples	3/8	24	3.15	75.6
9	Electrodos	611	1	12.00	12.00
<b>TOTAL</b>					<b>566.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

**Tabla 10.**

**Maquinaria, Herramienta y Equipos.**

N°	MAQUINARIA	TIEMPO (h)	COSTO USD
1	Taladro de mano	1:00	5.00
2	Suelda eléctrica	2:00	4.00
3	Sierra manual	5:00	10.00
4	Cortadora eléctrica, manual	1:00	10.00
5	Equipo de pintura	2:00	5.00
<b>TOTAL</b>			<b>34.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

**Tabla 11.**

**Mano de obra.**

N°	DETALLE	COSTO USD
1	Técnico soldador	20.00
2	Técnico Mecánico	10.00

CONTINUA 

<b>2</b>	Pintor	<b>10.00</b>
<b>TOTAL</b>		<b>40.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

**Tabla 12.**

**Costos secundarios.**

<b>N.</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>COSTO USD</b>
<b>1</b>	Suministros de oficina	<b>30.00</b>
<b>2</b>	Alimentación	<b>25.00</b>
<b>3</b>	Transporte	<b>40.00</b>
<b>4</b>	Copias e impresiones de trabajo	<b>50.00</b>
<b>5</b>	Empastados, Anillados y CD del proyecto	<b>30.00</b>
<b>6</b>	Varios	<b>10.00</b>
<b>TOTAL</b>		<b>185.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita

**Tabla 13.**

**Costo total del proyecto.**

<b>N°.</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>COSTO USD</b>
<b>1</b>	Costo Primario	<b>566.00</b>
<b>2</b>	Maquinaria, Herramienta y Equipos	<b>34.00</b>
<b>3</b>	Mano de obra	<b>40.00</b>
<b>4</b>	Costo Secundario	<b>185.00</b>
<b>TOTAL</b>		<b>825.00</b>

**Fuente:** Investigación de campo.

**Elaborado por:** Sr. Stalin Zurita.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En el presente capítulo se resumen las observaciones finales, una vez que todo el trabajo ha sido terminado y se ha comprobado las características del mismo sin ninguna falla o desperfecto.

#### **4.1 Conclusiones**

- Se recopiló toda la información necesaria para la elaboración del equipo de lavado del compresor de la turbina.
- Se realizó el estudio técnico previo a la construcción del equipo de lavado, determinando de manera efectiva los materiales a utilizar y el diseño para la construcción del equipo.
- Se construyó y comprobó el equipo lavado del compresor de la turbina, teniendo como producto final un equipo sin ninguna falla y cumpliendo las especificaciones del manual de mantenimiento del motor Allison 250 C30.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Se recomienda realizar más trabajos de este tipo ya que permiten a los egresados y estudiantes conocer profundamente el funcionamiento de un tipo específico de motor.
- Cuando un estudiante realiza este tipo de trabajos para empresas del medio aeronáutico nacional, le permiten adentrarse en las operaciones de mantenimiento de la compañía, conociendo más a fondo los procesos de trabajo y dándole la opción de ser un candidato a una futura contratación si es que su trabajo cumple con las expectativas deseadas. Así que se recomienda que se permitan realizar este tipo de trabajos que realzan los conocimientos de los estudiantes adquiridos en el instituto.

**GLOSARIO**

- AGB.-** Caja de engranajes de accesorios
- CW.-** en el sentido de las agujas del reloj
- CCW.-** en sentido contrario a las agujas del reloj
- CT.-** Turbina del compresor
- EGT.-** Temperatura de los gases de escape
- FOD.-** Daño por objeto extraño
- HECTM.-** Monitoreo automático de la condición del motor de helicóptero
- HSI.-** Inspección de Sección Caliente
- ITT.-** Temperatura entre turbinas
- MFCU.-** Unidad de control de combustible Manual
- N1 o Ng.-** Revoluciones del compresor
- N2 o Nf.-** Revoluciones de la turbina
- Pr.-** Presión neumática regulada
- PS.-** Sección de potencia
- Ps.-** Presión de suministro de combustible (desde la bomba)
- PT.-** Turbina de potencia
- RGB.-** Caja de engranajes de reducción
- SB.-** Boletín de Servicio
- SHP.-** Caballos de potencia al eje
- TBO.-** Tiempo entre overhaul
- Wa.-** Flujo de masa de aire
- Wf.-** Flujo de combustible

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Royce H, (2000), **Roll Royce Maintenance Manual**, Estados Unidos, technical publication.
- Royce H, (2000), **Roll Royce Training manual**, Estados Unidos, Training Manual
- McDonnell D, (2000), **Manual de Mantenimiento MD 530**, Estados Unidos, Helicopter Systems.
- Basantes R, **Manual de Conceptos Básicos en Soldadura y Corte” Tomo I**, Ecuador, INFRA.
- **Microsoft® Encarta® 2009**. © 1993-2008 Microsoft Corporation.
- <http://www.google.com/images> [ 3 de Enero del 2015]
- [www.e-industria.com](http://www.e-industria.com) [12 de Febrero del 2015]
- [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com) [04 de Diciembre del 2014]
- [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) [04 de Diciembre del 2014]
- [www.indusolder.com](http://www.indusolder.com) [20 de Febrero del 2015]
- [www.metaza.com.co](http://www.metaza.com.co) [29 de Enero del 2015]
- <http://www.mailxmail.com> [14 de Febrero del 2015]

# ANEXOS