



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

**TEMA: LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART
MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD
F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD**

AUTOR: ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL

DIRECTOR: TLGO. NELSON TIGSE

LATACUNGA

2017



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, ***“LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD”*** realizado por el señor **ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Junio del 2017

Tlgo. Nelson Tigse

DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL** con cédula de identidad N° 129609930-9 declaro que este trabajo de titulación **“LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD”**, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Junio del 2017

ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL

ID: L00364758



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, **ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación **“LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Junio del 2017

ANDRADE GARCIA VICTOR MANUEL

CC: 129609930-9

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación como primera instancia se lo dedico a Dios, gracias porque tengo la dicha de vivir, me ha ofrecido la fortaleza de seguir siempre adelante aunque allá obstáculos y protegerme día a día.

A mi papá Victor Andrade y a mi mamá Gila Garcia que con su apoyo se me dio la oportunidad de seguir esta carrera sumamente muy importante para mí, su cariño y enseñanza de vida me ha convertido en una persona fuerte en tomar decisiones correctas.

A mis hermanos Daniel y Xavier y a mi hermana Carolina por siempre están presentes en cada momento, por sus consejos para seguir adelante.

A Toda mi familia me dieron ánimos para poder culminar con uno de mis objetivos donde es lo que me llena de felicidad

VICTOR MANUEL ANDRADE GARCIA

AGRADECIMIENTO

Primero pronunciar mi más sincero agradecimiento a Dios que ha hecho posible la culminación de uno de mis objetivos y gracias por todas las bendiciones recibidas día a día.

A mí papá Victor y A mi mamá Gila principalmente por su cariño y apoyo en el transcurso de mi vida, por sus esfuerzos y valores inculcados, la educación ofrecida para formarme de manera positiva como persona.

A mis hermanos y hermana agradecerles por su apoyo y consejos que ofrecieron en cada momento.

A la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE por brindar esta carrera con excelentes Tecnólogos e Ingenieros para el aprendizaje de los estudiantes y el material didáctico ofrecido para mayor comprensión del estudio de Mecánica Aeronáutica, incluyendo a todas las Empresas de Aviación donde fueron un pilar fundamental para mi estudio.

A los miembros del tribunal, a mi tutor del trabajo de graduación Tlgo. Nelson Tigse por su apoyo y consejos para un mejor desempeño en el proyecto realizado. Al Director de Carrera de Mecánica Aeronáutica Ing. Rodrigo bautista por su colaboración y enseñanza que ha sido sumamente importante para la realización de este proyecto.

VICTOR MANUEL ANDRADE GARCIA

INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	II
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE DE CONTENIDOS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII

CAPITULO I

TEMA

1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	2
1.4 OBJETIVOS	2
1.4.1 General.....	2
1.4.2 Específicos	3
1.5 ALCANCE	3

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 HISTORIA DEL FAIRCHILD F-27J	4
2.2 DESCRIPCIÓN Y OPERACIÓN DEL MOTOR DART MARK	5
2.2.1 Características principales	5
2.2.2 Características generales.....	5
2.3 COMPRESOR	6
2.3.1 Función principal y secundaria del compresor de turbina a gas ..	6

2.4 TIPOS DE COMPRESORES	7
2.4.1 Compresores centrífugos	7
2.4.1.1 Principio de Funcionamiento.....	8
2.4.2 Compresores de Flujo Axial.....	11
2.4.2.1 Principio de Funcionamiento.....	11
2.5 LIMPIEZA Y LAVADO DE LOS COMPRESORES	13
2.5.1 Bombardeo con cáscara	13
2.5.2 Lavado líquido.....	13
2.5.2.1 Lavado de desalinización.....	14
2.5.2.2 Lavado para la recuperación de la actuación.....	14
2.6 ENSUCIAMIENTO	15
2.6.1 Ensuciamiento de los compresores.....	15
2.7 TIPOS DE SUCIEDAD EN EL COMPRESOR	16
2.7.1 Hidrocarburos	16
2.7.2 Agua salada.....	16
2.7.3 Otras causas	17
2.8 LAVADO DEL COMPRESOR	17
2.8.1 Métodos de lavado.....	18
2.8.1.1 Lavado Fuera de Línea	18
2.8.1.2 Lavado En Línea	18
2.8.2 Periodo de lavado de compresores	19
2.8.3 Líquidos de limpieza para los compresores.....	20
2.8.3.1 Agua desmineralizada	20
2.8.3.2 ZOK 27	20
2.8.3.3 ARDROX 6345	21
2.8.3.4 El B & B 3100.....	21
2.9 MATERIALES Y SUS CARACTERÍSTICAS	22
2.9.1 Acero dulce	22
2.9.2 Removedor de pintura	23
2.9.4 Pintura anticorrosiva	23
2.10 MANGUERA	24
2.10.1 Tipos de mangueras de agua.....	24
2.10.1.1 Por su forma.....	24
2.10.1.2 Densidad de los materiales.....	25

2.11 BOMBAS	25
2.11.1 Bombas de desplazamientos positivos o volumétricos.....	26
2.11.2 Turbo bombas	26
2.11.3 Bombas Centrífugas.....	27
2.11.3.1 Tipos de sellado del eje de la bomba.....	28
2.12 MANÓMETRO	29
2.12.1 Medidas.....	30
2.13 REDUCTOR DE PRESIÓN.....	30
2.14 TIPOS DE MANTENIMIENTO	31
2.14.1 Mantenimiento en línea	31
2.14.2 Mantenimiento menor.....	31
2.14.3 Mantenimiento mayor	32

CAPITULO III DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES.....	33
3.1.1 Procedimientos a seguir antes de realizar el lavado de compresores	33
3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE ANÁLISIS DE TEMA.....	34
3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN DEL TANQUE DE AGUA PARA LAVADO DE COMPRESORES.....	35
3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK.....	36
3.5 ESTUDIO DEL TANQUE DE AGUA PARA LAVADO DE COMPRESORES.....	37
3.5.1 Medidas y capacidad del tanque	37
3.6 MANTENIMIENTO CORRECTIVO DEL TANQUE DE AGUA	39
3.6.1 Medidas de seguridad	39
3.6.2 Limpieza Tanque de acero	39
3.6.3 Decapado de pintura del tanque de acero y su estructura	40
3.6.3.1 Productos y herramientas.....	41
3.6.3.2 Proceso de decapado de pintura.....	41
3.6.4 Inspección visual del tanque de acero.....	44

3.6.4.1 Resultado de inspección.....	45
3.6.5 Aplicación de pintura de fondo	46
3.6.5.1 Productos y herramientas.....	46
3.6.5.2 Proceso de pintado de fondo.....	46
3.6.6 Pintado para el interior del tanque	49
3.6.6.1 Productos y herramientas.....	49
3.6.6.2 Proceso de pintado.....	50
3.6.7 Pintado protector y decorativo	51
3.6.7.1 Productos y herramientas.....	51
3.6.7.2 Proceso de pintado protector y decorativo	51
3.6.8 Restauración de las ruedas industriales	52
3.6.9 Instalación de la bomba centrífuga	54
3.6.10 Instalación de componentes y tuberías para presión de agua ...	56
3.6.11 Instalación del cableado eléctrico y pulsador de la bomba	57
3.6.11 Pruebas de funcionamiento	59
3.7 PROCESO DE LAVADO DEL COMPRESOR	60
3.7.1 Introducción	60
3.8 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN	61
3.9 DESCRIPCIÓN DE MANUALES.....	62
3.9.1 Tipos de manuales.....	62
3.9.1.1 Manual de seguridad	63
3.9.1.2 Manual de operación	65
3.9.1.3 Manual de mantenimiento	75
3.10 PRESUPUESTO.....	77
3.10.1 Análisis de costos	77
3.10.2 Costos primarios	77
3.10.3 Costos secundarios.....	78
3.10.4 Costo total del proyecto de grado	79

CAPITULO IV

4.1 CONCLUSIONES	80
4.2 RECOMENDACIONES.....	80
GLOSARIO.....	81

ABREVIATURA.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	85
ANEXOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Radio, altura, capacidad máxima y requerida del tanque	38
Tabla 2 Casos a revisar en una inspección visual	45
Tabla 3 Parámetros de prueba de funcionamiento	59
Tabla 4 Especificaciones del agua permisible	67
Tabla 5 Líquidos limpiadores.....	69
Tabla 6 Total de costos primarios	77
Tabla 7 Total de costos secundarios	78
Tabla 8 Total costo del proyecto	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aeronave Fairchild F-27J	4
Figura 2 Motor Dart Mark.....	5
Figura 3 Compresor axial	6
Figura 4 Compresor centrífugo de una sola etapa	7
Figura 5 Compresor centrífugo de doble cara activa	8
Figura 6 Componentes del compresor centrífugo típico.....	8
Figura 7 Diagrama de flujo de aire del compresor centrífugo	9
Figura 8 Compresor centrífugo de doble cara activa	10
Figura 9 Motor turbohélice.....	10
Figura 10 Desplazamiento del aire en Alabes	11
Figura 11 Diagrama de presión y velocidad del compresor.....	12
Figura 12 Lavado líquido.....	14
Figura 13 Lavado fuera de línea	18
Figura 14 Lavado en línea	19
Figura 15 Limpiador ZOK 27	20
Figura 16 ARDROX 6345	21
Figura 17 B & B 3100	22
Figura 18 Láminas de acero dulce	22
Figura 19 Remoción de pintura	23
Figura 20 Mangueras	24
Figura 21 Tipos de bombas de desplazamiento positivo	26
Figura 22 Rodete e impulsor.....	27
Figura 23 Sellado por empaquetadura.....	28
Figura 24 Sellado mecánico.....	29
Figura 25 Manómetro.....	29
Figura 26 Reductor de presión	30
Figura 28 Estado inicial del Tanque	37
Figura 29 Volumen del cilindro.....	38
Figura 30 Limpieza del tanque.....	40
Figura 31 Tubería de salida de agua del tanque	40
Figura 32 Removedor de pintura Adhepast.....	41
Figura 33 Aplicación del removedor de pintura	42

Figura 34 Tanque con removedor	42
Figura 35 Primera capa de pintura removida	43
Figura 36 Interior del tanque con removedor	43
Figura 37 Pintura removida del tanque	44
Figura 38 Interior del tanque decapado	44
Figura 39 Pintura, FONDOLAC	47
Figura 40 Preparación de la pintura FONDOLAC	47
Figura 41 Aplicación de pintura de fondo.....	48
Figura 42 Lijado de la pintura	48
Figura 43 Pintado completo del exterior.....	49
Figura 44 Pintura anticorrosiva	50
Figura 45 Parte interna del tanque	50
Figura 46 Pintura esmalte	52
Figura 47 Pintado completo	52
Figura 48 Desmontaje de ruedas industriales.....	53
Figura 49 Rueda industrial.....	54
Figura 50 Ruedas instaladas y restauradas	54
Figura 51 Perforación en la estructura	55
Figura 52 Sujeción de la bomba centrífuga.....	55
Figura 53 Figura 1 Tubería de succión de agua	56
Figura 54 Tubería de salida de presión.....	57
Figura 55 Caja eléctrica de la bomba	57
Figura 56 Pulsador eléctrico	58
Figura 57 Ubicación del cableado y pulsador	58
Figura 58 Prueba de funcionamiento	59
Figura 59 Equipos de protección personal.....	64
Figura 60 Tanque de agua para lavado de compresores	66
Figura 61 Llenado del tanque	67
Figura 62 ZOK 27	68
Figura 63 Ubicación del tanque	70
Figura 64 Abrazadera en “U” y accesorios.....	70
Figura 65 Ubicación de la Abrazadera “U”	71
Figura 66 Puntos de sujeción de bandas elásticas	71
Figura 67 Encendido de la Bomba	72

Figura 68 Lavado del compresor.....	73
Figura 69 Indicación del manómetro.....	73

RESUMEN

El lavado de compresor del motor Dart Mark ubicados en el avión Fairchild con matrícula HC-BHD es una tarea sumamente importante para el aprendizaje y se implementara un sistema de lavado de compresor. Este procedimiento se realizó debido a que los docentes conjuntamente con los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica habilitaron el Sistema de Encendido de los motores del avión Fairchild.

Este sistema de lavado del compresor está compuesto por un tanque de acero que se le realizó un mantenimiento correctivo previo a su reutilización además compuesto por una bomba centrífuga, cañerías, y una abrazadera en forma de U para su sujeción. El lavado de compresor es una tarea debidamente detallada con pasos y normas estipuladas en el manual de mantenimiento del motor como explica el fabricante, para un correcto desempeño en el trabajo.

Como la contaminación del compresor es resultado de una operación bajo un empolvoramiento grave, cargado de sal o ambiente industrial contaminado, en este proyecto se hace referencia a la minimización de estos problemas mediante un frecuente lavado interno con agua o solución limpiadora. Además se detallan procedimientos para bombear una cantidad de agua desmineralizada, agua local o solución limpiadora, bajo presión, dentro de la entrada de aire del motor durante un ciclo de encendido del motor, seguida por un arranque del motor para limpiar todo el motor con el fluido. La familiarización, operación y tareas de mantenimiento realizados en el motor facilitan el proceso de aprendizaje practico en los estudiantes.

PALABRAS CLAVES:

- LAVADO
- COMPRESOR
- MANUAL DE MANTENIMIENTO
- MOTOR
- CONTAMINACIÓN

ABSTRACT

The Dart Mark engine compressor washing located on the Fairchild aircraft with HC-BHD registration is an extremely important task for learning and a compressor washing system will be implemented. This procedure was carried out because the teachers, together with the students of the Aeronautical Mechanics Course, enabled the Ignition System of the Fairchild aircraft engines.

This compressor washing system is composed of a steel tank that was made a corrective maintenance before its reuse in addition composed by a centrifugal pump, pipes, and a U-shaped clamp for its fastening. Compressor washing is a task carefully detailed with steps and standards stipulated in the engine maintenance manual as explained by the manufacturer, for correct performance on the job.

Since the contamination of the compressor is the result of an operation under severe dust-free, contaminated industrial environment, this project refers to the minimization of these problems by frequent internal washing with water or cleaning solution. Also detailed procedures for pumping an amount of demineralized water, local water or cleaning solution, under pressure, into the engine air inlet during an engine start cycle, followed by a start of the engine to clean the entire engine with the fluid. The familiarization, operation and maintenance tasks performed on the motor facilitate the process of practical learning in the students.

KEYWORDS:

- WASHING
- COMPRESSOR
- MAINTENANCE MANUAL
- ENGINE
- CONTAMINATION

CHECKED BY:
Lcda. MARÍA ELISA COQUE
ENGLISH TEACHER UGT

CAPITULO I

TEMA

“LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD”.

1.1 Antecedentes

La Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE ubicado en la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, encaminado a la formación de profesionales dentro del campo aeronáutico, prepara y habilita personal con un alto nivel de conocimientos, para enfrentar los retos del futuro e integrar a la sociedad tecnólogos íntegros dentro de este campo.

Mediante la carrera de Mecánica Aeronáutica se habilito el arranque de los motores Dart Mark del avión Fairchild F-27J donde se aplicó diferentes procesos de mantenimiento, para lo cual es importante aplicar nuevos métodos a las tareas de mantenimiento que son sumamente importantes para dichos motores habilitados.

Con el fin de conseguir esta meta debido a que la Aeronave Fairchild estuvo por un largo tiempo sin arrancar motores, se tiene la necesidad de la aplicación del lavado de compresores del motor donde esta es una tarea indispensable para ponerse en práctica debidamente con la información técnica del manual de mantenimiento.

1.2 Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías (ESPE) con el afán de cumplir con su misión y visión se ha visto en la necesidad de ponerse al par de las universidades internacionales, lo que implica mejorar cada uno de su campos, ya sea del área académica como estructural.

La Unidad cuenta con diversos equipos, técnicas para la realización de procesos de inspección y mantenimiento, donde la Aeronave Fairchild F-27J es sumamente importante para la práctica aeronáutica, ocurre que los motores de dicho avión se encuentran expuestos al medio ambiente donde

estos al realizar un arranque, desde sus tomas de aire pueden ingerir objetos, partículas o sustancias peligrosas que disminuya el rendimiento en el motor.

Para ello un lavado de compresores que se lo podrá realizar en los motores Dart Mark de la Aeronave Fairchild, debido a que es una práctica de mantenimiento indispensable, sino se realiza regularmente podría producir un deterioro de la forma aerodinámica en los alabes del compresor por el aumento de rugosidad en la superficie y esto reduce flujo de aire, menor tasa de presión y menor eficiencia del motor.

1.3 Justificación e importancia

La Unidad de Gestión de Tecnologías cuenta con la Aeronave Fairchild F-27J y herramientas específicas para las diferentes prácticas de mantenimiento en los motores Dart Mark, pero se ve más la necesidad de seguir implementando herramientas y tareas de mantenimiento para una mayor comprensión de estudio hacia los estudiantes y se familiaricen con el trabajo aeronáutico.

Los futuros tecnólogos del establecimiento serían los mayores beneficiarios con este proyecto, ya que pueden realizar un lavado de los compresores, punto principal del trabajo a ejecutarse.

Del mismo modo el presente trabajo de investigación tiene como tendencia el mejoramiento en la práctica de tareas aeronáuticas, donde se puede implementar este sistema de lavado de compresores, se evitara que el motor Dart Mark pueda deteriorarse, obteniendo un mejor estudio y práctica del mismo.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Realizar el lavado de los compresores en los motores Dart Mark de la Aeronave Fairchild F-27J con matrícula HC-BHD, mediante la implementación de un sistema de lavado referenciado con documentación

técnica de manuales de mantenimiento del motor y de la aeronave para mejorar la práctica aeronáutica en la Unidad de Gestión Tecnológicas.

1.4.2 Específicos

- Recopilar información técnica necesaria del fabricante del motor para la realización del proyecto de titulación.
- Indagar el estado actual de los compresores en los motores Dart Mark de la Aeronave Fairchild F-27J con matrícula HC-BHD, para implementación de un sistema de lavado en los mismos.
- Implementar el sistema para el lavado de los compresores mediante el proceso de construcción y mantenimiento de una máquina que posee un tanque de agua.
- Realizar la tarea de lavado de los compresores en los motores Dart Mark del Avión Escuela Fairchild F-27J con matrícula HC-BHD, para la comprobación y funcionamiento del sistema de lavado.

1.5 Alcance

El presente trabajo investigativo tiene como límites la aplicación de un sistema de lavado líquido para los compresores del motor Dart Mark que se encuentran en el Avión escuela Fairchild F-27J, encaminando también al mejoramiento continuo de la práctica a los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Además se brinda un referente constructivo de este tipo de equipos para los estudiantes de la UGT-ESPE o busquen como método de aprendizaje.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del Fairchild F-27J

El F-27J procede del avión Fokker F27 fabricado por Fairchild Hiller en su fábrica de Hagerstown, Maryland, Virginia en los Estados Unidos. Las relaciones con las fabricas Fairchild y Fokker inician en 1952 ambos fabricantes habían trabajado anteriormente en busca de un avión que replaza al Douglas DC-3.

En un principio Fairchild alcanza conseguir la licencia de fabricación de los aviones Fokker S.11, S.12 y S.14. El 26 de abril de 1956 Fairchild llega a un acuerdo con Fokker para fabricar el Fokker F27, en aquel momento se decide la construcción en la fábrica en Hagerstown, Maryland.

Fairchild por su parte desarrolla varias versiones como la F-27F, el F-27J, con motores Dart Mark 532-7 para la Allegheny Airlines y el modelo perfeccionado F-27M. (Propfreak, 2013)



Figura 1 Aeronave Fairchild F-27J

Fuente: (Propfreak, 2013)

2.2 Descripción y operación del motor DART MARK

2.2.1 Características principales

El Dart es un motor Turbo hélice en el cual la hélice y las dos etapas de compresor centrífugo son impulsados por dos etapas de turbinas. El compresor esta acoplado directamente con a la turbina, y la hélice es impulsada de los compresores mediante los componentes de engranajes de reducción. (Rolls-Royce, 1963)

2.2.2 Características generales

- Tipo: Turbohélice
- Compresor: centrífugo de dos etapas
- Combustión: 7 cámaras
- Turbina: 2 etapas
- Combustible: kerosene

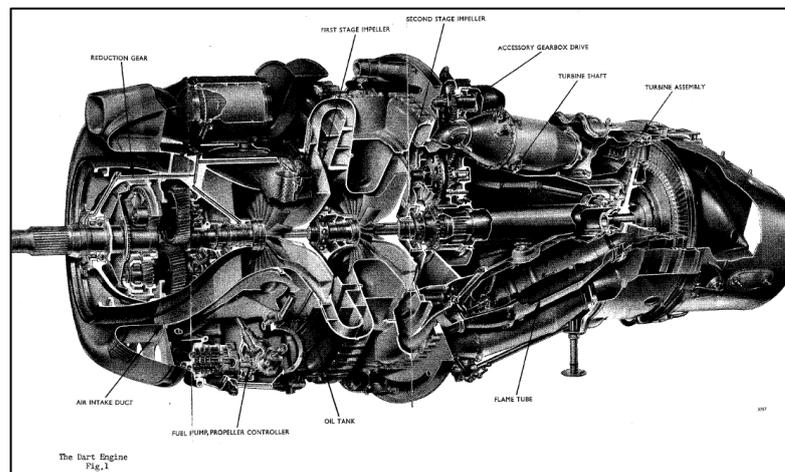


Figura 2 Motor Dart Mark

Fuente: (Rolls-Royce, 1963)

2.3 Compresor

El compresor es el encargado de incrementar la presión del aire antes de ingresar a la cámara de combustión. Existen dos tipos de compresores Centrífugo y axial.



Figura 3 Compresor axial

Fuente: (Gtd, 2013)

2.3.1 Función principal y secundaria del compresor de turbina a gas

La sección del compresor del motor de la turbina tiene varias funciones.

Su función principal es suministrar aire en cantidad suficiente para satisfacer los requisitos de los quemadores de combustión. El compresor principalmente debe aumentar la presión de la masa de aire recibida en el conducto de entrada de aire, y luego dirigir a los quemadores con la cantidad y presiones requeridas.

Una función secundaria del compresor es suministrar aire de sangrado para diversos propósitos en el motor y el avión. El aire de sangrado se toma de cualquiera de las diversas etapas de presión del compresor. La ubicación exacta de los puertos de sangrado depende de la presión o temperatura requerida para su función. Los orificios son pequeñas aberturas en la carcasa del compresor adyacentes a la etapa particular desde la cual se va a sangrar el aire. Por lo tanto, se dispone de diferentes grados de presión simplemente tocando en la etapa apropiada. A menudo se purga el aire de la

etapa final o de la presión más alta ya que, en este punto, la presión y la temperatura del aire son máximas.

A veces puede ser necesario enfriar este aire de alta presión. Si se utiliza para la presurización de la cabina u otros propósitos a los que el calor en exceso sería incómodo o perjudicial, el aire se envía a través de una unidad de aire acondicionado antes de entrar en la cabina. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

2.4 Tipos de compresores

2.4.1 Compresores centrífugos

Los compresores centrífugos regularmente están fabricados de acero o titanio mecanizado, sin embargo en motores más pequeños se utilizan compresores de fundición. El difusor está elaborado de fundición. Los alabes guías son encargados de direccionar y disminuir el flujo de aire aliviando de esta manera el impacto al impulsor y está elaborado aparte del impulsor. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)



Figura 4 Compresor centrífugo de una sola etapa

Fuente: (FAA, 2012)

En el compresor encontramos cojinetes para su apoyo, tales como cojinetes de bolas o de rodillos, sin embargo los fabricantes de los motores utilizan cojinetes de bolas para resistir cargas radiales y axiales.

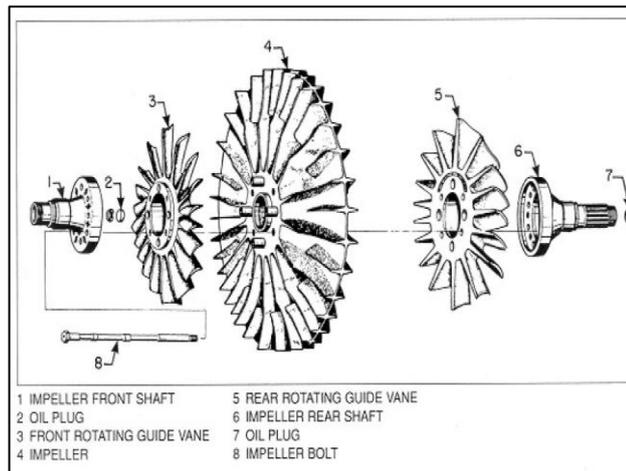


Figura 5 Compresor centrífugo de doble cara activa

Fuente: (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)

Los compresores centrífugos fueron utilizados en algunos de los primeros motores turbina debido a su peso liviano, facilidad en su fabricación, su robustez, alta relación de presión por cada etapa de compresión. Estos compresores consta de tres partes principales: El impulsor, el difusor, y el colector. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

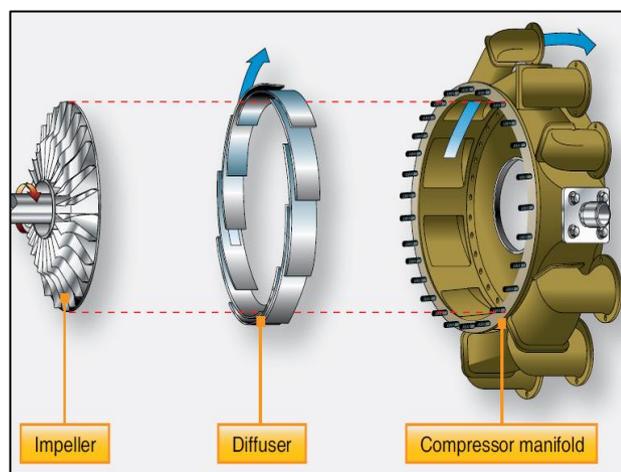


Figura 6 Componentes del compresor centrífugo típico

Fuente: (FAA, 2012)

2.4.1.1 Principio de Funcionamiento

El aire ingresa al centro del impulsor que gira a altas velocidades y es acelerado mientras es dirigido al borde exterior del impulsor debido a la

fuerza centrífuga. Por lo tanto el aire con una alta velocidad se dirige dentro del difusor que está ubicado alrededor del impulsor. Luego el aire pasa por conductos divergentes donde la energía de velocidad se convierte en energía de presión. El aire disminuye su velocidad y aumenta la presión, se dirige al colector por unos alabes curvos fijos. En el colector el aire avanza el aire hacia la sección de combustión. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

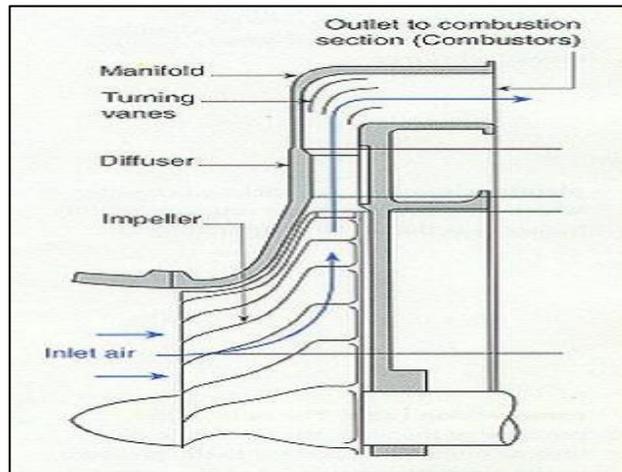


Figura 7 Diagrama de flujo de aire del compresor centrífugo

Fuente: (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

La relación de compresión en un compresor centrífugo de una sola etapa regularmente es de 6:1 a 7:1. En compresores de doble cara activa fluye un gran volumen de aire, este tipo de compresor tienen un problema muy importante es la dificultad en su diseño en los conductos de entrada, para que suministrara aire a la sección posterior del motor, para ello el aire que ingresa fluye a una cámara Plenum y la velocidad del aire se transforma en presión, alimentando las secciones posterior y anterior del compresor. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

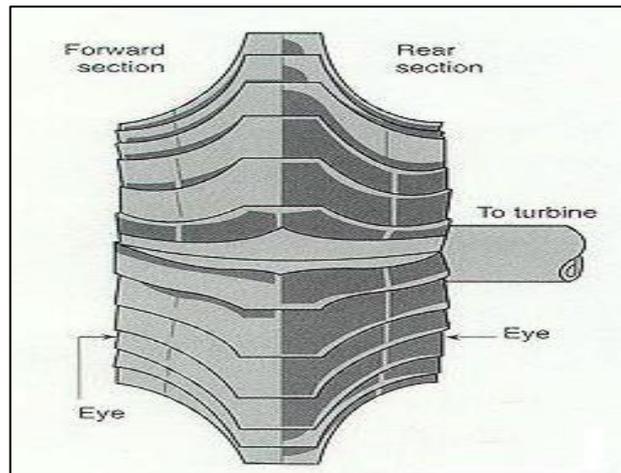


Figura 8 Compresor centrífugo de doble cara activa

Fuente: (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

El incremento de presión por etapas es alta en los compresores centrífugos, pero la cantidad de etapas es limitada. En varios motores, su turbina produce el giro de dos compresores centrífugos de una sola cara activa, este tipo de diseño se usan en varios motores turbohélice. El problema con estos motores es una pérdida de la presión del aire que se traslada entre etapas. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

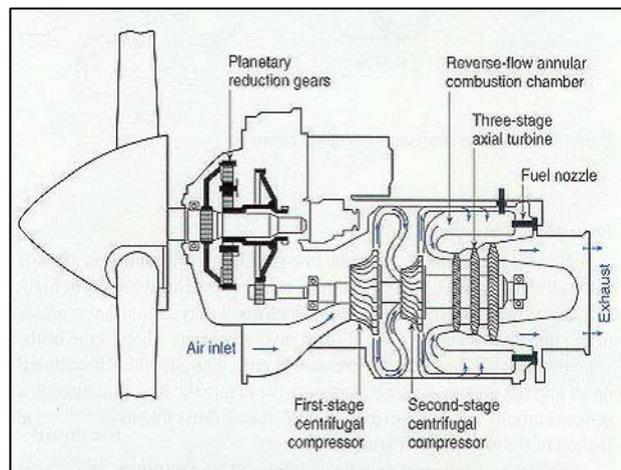


Figura 9 Motor turbohélice

Fuente: (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

2.4.2 Compresores de Flujo Axial

Los compresores de flujo axial son donde el aire pasa de manera axial al compresor o paralelo al eje del motor. Este tipo de motores son más costoso para su fabricación y más pesados que los compresores centrífugos, pero favorece a una mejor relación de compresión más alta y son más fácil de aerodinamizar por su sección transversal más pequeña.

Estos compresores de flujo axial pueden tener dos etapas cuando se usa en conjunto con un compresor centrífugo o 18 etapas en varios de los grandes motores Turbofan de doble compresor. Los compresores de este tipo están fabricados de varios elementos variando según su carga y temperatura dependiendo su operación. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

2.4.2.1 Principio de Funcionamiento

Los compresores de flujo axial son fabricados en una cantidad de etapas de alabes rotatorios que son impulsados por la turbina produciendo el giro entre etapas de alabes fijos o estatores. Los alabes rotatorios o rotor y alabes fijos o estator están fabricados de manera que forman un perfil aerodinámico, son instalados lo cual forman pasos divergentes produciendo que el aire fluya axialmente al eje de giro del motor. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

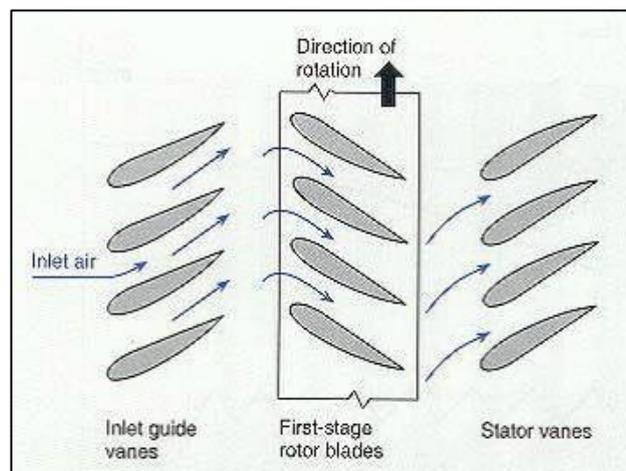


Figura 10 Desplazamiento del aire en Alabes

Fuente: (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

El compresor de flujo axial transforma la velocidad y presión del aire que se traslada en el mismo. Varios compresores poseen alabes guías en la entrada de aire del motor para guiar el aire con un ángulo correcto hacia la primera etapa de alabes rotatorios. Estos alabes guías de entrada crean un pequeño aumento en la velocidad del aire y reduce la presión de aire. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

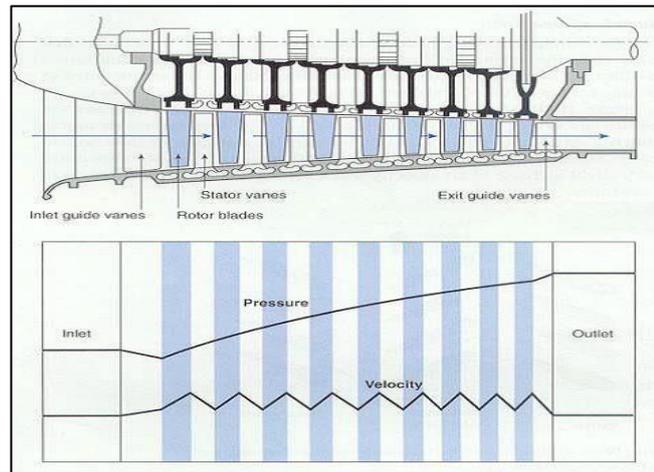


Figura 11 Diagrama de presión y velocidad del compresor
Fuente: (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

Luego de fluir por los alabes guías, el aire se dirige a la primera etapa de compresión. Los alabes rotatorios acumulan el aire y lo impulsan hacia atrás debido a su perfil aerodinámico y mediante el giro que impulsa el eje de la turbina. El aire pasa de los alabes rotatorios a los alabes de estator. Los alabes guías crean pasos divergentes, y mientras el aire pasa a través de ellos su velocidad disminuye a su valor inicial e incrementa la presión. Luego de que el aire paso por todas las etapas de compresión, este aire deja los compresores por un conjunto de alabes guías de salida y lo dirige hacia el difusor para luego fluir en la sección de combustión. (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

2.5 Limpieza y Lavado de los Compresores

En la etapa de compresión del motor también denominada como una sección fría donde encontramos el fan, los alabes, el difusor, estos componentes son los que establece la cantidad de aire suministrado hacia la sección de combustión. Por lo tanto si existiera una interrupción con el flujo del aire se reducirá gravemente la cantidad de potencia y empuje del motor.

La suciedad que se aloja sobre los alabes del compresor reducirá el rendimiento aerodinámico y se crea el deterioro en el motor. Debido a esto se crea un aumento en los EGT y un aumento de velocidad insatisfactoria. (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)

Los compresores pueden limpiarse de dos formas:

- Bombardeo con cáscara de almendras
- Lavado líquido. (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)

2.5.1 Bombardeo con cáscara

Este tipo de bombardeo se utiliza un producto suave de cascara de almendras aprobado por el fabricante, primero se cubre varios orificios y válvulas en la entrada de aire, luego se inyecta el material en el momento que se arranca el motor. Para las superficies que estén prevenidas contra la corrosión hay que tener cuidado en dañarlas. (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)

2.5.2 Lavado líquido

El lavado líquido es el proceso más utilizado para el lavado del compresor

Hay dos tipos de lavado líquido:

- Lavado de desalinización
- Lavado para la recuperación de la actuación. (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)



Figura 12 Lavado líquido

Fuente: (yting, 2004)

2.5.2.1 Lavado de desalinización

En las zonas costeras donde se presenta un ambiente cargado de sal, el motor está muy expuesto a un deterioro y a la corrosión para ello se debe realizar un lavado regular en el compresor, inyectando agua desmineralizada en la entrada de aire teniendo el motor en marcha a los r.p.m especificados por el fabricante. Este tipo de lavado previene que se siga acumulando la sal para perjudicar en un futuro la actuación del motor. (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)

2.5.2.2 Lavado para la recuperación de la actuación

Este tipo de lavado nos sirve para recuperar la actuación del motor, para ello se enciende el motor puesto en marcha o en ralentí, y mediante el uso de una boquilla que inyectará en la toma de entrada de aire un fluido de agua desmineralizada mezclado con un líquido limpiador. Los agentes que posee el limpiador despegarán la suciedad impregnada en el motor. Se crea una película que evitara la corrosión debido al agente del limpiador. Después se enjuaga el motor con agua desmineralizada. Finalizando con un giro del motor para el secado. (A.G.Rivas, Motores turbina de gas, 2013)

2.6 Ensuciamiento

El ensuciamiento se refiere a acumular materiales no deseados en las superficies metálicas en este caso ocasionando asperezas. En un compresor de un motor turbina se define el ensuciamiento al deterioro del perfil aerodinámico de los alabes, implicando la disminución del flujo de aire, baja eficiencia y mínima tasa de presión. La pérdida de rendimiento es indicada por la menor obtención de energía y el aumento de tasa de calor, ocasionando pérdidas de ganancias y aumento en el perjuicio del medio ambiente. (Minco, 2016)

2.6.1 Ensuciamiento de los compresores

A pesar de la tecnología aplicada en los equipos de limpieza de compresores, es inevitable la admisión de partículas en el compresor de un motor turbina. Por lo cual, se ensucian las superficies metálicas de los pasos de aire del compresor, lo que conlleva a un mayor consumo de combustible y a una pérdida de rendimiento. El desgaste del compresor de flujo axial es el efecto significativo de la pérdida de potencia de una turbina en similitud con una turbina nueva. (Minco, 2016)

Un setenta por ciento del desgaste total de rendimiento de un motor turbina puede relacionarse normalmente al deterioro del compresor a causa del ensuciamiento de los álabes. El ensuciamiento de los álabes del compresor de flujo axial se atribuye normalmente a partículas aerotransportadas cuyo tamaño varía entre 10 micras y menos de una micra por lo que es fuente principal del ensuciamiento. Otra posible causa de ensuciamiento del compresor es la fuga de aceite del cojinete de entrada en el compresor. (Minco, 2016)

2.6.2 Efecto del ensuciamiento al rendimiento de los motores

Los alabes del compresor axial se diseñan con un perfil aerodinámico y causa que los alabes no funcionen correctamente debido a la rugosidad que se forma en estos por los depósitos de suciedad, y produce un cambio de forma en los alabes. Estos efectos provocan que el flujo de aire disminuya en el compresor, y todo esto provoca una baja potencia en el motor turbina. Se origina una disminución de presión en salida del compresor y a la reducción de presión en la tobera de escape.

El ensuciamiento se reconoce por una reducción de potencia en la turbina para un determinado EGT, en conjunto con una disminución de presión de descarga del compresor. Por tanto produce una mayor tasa de calor y aumento de consumo de combustible. (Minco, 2016)

2.7 Tipos de suciedad en el compresor

2.7.1 Hidrocarburos

Los problemas de ensuciamiento son ocasionados por combinación de aceites y líquidos o hidrocarburos, que se sitúan en los álabes y crean una película aceitosa que aloja partículas indeseables. Las fugas de aceites son una causa mayor, incluida el humo de fábricas industriales, automóviles y capitales aportan a la contaminación. (Minco, 2016)

2.7.2 Agua salada

Al ingresar el agua salada en el compresor, el aire se calienta y el agua se evapora, dejando partículas de sal y elementos diluidos que se sitúan en la superficie de los álabes. Si se exponen a altas temperaturas estas partículas de sal, se pueden adherir fuertemente en la parte del compresor. La sal igualmente produce corrosión, por lo que se debe limpiar sin retraso. Este es un problema característico en zonas marinas y costeras. (Minco, 2016)

2.7.3 Otras causas

La arena y el polvo generalmente causan degradación y pueden provocar el ensuciamiento cuando se mezcla con otras sustancias como vapores de aceites. La atmósfera contiene excesivos contaminantes como son químicos que se usan en siembras, o insectos. Incluso en varios líquidos de limpieza, si no se limpian adecuadamente, pueden aportar al ensuciamiento. (Minco, 2016)

2.8 Lavado del compresor

El lavado de los compresores es el mejor método para remover todos los depósitos de suciedad, es una tarea sumamente especificada por los fabricantes de los motores turbina. Dicho lavado consiste en inyectar una cantidad de agua desmineralizada mezclado con un líquido de limpieza en el compresor para regenerar su rendimiento.

El ensuciamiento es provocado por varias sustancias pegajosas que si se presentan en altas temperaturas en el motor, se tornan a ser más resistentes al lavado de compresores y más duras para remover. Para controlar esto, químicos de limpieza debidamente aprobados serán usados. Los líquidos de limpieza han sido creados para suprimir la suciedad del compresor, por lo que debe cumplir con los requisitos que plantean los fabricantes de cada motor.

Estos productos desintegran cualquier impureza o suciedad del compresor, luego de un enjuague no dejan desechos pegajosos, y son los líquidos limpiadores ideales para los lavados fuera de línea y en línea. Estos son seguros para el operador, equipo, y el ambiente. (tecnologia, 2014)

2.8.1 Métodos de lavado

2.8.1.1 Lavado Fuera de Línea

El lavado fuera de línea se procede con el motor turbina en estado frío, por lo que se inyecta la mezcla de agua y limpiador a la entrada de aire del compresor mientras se arranca el motor a una velocidad especificada en cada manual de mantenimiento. Luego de terminar dicho proceso se apaga el motor y se deja en remojo aproximadamente 30 minutos, antes de enjuagar con agua desmineralizada. Un problema que se presenta es el tiempo de enfriamiento de un motor que deben tener en cuenta los mecánicos para la preparación del lavado. Su eficacia de este tipo de lavado es muy alta, recuperando el estado inicial del motor. (tecnologia, 2014)

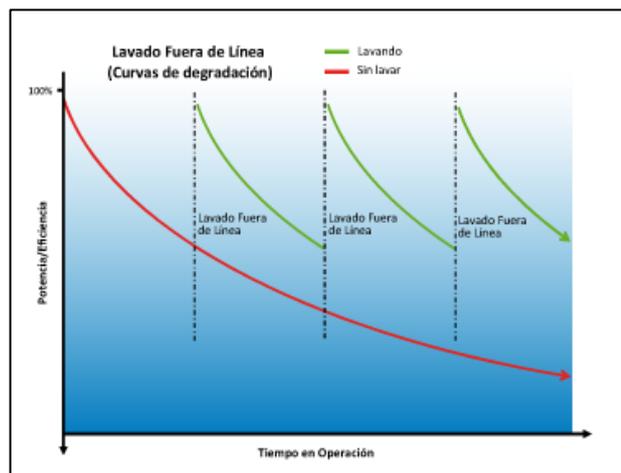


Figura 13 Lavado fuera de línea

Fuente: (tecnologia, 2014)

2.8.1.2 Lavado En Línea

Este método consiste en un lavado regular, se utiliza una mezcla de limpieza en el compresor al momento que el motor gira a una velocidad de operación. En este lavado el motor aporta altas temperaturas por la operación de los compresores, y el líquido limpiador se inyecta en altas fuerzas centrífugas del motor y un mínimo lapso de contacto del líquido limpiador con los desechos, provocando una limitación de dicho método. El

líquido de limpieza igualmente limpiara los alabes guías de la primera etapa y entrada de compresor, dará como resultado la recuperación de potencia. Dicho lavado prolonga los tiempos entre los lavados fuera de línea. (tecnología, 2014)

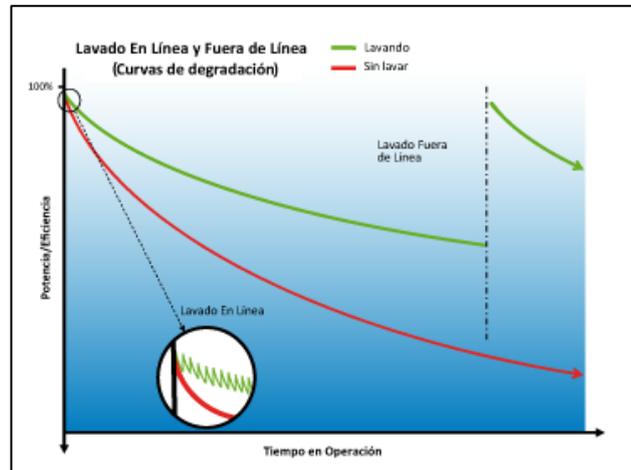


Figura 14 Lavado en línea

Fuente: (tecnología, 2014)

2.8.2 Periodo de lavado de compresores

El lavado en línea debe realizarse periódicamente, pero la frecuencia del lavado fuera de línea es más complicada y dependerá de lo siguiente:

- Total y clase de materiales indeseables en el Suministro de Aire.
 - Restricciones de Tiempo por la demanda por disponibilidad.
 - Nivel de Desgaste de la Potencia admisible para el operador.
- (tecnología, 2014)

Dichas variables definen en que no existe un periodo general entre tiempos de lavado. Para un mejor rendimiento en estos lavados en línea y fuera de línea se desarrolla a través de la experiencia y debe ser determinado para cada tipo de compresores y motores. En la recuperación de la potencia total, que exista en un motor con un significativo ensuciamiento puede ser difícil de recuperar, y se debería realizar una limpieza periódicamente. (tecnología, 2014)

2.8.3 Líquidos de limpieza para los compresores

2.8.3.1 Agua desmineralizada

El agua desmineralizada totalmente libre de sólidos y minerales debido a algunos procesos aplicados en el agua. Dicho proceso para elaborar agua desmineralizada se denomina desmineralización, para ello se elimina todo tipo de sales minerales en el agua. Este tipo de agua posee una apariencia incolora y transparente, su característica más llamativa es que no se conforma de aniones como el cloruro y cationes como por ejemplo sodio, cobre, etc.

2.8.3.2 ZOK 27

Líquido para una operación limpieza donde protege el motor y también inhibe la corrosión, tiene una apariencia de líquido claro pálido con un olor suave y agradable. Completamente soluble en agua y no se requiere de agitación. No es corrosivo ni perjudicial para ninguno de los materiales normalmente utilizados en motores de turbina de gas o componentes de aeronaves. Ningún efecto adverso en los aceites de turbina sintéticos. (ZOK, 2013)

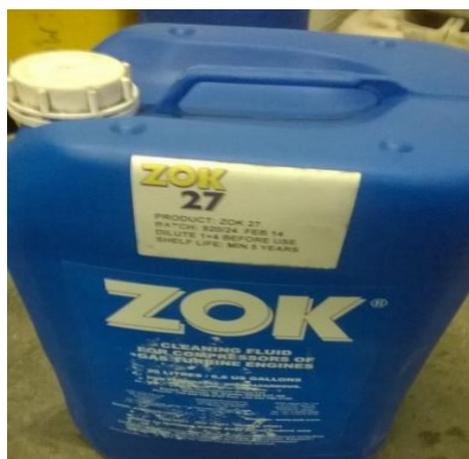


Figura 15 Limpiador ZOK 27

Fuente: (ZOK, 2013)

2.8.3.3 ARDROX 6345

Está destinado al uso en el lavado de las etapas del compresor de la Motores turbina de gas. Está diseñado para eliminar la acumulación de impurezas atmosféricas, aceite y oxidación del aceite en el compresor de dichos motores y así restablecer la pérdida de potencia causada por estos depósitos. (Chemetall, 2001)



Figura 16 ARDROX 6345

Fuente: (AVIOTRADEGROUP, 2014)

2.8.3.4 EI B & B 3100

Es un líquido altamente concentrado, debidamente fabricado y realizado para el lavado de los compresores y lavado de boquillas de combustible en motores de aviación. Debidamente utilizado mediante las instrucciones del fabricante se podrá limpiar los alabes del rotor, estatores, conductos de aire, etc. (Silmid, 2016)



Figura 17 B & B 3100

Fuente: (SKYGEEK, 2016)

2.9 Materiales y sus características

2.9.1 Acero dulce

El acero dulce posee un nivel de carbono que esta entre el 0,15% y el 0,25%, posee características de alta ductilidad y muy resistente a la corrosión. Este acero es altamente fuerte debido a la mínima cantidad de carbono que posee, es resistente a la ruptura, al impacto, a la tracción y es muy maleable. (jnAceros, 2016)



Figura 18 Láminas de acero dulce

Fuente: (ALIBABA, 2016)

2.9.2 Removedor de pintura

El removedor de pinturas es un producto muy poderoso que se utiliza para retirar capas de pintura deterioradas. Por lo general éstas son pinturas tales como esmaltes sintéticos o barnices. (Pintura y decoracion , 2007)



Figura 19 Remoción de pintura

Fuente: (ELPOPULAR, 2015)

2.9.3 Pintura esmalte

El Esmalte es un terminado de principal calidad y proporciona excelente protección y apariencia a las estructuras. Es un recubrimiento proporciona brillo, excelente protección de estructuras como metálicas que están expuestas en el exterior. El Esmalte se emplea en interiores y exteriores. (Cendacolor, 2013)

2.9.4 Pintura anticorrosiva

Pintura anticorrosiva mediante sus características para inhibir la corrosión, es usada como base en la protección de superficies metálicas. Se usa para objetos metálicos en ambientes interiores o exteriores de climas fríos o cálidos, libres de contaminación industrial y en contacto permanente con líquidos. (Pintulac, 2005)

2.10 Manguera

Se define como un tubo largo de material flexible, generalmente un material de goma, que se utiliza para trasladar por su interior un líquido de una zona a otra, fluyendo de un extremo y expulsándolo por el opuesto. (Espiroflex, 2016)



Figura 20 Mangueras

Fuente: (GROUP, 2017)

2.10.1 Tipos de mangueras de agua

2.10.1.1 Por su forma

Encontramos tres tipos de manguera según su forma:

- La extensible, este tipo de manguera se describe como ligera y compacta. Posee la capacidad de expandirse tres veces más de su grosor, y luego vuelve a su forma normal, la cual utiliza muy poco espacio.
- La convencional, está construida de manera que sea muy resistente, conformada por varias capas de material. Es adecuada para un uso constante.
- La helicoidal, la principal características de estas mangueras es el ahorro de espacio, lo cual después de utilizar se recoge de forma de espiral. (Espiroflex, 2016)

2.10.1.2 Densidad de los materiales

Uno de los primordiales factores de las mangueras es la densidad, y la calidad del material que está fabricado. Encontramos una variedad de materiales para su fabricación, tales como las siguientes:

El PVC es suficientemente resistente al exterior y posee una gran flexibilidad, puede soportar grandes presiones de agua.

El EVA, este material es muy flexible, soporta la exposición en la intemperie y gran resistencia a la presión del agua.

El Poliuretano es el material que proporciona mayores beneficios en todos los aspectos. El único defecto es que no tiene tanta flexibilidad que las otras mencionadas.

El tejido trenzado posee una estructura fortalecida que mejora la resistencia a la presión pero reduce su flexibilidad. El material de este tipo de mangueras es anti algas y resistente a los rayos ultra violeta.

El Polipropileno Random, PP-R, es un polímero que posee las mejores propiedades llevando a ser la mejor opción, para su utilización en el suministro de agua potable a alta presión y distribución de otros tipos de fluidos, utilizada en la sección doméstica o en industrias alimenticias y otras.

El refuerzo tricotado está fabricado con una malla. Se caracteriza por ser resistente a la torsión y más adaptable que una manguera trenzada. Siendo muy resistente a la presencia de algas, soporta los rayos solares y muy resistentes a la presión. (Espiroflex, 2016)

2.11 Bombas

Las bombas son máquinas en las cuales se produce una transformación de la energía mecánica en energía hidráulica (velocidad y presión) comunicada al fluido que fluye por estas. (Cidta, 2015)

2.11.1 Bombas de desplazamientos positivos o volumétricos

En este tipo de bombas proporciona la energía generando presión al líquido mediante un volumen. Esta ocasiona un llenado y vaciado regular en una serie de cámaras, provocando el traslado de fluidos mediante la aspiración e impulsión. Encontramos dos tipos, las alternativas a la que pertenecen bombas de pistones y émbolos, luego el otro grupo son las rotativas, las cuales son bombas de tornillo, lóbulos, engranajes y paletas. (Cidta, 2015)

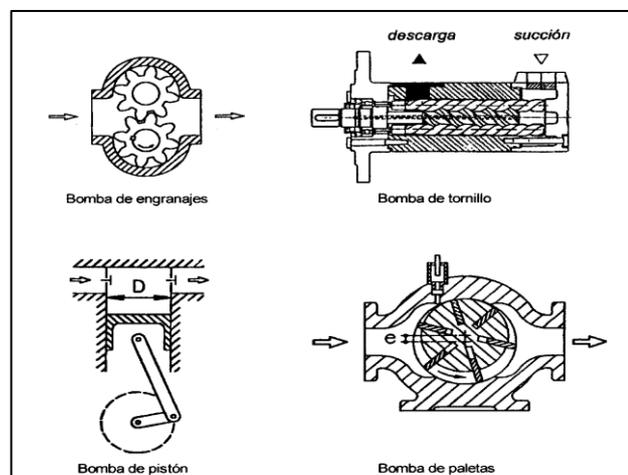


Figura 21 Tipos de bombas de desplazamiento positivo

Fuente: (Cidta, 2015)

2.11.2 Turbo bombas

La turbo bomba es una máquina hidráulica que produce energía al líquido debido a la cambio del momento cinético producido en el impulsor. Mediante dirección del flujo de salida del rodete, se clasifican en:

- Centrífugas: Se crea un flujo radial en la salida del rodete posee una trayectoria perpendicular al eje.
 - Axiales: Se produce un flujo axial donde la salida del fluido es perpendicular al eje.
 - Helico centrífugas: El flujo es mixto en conjunto de axial y radial.
- (Cidta, 2015)

2.11.3 Bombas Centrífugas

Las bombas centrífugas funcionan mediante el flujo que ingresa a la bomba por medio del rodete, donde este está conformado por paletas que traslada el líquido en dirección radial del mismo. El giro acelerado del rodete crea un gran aumento de energía cinética y presión. Donde está conformado por una voluta en forma de caracol que produce que el flujo con energía cinética se transforme en presión en la salida de la bomba.

Las bombas centrífugas están compuestas de dos partes principales:

El rodete o impulsor, está fabricado con alabes que crean el cambio del momento cinético del líquido en su flujo, produciendo el aumento de presión y velocidad a la salida de la bomba.

La voluta, es la que traslada el fluido de la salida del rodete al conducto de descarga. Está diseñada de manera que su sección aumenta progresivamente hasta llegar a la salida de la bomba, donde la energía de velocidad se convierte en energía de presión, reduciendo la fricción. En la salida del rodete tiene un difusor formado por alabes fijos donde aporta al cambio de energía cinética a energía de presión.

Otro elemento importante es el eje de la bomba, es una barra circular fijada fuertemente en el rodete para transmitir la fuerza de giro generada por un motor eléctrico.

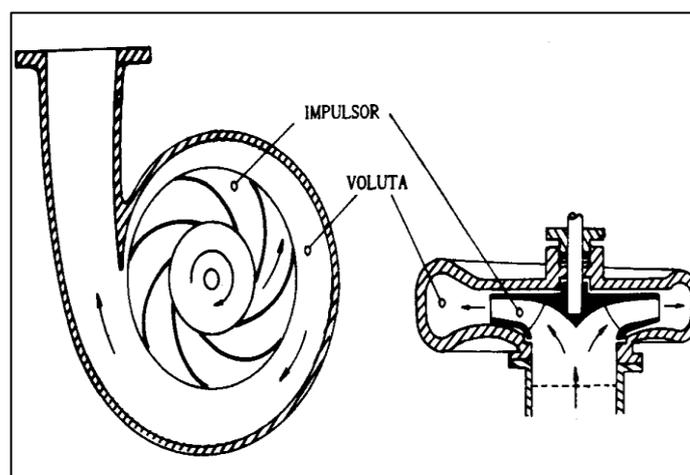


Figura 22 Rodete e impulsor

Fuente: (Cidta, 2015)

2.11.3.1 Tipos de sellado del eje de la bomba

El sellado del eje constituye una parte sumamente importante para la operación de la bomba. Encontramos dos tipos de sellado del eje de una bomba centrífuga: El sellado por empaquetadura, está conformado por presas estopas que retenido adecuadamente evita que el caudal el fluido salga al exterior, pero una mínima cantidad es liberada para el enfriamiento de la estopa. (Cidta, 2015)

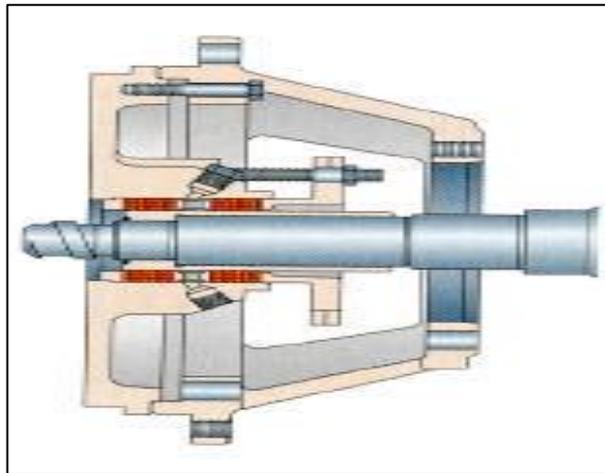


Figura 23 Sellado por empaquetadura

Fuente: (Cidta, 2015)

El sellado mecánico, está compuesto por dos partes, el primero fijo llamado Asiento ubicado en la carcasa y el otro móvil denominado Cara localizado en el eje de la bomba. Con la ayuda de un resorte y la presión generada por el fluido, la cara y el asiento se deslizan entre ellos para que no exista fuga al exterior. El problema de este tipo de sellos deja inutilizada la bomba cuando estos se desgasten. (Cidta, 2015)

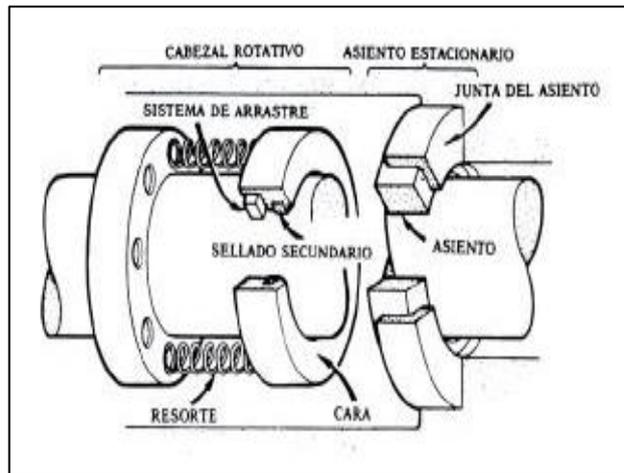


Figura 24 Sellado mecánico

Fuente: (Cidta, 2015)

2.12 Manómetro

El manómetro es un instrumento utilizado para medir la presión que existe en los fluidos donde principalmente se toman en medida como son en Bares y PSI, ordinariamente estableciendo la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. Normalmente se usan manómetros de Bourdon que contiene una sección elíptica que forma un anillo incompleto, cerrado en uno de sus extremos. Cuando se eleva la presión dentro del tubo, este empieza a enderezarse y este movimiento se traslada a una aguja indicadora mediante un conjunto de engranajes. (Villa, 2015)

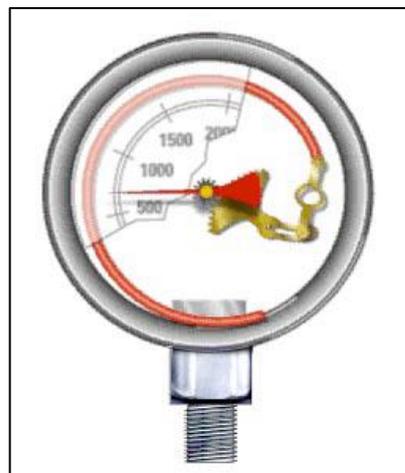


Figura 25 Manómetro

Fuente: (INDUSTRY, 2014)

2.12.1 Medidas

- Kilopascal (KPa) 10^3
- Megapascal (MPa) 10^6
- Gigapascal (GPa) 10^9

1 bar = 14,5 psi

1bar = 10^5 Pa (1 bar = 100000 Pa).

1Pa = 10^{-5} bar

1PSI = 0.069 bar

1bar = 100KPa

2.13 Reductor de presión

El reductor de presión es un dispositivo que reduce y estabiliza la presión de entrada a la presión deseada en el lado de salida. Cuando la presión de entrada desde la red pública resulta demasiado elevada y variable el reductor de presión estabiliza al valor de calibración. Eventuales oscilaciones de la presión de entrada no tienen ninguna influencia significativa en el valor de regulación de la presión de salida. Estos reductores de presión tienen la característica de ser regulable, esta peculiaridad le permite al operador calibrar la presión de salida de la válvula según el valor deseado. (ITAP, 2010)



Figura 26 Reductor de presión

Fuente: (MERLIN, 2016)

2.14 Tipos de mantenimiento

2.14.1 Mantenimiento en línea

- No Programado: Se realiza inmediatamente si se presenta un daño o defecto en el avión.
- Programado: Se procede mediante un programa de revisión y reemplazo de partes según se especifica. El propósito es mantener el certificado de aeronavegabilidad y reponer el nivel del avión. Donde se utiliza principalmente el manual de mantenimiento original del fabricante, dividiéndose en capítulos y subcapítulos mediante el ATA 100, que es una norma que describe todas las tareas a realizar debidamente estipuladas, mostrando intervalos por horas de vuelo para que se efectúen.

El mantenimiento programado se divide en tres clases:

- El mantenimiento de tránsito es una inspección breve que se procede previo a cada vuelo y escalas. Para chequear el estado general, donde se verifica la estructura, tren de aterrizaje, compuertas de acceso, nivel de aceite y registros, etc.
- La revisión diaria completa, se efectúa previo al primer vuelo del día sin pasarse las 48 horas, verificando el estado completo del avión y si existiera algún desperfecto se realiza una tarea correctiva
- La revisión S se procede cada 100 horas de vuelo. Se chequean todo lo relacionado a la seguridad alrededor del avión, se realiza tareas específicas corrigiendo posibles daños, comprobando el nivel de fluido. (Mantenimiento de aviones, 2012)

2.14.2 Mantenimiento menor

Está compuesto por tres inspecciones:

- Revisión A, es aquella que está conformada por una inspección general de la zona de la estructura en su parte interior y exterior,

chequeando sistemas específicos y componentes, para comprobar su estado.

- Revisión B, con un mayor rigor que la revisión A, se verifica la seguridad de la estructura, componentes y sistemas, aplicando el servicio del avión.
- Revisión C, es una inspección más detallista y de mayor duración, por áreas interiores y exteriores, verificando instalaciones, sistemas y estructura. (Mantenimiento de aviones, 2012)

2.14.3 Mantenimiento mayor

Mencionado como Programa de inspección estructural, la cual es la revisión más minuciosa y profunda deben pasar los aviones. Esta revisión es muy exigente para confirmar el estado de operación y técnico de las aeronaves para que garantice la seguridad en el vuelo.

En el mantenimiento mayor posee una variedad de normas estipuladas por el fabricante incluyendo todos los procedimientos permitidos, para el cambio de una gran cantidad de partes, es una revisión más completa que se realiza en el avión. En conjunto de las tareas que se realizan son como el decapado de toda la pintura del avión, continuando con una revisión del fuselaje, empenaje vertical y horizontal, verificados con equipos electrónicos como Rayos X, se realiza cambio de motores, y los demás equipos técnicos. Se procede un desmontaje completo de todas las partes de los diferentes sistemas que existen en el avión. Luego de todo el mantenimiento se realizan vuelos de prueba para verificar el correcto funcionamiento de los sistemas del avión. (Mantenimiento de aviones, 2012)

CAPITULO III

DESARROLLO DEL TEMA

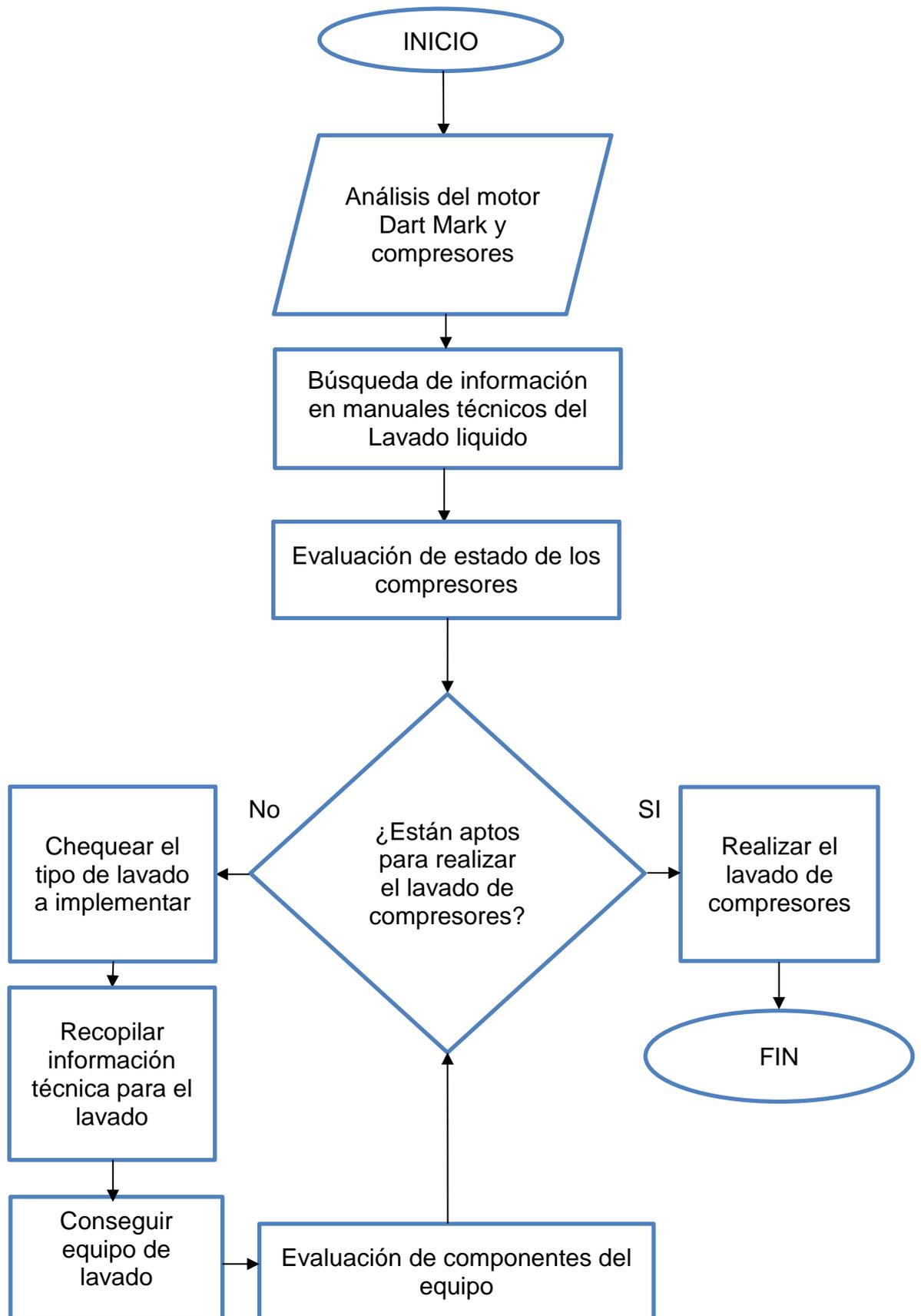
3.1 Preliminares

En el presente capítulo se detallan todos los pasos que se realizó para la ejecución de este sistema de lavado de compresores y referenciando al mantenimiento que se le suministró al tanque y su estructura metálica para este proceso y su posterior reutilización. La implementación de este tipo de equipos con su respectivo funcionamiento son un aporte fundamental para el desarrollo de nuevas formas de aprendizaje y a la vez cumplir con el objetivo primordial para realizar este tipo de tareas en los compresores de un motor Dart Mark propios del avión Fairchild FH-27J ubicado en la Unidad de Gestión de tecnologías–ESPE, tomando en cuenta parámetros de actualización, entrenamiento, experiencia y medidas de seguridad necesarias para la elaboración de este sistema.

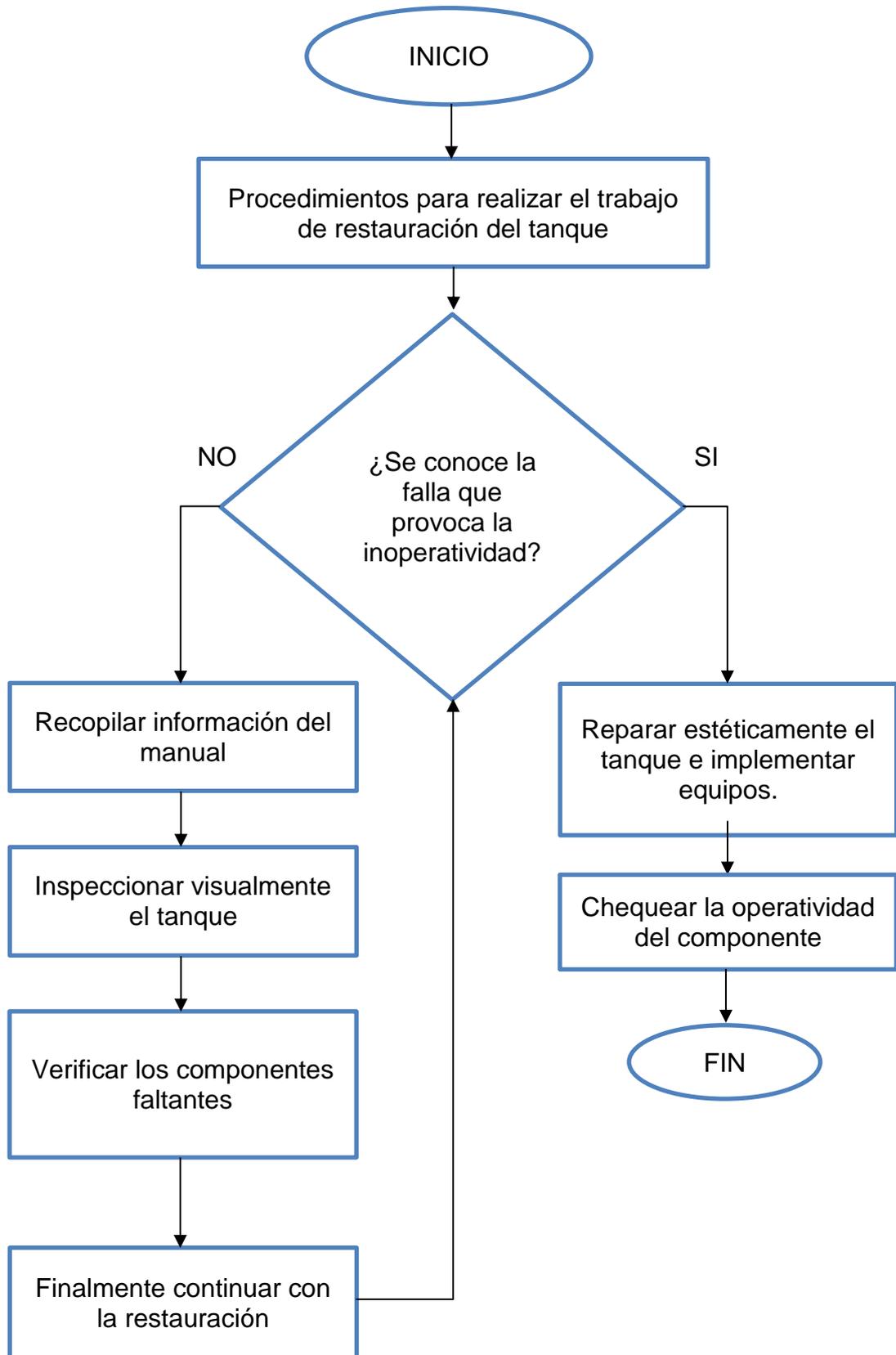
3.1.1 Procedimientos a seguir antes de realizar el lavado de compresores

- Se recopiló la información correcta del manual de mantenimiento del Motor Dart Mark para una correcta operación y realización de la tarea de mantenimiento e identificar el tipo de lavado se va a realizar en los compresores con los respectivos equipos y materiales a utilizar.
- Entre lo principal a utilizar para dicha tarea es un tanque de agua para lavado de compresores con su respectivo sistema de inyección de agua.
- Utilizar los equipos de protección personal como paso fundamental antes de realizar una correcta tarea de mantenimiento.

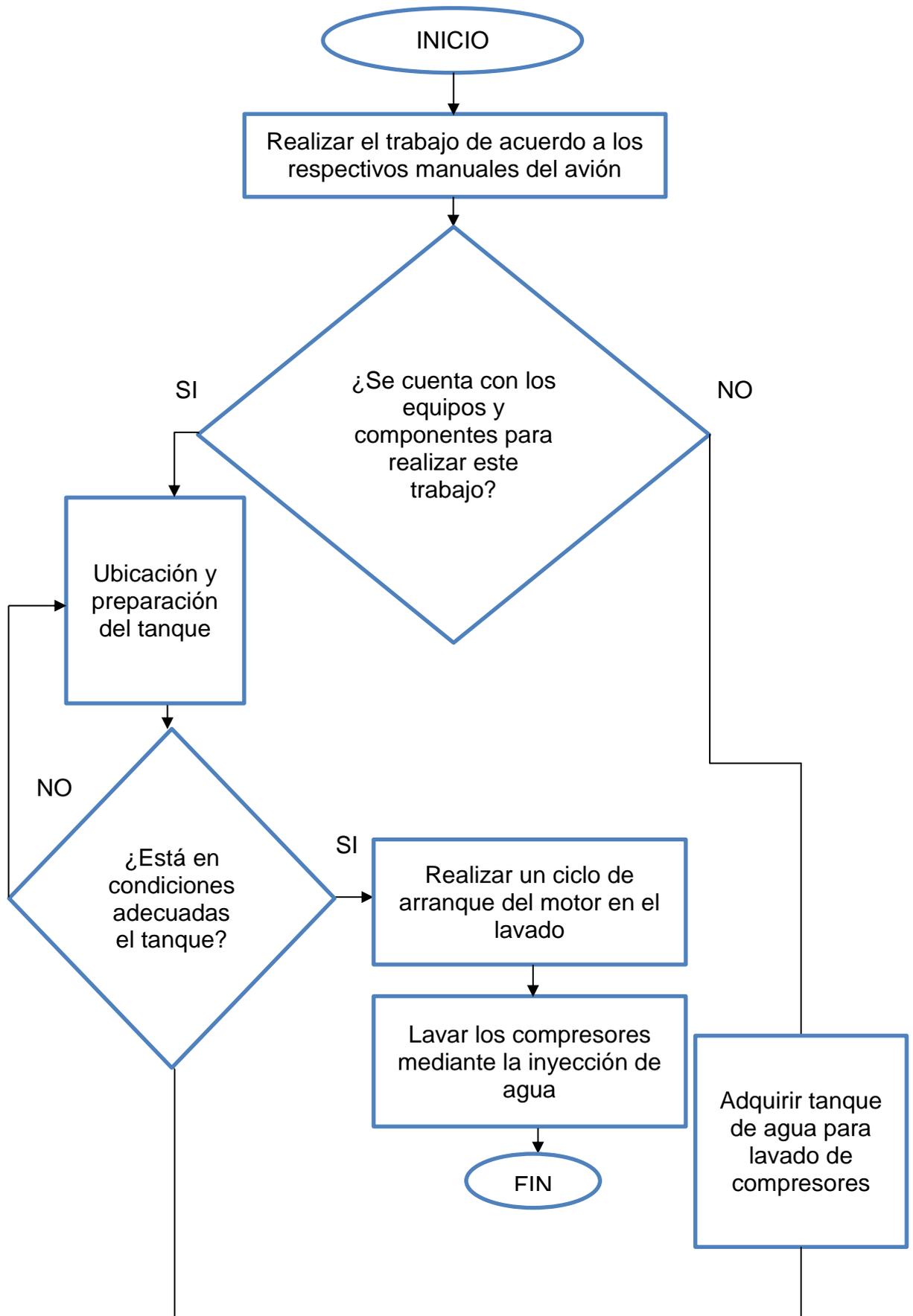
3.2 Diagrama de flujo de análisis de tema



3.3 Diagrama de flujo del proceso de restauración del tanque de agua para lavado de compresores



3.4 Diagrama de flujo del lavado de compresores del motor Dart Mark



3.5 Estudio del tanque de agua para lavado de compresores

Se obtuvo un tanque de acero dulce con las características adecuadas para una restauración completa el cual sería el componente principal para la tarea de mantenimiento, siguiendo estándares y procedimientos correctos de rehabilitación, este tanque se podrá reutilizar para la implementación de este sistema de lavado de compresores. Para lo cual se eligió el tipo de lavado líquido.

Previo a la obtención de este tanque se verificó las dimensiones correctas y a la vez pueda almacenar la cantidad de agua requerida para el lavado de compresores. Mediante procedimientos del manual de mantenimiento del motor Dart Mark se confirmó el equipo el cual debía ser utilizado para dicha tarea llegando a concluir por el uso de un tanque de agua de acero y sus respectivos accesorios.



Figura 27 Estado inicial del Tanque

3.5.1 Medidas y capacidad del tanque

Para determinar las medidas se utilizó equipos de medición elaborando una tabla con las medidas exactas y capacidad del tanque. La capacidad máxima del tanque se calculó mediante la aplicación de la fórmula del volumen tomando en cuenta que tiene forma cilíndrica, por lo que se podrá comparar con la cantidad de agua necesaria para la tarea según las

instrucciones del fabricante y verificar si es factible utilizar el tanque a rehabilitar.

Tabla 1

Radio, altura, capacidad máxima y requerida del tanque

Radio (cm)	Altura (cm)	Capacidad máxima del tanque (L) aproximada	Capacidad requerida (L) aproximada
16,5	82,5	70	40

Elaborado por: Victor Andrade

Para calcular el volumen se aplicó a siguiente formula:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = \pi \cdot (16,5 \text{ cm})^2 \cdot 82,5 \text{ cm}$$

$$V = \pi \cdot 272,25 \text{ cm}^2 \cdot 82,5 \text{ cm}$$

$$V = 70562,13 \text{ cm}^3$$

La conversion a litros fue la siguiente:

$$70562,13 \text{ cm}^3 \cdot \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 70,56 \text{ L}$$

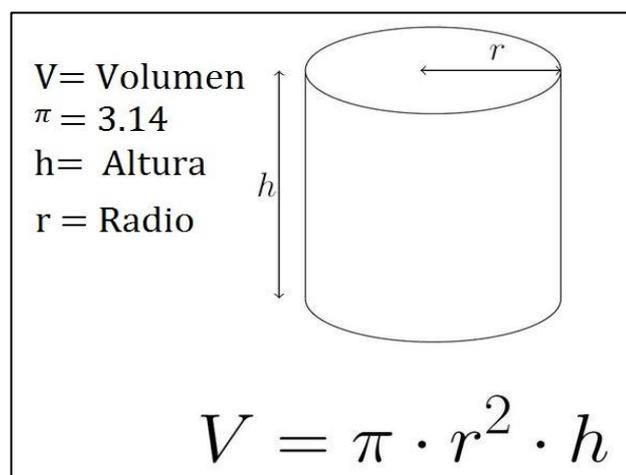


Figura 28 Volumen del cilindro

3.6 Mantenimiento correctivo del Tanque de agua

En los trabajos de mantenimiento correctivo aplicados en el tanque de agua para habilitarlo a las condiciones estipuladas por el fabricante, se tomó en cuenta varias acciones orientadas a restablecer el funcionamiento de un equipo a sus condiciones normales de operación, que a continuación se detallan paso a paso

3.6.1 Medidas de seguridad

Con lo mencionado anteriormente, la seguridad es de suma importancia para este tipo de tareas de mantenimiento, especialmente el correctivo, para de esta manera realizar y culminar satisfactoriamente este proyecto, cuidando la seguridad en el trabajo mediante los siguientes equipos de protección personal.

- Gafas de protección
- Guantes
- Overol
- Protección auditiva
- Botas de seguridad
- Mascarilla

3.6.2 Limpieza Tanque de acero

La primera fase implementada en este sistema de lavado de compresores fue realizar la inspección del tanque para posteriormente determinar las tareas que se le deben aplicar. Como en su estructura se evidencio el deterioramiento de la pintura exterior e interior del tanque además de presentar suciedad en toda su estructura, el primer paso fue realizar una limpieza general al todo el tanque aplicando detergente y agua para remover toda la desecho sobre la pintura y en la superficie.



Figura 29 Limpieza del tanque

3.6.3 Decapado de pintura del tanque de acero y su estructura

Mediante la inspección visual realizada a todo el equipo, se logró concluir la necesidad de realizar un decapado completo al tanque y su estructura. Se removió todas las tuberías instaladas en el tanque con una llave inglesa para tubo y mejorar el trabajo sobre la estructura.



Figura 30 Tubería de salida de agua del tanque

3.6.3.1 Productos y herramientas

Procedimientos efectuados a los diferentes materiales para el decapado de pintura:

- Removedor de pintura: Es un producto decapante formulado con disolventes muy activos que atacan casi todo tipo de pinturas, donde facilita su remoción total para el trabajo.
- Disolvente o thinner: Es una mezcla de disolventes orgánicos derivados del petróleo que ha sido fabricados para disolver, diluir sustancias, como la pintura de esmalte. Se utilizó para limpiar luego del decapado de pintura.

Como herramienta que se utilizaron fueron las siguientes:

- Espátula de plástico
- Lija numero 80
- Brocha



Figura 31 Removedor de pintura Adheplast

3.6.3.2 Proceso de decapado de pintura

Una vez obtenidos los materiales mencionados se procedió a la aplicación de removedor de pintura en la tapa del tanque con el uso de una brocha, así mismo se aplicó en toda la superficie del tanque, en el interior del tanque igualmente se vertió removedor.



Figura 32 Aplicación del removedor de pintura

El removedor de pintura se lo dejo actuar por unos 10 o 15 minutos para que la pintura se pueda reblandecer por completo.



Figura 33 Tanque con removedor

Como el tanque estaba recubierto por dos capas de pintura (pintura protectora y la pintura de fondo), se vió la necesidad de aplicar nuevamente el removedor pero previo a esto se removió la primera capa de pintura con el uso de una espátula.



Figura 34 Primera capa de pintura removida

En el interior del tanque se aplicó nuevamente removedor para quitar completamente la pintura deteriorada, dejando actuar nuevamente el removedor por 15 minutos.



Figura 35 Interior del tanque con removedor

Por último se retiró completamente la pintura de fondo en del tanque y se su estructura se utilizó una lija número 80 para remover las mínimos restos de pintura y luego se limpió toda la superficie metálica con thinner para eliminar los desechos de removedor.



Figura 36 Pintura removida del tanque

El interior del tanque se retiró toda la pintura luego de dos veces que se aplicara el removedor, después se vertió thinner para eliminar todo los desechos y para evitar que se cree corrosión hasta el proceso de la pintura de fondo.



Figura 37 Interior del tanque decapado

3.6.4 Inspección visual del tanque de acero

La inspección es un papel sumamente importante en la revisión de este tanque para evitar posibles fugas de agua que pueda tener. Debido que una vez se decapo completamente toda a pintura se podrá realizar la inspección con mejor claridad. Para ello se elaboró una tabla con las posibles causas

que se pueda encontrar en la estructura metálica de acuerdo a las características del tanque de acero y a que deterioro está expuesto.

Tabla 2

Casos a revisar en una inspección visual

Caso	Detalle
Rotura	Separación completa en dos o más trozos por la fuerza
Desconchado	Desprendimiento de pequeños trozos de metal.
Corrosión	Descomposición de una superficie por la acción química.
Grietas	Fractura parcial.
Abolladura	Hoyo pequeño suavemente redondeado en la superficie.
Golpeteo	Deformación de la superficie.
Picadura	Pequeñas cavidades de forma irregular en una superficie de la cual el material ha sido eliminado por corrosión o desconchado.
Surcos	Erosión concentrada y profunda.
Inclusión	Material extraño en el metal.
Combado	Curvatura o protuberancia hacia el exterior.

Fuente: (A.G.Rivas, Motores Turbina , 2003)

3.6.4.1 Resultado de inspección

Según la tabla se observó completamente el tanque y su estructura, no presentó ningún caso mencionado, por lo que el tanque está listo para su proceso de pintado, la inspección visual nos permitirá a evitar que en un futuro no exista falla sobre el equipo debido a que debe existir un mantenimiento periódico a la máquina del lavado de compresores.

3.6.5 Aplicación de pintura de fondo

Luego de la aplicación de removedor sobre la maquina se logró remover la pintura para luego continuar con el proceso de pintado, como primera fase de pintado se debió emplear la pintura de fondo para la parte exterior del equipo.

3.6.5.1 Productos y herramientas

Para esto se utilizó los siguientes materiales:

- Pintura FONDOLAC color gris mate: Donde este sirvió de recubrimiento a base de resinas de nitrocelulosa modificadas, y es un producto distinguido por su rápido secamiento, facilidad de lijado, excelente adhesión a la superficie.
- Thinner: Principalmente se usó para diluir la pintura.

Las herramientas que se utilizaron fueron las siguientes:

- Pistola spray de 400 cc
- Lija numero 220
- Espátula metálica

3.6.5.2 Proceso de pintado de fondo

Como primer paso se realizó la preparación de la superficie exterior, para ello se aseguró que este libre de grasas, aceites, polvo, moho, suciedad y otros contaminantes. Se realizó una limpieza con agua limpia para quitar todos los desechos en la superficie, después que se secó con una franela y finalmente se aplicó thinner en el interior y exterior del tanque.



Figura 38 Pintura, FONDOLAC

Una vez preparado la superficie metálica, se procedió a la preparación de la pintura FONDOLAC, primero se me mesclo bien el producto con una espátula limpia, una parte de pintura se diluyo con 2 a 2.5 partes de thinner.



Figura 39 Preparación de la pintura FONDOLAC

Se continuó con la aplicación de pintura fondo en el equipo, previo a esto se vertió la pintura en el recipiente de la pistola convencional conectada a una línea de aire neumática proveniente de compresor, y se calibro completamente la pistola mediante su tornillo de ajuste de fluido y de aire en para una correcto pintado.



Figura 40 Aplicación de pintura de fondo

Una vez aplicado la primera capa de pintura de fondo se debió esperar 50 minutos para continuar con el proceso de lijado, se utilizó una lija número 220 para dejar la superficie más liza para las siguientes capas de pintado.



Figura 41 Lijado de la pintura

Para la finalización del pintado exterior del tanque se aplicó una segunda capa de pintura esperando su proceso de secado de 50 minutos y nuevamente se lijo la superficie, para luego aplicar la tercera capa de pintura y se finalizó por completo el pintado del exterior de la máquina.



Figura 42 Pintado completo del exterior

3.6.6 Pintado para el interior del tanque

El interior del tanque metálico se debió aplicar otro tipo de pintura debido a que esta parte estará expuesta o más propensa a la corrosión, por lo que en el proceso de la tarea de mantenimiento se llenara con agua local o agua destilada, además si es para mayor limpieza se aplicara soluciones limpiadoras para el lavado de compresores del avión. Donde esta zona del tanque se deberá mantener siempre limpia de desechos en el metal y libre de corrosión.

3.6.6.1 Productos y herramientas

Para un correcto pintado de la parte interna del tanque se usó lo siguiente:

- Pintura anticorrosiva: De color gris mate, es utilizado como un protector anticorrosivo de superficies metálicas excelente para exteriores e interiores, donde nos sirvió para evitar la corrosión en el metal que está expuesta a condiciones que la produzca.
- Thinner: Se usó para diluir el anticorrosivo.

Las herramientas que se utilizó fueron las siguientes:

- Pistola spray de 400 cc
- Lija numero 320

3.6.6.2 Proceso de pintado

Como primer paso se preparó la superficie, se usó una lija número 320 para eliminar todo tipo de óxido que se encontrara, luego se preparó la pintura anticorrosiva, se mezcló dos partes de pintura con una parte de thinner donde se mezcló correctamente sin dejar grumos.



Figura 43 Pintura anticorrosiva

Se aplicó la pintura en toda la superficie metálica, para ello se usó la pistola spray, luego de terminar con la primera capa se debió esperar dos horas para su secado complete y así proceder con la segunda capa de pintura anticorrosiva.

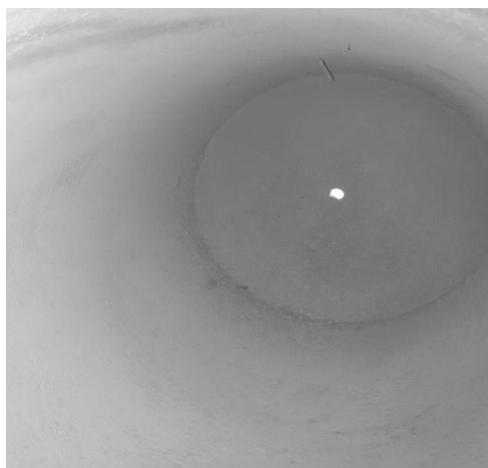


Figura 44 Parte interna del tanque

3.6.7 Pintado protector y decorativo

Una vez finalizado el proceso de decapado y pintado de fondo, se procedió con la aplicación de pintura protectora y decorativa que dará un acabado a la estructura y en conjunto a las ruedas del mismo tanque. Tal cual se eligió una pintura que posea las características adecuadas para este tipo de máquinas de trabajo en el sector aeronáutico y sea resistente para proteger el equipo y a la vez durable.

3.6.7.1 Productos y herramientas

Los materiales que se utilizó fueron los siguientes:

- Pintura esmalte color amarillo: Se eligió primeramente un color amarillo tal que este sea captado con mayor facilidad para la presencia de máquinas, en lugares donde existe riesgo de accidente, o colisión; la pintura esmalte se obtuvo por sus características protectoras y decorativas fabricado a bases de resinas de alta calidad, que permitió tener un acabado liso, duro, brillante y de elasticidad.
- Thinner: se usó como disolvente para la pintura.

Las herramientas utilizadas fueron:

- Pistola spray de 400 cc
- Lija numero 32

3.6.7.2 Proceso de pintado protector y decorativo

Primero se preparó la pintura esmalte en un recipiente, se vertió una pequeña parte de thinner para diluir correctamente la pintura, luego se usó un filtro para que la pintura quede completamente limpia de pequeños grumos.



Figura 45 Pintura esmalte

Para el pintado se utilizó una pistola spray con una cantidad de pintura esmalte, se aplicó equivalentemente en toda la superficie exterior de la máquina, la aplicación entre capas se utilizó una lija número 320 para que quedara uniforme la superficie, el lapso de tiempo que se tomo era de aproximadamente de 50 min para lijar y continuar con la siguiente capa.



Figura 46 Pintado completo

3.6.8 Restauración de las ruedas industriales

El tanque está compuesto por cuatro ruedas industriales, las dos ruedas delanteras son fijas y las dos posteriores son giratorias, debido al gran peso de este tanque es recomendable usar este tipo de ruedas. Para realizar una restauración se desmontó cada una de las ruedas, donde cada rueda tiene

cuatro pernos de sujeción, con sus respectivas arandelas y anillos de presión.

Las herramientas que se utilizaron fueron las siguientes:

- Racha con extensión
- Dados 11 mm y 1/2 pulgada
- Llaves mixtas 11 mm y 1/2 pulgada

Para la remoción de las ruedas se utilizó las herramientas mencionadas para un correcto desmontaje. Donde las ruedas delanteras se utilizó la racha y extensión con dado de 1/2 pulgada y llave mixta de 1/2 pulgada para el desajuste. Luego para las ruedas posteriores se usó la racha y extensión con dado de 11 mm y llave mixta de 11 mm.



Figura 47 Desmontaje de ruedas industriales

Una vez desmontadas las cuatro ruedas se procedió con el pintado de cada una de ellas, por lo que se utilizó pintura esmalte color negro donde posee características protectoras para el metal, se aplicó con la pistola spray.



Figura 48 Rueda industrial

Finalizado el pintado de las ruedas, todos los pernos y arandelas que se encontraron instalados fueron reemplazados con unos nuevos, después se continuó con el montaje de las ruedas para su finalización. Con todos los pasos aplicados para el mantenimiento correctivo se logró culminar este proceso dando un mejor acabado de pintura a la estructura y como principal objetivo la reutilización del mismo.



Figura 49 Ruedas instaladas y restauradas

3.6.9 Instalación de la bomba centrífuga

En un lavado de compresores del motor para que sea factible el uso de un tanque de agua que como función principal debe generar alta presión de agua para que los compresores se limpien con mayor facilidad, se necesitó

instalar una bomba centrífuga. Para la instalación de la bomba primero se armó un soporte metálico para su sujeción, se usó un taladro eléctrico con broca de 1/4" para hacer los agujeros en la parte inferior de la estructura del tanque y a la vez en la base donde se ajustara la viga metálica.



Figura 50 Perforación en la estructura

Después se sujetó la viga hacia la estructura, con dos pernos de 1/4" con sus respectivas arandelas se apretó firmemente la viga a la estructura, para la sujeción de la bomba igualmente se perforo con el taladro la viga con lo que se ajustó la bomba en su sitio con dos pernos de sujeción de 1/4", en su lugar correcto para luego instalar las tuberías de agua. Se utilizó llaves mixtas para su ajuste de 11 mm. (Ver **Anexo E** para Instrucciones de Instalación de una bomba centrífuga)



Figura 51 Sujeción de la bomba centrífuga

3.6.10 Instalación de componentes y tuberías para presión de agua

Para la instalación de las tuberías primero se verifico las medidas para la tubería, debido a que la bomba ya tenía su ubicación, para lo cual se utilizó dos tubo Neplo de 10 cm de 3/4", acople T de 3/4", reductor de a 1" a 3/4" y un tapón de 3/4", para enroscarlo en la parte inferior del tanque, donde esta será la tubería de succión de agua a la bomba.



Figura 52 Figura 1 Tubería de succión de agua

Para la salida de presión de la bomba se utilizó un reductor de 1" a 3/4", Neplo tuerca de 3/4", codo 3/4", tubo de 6 cm 3/4", para reducir o estabilizar la presión que ejerce la bomba se implementó un reductor de presión de agua regulable de 3/4" variable de 1 a 6 bares, primero se ubicó la válvula correctamente mediante la flecha impresa en el mismo donde muestra la dirección del fluido, con su respectivo manómetro de 0-100 PSI (0 a 7 bares) con rosca de 1/4" se instaló en la válvula reductora de presión.

Luego se instaló una llave de paso tipo bola, y una conexión para manguera de 3/4", y al final de la manguera se conectó la boquilla de inyección de agua con su respectiva abrazadera. La presión máxima para las tuberías es de 1.15 MPa.

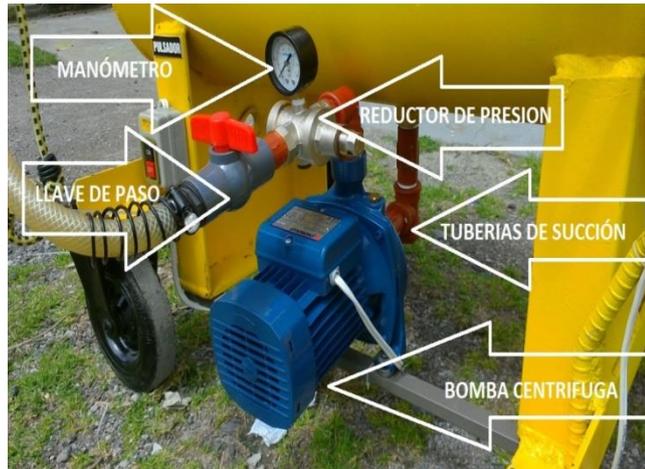


Figura 53 Tubería de salida de presión

3.6.11 Instalación del cableado eléctrico y pulsador de la bomba

Para ello se utilizó un cable gemelo de 2 metros, un pulsador “ON Y OFF” (encendido y apagado) y un enchufe de 2 patas. Primero se conectó el cable gemelo al motor de la bomba por lo que se abrió la caja eléctrica de la misma y se ajustó con un destornillador estrella los cables en los polos positivo y negativo.



Figura 54 Caja eléctrica de la bomba

Luego se abrió el pulsador para conectar el cable gemelo, por lo que se cortó el cable para conectar en los dos extremos del circuito del pulsador y así haga su función de apagar y encender la bomba.



Figura 55 Pulsador eléctrico

Una vez conectado todo el circuito, al final del cable se conectó un entufe de dos patas, luego se ubicó en la estructura del tanque el cableado junto con el pulsador. Se implementó una extensión de cable resistente al agua de 30 metros.



Figura 56 Ubicación del cableado y Pulsador

3.6.11 Pruebas de funcionamiento

Ya ensamblado todo el sistema de bombeado, se procede a verificar el desempeño optimo o posibles falla, por medio de las pruebas de funcionamiento mediante el detalle de cada parámetro especificado para su correcta operación, la misma que es realizada junto al avión Fairchild.

Tabla 3

Parámetros de prueba de funcionamiento

SISTEMAS O PARTES	DETALLE	SI	NO
Cantidad de agua requerida del tanque	Mínimo 20 Litros	X	
Presión del sistema de bombeado	3 bares	X	
Tiempo de vaciado del tanque	4 minutos	X	
Tuberías	Sin fugas de agua	X	

Elaborado por: Victor Andrade

La máquina para el lavado de compresores está en óptimas condiciones de funcionamiento y cumple con las expectativas para lo que fue diseñado y construido mediante las especificaciones del manual.



Figura 57 Prueba de funcionamiento

3.7 Proceso de Lavado del compresor

3.7.1 Introducción

Una vez finalizado el proceso de mantenimiento del tanque y a la vez instalado el mecanismo de presión de agua, Este mantenimiento realizado servirá como pasos para un futuro. La máquina de lavado se nombró de la siguiente manera: Tanque de agua para lavado de compresores.

La contaminación del compresor como el resultado de operación en un empolvoramiento grave, cargado de sal o ambiente industrial contaminado puede ser minimizada, a través de un lavado interno frecuente con agua o solución limpiadora como se enumera en el capítulo 72-12 del manual de mantenimiento del motor Dart Mark , (mezclado en concordancia con las instrucciones del fabricante).

El procedimiento es para bombear una cantidad de agua desmineralizada o agua local o solución limpiadora, bajo presión, dentro de la entrada de aire del motor durante un ciclo de encendido del motor, seguida por un arranque del motor para limpiar todo el motor con el fluido.

El más efectivo y simple método es para inducir un medio de limpieza desde un tubo de alimentación único (máximo 1.250 pulgadas de diámetro externo) instalado a la entrada de aire. Este utiliza un contenedor de acero de agua, bomba, manguera, abrazadera en forma de U, la cual retiene la manguera y así mismo retenido alrededor del borde de la entrada de aire por dos tiras de tensión, insertadas dentro de las compuertas de acceso del cubierta del motor.

La simplicidad de tal disposición facilita su uso y que operadores quien desea implementar el método de lavado mediante las instrucciones del fabricante. Esto debería ser conocido para que el uso de una bomba con las características adecuadas pueda que el agua entre al motor bajo una carga de presión de aproximadamente 23 pies (7 metros). Este procedimiento se mostrara a continuación mediante un instructivo de operación y los diferentes tipos de manuales. Ver **ANEXO B**, Introducción del lavado de compresores método 3.

3.8 Instructivo de operación



INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DEL TANQUE DE AGUA PARA LAVADO DE COMPRESORES

Elaborado por: Victor Andrade

Revisado por: Tlgo. Nelson Tigse

CÓDIGO DEL EQUIPO: N/A

UBICACIÓN DEL EQUIPO: Bloque 42

MODELO DE BOMBA CENTRIFUGA: PEDROLLO CP610

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Peso: 90 Kg

Capacidad máxima de llenado: 70 litros

Caudal máxima de la bomba: 0,125 L/min

Presión máxima de salida: 3 bares

Medida de manguera: 7 m

Medida de extensión eléctrica: 30 m

NORMAS PARA SU FUNCIONAMIENTO

Preparar el material a trabajar

Realizar el trabajo propuesto

PRECAUCIONES

Revisar el interior del tanque libre de objetos extraños peligrosos

Asegurar la cantidad de agua destinada para el lavado

No encender la bomba sin agua

Usar protección adecuada para su utilización de líquido limpiador

EQUIPO DE PROTECCION

Overol

Zapatos punta de acero

Guantes

Protectores visuales

Orejeras

Mascarilla

3.9 Descripción de manuales

La finalidad de este capítulo es dar a conocer los diferentes pasos, métodos establecidos de cualquier maquina a operar como son: mantenimiento, operación y sobre todo la seguridad, tareas que nos brindaran mayor comodidad y sobre todo la perfecta operación para el lavado de compresores.

3.9.1 Tipos de manuales

Se presentara los tres tipos de manuales que se aplicaran como una guía para el correcto procedimiento del lavado de compresores e uso del tanque de agua para lavado de compresores y cumplir el objetivo planteado del proyecto.

- **Manual de seguridad:** En el manual de seguridad se registran un conjunto de normas, procedimientos a seguir para la utilización de equipos, herramientas y maquinas, es esencial la protección personal y esta será siempre primordial para operar la máquina para el lavado y encendido del avión Fairchild FH-27J, este instructivo solventará en gran medida ciertos tipos de procedimientos para mantener la seguridad del equipo y del operario, procurando no tener accidentes.
- **Manual de operación:** Este instructivo nos brinda los diferentes procesos acordes a una correcta operación para un lavado de los compresores del motor Dart Mark, con las debidas precauciones y notas sumamente importantes para el desarrollo de la tarea de mantenimiento.
- **Manual de mantenimiento:** Es importante un control de mantenimiento del tanque de agua para lavado de compresores, esto nos ayudará a prolongar la vida útil del mismo y preservara su estado y correcto funcionamiento.

3.9.1.1 Manual de seguridad

UGT-ESPE	MANUAL DE SEGURIDAD	Pág. 1 de 1
	SEGURIDAD PARA EL LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD	Revisado: Nº: 1
	Elaborado por: Victor Andrade	Fecha: Junio 2017
	Aprobado por: Tlgo. Nelson Tigse	
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Documentar los procesos de seguridad, para evitar cualquier incidente al operador del proceso de lavado del compresor con el uso de la máquina para dicho lavado.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>Mantener un buen funcionamiento del tanque de agua para lavado de compresores, evitando cualquier accidente al operario.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <p>El personal que utilice la maquina deberá tomar en cuenta las normas y precauciones de seguridad.</p> <p>4. ADVERTENCIAS</p> <p>El motor del sistema de la bomba centrifuga trabaja a altas revoluciones, debido a que no se debe encenderla sin agua en el tanque por un tiempo</p>		

prolongado, por lo que provocaría un sobrecalentamiento en los sellos de la bomba y así dañaría todo el sistema.

La bomba trabaja con energía eléctrica de 110 voltios, y posee circuitos eléctricos en su interior de la caja eléctrica que no son totalmente sellados, así mismo el pulsador de encendido y apagado, se debe evitar derrame de agua sobre estas partes para no provocar cortos circuitos que pueden perjudicar al operador de la maquina con descargas de corriente a sí mismo. Si se desea limpiar el exterior del tanque usar franelas húmedas.

5. NORMAS DE SEGURIDAD

Se recomienda el uso obligatorio de equipo de proteccion personal al hacer el uso del tanque de lavado de compresores, debido a que este esta en contacto de liquidos lipiadores que pueden ser perjudiciales para la salud.



Figura 58 Equipos de protección personal

Firma de responsabilidad:

3.9.1.2 Manual de operación

UGT-ESPE	MANUAL DE OPERACIÓN	Pág. 1 de 1
	OPERACIÓN DE EL LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD	Revisado: Nº: 1
	Elaborado por: Victor Andrade	Fecha: Junio 2017
	Aprobado por: Tlgo. Nelson Tigse	

1. OBJETIVO:

Documentar los procedimientos que se deben tomar en cuenta para la correcta operación y funcionamiento del tanque de agua para lavado de compresores.

2. ALCANCE:

Facilitar el material necesario para operar correctamente un lavado de compresores del avión.

3. PROCEDIMIENTOS:

Preparación del tanque de agua para lavado de compresores

El sistema del tanque está compuesto por una bomba centrífuga instalada en la parte inferior del tanque de agua, esta bomba utiliza 110 voltios de corriente alterna, a la vez que esta genera presión de agua para que se transmita desde el tanque a la manguera y así genere presión a chorro en la boquilla de lavado. Para empezar a preparar el tanque para su utilización primero se debe verificar el correcto funcionamiento del mismo y proceder

con el lavado de compresores.

(1) Conectar el enchufe de la maquina a 110 voltios y verificar que encienda la bomba centrifuga por unos 2 segundos, mediante el pulsador ON y luego OFF.



Figura 59 Tanque de agua para lavado de compresores

NOTA: Para el lavado de compresores se puede utilizar los líquidos únicamente de las siguientes formas :

- a) Agua desmineralizada
 - b) Agua local
 - c) Agua + Líquido de limpieza
-
- Al elegir la opción “a” o “b” proceder normalmente con el paso (2) mencionado continuación para la preparación del tanque de agua para lavado de compresores y luego saltar al paso (4).
 - En el caso de elegir la opción “c”, Los líquidos limpiadores para el lavado de compresores continuar con el paso (2) y se deben utilizar las marcas recomendadas en la siguiente tabla del paso (3), completar todos los procedimientos.

(2) Proceder con el llenado de agua al tanque mediante la línea de llenado, conectar la manguera a una llave de agua Local o verter directamente sobre la tapa principal del tanque el agua desmineralizada, la cantidad de agua que se llena el tanque es dependiendo, si se realiza el lavado para los dos motores del avión Fairchild se debe llenar todo el tanque y para un solo motor seria medio tanque, la cantidad de agua recomendable para cada motor es de 20 litros aproximadamente.



Figura 60 Llenado del tanque

PRECAUCIÓN: Usar solamente Agua desmineralizada o Agua local, siempre que cumpla las especificaciones permisibles del agua, la calidad del agua local puede variar considerablemente en todo el mundo y se sabe que las impurezas disueltas o suspendidas en forma de partículas pueden tener un efecto de deterioro en ciertos componentes de turbina, tales como alabes de turbina. Ver **ANEXO C** Tabla de especificaciones del agua y precaución.

Tabla 4

Especificaciones del agua permisible

ELEMENTO	SIMBOLO	CANTIDAD
Cloruro	(Cl)	48 mg/1
Sulfato	(SO3)	58 mg/1
Continua		➔

Total de dureza	(Ca CO ₃)	300 mg/1
Solidos suspendidos		6 mg/1
Sodio	(Na)	7 mg/1
Potasio	(k)	6 mg/1
Calcio	(Ca)	92 mg/1
Magnesio	(Mg)	0 mg/1
Zinc	(Zm)	0 – 3 mg/1
Total de solidos		467 mg/1

Fuente: (Rolls-Royce, Rolls Royce Dart aero engine maintenance , chapter 72 , 1963)

NOTA: Las especificaciones listadas en la tabla son el máximo permisible para el procedimiento del lavado de agua del Motor Dart Mark.

NOTA: La frecuencia de la limpieza es importante para asegurar que no se permita que los compuestos corrosivos ataquen las superficies de carcaza. Si bien es preferible lavar el motor a diario, esto puede resultar Impracticable pero el lavado se debe efectuar por lo menos cada 50 horas. (Aproximadamente una vez por semana), En operaciones gravemente afectadas. Ver **ANEXO E** Procedimientos de lavado de lavado del compresor, Primera NOTA.

(3) Utilizar líquido limpiador

Preparar normalmente dentro del tanque vertiendo primeramente la cantidad de agua 20 litros y luego diluir el líquido limpiador en el tanque. Llenar una cantidad de medio tanque para el lavado de un solo motor.



Figura 61 ZOK 27

Tabla 5

Líquidos limpiadores

Material	Aplicación	Marcas aprobadas
Líquidos - lavado del compresor	Lavado interno del compresor	ZOK 27 Solvex TurboClean L9020 Ardrox 6343 B+B 3100 Rivanaes RMC-G21 Ardrox 6345

Fuente: (Rolls-Royce, Instrucciones del fabricante Chapter 70-12), Ver **ANEXO F**, Para los líquidos limpiadores

El líquido de limpieza que se utilizó fue el ZOK 27, para ello diluir con agua antes de usar, la cantidad de ZOK 27 debe ser del 20% del total del agua, es decir que para 20 litros de agua recomendada se diluye 4 litros de ZOK 27. Se debe usar agua desmineralizada para la limpieza en caliente / en línea. Puede utilizarse agua potable de buena calidad para la limpieza en frío / fuera de línea. Ver **ANEXO I** Características del ZOK, para la correcta operación y manipulación del producto limpiador.

PRECAUCIÓN: ZOK 27, evitar el contacto con los ojos, piel o ropa. Evitar respirar los vapores del limpiador, usar gafas de seguridad y guantes cuando manipule este producto.

(4) Ubicación del tanque

El tanque de agua para el lavado de compresor debe ir ubicado en la parte lateral del motor Dart Mark de la plataforma detrás de la hélice debidamente que la manguera suba en dirección perpendicular al tanque. Ver **ANEXO D**, Componentes y ubicación del tanque de agua para lavado de compresores.

PRECAUCIÓN: No ubicar el tanque delante o realmente cerca de la hélice, debido al arranque del motor, donde pueden ocurrir daños contra la hélice o maquinaria.



Figura 62 Ubicación del tanque

(5) Instalación de la abrazadera “U”:

Se coloca la manguera y los accesorios lo más alto posible sobre el NOSE COWL, con el chorro dirigido hacia el ojo de admisión. La abrazadera en “U” se ubica en la parte superior de la toma de entrada de aire también llamada NOSE COWL. Ver **ANEXO D**, Componentes y ubicación del tanque de agua para lavado de compresores.



Figura 63 Abrazadera en “U” y accesorios

NOTA: Se debe utilizar las escaleras móviles para la instalación de la abrazadera por seguridad del mecánico u operador.



Figura 64 Ubicación de la Abrazadera “U”

Una vez colocada la abrazadera “U” en la parte superior de la toma de entrada del motor se debe sujetar mediante las dos bandas elásticas que tensiona la abrazadera “U” para que quede fijamente en su lugar, los dos puntos de sujeción de las bandas elásticas van ubicadas en la compuertas de acceso del COWLING del motor. Ver **ANEXO E** Procedimientos de lavado de lavado del compresor, literal (1).



Figura 65 Puntos de sujeción de bandas elásticas

(6) Encendido del motor

Poner el motor en marcha según las instrucciones del manual de mantenimiento motor Dart Mark Capítulo 71-00 Sección 3 Arranque del motor, monitoreo y parada “ENGINE STARTING, MOTORING AND STOPPING DRILLS”. Ver **ANEXO G** para proceder con el encendido del motor.

(7) Luego de efectuar el ciclo de encendido del motor, se procede a abrir la llave de paso de agua de la bomba y seguidamente encender el tanque de agua destilada para lavado de compresores, para ello presionar el pulsador ON



Figura 66 Encendido de la Bomba

Empezara a inyectar agua en la toma de agua, y el tanque se vaciara aproximadamente 20 litros (4 ½ de galón) de agua desmineralizada o agua local especificadas en la tabla anterior, luego de vaciar el tanque presionar OFF en el pulsador. Ver **ANEXO E** Procedimientos de lavado de lavado del compresor, literal (2).



Figura 67 Lavado del compresor

NOTA: En el momento de encender la bomba verificar la indicación del manómetro ubicado en el reductor de presión, donde se chequeara la presión indicada de 2.5 a 3 bares recomendable para la bomba centrífuga al vaciar tanque se observara que bajara la presión a 0 bares.



Figura 68 Indicación del manómetro

(8) Remover la manguera y la abrazadera en “U” de la toma de entrada y retirar de su ubicación el tanque para lavado de compresores. Ver **ANEXO E** Procedimientos de lavado de lavado del compresor, literal (3).

(9) Encender nuevamente el motor según las instrucciones del manual de mantenimiento motor Dart Mark Capitulo 71-00 sección 3 Arranque del motor, monitoreo y parada “ENGINE STARTING, MOTORING AND STOPPING DRILLS” ver **ANEXO G** para proceder con el encendido del motor, correr el motor a 12000 rpm, Por un periodo de 5 minutos, para secar el motor.

(10) Reseteo FUEL DATUM, cerrar el acelerador (THROTTLE) y parar el motor.

Firma de responsabilidad:

3.9.1.3 Manual de mantenimiento

UGT-ESPE	MANUAL DE MANTENIMIENTO	Pág. 1 de 1
	MANTENIMIENTO DE EL TANQUE DE AGUA PARA LAVADO DE COMPRESORES DEL MOTOR DART MARK INSTALADOS EN EL AVIÓN ESCUELA FAIRCHILD F-27J CON MATRÍCULA HC-BHD	Revisado: Nº: 1
	Elaborado por: Victor Andrade	Fecha: Febrero 2017
	Aprobado por: Tlgo. Nelson Tigse	
<p>1. OBJETIVO:</p> <p>Descubrir el procedimiento a seguir para mantener siempre en condiciones óptimas de operación del tanque de agua para el lavado de compresores.</p> <p>2. ALCANCE:</p> <p>El presente manual permite mantener en óptimas condiciones la máquina para el lavado del compresor, para preservar la vida útil de la misma.</p> <p>3. PROCEDIMIENTOS:</p> <p>MANTENIMIENTO MENSUAL</p> <ul style="list-style-type: none">• Realizar el vaciado completo de agua del tanque retirando el tapón de la tubería de succión de agua.• Chequear las conexiones eléctricas en el pulsador, motor de bomba y extensión.• Verificar las tuberías del agua que no exista fugas, si existiera fugas usar teflón para un mejor sellado.		

MANTENIMIENTO TRIMESTRAL

- Chequear el interior del tanque que no exista desechos, suciedad o corrosión en su interior, para ello usar detergente o líquido anticorrosivo para su limpieza.
- Verificar que los pernos de la abrazadera en “U” este correctamente ajustados
- Chequear la boquilla de inyección de agua no exista obstrucciones.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL

- Realizar un desmontaje de la bomba para limpiar interiormente las tuberías de la misma eliminando con desinfectante cualquier presencia de hongo, luego del proceso realizar una prueba de funcionamiento verificando mediante la presión de salida del reductor.
- Limpiar la manguera de presión con detergente y agua eliminando cualquier suciedad, si se deja de utilizar el tanque dejar completamente seco el mismo y vaciar el agua del interior de la bomba.
- Verificar todo el circuito eléctrico de la misma y realizar pruebas de funcionamiento.

Firma de responsabilidad:.....

3.10 Presupuesto

El presupuesto presentado en el anteproyecto no es el presupuesto total por lo que fue un presupuesto estimado, pero al palpar los elementos utilizados, las herramientas, materiales y equipos adquiridos, se ha llegado al valor real.

3.10.1 Análisis de costos

Para la restauración del tanque e implementación de equipos para el lavado de compresores, se detallan a continuación costos primarios y secundarios.

Costos primarios

- Materiales y herramientas

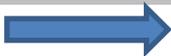
Costos secundarios

- Elaboración de textos
- Tramites de graduación

3.10.2 Costos primarios

Tabla 6

Total de Costos primarios

Descripción	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Bomba centrífuga "Pedrollo" 0.85 HP	1	210	210
Estructura de Tanque de acero	1	100	100
Reductor de 1" a 3/4"	2	1	2
Codo 3/4"	2	1	2
Tapones 1/2"	2	1	2
Tubo Neplo 3/4" 10 cm	1	2	2
Neplo tuerca 3/4"	1	2	2
Continua			

Cinta teflón	3	1	3
Cuerda elástica "Hampton" 91cm	2	5	10
Alambre gemelo 2x14"	2 m	3	6
Interruptor dos botones	1	5	5
Enchufe "COOPER" 2 patas	1	3	3
Pintura anticorrosiva Gris mate	1 L	10	10
Thinner	3 L	1	3
Removedor de pintura	2 L	5	10
Brocha 11/2	2	2	4
Espátula	1	5	5
Pintura Fondola c gris	1 L	15	15
Llave de tubo	1	10	10
Pistola spray 400cc	1	30	30
Pintura esmalte amarilla	1 L	10	10
Manguera 1/2"	2 m	2	4
Adaptadores hembra para manguera	2	2	4
Extensión de cable 15 m	2	20	40
Manómetro 0-100 PSI	1	10	10
Reductor de presión regulable de agua 3/4"	1	50	50
Canastilla metálica	1	6	6
TOTAL			558

Elaborado por: Victor Andrade

3.10.3 Costos secundarios

Tabla 7

Total de costos secundarios

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	tramites de solicitudes	10
2	Elaboración textos	100
	TOTAL	110

Elaborado por: Victor Andrade

3.10.4 Costo total del proyecto de grado

Tabla 8

Total costo del proyecto

N°	Detalle	Valor total (USD)
1	Gastos primarios	558
2	Gastos secundarios	110
TOTAL		668

Elaborado por: Victor Andrade

CAPITULO IV

4.1 Conclusiones

- Mediante el uso de información técnica del manual de mantenimiento recolectado y conocimientos adquiridos en la Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, se logró el lavado de compresores del motor Dart Mark del Avión escuela Fairchild F-27J.
- Se restableció un tanque de acero para agua mediante la implementación de equipos para su correcto funcionamiento y cumpla su meta principal para un lavado correcto de los compresores.
- Una vez finalizado la restauración e implementación de equipos en el tanque de agua para lavado de compresores se realizó pruebas de funcionamiento que determinaron la correcta del mismo.

4.2 Recomendaciones

- Es importante del uso de la información técnica respectiva para cada tipo de mantenimiento que se realiza en el avión y estar sumamente enfocado en lo que se va a realizar para evitar daños en los equipos de la aeronave y principalmente que eviten provocar accidentes graves.
- Se debe usar equipos, herramientas específicas para cada operación de mantenimiento para un trabajo correcto de forma segura, verificando siempre si están en correcto funcionamiento antes de realizar la tarea.
- La seguridad en el trabajo es sumamente importante para la manipulación, el mantenimiento y operación del tanque de agua para lavado de compresores debidamente explicados en el manual de seguridad de la tarea de mantenimiento.

GLOSARIO

Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Amenaza: Suceso o error que está fuera del control de la persona que se encarga de la operación, aumenta la complejidad de la operación y que debe manejarse para mantener el margen de seguridad.

Aviación Civil: La operación de cualquier aeronave civil, para el propósito de operaciones de aviación general, trabajos aéreos u operaciones de transporte aéreo comercial.

Avión: Aerodino propulsado por motor que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación segura

Bomba centrífuga: Es actualmente la máquina más utilizada para bombear líquidos en general.

Componente: Conjunto, parte, artículo, pieza o elemento constitutivo de una aeronave según las especificaciones del fabricante y por extensión, de la estructura motor, hélice o accesorio.

Derrames: Porción de producto líquido o sólido que se pierde por defecto o rotura, o mal manejo del envase.

Equipo: Uno o varios conjuntos de componentes relacionados operacionalmente para el cumplimiento integral de una función determinada.

Fabricante Principal: Poseedor del Certificado de Producción.

Grupo Motor: Conjunto compuesto de uno o más motores y elementos auxiliares, que juntos son necesarios para producir tracción.

Hélice: Dispositivo impulsor de una aeronave que posee palas sobre un eje impulsado por un motor que cuando rota produce por su acción en el aire un empuje aproximadamente perpendicular a su plano de rotación y el cual incluye componentes de control normalmente suministrados por el fabricante, pero no incluye los rotores principales y auxiliares o planos aerodinámicos giratorios del motor.

Inspector: Empleado de la Dirección General de Aeronáutica Civil, nombrado por Ley y designado por el Director General de Aeronáutica Civil para realizar funciones de inspección.

Mantenimiento: Trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, reparación, inspección, reemplazo de piezas, modificación o rectificación de defectos.

Motor de la Aeronave: Motor empleado o cuya intención es impulsar una aeronave. Incluye turbo sobre alimentadores, componentes y accesorios necesarios para su funcionamiento excluyendo las hélices.

Norma: Toda regla, regulación, requisito, estándar, procedimiento o sistema característico promulgado por la DGAC. Cuya obediencia es reconocida como necesaria en interés de la seguridad, regularidad o eficiencia de la aeronavegabilidad

Operador: Una persona, organización o empresa involucrada en la operación de una aeronave. Cualquier persona que autoriza la operación de la aeronave con o sin control (en calidad de propietario, arrendatario u otra forma).

Parte (de producto): Todo material, componente o accesorio de equipo aeronáutico.

Plataforma: Área definida, en un aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Reparación: Restitución a las condiciones iniciales de una aeronave o producto según su Certificado Tipo.

Sistema: Combinación de componentes y/o accesorios interrelacionados a distancias para desarrollar una función específica. Incluye los componentes básicos y todos los instrumentos, controles, unidades, piezas y partes mecánicas, eléctricas, y/o hidráulicas o equipos completos relacionados con el sistema.

Transporte Aéreo: Transporte de personas o cosas efectuado por medio de aeronaves.

Velocidad indicada: Velocidad de una aeronave como lo muestra el indicador de velocidad del tubo estático Pitot calibrado,

ABREVIATURA

AD: Directiva de Aeronavegabilidad.

AMM: Aircraft Maintenance Manual (Manual de mantenimiento de la aeronave)

FAA: Administración Federal de Aviación de los EEUU

EGT: Exhaust Gas Temperature (Temperatura de gases de escape)

EPP: Equipos de protección personal

MPa: Mega pascal

R.P.M: Revoluciones por minuto

BIBLIOGRAFÍA

Libros

- A.G.Rivas. (2003). *Motores Turbina* .
- A.G.Rivas. (2013). Motores turbina de gas.
- Cidta. (2015). Impulsión de Aguas Residuales. En *Clasificación y tipos de bombas* (págs. 1-14).

Manuales

- FAA. (2012). Aviation maintenance technician handbook - power plant. En FAA, *Aviation maintenance technician handbook - power plant* (pág. 40). Oklahoma: Department of Transportation.
- Rolls-Royce. (1963). *Rolls Royce Dart aero engine maintenance , chapter 72* . Britain.
- Rolls-Royce. (s.f.). *Instrucciones del fabricante Chapter 70-12*.

Internet

- ALIBABA. (2016). Recuperado el 27 de 04 de 2017, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/aluminum-plastic-stainless-steel-carbon-steel-mild-steel-galvanize-plate-iron-channel-letter-bending-machine-60212341310.html>
- AVIOTRADEGROUP. (2014). Recuperado el 25 de 04 de 2017, de <http://www.aviotradegroup.com/products/ardrox-6076-interior-cleaner--2>
- Cendacolor. (2013). *cenda color* . Recuperado el 4 de 2 de 2017, de http://www.cedancolor.com/pinturas_esmalte.html
- Chemetall. (1 de 2 de 2001). *Lindberg*. Recuperado el 8 de 12 de 2016, de <http://www.lindberg-lund.fi/files/Tekniske%20datblad/ARD-6345-TD.pdf>
- Copersa. (2013). Recuperado el 2 de 2 de 2017, de <http://xn--80aqobds.xn--p1ai/manometro.php>

- *ELPOPULAR*. (2015). Recuperado el 27 de 04 de 2017, de <http://www.elpopular.pe/series/manualidades/2015-08-19-aprende-utilizar-el-removedor-de-pintura>
- Espiroflex. (31 de 1 de 2016). *Mangueras de agua*. Recuperado el 7 de 12 de 2016, de <http://espiroflex.com/mangueras-de-agua/>
- GROUP, A. (2017). Recuperado el 27 de 04 de 2017, de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/flexible-pvc-plastic-clear-reinforced-garden-water-hoses-60526575159.html>
- Gtd. (23 de 1 de 2013). *System & Software Engineering*. Recuperado el 1 de 12 de 2016, de <http://www.gtd.eu/de/blog/como-funciona-un-motor-reaccion-i>
- INDUSTRY, D. (2014). Recuperado el 25 de 04 de 2017, de <http://www.directindustry.es/prod/pci-instruments-ltd/product-123801-1436979.html>
- ITAP. (2010). *Art. 14 Instrucciones de instalacion, uso y mantenimiento* .
- jnAceros. (24 de 2 de 2016). *diferencia acero inoxidable y acero dulce*. Recuperado el 5 de 12 de 2016, de [diferencia-acero-inoxidable-acero-dulce](#)
- *Mantenimiento de aviones*. (8 de 2012). Recuperado el 4 de 2 de 2017, de <https://vuelasinmiedo.es/aviacion/mantenimiento-de-aviones/>
- MERLIN, L. (2016). Recuperado el 25 de 04 de 2017, de <http://www.leroymerlin.es/fp/12754042/valvula-reductora-h-h-1/2>
- Minco. (2016). *Minco.org*. Recuperado el 1 de 1 de 2016, de <http://www.minco.org/es/informacion.php>
- Montanares, J. (13 de 5 de 2007). *Paritarios*. Recuperado el 30 de 1 de 2017, de http://www.paritarios.cl/especial_epp.htm
- Pintulac. (2005). *Pintulac*. Recuperado el 4 de 2 de 2017, de http://www.pintulac.com.ec/images/productos/docs_descarga/11167.pdf
- *Pintura y decoracion* . (2007). Recuperado el 4 de 1 de 2017, de <http://www.pintomicasa.com/2007/12/removedor-de-pinturas.html>

- Propfreak. (2013). *Picssr*. Recuperado el 1 de 12 de 2016, de <http://picssr.com/tags/f27j>
- Rochem. (1 de 1 de 2013). *Technical services*. Recuperado el 2 de 12 de 2016, de http://www.rochem.net/publish/wp-content/uploads/2013/01/Gas-Turbine-Clean-Systems_ES.pdf
- Silmid. (2016). *Silmid*. Recuperado el 10 de 12 de 2016, de <https://www.silmid.com/cleaners/compressor-cleaners/b-b-tritech-3100-engine-cleaning-fluid-5usg/>
- SKYGEEK. (2016). Recuperado el 25 de 04 de 2017, de <http://www.skygeek.com/b-and-b-3100-cleaning-compound.html>
- tecnologia, R. (2 de 2014). *Turbina de gas*. Recuperado el 3 de 12 de 2016, de <http://www.turbinasdegas.com/sistemas-de-lavado>
- Turco. (29 de 5 de 1971). *henk0008*. Recuperado el 9 de 12 de 2016, de <https://henk0008.home.xs4all.nl/TDB/CARBOBLAST.pdf>
- Villa. (2015). *Fluidos*. Recuperado el 29 de 1 de 2017, de <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/manometro/manometro.html>
- yting. (2004). *yting*. Recuperado el 2016 de 12 de 1, de <https://i.yting.com/vi/d6qgGbQXtMk/hqdefault.jpg>
- ZOK. (10 de 6 de 2013). *ZOK*. Recuperado el 7 de 12 de 2016, de <http://www.zok.com/products/27-2/>