

INSTITUTO TECNOLÒGICO SUPERIOR AERONÀUTICO

CARRERA DE MECÀNICA AERONÀUTICA

“CONSTRUCCIÒN DE UN SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÀTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO PARA EL AVIÒN KFIR.”

POR:

MORALES SALAZAR VINICIO DAVID

Proyecto de Grado como requisito para la obtención del Título de:

TECNÒLOGO EN MECÀNICA AERONÀUTICA

2005

CERTIFICACION

Certifico que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. **MORALES SALAZAR VINICIO DAVID**, como requerimiento parcial a la obtención del título de **TECNOLOGO EN MECÁNICA AERONAÚTICA**.

Subp. López J. Jorge O.
Director de Proyecto de Grado.

Latacunga, 17 de Mayo del 2006.

DEDICATORIA

El estudiante es capaz de desafiar toda adversidad, de elevarse gallardo cual cóndor sobre los andes, sintiéndose libre y manejando responsabilidades que son concedidas para él, la educación es libertad, innovación, fuerza intelectual, la cual nutre la sangre joven necesitada de conocimiento; la cual nos ayuda a crecer como persona y a forjar una profesión con nuestro propio sacrificio.

Dedico este trabajo investigativo a mis hermanos, para indicarles que no existe temores e imposibles en la vida, que tan solo todo requiere de esfuerzo, voluntad y ganas.

Vinicio David Morales Salazar.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por la vida y por la oportunidad de adquirir conocimientos en el curso de la misma; como también, por tener unos padres prodigiosos quienes me apoyan y guían en las decisiones que tomo sin temor a equivocarse, a mis hermanos por ser mi fuerza activa diaria.

A mis abuelitos, tíos, primos y amigos y demás personas quienes con una sonrisa o palabras de aliento me ayudaron a salir exitoso en este trabajo, gracias por confiar en mí siempre.

Agradezco al Departamento de Hidráulica y Neumática de la Fuerza Aérea Ecuatoriana en especial énfasis a cada uno de su Técnicos quienes con su conocimiento guiaron con cada detalle técnico al feliz término del proyecto.

Vinicio David Morales Salazar.

INDICE

| | |
|---------------------------------|--------|
| Resumen..... | Pág. 1 |
| Introducción..... | Pág. 2 |
| Tema..... | Pág. 3 |
| Planteamiento del Problema..... | Pág. 3 |
| Justificación..... | Pág. 4 |
| Alcance..... | Pág. 4 |
| Objetivos..... | Pág. 5 |
| Objetivo General..... | Pág. 5 |
| Objetivos Específicos..... | Pág. 5 |

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

| | | |
|---------|--|------|
| 1.1 | Neumática..... | |
| | Pág. 6 | |
| 1.1.1 | Propiedades de los gases..... | |
| | Pág. 6 | |
| 1.2 | Generalidades del avión Kfir..... | Pág. |
| | 10 | |
| 1.3 | Generalidades del sistema de climatización del avión Kfir..... | Pág. |
| | 11 | |
| 1.3.1 | Aire de alimentación..... | Pág. |
| | 11 | |
| 1.3.1.1 | Funcionamiento y componentes..... | Pág. |
| | 11 | |
| 1.3.2 | Sistema de climatización de la cabina y compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | 13 | |
| 1.3.2.1 | Climatización de la cabina de pilotaje..... | Pág. |
| | 13 | |
| 1.3.2.2 | Climatización del compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | 14 | |
| 1.3.3 | Componentes..... | Pág. |
| | 15 | |

| | | |
|----------|--|------|
| 1.3.4 | Funcionamiento..... | Pág. |
| | | 18 |
| 1.3.4.1 | Interruptor de recalentamiento..... | Pág. |
| | | 18 |
| 1.3.4.2 | Regulador de caudal..... | Pág. |
| | | 18 |
| 1.3.4.3 | Venturi (Caudal total)..... | Pág. |
| | | 18 |
| 1.3.4.4 | Válvula de control de temperatura..... | Pág. |
| | | 19 |
| 1.3.4.5 | Radiador intermedio inferior..... | Pág. |
| | | 19 |
| 1.3.4.6 | Radiador intermedio superior..... | Pág. |
| | | 19 |
| 1.3.4.7 | Turbina y soplante..... | Pág. |
| | | 20 |
| 1.3.4.8 | Válvula anti-hielo..... | Pág. |
| | | 20 |
| 1.3.4.9 | Sensor de temperatura de aire frío..... | Pág. |
| | | 20 |
| 1.3.4.10 | Unidad de control anti-hielo..... | Pág. |
| | | 21 |
| 1.3.4.11 | Venturi (caudal de la cabina de pilotaje)..... | Pág. |
| | | 21 |

| | | |
|----------|---|------|
| 1.3.4.12 | Válvula de retención..... | Pág. |
| | | 21 |
| 1.3.4.13 | Sensor de temperatura de aire climatizado..... | Pág. |
| | | 21 |
| 1.3.4.14 | Sensor de temperatura de la cabina de pilotaje..... | Pág. |
| | | 22 |
| 1.3.4.15 | Unidad de control de temperatura de la cabina de pilotaje..... | Pág. |
| | | 22 |
| 1.3.4.16 | Unidad de control de flujo de la cabina de pilotaje..... | Pág. |
| | | 22 |
| 1.3.4.17 | Separador de agua..... | Pág. |
| | | 22 |
| 1.3.4.18 | Aviso E.C.S OT..... | Pág. |
| | | 23 |
| 1.3.4.19 | Tablero de control..... | Pág. |
| | | 23 |
| 1.3.4.20 | Válvula de ventilación de la cabina de pilotaje..... | Pág. |
| | | 23 |
| 1.3.4.21 | Bocina de alarma..... | Pág. |
| | | 23 |
| 1.3.4.22 | Válvula de control de temperatura al compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | | 24 |
| 1.3.4.23 | Válvula de regulación de caudal al compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | | 24 |

| | | |
|-----------|---|--------|
| 1.3.4.24 | Interruptor de recalentamiento..... | Pág. |
| | | 25 |
| 1.3.4.25 | Sensor de temperatura de entrada al compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | | 25 |
| 1.3.4.26 | Unidad de control de temperatura del compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | | 25 |
| 1.3.4.27 | Válvula de ventilación del compartimiento de equipos..... | Pág. |
| | | 25 |
| 1.3.4.28 | Válvula de retención..... | Pág. |
| | | 26 |
| 1.3.4.29 | Aviso del EQUIP-TEMP..... | Pág. |
| | | 26 |
| 1.3.4.30 | Acoplamiento de la unidad de enfriamiento exterior..... | Pág. |
| | | 26 |
| 1.3.4.2 | Tipos de Soportes de Accionamiento Neumático..... | Pág.27 |
| 1.3.4.2.1 | Soporte de accionamiento neumático..... | Pág. |
| | | 27 |
| 1.3.4.2.2 | Tijereta de accionamiento neumático..... | Pág. |
| | | 27 |
| 1.4 | Generalidades de la turbina de enfriamiento del sistema de climatización del avión Kfir..... | Pág. |
| | | 28 |

| | | |
|-------|-------------------------------|------|
| 1.4.1 | Características técnicas..... | Pág. |
| | | 29 |

CAPÍTULO II

ANALISIS DE ALTERNATIVAS

| | | |
|-------|---|------|
| 2.1 | Planteamiento de alternativas..... | Pág. |
| | 31 | |
| 2.1.1 | Soporte de accionamiento neumático..... | Pág. |
| | 32 | |
| 2.1.2 | Tijereta de accionamiento neumático..... | Pág. |
| | 32 | |
| 2.2 | Criterio a tomar para la selección de las alternativas..... | Pág. |
| | 32 | |
| 2.3 | Análisis de alternativas..... | Pág. |
| | 33 | |
| 2.3.1 | Primera alternativa..... | Pág. |
| | 33 | |
| 2.3.2 | Segunda alternativa..... | Pág. |
| | 33 | |
| 2.4 | Estudio técnico..... | Pág. |
| | 34 | |
| 2.4.1 | Aspecto técnico..... | Pág. |
| | 34 | |
| 2.4.2 | Aspecto económico..... | Pág. |
| | 34 | |
| 2.4.3 | Aspecto mantenimiento..... | Pág. |
| | 36 | |

| | | |
|-------|--|------|
| 2.4.4 | Aspecto funcional..... | Pág. |
| | 37 | |
| 2.5 | Determinación de la mejor alternativa..... | Pág. |
| | 38 | |
| 2.6 | Selección de la mejor alternativa..... | Pág. |
| | 39 | |

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

| | | |
|-------|---|------|
| 3.1 | Diseño de la estructura y elaboración de planos..... | Pág. |
| | 41 | |
| 3.2 | Selección de materiales..... | Pág. |
| | 42 | |
| 3.3 | Diagrama de Procesos..... | Pág. |
| | 43 | |
| 3.3.1 | Diagrama de la construcción de la estructura para el soporte neumático..... | Pág. |
| | 44 | |

| | | |
|---------|--|------|
| 3.3.2 | Diagrama de construcción de la cuna para la turbina de enfriamiento..... | Pág. |
| | | 45 |
| 3.3.3 | Diagrama de Instalación de cañerías..... | Pág. |
| | | 46 |
| 3.4 | Diagrama de ensamble..... | Pág. |
| | | 48 |
| 3.5 | Circuito Neumático del funcionamiento del Soporte..... | Pág. |
| | | 52 |
| 3.6 | Elaboración de manuales..... | Pág. |
| | | 53 |
| 3.6.1 | Descripción del los manuales..... | Pág. |
| | | 53 |
| 3.6.2 | Manuales del soporte neumático..... | Pág. |
| | | 53 |
| 3.6.2.1 | Manual de mantenimiento..... | Pág. |
| | | 56 |
| 3.6.2.2 | Manual de verificación..... | Pág. |
| | | 57 |
| 3.6.2.3 | Manual de operación..... | Pág. |
| | | 58 |
| 3.6.2.4 | Manual de seguridad..... | Pág. |
| | | 59 |
| 3.6.2.5 | Hoja de registro..... | Pág. |
| | | 60 |

| | | |
|---------|--------------------------|------|
| 3.6.2.6 | Hoja de registro..... | Pág. |
| | 61 | |
| 3.6.2.7 | Hoja de registro..... | Pág. |
| | 62 | |
| 3.7 | Pruebas funcionales..... | Pág. |
| | 63 | |
| 3.7.1 | Pruebas sin carga..... | Pág. |
| | 63 | |
| 3.7.2 | Pruebas con carga..... | Pág. |
| | 63 | |

CAPÍTULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO

| | | |
|-------|---|------|
| 4.1 | Estudio económico..... | Pág. |
| | 65 | |
| 4.1.1 | Materiales..... | Pág. |
| | 65 | |
| 4.1.2 | Alquiler de máquinas, herramientas y equipos..... | Pág. |
| | 67 | |
| 4.1.3 | Mano de obra..... | Pág. |
| | 68 | |
| 4.1.4 | Otros gastos..... | Pág. |
| | 69 | |

| | | |
|-----|------------------|------|
| 4.2 | Costo total..... | Pág. |
| | | 69 |

CAPÍTULO V

| | | |
|-----|----------------------|---------|
| 5.1 | Conclusiones..... | Pág. 71 |
| 5.2 | Recomendaciones..... | Pág. 71 |

LISTADO DE FIGURAS

| | | |
|-------------|----------------------------|-----------|
| Figura 1.1. | Ley de Boyle-Mariotte..... | |
| | Pág. 7 | |
| Figura 1.2. | Circuito | neumático |
| | elemental..... | Pág. 8 |

| | | |
|-------------|--|------|
| Figura 1.3 | Turbina de enfriamiento del sistema de climatización del avión Kfir..... | Pág. |
| | | 28 |
| Figura 1.4. | Vista lateral derecha del avión Kfir, ubicación de la turbina de enfriamiento en el pozo de tren de nariz..... | Pág. |
| | | 30 |
| Figura 1.5. | Interior del pozo del tren de nariz, ubicación de la turbina de enfriamiento..... | Pág. |
| | | 30 |
| Figura 3.1. | Diagrama de ensamble de las diferentes partes que conforman el soporte de accionamiento neumático..... | Pág. |
| | | 48 |
| Figura 3.2 | Vista frontal de la estructura del soporte de accionamiento neumático..... | Pág. |
| | | 49 |
| Figura 3.3 | Componentes del sistema neumático del soporte..... | Pág. |
| | | 49 |
| Figura 3.4 | Ensamblaje de la estructura del soporte y el sistema neumático..... | Pág. |
| | | 50 |
| Figura 3.5 | Ensamblaje de la estructura del soporte, el sistema neumático y la cuna para la turbina de enfriamiento..... | Pág. |
| | | 50 |
| Figura 3.6 | Soporte de accionamiento neumático armado, prueba funcional..... | Pág. |
| | | 51 |

LISTADO DE CUADROS

| | | |
|-------------|---|------|
| Cuadro 1.1. | Generalidades del avión Kfir | Pág. |
| 10 | | |
| Cuadro 1.2 | Componentes del Sistema de Climatización (ECS) (a)..... | Pág. |
| 16 | | |
| Cuadro 1.3. | Componentes del Sist. Ventilación y Climatización del compartimiento de equipos (b)..... | Pág. |
| 17 | | |

LISTADO DE TABLAS

| | | |
|------------|--|---------|
| Tabla 2.1. | Ventajas y desventajas del soporte de accionamiento neumático..... | |
| | | Pág.33 |
| Tabla 2.2. | Ventajas y desventajas de la tijereta de accionamiento neumático..... | |
| | | Pág.33 |
| Tabla 2.3. | Evaluación cualitativa del material..... | Pág. 35 |
| Tabla 2.4. | Evaluación cualitativa de la elaboración..... | Pág. 35 |
| Tabla 2.5. | Evaluación cualitativa del tiempo de construcción del soporte neumático..... | Pág. 36 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| Tabla 2.6. | Evaluación cualitativa del mantenimiento del soporte neumático..... | Pág. 36 |
| Tabla 2.7. | Evaluación cualitativa del costo de construcción del soporte neumático..... | Pág. 37 |
| Tabla 2.8. | Evaluación cualitativa del funcionamiento del soporte neumático..... | Pág. 37 |
| Tabla 2.9. | Análisis de características técnicas..... | Pág. 38 |
| Tabla 2.10. | Evaluación de parámetros de cada alternativa..... | Pág. 38 |
| Tabla 2.11. | Matriz de selección..... | Pág. 39 |
| Tabla 3.1. | Codificación de los procesos de operación del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir..... | Pág. 55 |
| Tabla 3.2 | Estado de los elementos y actitud de trabajo de los mismos..... | Pág. 63 |
| Tabla 3.3 | Pruebas con carga..... | Pág. 63 |
| Tabla 3.4 | Relación Presión –Peso..... | Pág. 64 |

| | | |
|------------|---|------|
| Tabla 4.1. | Material utilizado..... | Pág. |
| 67 | | |
| Tabla 4.2. | Alquiler de maquinas y herramientas..... | Pág. |
| 67 | | |
| Tabla 4.3. | Mano de obra..... | Pág. |
| 68 | | |
| Tabla 4.4. | Otros gastos..... | Pág. |
| 69 | | |
| Tabla 4.5. | Del costo total, situación económica..... | Pág. |
| 69 | | |

LISTADO DE ABREVIATURAS

| | |
|------------|-------------------------------------|
| E.C.S. | Sistema de Control ambiental. |
| r.p.m. | Revoluciones por minuto. |
| Lb. / min. | Libras por minuto. |
| C.S.D. | Transmisión de velocidad constante. |
| Anti-G. | Anti-gravedad. |
| in. | Pulgadas. |
| mb. | Milibares. |
| bar. | bares |
| I.A.S. | Velocidad indicada por el aire. |
| ° C. | Grado centígrado. |
| p.s.i. | Libra por pulgada cuadrada. |
| AC | Corriente alterna. |
| DC | Corriente directa. |
| mm. | Milímetros. |
| m. | Metros. |
| F.R.L. | Filtro de regulación y lubricación. |

P

Presión

F

Fuerza

A

Área

RESUMEN

La construcción del soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir, surge por la necesidad de dicho equipo para el mantenimiento de la turbina que se realiza en el hangar de aviones militares del Ala N.12 F.A.E en ciudad de Latacunga.

En la primera parte se plantea el objetivo de construir el Soporte de Accionamiento Neumático para ejecutar de una manera ligera y segura el desmontaje y montaje de la unidad, de esta manera se da el mantenimiento que se requiere.

Realizando un estudio para encontrar el mecanismo que cumpla con todas las necesidades del taller en el hangar se plantearon dos alternativas de las cuales se tomo la que cumple con todos los objetivos propuestos mediante un análisis previo.

El análisis se lo realiza mediante parámetros de funcionamiento, calidad, forma entre otros, todas y cada una de las partes del soporte fueron ensambladas y diseñadas logrando el cumplimiento con los objetivos planteados, después de lo cual se inicio la construcción del equipo en un taller mecánico industrial.

Cuando se logro terminar la construcción del Soporte de Accionamiento Neumático se realizaron manuales de mantenimiento, operación, y seguridad con sus hojas de registro respectivas, las mismas que servirán para tener un control del soporte y también preservar la vida útil de éste.

Luego de la construcción completa del soporte se realizo pruebas funcionales y operativas del mismo para observar si el soporte responde con los objetivos propuestos, resultando muy satisfactorio, de esta manera cumple con los requisitos propuestos y necesidades del personal de mantenimiento del escuadrón Kfir, el cual es prioridad de este proyecto, se justifica la construcción del soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión.

INTRODUCCIÓN

Las máquinas son instrumentos o dispositivos que pueden cambiar la intensidad y dirección en que se ejerce una fuerza. Las máquinas transforman las fuerzas que se les aplican disminuyendo el esfuerzo físico que se necesita para realizar un trabajo, para trabajar, las máquinas necesitan energía; ninguna máquina funciona por sí sola, no toda la energía que recibe una máquina se aprovecha, siempre hay una parte que se pierde en vencer la fricción o rozamiento.

Últimamente con los avances técnicos, tecnológicos y científicos que son diarios estamos en la necesidad de igualar dichos parámetros un ejemplo de estos en el área de la mecánica es la automatización de ensambladoras, soldadoras y manufactureras, el crear herramientas de fácil manejo y que generen gran ayuda en el trabajo juntamente con un costo cuyo presupuesto sea bajo y que sus repuestos sean factibles de encontrar en el mercado son apreciadas por el usuario sea la rama que este ejerza.

Es primordial indicar que se puede crear uno de estos equipos. Con los tópicos presentados se lleva al I.T.S.A. y a sus estudiantes a una superación, en tal razón se propuso construir una de estas herramientas mencionadas, para el adelanto técnico de la institución, es un Soporte de Accionamiento Neumático, la función es ayudar al desmontaje y montaje de la turbina de enfriamiento del sistema de climatización y presurización del avión Kfir.

TEMA:

“CONSTRUCCIÓN DE UN SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO
PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO PARA EL AVIÓN KFIR.”

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En razón de que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ha basado parte de su pensum de estudios al área de “Mecánica Aeronáutica” en los diferentes sistemas del Avión KFIR, tomando en cuenta la cercanía y estrecha relación Tecnológica-Científica con este escuadrón, instados por las visitas constantes y consultas investigativas que los estudiantes realizan para merito académico y satisfacción propia, en dicho hangar de aviones militares del ALA N.- 12.

Las actividades realizadas y mencionadas anteriormente han permitido detectar el problema que se presenta con el desmontaje y montaje de la Turbina de Enfriamiento del Sistema de Climatización y Presurización, la misma que por su peso y localización hace difícil su maniobrabilidad, además que por versiones de los técnicos presenta mucha dificultad y riesgo al realizar el trabajo de mantenimiento de dicha unidad, retrazando el tiempo de inspección de la aeronave, por la no existencia de una herramienta para ejecutar esta función, motivo por el cual propongo la construcción de este soporte de accionamiento neumático para facilitar el proceso de mantenimiento.

JUSTIFICACIÓN

La construcción de este **Soporte de Accionamiento Neumático** para el Avión KFIR se debe a la complejidad en la Instalación de la Turbina de Enfriamiento de dicho Sistema en virtud de su peso que dificulta la maniobrabilidad de los técnicos, además el área en el que se desenvuelven los mismos es muy reducida; la construcción de éste equipo permitirá optimizar el tiempo, contribuir a la seguridad del personal y material en el mantenimiento y garantizar la confianza de la escuadrilla.

ALCANCE

El presente proyecto, va encaminado a mejorar los chequeos funcionales e inspecciones de mantenimiento en el cual se realiza el desmontaje y montaje del sistema de aire acondicionado, primordialmente de su turbina de enfriamiento motivo de ejecución de este proyecto, permitiendo con ello que las labores de mantenimiento sean más eficientes y seguras conjuntamente con el ahorro de tiempo y dinero, beneficiando principalmente al personal técnico así como al desarrollo y adelanto de la sección de mantenimiento, cabe recalcar que dicho **“Soporte de Accionamiento Neumático”** será de beneficio para el Escuadrón KFIR.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

“Construir un soporte de accionamiento neumático, para la instalación de la turbina de enfriamiento del sistema de climatización y presurización del avión Kfir, el cual será implementado en la sección de mantenimiento del programa de modernización Kfir del Ala de Investigación y Desarrollo N.- 12 ubicada en la ciudad de Latacunga.”

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar los fundamentos de Neumática.
- Investigar acerca del Sistema de Aire Acondicionado para determinar los puntos de soporte.
- Determinar los materiales e instrumentos que se van a utilizar en la fabricación del Soporte.
- Realizar pruebas funcionales.
- Elaborar manuales de mantenimiento, operación, seguridad y hojas de registros.
- Implementar el Soporte de Accionamiento Neumático con su respectiva información técnica en la sección de mantenimiento del avión Kfir.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Neumática.

Es la ciencia que se encarga del estudio, aplicación y procesos de los gases viene del griego “Pneuma” que significa viento, el aire comprimido es una forma de energía de las mas antiguas conocidas por el hombre, se emplean en numerosas herramientas donde se requieren fuerzas intensas de carácter intermitente, como perforadoras neumáticas; en herramientas de mano donde la fuerza de un motor eléctrico podría ser demasiado grande, como por ejemplo las pistolas empleadas en los talleres para apretar o aflojar las tuercas en las ruedas (llantas)de los coches.

1.1.1 Propiedades de los gases.

La superficie del globo terrestre está rodeada de una envoltura compuesta de gases esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

- Nitrógeno = 78 % en volumen.
- Oxígeno = 21 % en volumen.
- Gases raros (Argón, neón, helio, criptón, xenón) = 1 % en volumen

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contenga, permita ser comprimido y tiene la tendencia de expandirse, la ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte:

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas:

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 = P_3 * V_3 = \text{Constante}$$

Fuente: Libro de Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada

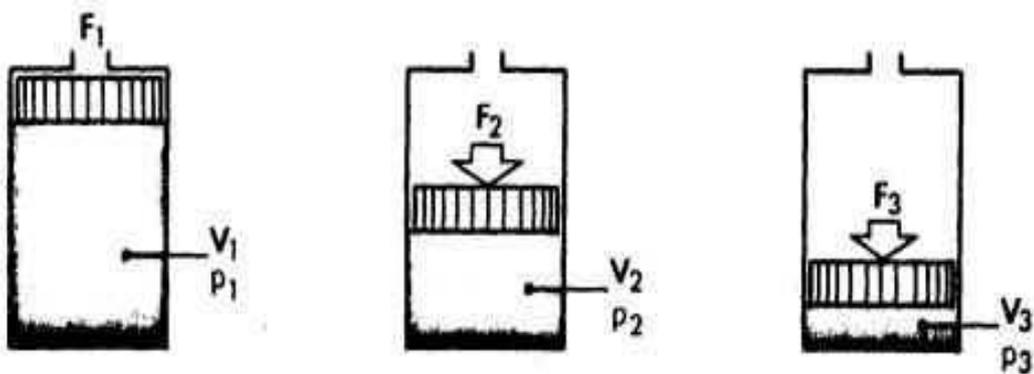


Figura 1.1. Ley de Boyle-Mariotte.

Realizado por: David Morales S.

A continuación un circuito neumático elemental con sus respectivos elementos:

Fuente: Libro de Neumática, Hidráulica y electricidad aplicada.

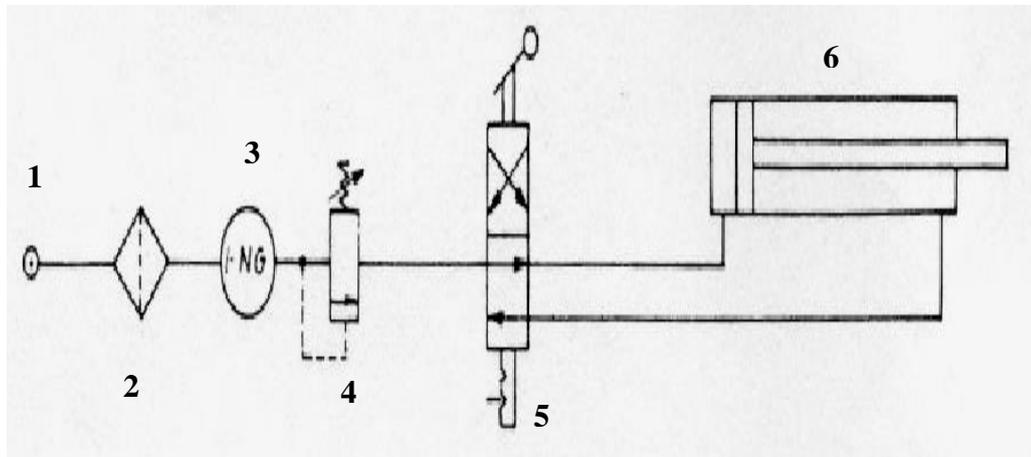


Figura 1.2. Circuito neumático elemental.

Realizado por: David Morales S.

Descripción de componentes:

- 1. Inicio de Instalación:** La fuente de aire.
- 2. Filtro:** Elemento que tiene por misión evitar el paso de partículas sólidas o dañinas para otros elementos, purifica el aire.

- 3. Engrasador:** La función de este elemento es evitar la oxidación en un circuito neumático, como consecuencia de la humedad que contiene el aire, también engrasa partes móviles.
- 4. Manorreductor:** Su función es regular la presión a la que se somete un circuito, independientemente de la presión de la red del suministro.
- 5. Distribuidor:** El distribuidor es el elemento de maniobra del circuito, el cual es accionado mecánicamente o eléctricamente.
- 6. Cilindro:** Elemento cuya elección dependerá del trabajo que deban desarrollar en el circuito.

1.2 Generalidades del avión Kfir.

Es un avión caza bombardero monoplaza, impulsado por una planta motriz única General Electric J-79-J1E, este avión posee alas delta y dos aletas canard, el fuselaje es semi-monocasco, compuesto por 36 cuadernas y un revestimiento que cumple funciones estructurales, sus características generales:

Cuadro 1.1. Generalidades del avión.

| CARACTERISTICAS AVION KFIR | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Longitud | 15.65 m. |
| Altura | 4.55m. |
| Envergadura | 8.22m. |
| Superficie Alar | 34.8 m ² |
| Planta Motriz | 1 GE J79-J1E de 8.579 Kg. de empuje. |
| Peso | 7.285 Kg.(limpio) |
| Armamento | 16.200Kg |
| Velocidad Máxima | Match 2.3 (alta cota y limpio) |
| Techo Máximo | 17.400 m. |
| Alcance de Ataque | 1.186 Km. |
| Carga Máxima | 5.770 Kg. |

1.3 Generalidades del Sistema de Climatización del avión Kfir

1.3.1. Aire de Alimentación:

En una forma General éste aire de alimentación es un complemento muy importante para los Sistemas de Presurización y Climatización, dicho aire se obtiene de la 17 etapa del compresor del motor o de fuentes externas como por ejemplo el aire de impacto.

Las misiones y la performance de un avión exigen disponer de un sistema de climatización interna a fin de proveer seguridad al piloto, asegurar el funcionamiento correcto del instrumental así como el enfriamiento de accesorios y las zonas sensibles al calor.

1.3.1.1 Funcionamiento y Componentes

En vuelo y con acción de aire dinámico, el aire que proviene de la etapa 17 del compresor del motor se encuentra a temperatura entre 340°C y 507°C. Este aire pasa a través de dos limitadores de flujo (1) y (2) hacia dos radiadores de aire primarios (3) y (4). En este momento, la temperatura de aire es ya de 274°C, cabe recalcar que ésta corriente de aire se bifurca en dos líneas:

- a. Presurización de los Sistemas del avión.
- b. Climatización de la cabina de pilotaje.

En Tierra, estando el motor en funcionamiento, se carece de aire dinámico exterior para enfriamiento de los radiadores, la operación de enfriamiento se realiza mediante los inyectores (7) y (8). Parte de aire de motor pasa a través de dos válvulas de desconexión de los inyectores (5) y (6) hacia los inyectores que lo envían a alta velocidad hacia los radiadores; ésta alta velocidad produce la succión de aire exterior a través de los radiadores y provoca el enfriamiento de aire en su interior. Las válvulas de desconexión de los inyectores están controladas por la “Llave de Gravedad” del tren de aterrizaje, después del despegue, las válvulas de desconexión de los inyectores se cierran e interrumpen su operación.

Después de los radiadores, ambas corrientes de aire se emplean nuevamente, y pasan a través de la válvula principal de presurización, un Filtro y un Venturi que deben sentir un flujo de aire de 28lb/min., en caso de que esto no suceda, las cañerías neumáticas que conectan a dicho venturi con la válvula principal de presurización solventaran este inconveniente sea aumentando o reduciendo el flujo de aire hasta obtener el parámetro requerido, en adelante el flujo de aire correcto se dirige hacia el sistema de climatización de la cabina de pilotaje y los compartimentos de equipos así como al sistema de presurización de la cabina.

Estos sistemas necesitan ser abastecidos de aire para su funcionamiento adecuado y correcto, es vital informar que cuando se da mantenimiento al sistema de Aire Acondicionado del avión Kfir, también es asistido el de Presurización que conjuntamente con el Aire de Alimentación conforman el global de este sistema.

1.3.2 Sistema de climatización de cabina y compartimiento de equipos.

Son los procesos relativos a la regulación de las condiciones ambientales para hacer más confortable el clima de lugares que deberán permanecer cerrados, relativos a su trabajo. La calefacción eleva la temperatura en un espacio determinado, con respecto a la temperatura atmosférica, a un nivel satisfactorio.

Los sistemas de ventilación controlan el suministro y la salida de aire de forma independiente para proporcionar la climatización adecuada a los ocupantes, y eliminar olores. Los sistemas de aire acondicionado controlan el ambiente del espacio interior (temperatura, humedad, circulación y pureza del aire) para la comodidad de sus ocupantes o para conservar los materiales que ahí se manejen o almacenen.

Como se conoce, que cuando se utiliza el Sistema de Climatización el de presurización va de la mano, es así que enfocaremos más al Sistema de E.C.S de la cabina de Pilotaje.

1.3.2.1 Climatización de la cabina de pilotaje.

El aire destinado a este fin proviene de la etapa 17 del compresor del motor, y pasa a través de un sistema de enfriamiento que reduce su temperatura en varias etapas. La última de estas etapas se encuentra a la salida de la turbina (19) a 4, 4° C.

El aire entra al separador de agua (23), y se mezcla con aire caliente proveniente de la parte caliente del sistema a través de la válvula de control de temperatura en la cabina de pilotaje (16). La combinación de ambas corrientes de aire, en la proporción establecida por el piloto, produce el aire climatizado de la cabina.

El control de la temperatura climatizada, se efectúa en forma automática desde la cabina de pilotaje, existiendo asimismo la posibilidad de regularla manualmente desde el tablero de control (41). La regulación de la temperatura resultante se realiza abriendo o cerrando la válvula de control de temperatura en la cabina de pilotaje (16). La temperatura de la cabina de pilotaje puede regularse entre 4,4° C y 37,8° C.

Cuando el caudal de aire que llega a la cabina es reducido, la unidad de control (43) reduce consecuentemente la climatización de los equipos y deriva el aire disponible para la climatización de la cabina de pilotaje

1.3.2.2 Climatización del compartimiento de equipos.

El enfriamiento de los equipos se realiza en forma paralela con la climatización de la cabina de pilotaje, pero dando preferencias a la cabina. La temperatura de enfriamiento de los equipos es fija y no puede ser regulada desde la cabina de pilotaje.

Esta temperatura se mantiene automáticamente mediante una unidad de control (40), que gobierna la válvula de control de temperatura de los compartimientos de equipos (32).

Esta temperatura es de 29,4° C hasta una altitud de 25.000 pies, y por encima de 30,000 pies se reduce a 4,4° C. En tierra la válvula de enfriamiento de los equipos se abre mediante la "llave de gravedad" del tren de aterrizaje, para permitir el enfriamiento de los equipos, cuando esta válvula se cierra para derivar todo el aire climatizado a la cabina de pilotaje, o cuando el caudal del sistema es demasiado reducido, se abre la válvula de ventilación de los compartimientos de equipos (36). Esta operación permite la entrada de aire dinámico exterior para enfriamiento del instrumental.

1.3.3 Componentes.

Estos componentes son parte del Sistema de Climatización y Ventilación de la cabina de Pilotaje (a) y del compartimiento de equipos (b). Los componentes del sistema de climatización están ubicados en el compartimiento del tren de nariz excepto los pre-enfriadores que están ubicados en ambos lados del motor.

Cuadro 1.2. Componentes del Sistema de Climatización (ECS) (a).

| Componentes | Desig. En Diagrama del anexo C |
|---|---------------------------------------|
| 1. Interruptor de recalentamiento | 10 |
| 2. Regulador de Caudal | 14 |
| 3. Venturi (caudal total) | 15 |
| 4. Válvula de control de temperatura de la cabina de pilotaje | 16 |
| 5. Radiador intermedio Inferior | 17 |
| 6. Radiador Intermedio Superior | 18 |
| 7. Turbina y Soplante | 19 Y 20 |
| 8. Válvula Anti-hielo | 21 |
| 9. Censor de temperatura de aire frío | 22 |
| 10. Unidad de control Anti-hielo | 39 |
| 11. Venturi (caudal de la cabina de pilotaje) | 24 |
| 12. Válvula de retención | 25 |
| 13. Censor de temperatura de aire climatizado | 26 |
| 14. Censor de temperatura de la cabina de pilotaje | 42 |
| 15. Unidad de control de temperatura de la cabina de pilotaje | 43 |
| 16. Unidad de control de flujo de la cabina de pilotaje | 38 |
| 17. Separador de agua | 23 |
| 18. Aviso de ECS OT del tablero de avisos | 44 |
| 19. Tablero de control del sistema de climatización | 41 |

| | |
|---|----|
| 20. Válvula de ventilación de la cabina de pilotaje | 31 |
| 21. Bocina de Alarma | 45 |

Cuadro 1.3. Componentes del Sist. Ventilación y Climatización del compartimiento de equipos (b).

| Componentes | Design. En el Diagrama del anexo C. |
|---|--|
| 1. Válvula de control de temperatura de los compartimientos de equipos. | 32 |
| 2. Válvula de regulación de flujo a los compartimiento de equipos | 33 |
| 3. Interruptor de recalentamiento. | 34 |
| 4. Censor de temperatura a la entrada de los compartimientos de equipos | 35 |
| 5. Unidad de control de temperatura a los compartimientos de equipos. | 40 |
| 6. Válvula de ventilación de los compartimientos de equipos. | 36 |
| 7. Válvula de retención. | 37 |
| 8. Aviso EQUIP TEMP. Del tablero de aviso | 44 |
| 9. Acoplamiento de la unidad de enfriamiento exterior. | 53 |

1.3.4 Funcionamiento.

El sistema está compuesto con los siguientes componentes:

Funcionamiento de los componentes del Sistema de Climatización y Ventilación de la cabina de pilotaje (a), visualizar en el anexo C.

1.3.4.1 Interruptor de recalentamiento (10).

Este interruptor está instalado sobre el tubo de salida de aire de los radiadores primarios en el compartimiento del motor. Cuando la temperatura en este tubo supera los 293° C. Se enciende el aviso ECS OT en el tablero de aviso, y se manda una señal adecuada al regulador de caudal.

1.3.4.2 Regulador de caudal (14)

Este regulador permite el suministro de caudal controlado de aire al sistema de presurización y climatización, de acuerdo con la presión del aire de los radiadores primarios. Con presión normal, el caudal es de 80 libras por minuto aproximadamente.

1.3.4.3 Venturi (caudal total) (15)

La presión en el venturi se transfiere al regulador a fin de establecer el caudal de aire su ministrando al sistema. El venturi funciona también como limitador de flujo.

1.3.4.4 Válvula de control de temperatura en la cabina de pilotaje (16).

Está ubicada en la línea de aire caliente del sistema, después del regulador del caudal 14 y determina, mediante su grado de apertura o cierre, la cantidad de aire caliente y, consecuentemente, la temperatura de aire climatizado. Esta válvula esta controlada en forma automática por la unidad de regulación de temperatura de la cabina de pilotaje (43), y en forma manual desde el tablero de control (41) en la cabina

1.3.4.5 Radiador Intermedio inferior (17)

Este radiador sirve como etapa preliminar para el enfriamiento del aire, luego del regulador de caudal (14) y el venturi (15), en la línea de aire frío del sistema, existe una salida de aire dinámico exterior para la ventilación del compartimiento de equipos.

1.3.4.6 Radiador Intermedio superior (18)

Sirve como segunda etapa para el enfriamiento del aire, después del radiador intermedio inferior (17). Esta unidad se enfría mediante aire dinámico exterior de la toma de aire, que alimenta también el radiador inferior (17).

1.3.4.7 Turbina (19) y soplante (20)

El conjunto de soplante y la turbina están acoplados entre sí mediante un eje común, este conjunto gira a una velocidad máxima de 70.000 r.p.m. La turbina actúa como última etapa de enfriamiento del sistema.

La turbina es accionada por el aire que viene desde el radiador superior. Como consecuencia de su rotación, el aire se expande y su temperatura desciende hasta el nivel deseado por el sistema.

1.3.4.8 Válvula antihelio (21)

Esta válvula está conectado paralelo con la turbina de aire del sistema de climatización (19). La válvula permite la regulación de la temperatura, o bien la obtención de aire a una temperatura determinada después de la turbina.

1.3.4.9 Sensor de temperatura de aire frío (22)

Está ubicado en la línea de aire frío, está conectado a la unidad de control antihelio mediante una línea servo neumática, y emite una señal indicando a la unidad de control de los cambios de temperatura, de acuerdo con la altitud de vuelo.

1.3.4.10 Unidad de control antihelio (39)

La función de esta unidad es evitar el descenso de la temperatura en la línea de aire frío por debajo de un valor dado que puede provocar el congelamiento de los vapores de agua en el aire y la formación de hielo.

1.3.4.11 Venturi (Caudal de la Cabina de Pilotaje) (24)

Este es un tubo de forma estrechada, instalado a la salida del separador de agua y antes de la entrada a la cabina. La presión en el venturi se mide y es transmitida mediante dos líneas servo- neumáticas a la unidad de control de flujo a la cabina de pilotaje (38).

1.3.4.12 Válvula de Retención (25)

Está instalada en la entrada de aire climatizado a la cabina de pilotaje, ésta válvula impide la descarga de la presurización de la cabina al producirse el corte del motor, o todo otro desperfecto que puede provocar la pérdida de climatización.

1.3.4.13 Sensor de Temperatura de Aire Climatizado (26)

El sensor mide la temperatura del aire climatizado antes de su entrada a la cabina de pilotaje, y transmite el valor censado a la unidad de control de temperatura en la cabina (43)

1.3.4.14 Sensor de temperatura de la cabina de pilotaje

Este sensor mide la temperatura reinante. Los valores censados son transmitidos a la unidad de control de temperatura en la cabina.

1.3.4.15 Unidad de Control de Temperatura de la Cabina de Pilotaje (43)

La unidad compara los rangos de temperatura obtenidos por los sensores, y aquellos requeridos por el piloto, de acuerdo con ello abre o cierra la válvula de control de temperatura de la cabina (16)

1.3.4.16 Unidad de Control de flujo de la Cabina de Pilotaje (38)

Esta unidad recibe información de presiones del venturi (24), destinada a asegurar un caudal mínimo de 15 libras por minuto a la cabina. La regulación de este caudal se efectúa mediante la válvula de regulación de flujo a los compartimientos de los equipos (33). Dado que el sistema de climatización es común a la cabina y a los equipos.

1.3.4.17 Separador de Agua (23)

La función del separador es retener las gotas de agua condensadas en el aire frío resultantes de la baja temperatura y drenarlas hacia el exterior del avión.

1.3.4.18 Aviso ECS OT

Esta luz está ubicada en el tablero de avisos va acompañado por el sonido de la bocina de alarma, es accionada por el interruptor de recalentamiento, este aviso da la alarma cuando la temperatura supera los 293° C, a la salida de los radiadores primarios.

1.3.4.19 Tablero de Control (41)

Está ubicado en la consola derecha y comprende las llaves siguientes:

- PRESSURIZE -para accionamiento del sistema.
- OVERRIDE - para reconexión del sistema.
- AUTO/MAN - selector de control de climatización.
- Selector de a temperatura en la cabina.
- EMERG COLL - para enfriamiento de emergencia.

1.3.4.20 Válvula de Ventilación de la cabina de pilotaje (31)

Esta válvula está instalada del lado derecho, parte inferior de la cabina de pilotaje, y su apertura permite la entrada de aire dinámico exterior a la misma, se acciona a fin de ventilar la cabina para disipar malos olores, humo o vapor.

1.3.4.21 Bocina de Alarma.(45)

Además de los avisos de alarma en la cabina existe un sistema sonoro de alarma que introduce una señal en el sistema de audio del piloto produciendo un zumbido en sus auriculares.El E.C.S. suministra aire presurizado a los siguientes sistemas adicionales:

1. Inflado del burlete de cabina.
 2. Inflado del pantalón Anti-G.
 3. Eyectores de enfriamiento del CSD.
 4. Presurización de depósitos de fluido hidráulico.
- De manera siguiente el funcionamiento de los componentes del Sist. Ventilación y Climatización del compartimiento de equipos (b).

1.3.4.22 Válvula de control de temperatura a los compartimientos de equipos (32).

La válvula regula la cantidad de aire caliente enviada a la corriente de aire frío del sistema, para obtener el aire climatizado requerido.

1.3.4.23 Válvula de regulación del caudal a los compartimientos de equipos (33).

Regula la distribución de aire climatizado entre la cabina de pilotaje y el compartimiento de equipos, dando preferencia a la cabina, de modo de asegurar a la misma un caudal de 10 lb/min.

1.3.4.24 Interruptor de recalentamiento (34).

Cuando la temperatura al compartimiento de los equipos aumenta excesivamente o cuando el caudal de aire dirigido a los mismos es demasiado reducido este interruptor enciende el aviso EQUIP TEMP del tablero de aviso.

1.3.4.25 Censor de temperatura de entrada a los compartimientos de equipos (35).

Mide la temperatura del aire de entrada y emite una señal a la unidad de control de temperatura de los compartimientos de los equipos (40) alertando sobre variaciones en dicha temperatura.

1.3.4.26 Unidad de control de temperatura de los compartimientos de equipos (40).

Cuando se produce diferencia entre ambos valores, la unidad emite una señal para el accionamiento de la válvula de control de temperatura de los compartimientos (32), para producir su aumento o su disminución.

1.3.4.27 Válvula de ventilación de los compartimientos de equipos (36).

El aire dinámico exterior de ventilación de los compartimientos de equipos llega desde la entrada al radiador intermedio inferior (17) y al abrirse esta válvula, llega aire dinámico a los equipos.

1.3.4.28 Válvula de retención (37).

El sistema posee tres válvulas de retención, que se detallan a continuación:

- Una válvula instalada después de la válvula de ventilación de los compartimientos de equipos (36) cuya función es evitar la descarga de aire climatizado a través de la válvula de ventilación (36), en caso de desperfectos.
- Una válvula instalada después de la válvula de regulación del flujo (33), cuya función es evitar la entrada de aire dinámico exterior del sistema de ventilación del compartimiento de equipos al sistema de climatización de la cabina de pilotaje.
- Y la tercera válvula cuya función es evitar la descarga de aire de ventilación del sistema de climatización de los compartimientos de los equipos hacia el exterior del avión.

1.3.4.29 Aviso del EQUIP TEMP (44).

Este envía una señal al tablero de avisos cuando la temperatura en la línea del aire climatizado aumenta excesivamente o cuando hay insuficiente flujo de aire.

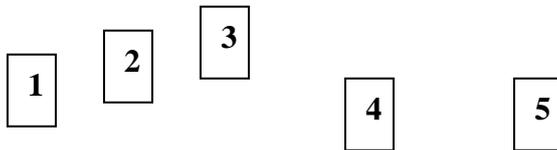
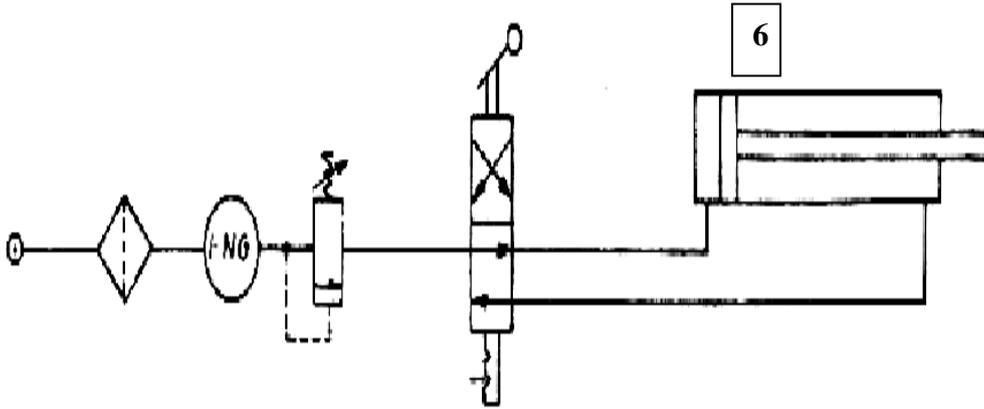
1.3.4.30 Acoplamiento de la unidad de enfriamiento exterior (53).

Cuando el sistema de climatización y ventilación de los compartimientos de equipos no están en funcionamiento en tierra o cuando el caudal suministrado por el motor es insuficiente para el enfriamiento satisfactorio de los equipos se puede conectar a una unidad exterior de enfriamiento en tierra. El punto de conexión se halla en la nariz del avión y el enfriamiento exterior es suministrado solo al radar y al instrumental aviónico.

1.3.4.3 Tipos de Soportes de Accionamiento Neumático.

1.3.4.3.1 Soporte de accionamiento neumático.

La función de un soporte es levantar carga y soportar el peso, ahora la energía para su funcionamiento puede ser de diferente constitución, como el aire, engranes mecánicos ó fluidos (hidráulica). El material para la fabricación de la estructura debe ser resistente como el acero, todo equipo está constituido de elementos así, un cilindro neumático (6), una válvula de accionamiento y control (5), un manurreductor (4) un conjunto de instrumentos que trabajan simultáneamente como un filtro (2), un lubricador (3) o engrasador y manómetro, los mismos que controlan el flujo de aire, la humedad, conservando los elementos móviles que pueda tener el circuito neumático. El equipo neumático toma el aire de la fuente que hay en los talleres, a continuación un diagrama del circuito básico neumático de un soporte simple.



1.3.4.3.2 Tijereta de accionamiento neumático

Es un soporte de mayores características, se podría mencionar que es el mismo soporte simple, pero la diferencia es muy notoria, tiene mayor cantidad de elementos, una estructura más grande y de mayor peso, ocupa mayor espacio de trabajo, mayor precio al darle mantenimiento, y su trabajo es para levantar y soportar pesos de gran magnitud.

1.4 Generalidades de la turbina de enfriamiento del sistema de climatización y presurización del avión Kfir.

Factor principal en los accesorios del sistema de climatización, encargado de recibir el aire desde la etapa 17 del compresor del motor que ingresa de 200°C a 400°C, este aire caliente pasa por los limitadores de flujo y de allí hacia los radiadores intermedios tanto superior como inferior utilizando aire dinámico exterior frío, mezclándolo y climatizando el aire luego ingresa a la turbina que está acoplada a un eje común, éste conjunto gira a 70.000 r.p.m la temperatura que entrega este conjunto es de 17 °C a 4.4 °C.

Fuente: Hangar de aviones militares Ala N.- 12 Latacunga.

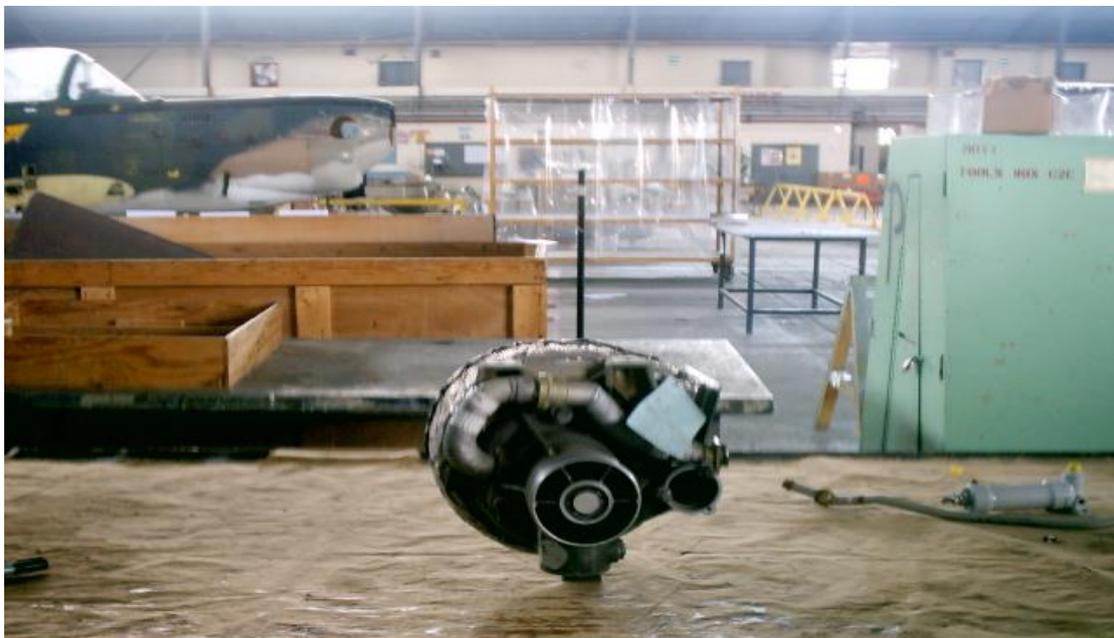


Figura 1.3. Turbina de enfriamiento del sist. de climatización del avión Kfir.

Realizado por: David Morales S.

1.4.1 Características técnicas

Está ubicada en el pozo del tren de nariz en el intrados del avión, indicado por el rectángulo rojo que se mira en la figura 1.4, va adherida a la estructura por un perno que sale del mamparo del avión y otro perno más que tiene la turbina el cual ingresa a la estructura del avión.

Para su lubricación se utiliza el aceite del motor cuyo No. de parte es MIL-L-23699C ACEITE 2380 SAE 40, el cual lubrica los rodamientos y los extremos de la turbina evitando fricción o que se remuerda, el chequeo se lo realiza cada 25 horas de vuelo, o cada 3 meses calendario.

- Dimensiones y peso:

- Longitud = 0.4 m
- Alto = 0.35 m.
- Ancho = 0.35 m.
- Volumen = 0.049 m³.
- Peso = 30.23 Kg.

- Ubicación de la turbina de enfriamiento del avión Kfir:

Fuente: Hangar de aviones militares Ala N.- 12 Latacunga.



Figura 1.4. Vista lateral derecha del avión Kfir, ubicación de la turbina en el pozo de tren de nariz.

Realizado por: David Morales S.

Fuente: Hangar de aviones militares Ala N.- 12 Latacunga.

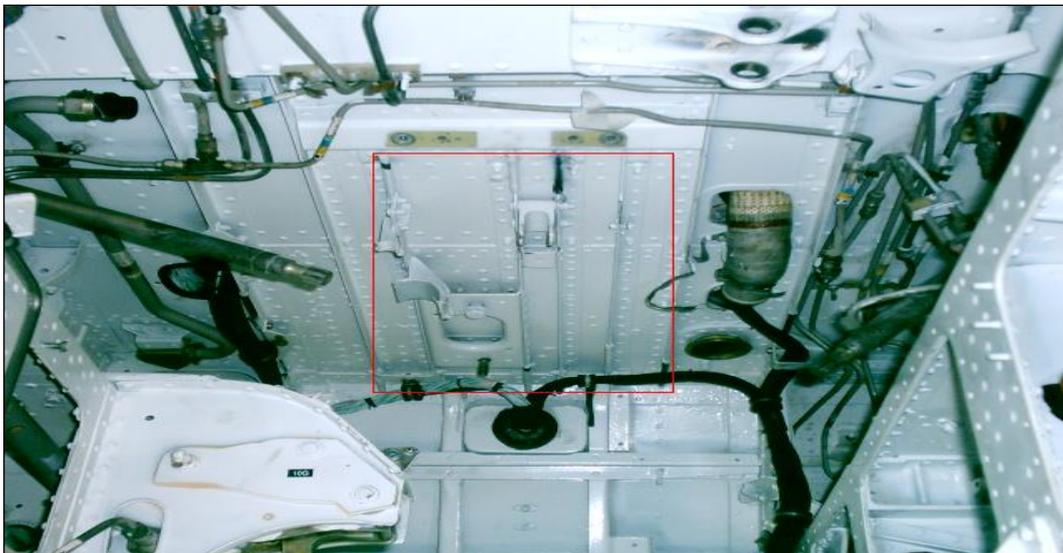


Figura 1.5. Interior del pozo de tren de nariz, ubicación de la turbina de enfriamiento.

Realizado por: David Morales S.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

2.1 Planteamiento de alternativas

Para el desarrollo y ejecución del Soporte Neumático se plantearán dos alternativas a fin de determinar la mejor para la construcción del mismo basándose en requerimientos técnicos, económicos y didácticos tales como:

- Factor Estructural.
- Factor Mecánico.
- Confiabilidad.
- Disponibilidad.
- Mantenimiento.
- Costo.

Se plantean las siguientes alternativas:

1. Soporte de accionamiento neumático.
2. Tijereta transportadora de accionamiento neumático.

2.1.1 Soporte de accionamiento neumático

Expone la construcción de un soporte neumático, el material para la fabricación de la estructura es acero, con presencia de elementos, como por ejemplo un cilindro neumático, válvula de control manual, un conjunto de control simultaneo, de manera que se pueda realizar el montaje y desmontaje de la turbina de enfriamiento del avión Kfir con el menor riesgo de dañar el material.

2.1.2 Tijereta transportadora de accionamiento neumático

Expone la construcción de una tijereta transportadora de accionamiento neumático, en si se podría mencionar que es el mismo soporte pero la diferencia es muy notoria, tiene mayor cantidad de elementos, una estructura más grande ocupando mayor espacio de trabajo y peso, disminuyendo la motricidad a la hora de ejecutar la actividad de mantenimiento.

2.2 Criterio a tomar para la selección de alternativas

Criterios generales

- Facilidad de manejo
- Seguridad en la operación
- Confiabilidad

Se determinan referencias que ayuden a escoger la mejor alternativa, se citan algunas ventajas y desventajas que muestran cada una de ellas.

2.3 Análisis de alternativas

2.3.1 Primera alternativa

El soporte de accionamiento neumático

Tabla 2.1. Ventajas y desventajas del Soporte Neumático

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|-------------------------|
| Los materiales se pueden encontrar fácilmente en el mercado | Tiempo de construcción |
| Mayor rigidez y estabilidad | Mayor peso |
| Fácil mantenimiento | Mantenimiento periódico |
| Menor costo | |
| Menor espacio | |

2.3.2 Segunda alternativa

Tabla 2.2. Ventajas y Desventajas Tijetera neumática.

| VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|---|--------------------|
| Material fácil de encontrar en el mercado | Mayor costo |
| Mayor rigidez y estabilidad | Mayor peso |
| | Mayor tamaño |

2.4 Estudio técnico

Para el análisis de las alternativas presentadas se tomo en cuenta las ventajas y desventajas de cada una, razonadas las más importantes así como también basada en criterios profesionales que ayudaron a dicha selección.

2.4.1 Aspecto técnico

- Material empleado
- Proceso de elaboración
- Tiempo empleado en la construcción
- Mantenimiento
- Aspecto funcional

2.4.2 Aspecto económico

- El costo de la construcción del Soporte de accionamiento neumático.

De manera siguiente se procede analizar los aspectos de cada una de las alternativas.

La evaluación de cada uno de estos aspectos se dará a conocer en forma cualitativa y cuantitativa las cuales ayudaran a establecer la mejor alternativa.

Entre los valores de 0 al 1 según el nivel de importancia que proporcionaremos para cada parámetro en estudio.

- **Material Utilizado**

El material empleado debe tener las características que le puedan dar rigidez y resistencia al Soporte de Accionamiento Neumático como también la facilidad de encontrarlo en el mercado, “f.p = 0.9”

Tabla 2.3 Evaluación cualitativa del material

| MATERIAL | |
|--------------------|--------------------------|
| ALTERNATIVA | EVAL. CUALITATIVA |
| 1 | S |
| 2 | MB |

- **Proceso de elaboración**

Se refiere al proceso de fabricación de cada una de las piezas las cuales deben cumplir con el objetivo determinado, “f.p = 0.8”.

Tabla 2.4 Evaluación cualitativa de elaboración

| PROSESOS DE ELABORACIÓN | |
|--------------------------------|--------------------------|
| ALTERNATIVA | EVAL. CUALITATIVA |
| 1 | MB |
| 2 | B |

- **Tiempo empleado en la construcción**

Es el tiempo necesario para la fabricación del soporte de accionamiento neumático el cual se deberá cumplir con el cronograma de actividades establecido. “f.p = 0.8”.

Tabla 2.5 Evaluación cualitativa del tiempo de construcción

| TIEMPO EMPLEADO EN LA CONSTRUCCIÓN | |
|---|--------------------------|
| ALTERNATIVA | EVAL. CUALITATIVA |
| 1 | S |
| 2 | MB |

2.4.3 Aspecto mantenimiento

Se debe tomar en cuenta este punto ya que su mantenimiento debe ser fácil y económico, “f.p = 0.8”.

Tabla 2.6 Evaluación cualitativa de mantenimiento

| MANTENIMIENTO | |
|----------------------|--------------------------|
| ALTERNATIVA | EVAL. CUALITATIVA |
| 1 | MB |
| 2 | B |

- **Costo de construcción**

Es muy importante realizar un análisis económico puesto que este es un factor es de gran incidencia en la construcción del soporte de accionamiento neumático por su importancia el valor de ponderación es, “f.p = 0.9”

Tabla 2.7 Evaluación cualitativa del costo de construcción

| COSTO DE CONSTRUCCIÓN | |
|------------------------------|--------------------------|
| ALTERNATIVA | Eval. CUALITATIVA |
| 1 | MB |
| 2 | B |

2.4.4 Aspecto funcional

La forma funcional y el control del soporte de accionamiento neumático debe ser de un desempeño eficiente, “f.p = 0.9”.

Tabla 2.8 Evaluación cualitativa del funcionamiento.

| ASPECTO FUNCIONAL | |
|--------------------------|--------------------------|
| ALTERNATIVA | Eval. CUALITATIVA |
| 1 | S |
| 2 | S |

Para proceder a una cuantificación se asigna valores a las calificaciones cualitativas así de 8 a 10 siendo, 10 equivalente a sobresaliente y 8 a bueno.

Tabla 2.9 Análisis de características técnicas

| CUALITATIVA | CUANTITATIVA |
|--------------------|---------------------|
| B | 8 |
| MB | 9 |
| S | 10 |

2.5 Determinación de la mejor alternativa

Mediante el uso de valores ponderados y utilizando las características mecánicas del material establecemos una tabla de valores para obtener con mayor facilidad que alternativa será seleccionada.

Tabla 2.10 Evaluación de los parámetros de cada alternativa

| CARACTERISTICA | FACT. PONDERACIÓN | PRIMERA | | SEGUNDA | |
|------------------------|------------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | | ALTERNATIVA | ALTERNATIVA | ALTERNATIVA | ALTERNATIVA |
| | | Cualitativa | Cuantitativa | Cualitativa | Cuantitativa |
| Material empleado | 0.9 | S | 10 | MB | 9 |
| Proceso de elaboración | 0.8 | MB | 9 | B | 8 |
| Tiempo de construcción | 0.8 | S | 10 | MB | 9 |
| Mantenimiento | 0.8 | MB | 9 | B | 8 |

| | | | | | |
|-----------------------|-----|----|---|---|----|
| Costo de construcción | 0.9 | MB | 9 | B | 8 |
| Aspecto funcional | 0.9 | MB | 9 | S | 10 |

Estos valores son determinados de acuerdo a la evaluación y definición de cada aspecto para las alternativas propuestas.

Utilizando los resultados obtenidos en la tabla 2.10 se obtiene la cuantificación de las propuestas de construcción, siendo escogida la propuesta que alcance el mayor puntaje.

Tabla 2.11 Matriz de selección

| PUNTAJE CUANTITATIVO | | |
|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| CARACTERISTICAS | PRIMERA ALTERNATIVA | SEGUNDA ALTERNATIVA |
| Material empleado | 9 | 8.1 |
| Proceso de elaboración | 7.2 | 6.4 |
| Tiempo empleado en la construcción | 7.2 | 8 |
| Mantenimiento | 7.2 | 6.4 |
| Costo de construcción | 8.1 | 7.2 |
| Aspecto funcional | 8.1 | 9 |
| Total | 46.8 | 45.1 |

2.6 Selección de la mejor alternativa

En base a los resultados obtenidos por la matriz de selección se opta por la primera alternativa, la cual es la más adecuada para la construcción del Soporte de

accionamiento Neumático por que cumple con los criterios de facilidad de manejo, seguridad y confiabilidad.

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN

En este capítulo se habla de la construcción del Soporte de Accionamiento Neumático para el mantenimiento de la turbina de enfriamiento del avión Kfir cuyo objetivo es resumir las principales consideraciones de procesos de manufactura y ensamble para llevar a cabo la construcción y piezas del soporte, éste se realizara en un orden exacto optimizando el tiempo y recursos de una mejor forma, el mismo que esta conformado de la siguiente manera:

3.1 Diseño de la estructura y elaboración de planos.

3.2 Selección de materiales y componentes

3.3 Diagramas de Procesos.

3.4 Diagramas de Ensamble.

3.5 Elaboración de manuales.

3.5.1 Manual de mantenimiento.

3.5.2 Manual de operación.

3.5.3 Manual de seguridad.

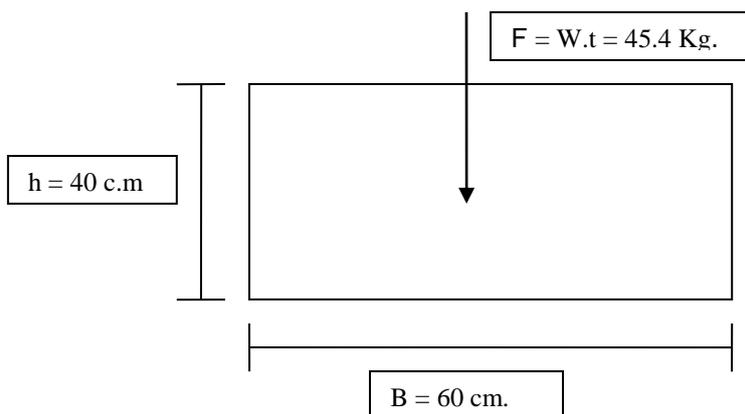
3.5.4 Hojas de registro.

3.6 Pruebas funcionales.

3.1 Diseño de la estructura y elaboración de planos.

El diseño que se utiliza es de una presentación sencilla, fuerte y cómoda, presentada en la figura 3.5, y en los planos de construcción que se encuentra en el anexo C, éste presta al técnico mayor facilidad al trabajo del montaje y desmontaje de la turbina del sistema de climatización, el soporte es desarmable y seguro, cabe indicar que lo único que se realizó fue un ensamblaje de una estructura cuya forma se asemeja una torre, a un pistón neumático de esta manera la estructura fija al pistón y soporta la carga, la misma que es puntual sobre una superficie, esta carga o peso es dividida en forma equitativa para cada uno de los apoyos que son cuatro, conociendo que la resistencia estructural del acero.

DATOS



- $(P = F/a)$ $W_{\text{turb}} = 45.4 \text{ Kg} = 100 \text{ lbs.}$
- $P = ?$ $W_{\text{estruc}} = 15 \text{ Kg.} = 30 \text{ lbs.}$
- $F_t = 588 \text{ N}$ $W_{\text{total}} = 60 \text{ kg.} = 132.3 \text{ lbs}$
- $B = 60\text{cm.}$ $W_t = F_t = 60 \text{ kg.} * 9.8 \text{ N} = 588 \text{ N}$
- $h = 40 \text{ cm.}$ $W_t = 60 \text{ kg.} / 4 = 15 \text{ Kg.} = 33 \text{ lbs}$ que soportara los apoyos

- $1 \text{ Kg. m.} = 9.8 \text{ N}$ $1\text{Kg} = 2.2048 \text{ lbs}$
- $A_{\text{base}} = B * h = (60\text{cm} * 40\text{cm}) = 2400 \text{ cm}^2 = 0.24 \text{ m}^2$
- $P = F_t/a$ $P = 588 \text{ N} / 0.24 \text{ m}^2$ $P = 2450 \text{ N} / \text{m}^2.$
- **Longitud del tubo de acero (d) = 1.11 m**

Entonces:

$$M_f = F * d$$

- $M_f = 588 \text{ N} * 1.11\text{m}$
- $M_f = 652.68 \text{ N/m.} / 4$
- $M_f = 163.17 \text{ N/m}$ en los apoyos.

3.2 Selección de materiales.

Se selecciono dos planchas de acero de 4 mm., y un tubo de acero cuyas dimensiones y propiedades mecánicas son:

Planchas de acero:

- | | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> Base 1 • Dimensión: 60cm * 40cm. • Espesor: 4 mm. • 3. Tubo de la estructura (acero). | <ol style="list-style-type: none"> Base 2 Dimensión: 26cm * 22cm Espesor: 4 mm Cuna |
|--|---|

- Longitud: 111 cm. Dimensión: 37cm*8cm
- Espesor: 3 mm. Espesor: 3mm
- Diámetro: 2,5 cm.

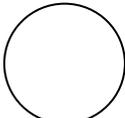
Propiedades mecánicas del acero A-36:

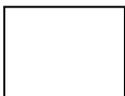
Esfuerzo mínimo de fluencia: $36 - 32 \text{ Klb/plg}^2 = (2250 \text{ Kg. /cm}^2)$.

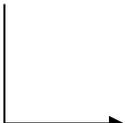
Resistencia especificada mínima a la tensión: $58 - 80 \text{ Klb/plg}^2 = (4078 \text{ Kg. /cm}^2)$

3.3 Diagrama de procesos

A continuación se presenta el diagrama de procesos que se utiliza en la construcción de las diferentes partes que conforman el soporte neumático, utilizando la siguiente simbología:

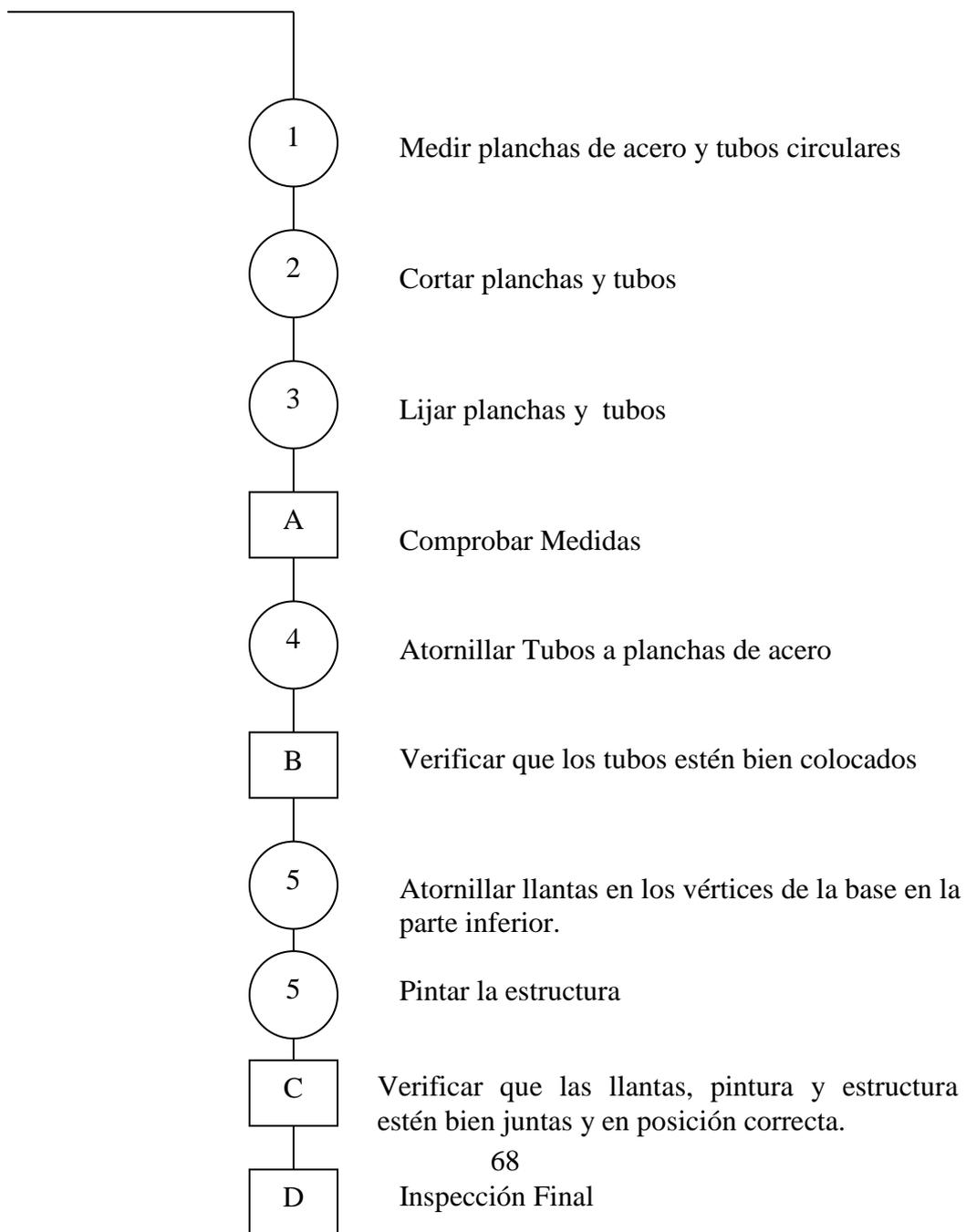
 = Operación

 = Inspección o Comprobación

 = Ensamble

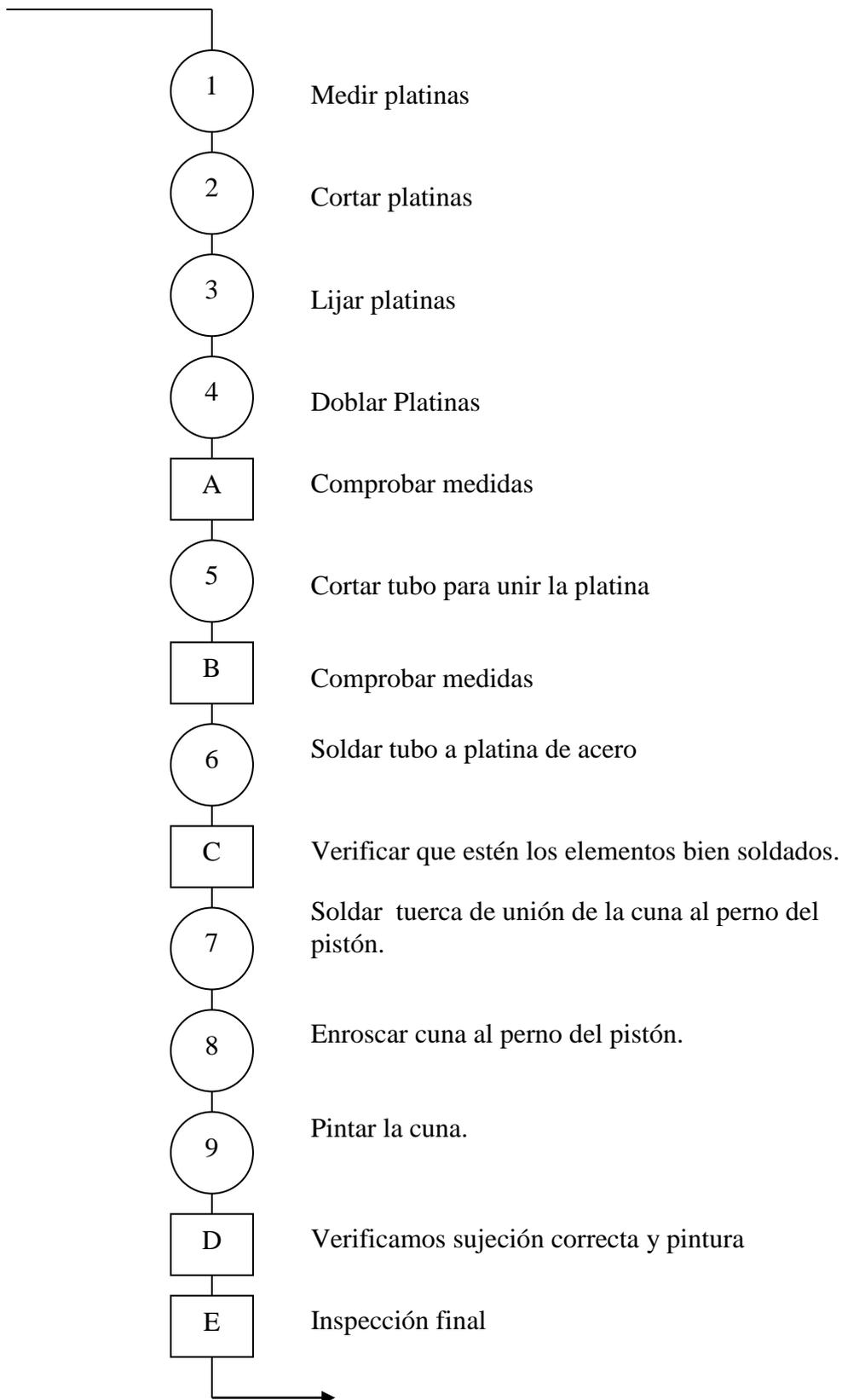
3.3.1. Diagrama de Construcción de la estructura del soporte de Accionamiento Neumático para la turbina de enfriamiento

ACERO COMUN



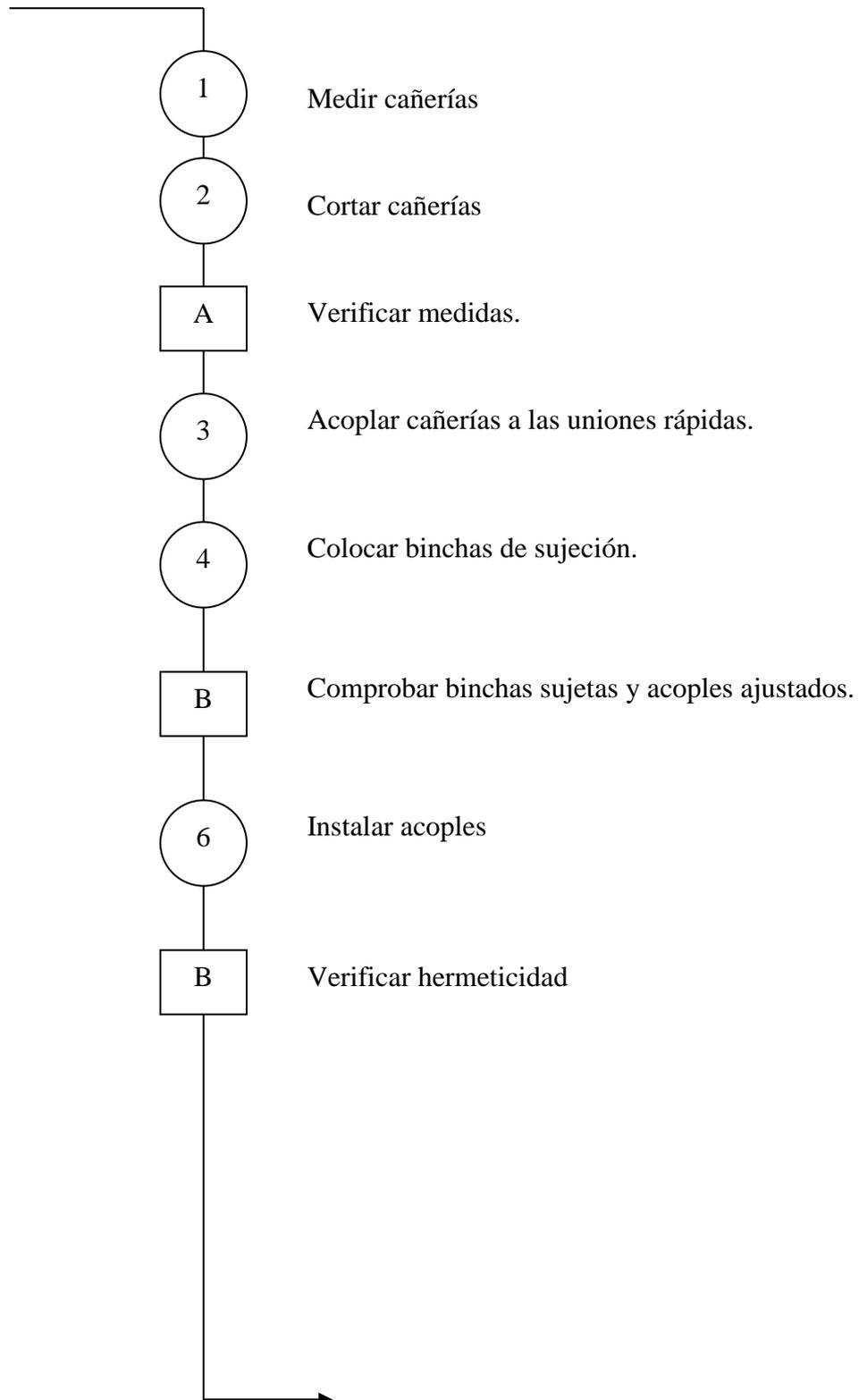
3.3.2. Diagrama de Construcción de la cuna, que alberga a la turbina de Enfriamiento del avión Kfir.

PLATINA DE ACERO COMUN.



3.3.3 Diagrama de Instalación de las cañerías flexibles en el sistema neumático del soporte.

CAÑERÍA FLEXIBLE



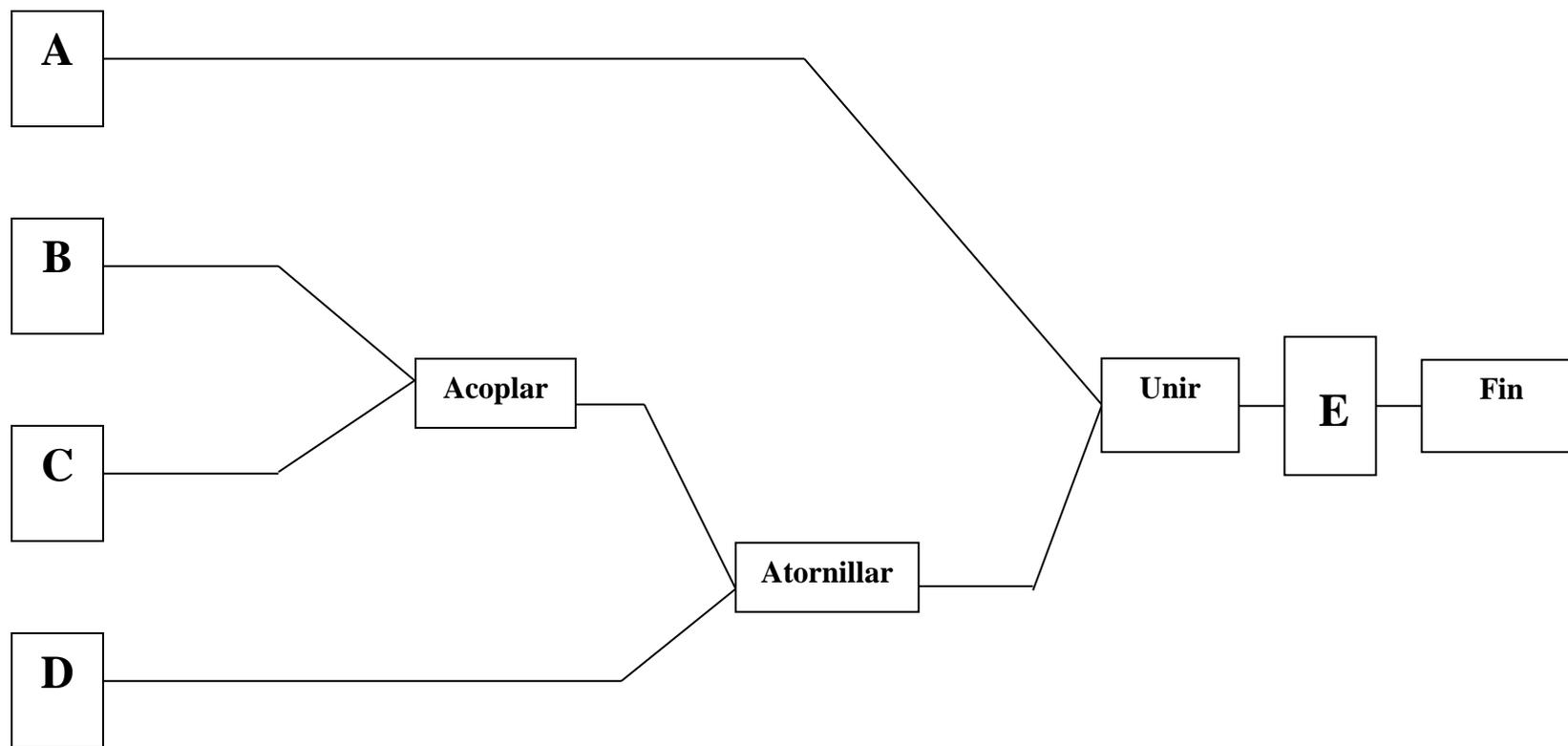
3.4 Diagrama de Ensamble de la estructura del soporte de accionamiento neumático.

El ensamble de los diferentes elementos o piezas de índole mecánico y neumático se realiza de una manera segura y de mucho cuidado para con los mismos, puesto que existen piezas que se ensamblan con exactitud para acoplar el soporte de accionamiento neumático.

A continuación se establece la simbología para representar las partes que se ensamblan y dan forma al Soporte Neumático:

| | | |
|----------|---|-----------------------------------|
| A | = | Cuna de la turbina |
| B | = | Pistón |
| C | = | Sistema Neumático |
| D | = | Estructura de fijación del Pistón |
| E | = | Cañería Flexible |

Figura 3.1 Diagrama de ensamble del Soporte de accionamiento neumático.



- **Ensamble del soporte neumático.**

Presentación de la secuencia del ensamble del soporte de accionamiento neumático:



Figura 3.2. Vista frontal de la estructura del soporte de accionamiento neumático

Realizado por: David Morales S.



Figura 3.3. Componentes del sistema neumático del soporte.

Realizado por: David Morales S.



Figura 3.4. Ensamblaje de la estructura del soporte y el sistema neumático

Realizado por: David Morales S.



Figura 3.5. Ensamblaje de la estructura del soporte, el sistema neumático y la cuna para la turbina de enfriamiento

Realizado por: David Morales S.



Figura 3.6. Prueba funcional del soporte de accionamiento neumático armado.

Realizado por: David Morales S.

3.5 Circuito Neumático de funcionamiento del Soporte.

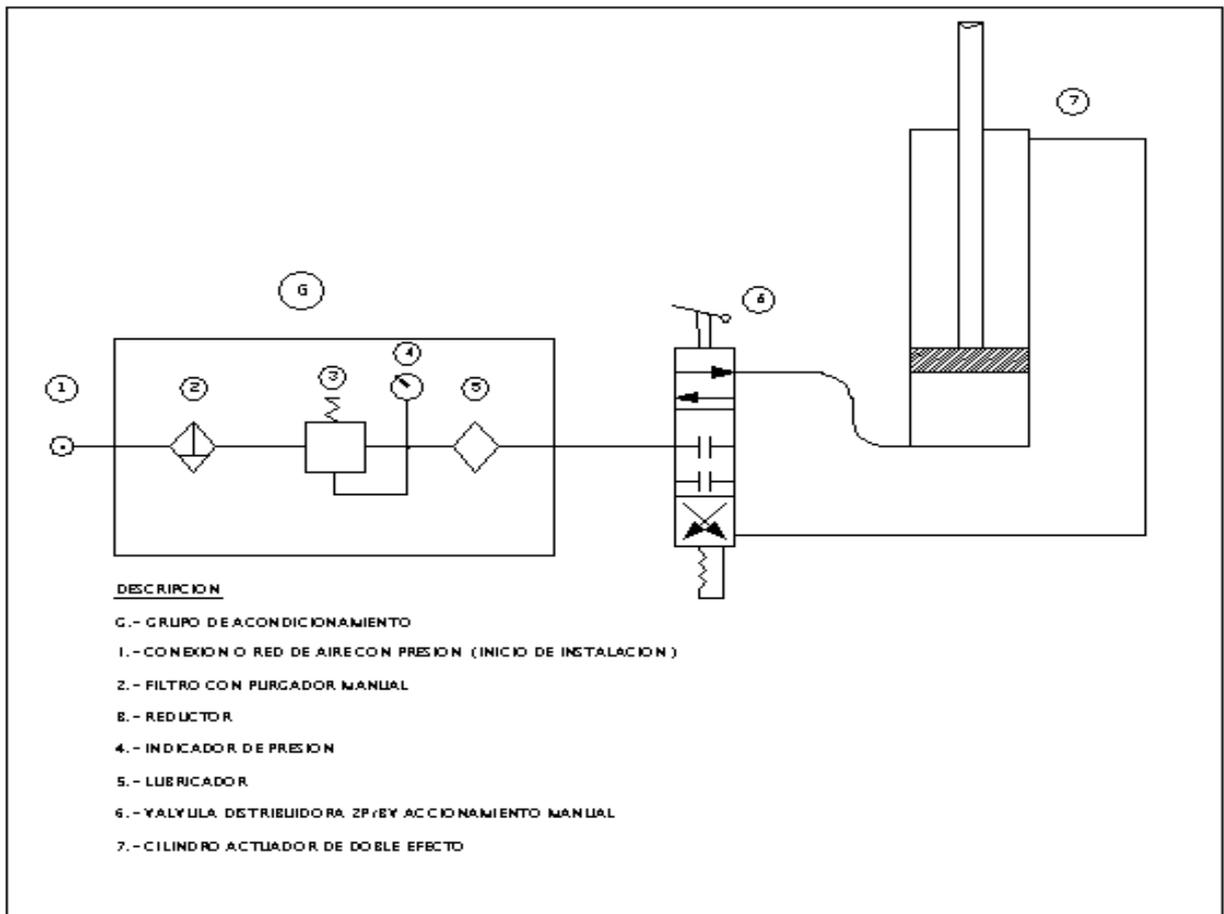


Figura 3.7 Circuito neumático del soporte

Realizado por: David Morales S.

Elementos que conforman el soporte neumático:

- Cilindro Neumático de diámetro 50*150mm, de doble carrera con freno de parada.
- Un conjunto, filtro, regulador de presión, y lubricador, que conforma el grupo de accionamiento.
- Válvula de control de tres posiciones y cuatro entradas, permitiendo accionar al pistón.
- Dos conectores de $\frac{1}{4} \times \frac{3}{8}$, y un conector de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$, un silenciador de bronce $\frac{3}{8}$, el aire se toma directamente de una fuente.

3.6 Elaboración de manuales.

3.6.1 Descripción de Manuales.

Para realizar una correcta manipulación del soporte neumático es necesario la elaboración de manuales a fin de evitar posibles errores, accidentes que se puedan presentar con el Soporte.

3.6.2 Manuales del soporte neumático.

A continuación se da a conocer los diferentes manuales que se emplean para el uso correcto del soporte neumático dentro del proceso de mantenimiento de la turbina de enfriamiento del avión Kfir.

- Manual de mantenimiento.
- Manual de operación.
- Manual de seguridad.
- Hoja de registro.

3.6.2.1 Manual de Mantenimiento.

Descripción General

Toda maquinaria cualquiera que sea la función, debe tener un manual de mantenimiento cuyo objetivo es mantener en excelente estado de funcionamiento, evitando problemas de características externas ya sean rayaduras, rajaduras, oxidación y otros aspectos que afectan el funcionamiento.

Esto se realiza con el propósito de que el técnico tenga un conocimiento amplio del funcionamiento y mantenimiento del Soporte de Accionamiento Neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir, con un correcto y eficiente desenvolvimiento en el trabajo.

En la siguiente tabla se analiza la codificación respectiva del soporte y sus diferentes procedimientos de ensayo:

Tabla 3.1. Codificación de los procesos de operación del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir.

| CODIFICACIÓN DE PROCESOS Y DOCUMENTOS | |
|--|----------------|
| PROCEDIMIENTOS | CODIGOS |
| Soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-01 |
| Mantenimiento del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-M1 |
| Verificación del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-M2 |
| Operación del soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-M3 |
| Libro de vida del soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-L1 |
| Libro de funcionamiento del soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-L2 |
| Libro de vida de daños del soporte de accionamiento para la turbina de enfriamiento del avión Kfir. | ITSA-SN-L3 |

En las hojas siguientes se tienen los procedimientos y los formatos con los que cuentan en una forma más detallada los procedimientos, operación y mantenimiento del soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir.

| | | | |
|---|---|---------------|-------------------------------|
|  | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | | Pág: |
| | MANTENIMIENTO DEL SOPORTE NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO DEL AVION KFIR | | Código: ITSA-SN-M1 |
| | Elaborado por: MORALES S. VINICIO D. | | Revisión No : 1 |
| | Aprobado por: SUBP. LOPEZ J JORGE O. | Fecha: | Fecha: |

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos para el mantenimiento óptimo y eficaz del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir.

2. ALCANCE

Abarca el soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir, el mismo que cumplirá con todas las perspectivas de trabajo en Latacunga en el ALA N.- 12, en el escuadrón Kfir.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Ordenes técnicas del sistema de aire acondicionado del avión Kfir.

4. DEFINICIONES

Se debe retirar todo tipo de cuerpo extraño o basura evitando el ingreso de las mismas a válvulas y conexiones rápidas del Soporte Neumático.

5. PROCEDIMIENTO

En esta parte el técnico debe realizar los siguientes mantenimientos:

5.1. Mantenimiento Semestral

5.1.1. Revisar la estructura que mantiene fija al pistón neumático, analizando si hay presencia de fisuras o si se mantiene en buen estado.

5.2. Mantenimiento Anual.

5.2.1. Revisar y limpiar el silenciador de bronce del soporte.

5.2.2. Revisar el conjunto filtro, regulador, lubricante.

5.2.3. Revisar y limpiar cuidadosamente los conectores de la válvula manual.

5.2.4. Revisar y/o cambiar las mangueras neumáticas.

5.2.5. Pintar la estructura del soporte de accionamiento neumático.

Firma del técnico: -----

| | | | | |
|---|---|---------------|---------------|-------------------------------|
| ITSA | | | | |
|  | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | | Pág: | |
| | VERIFICACIÓN DEL SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO DEL AVION KFIR | | | Código: ITSA-SN-M2 |
| | Elaborado por: MORALES S. VINICIO D. | | | Revisión No : 1 |
| | Aprobado por: SUBP. LOPEZ J JORGE O. | Fecha: | Fecha: | |
| <p>1. OBJETIVO Documentar los procedimientos de verificación del uso del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir.</p> <p>2. ALCANCE Abarca el soporte de accionamiento neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir, el mismo que cumplirá con todas las perspectivas de trabajo en Latacunga en el ALA N.- 12, en el escuadrón Kfir.</p> <p>3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA Ordenes técnicas del sistema de aire acondicionado del avión Kfir.</p> <p>4. DEFINICIONES En esta parte nos encargamos de verificar que el mantenimiento se realice de forma correcta.</p> <p>5. PROCEDIMIENTO</p> <p>5.1. Se debe revisar el Soporte de Accionamiento Neumático cada seis meses, para evitar daños futuros incluyendo accidentes.</p> <p>5.2. Revisar y verificar el desempeño fiable de indicadores, válvulas, mangueras, conectores del sistema neumático del soporte.</p> <p>5.3. Revisar si el piso se encuentra nivelado con respecto a la superficie del soporte de accionamiento neumático.</p> <p>5.4. Verificar que la turbina de enfriamiento quede correctamente instalada en la cuna del soporte.</p> <p>5.5. Verificar que todos los miembros de la estructura incluyendo el pistón no tengan fisuras ni hendiduras.</p> <p>5.6. Verificar que no exista fuga de aire a través de los empaques.</p> <p>Firma del técnico: -----</p> | | | | |

| | | | |
|---|--|---------------|----------------------------------|
|  | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | | Pág: |
| | OPERACIÓN DEL SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO. | | Código: ITSA-SN-M3 |
| | Elaborado por: MORALES S. VINICIO D. | | Revisión No : 1 |
| | Aprobado por: SUBP. LOPEZ J JORGE O. | Fecha: | Fecha: |

1. OBJETIVO

Documentar los procedimientos de operación del soporte neumático para la turbina de enfriamiento del avión Kfir.

2. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Ordenes técnicas del sistema de aire acondicionado del avión Kfir.

3. CODIGO DEL EQUIPO: ITSA-SN-01

4. UBICACIÓN DEL EQUIPO: Es en el pozo del tren de nariz en el intrados del avión Kfir.

5. CARACTERISTICAS TÉCNICAS

- 5.1. Peso del soporte neumático: 35 Kg.
- 5.2. Peso de la turbina de enfriamiento: 30.23Kg.
- 5.3. Capacidad máxima de carga: 90.7 kg.
- 5.4. Capacidad mínima de carga: 10 kg.
- 5.5. Tipo de funcionamiento: Neumático.
- 5.6. Tipo de material: Pistón Duraluminio, estructura de soporte de acero común, cañerías plásticas.
- 5.7. Presión de aire a manejar: 25 a 30 psi

6. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO

- 6.1. Prepare el soporte de accionamiento neumático.
- 6.2. Mantener la presión de funcionamiento del pistón la cual marca en el indicador 25 a 30psi.
- 6.3. Al colocar la turbina de enfriamiento sobre la cuna del soporte verifique que la circunferencia de la turbina encajen en la placa de apoyo de la cuna, bien sea en su montaje o desmontaje.
- 6.4. Asegurar la turbina y transporte de un lugar a otro.

7. PRECAUCIONES

- 7.1. Al colocar la turbina de enfriamiento en la cuna del soporte se debe tener cuidado, evitándose accidentes de trabajo como ejemplo el botar la turbina de enfriamiento sobre algún trabajador o si mismo.
- 7.2. No se debe exceder en el levantamiento de carga para el pistón, este tiene un

máximo de capacidad de 90.7 Kg. y un mínimo de 10kg.

Firma del técnico: -----

| | | | |
|---|---|---------------|----------------------------------|
|  | MANUAL DE PROCEDIMIENTOS | | Pág: |
| | SEGURIDAD DEL SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO DEL AVIÓN KFIR. | | Código: ITSA-SN-M4 |
| | Elaborado por: MORALES S. VINICIO D. | | Revisión No : 1 |
| | Aprobado por: SUBP. LOPEZ J JORGE O. | Fecha: | Fecha: |

1. OBJETIVO

Brindar Seguridad al trabajador y a la maquinaria.

2. ALCANCE

Dar un alto índice de seguridad y ahorro de esfuerzo físico a los técnicos, garantizando un trabajo con resultados de calidad.

3. VERIFICACIONES.

- 3.1. Al realizar cualquier trabajo siempre se debe, hacerlo con mucha concentración, cuidado y seguridad.
- 3.2. Al montar la turbina de enfriamiento del avión sobre la cuna, se debe tomar en cuenta la seguridad de los dedos para que estos no sean remordidos entre la turbina y la cuna.
- 3.3. Verificar el nivel del suelo con respecto a la estabilidad del soporte de accionamiento neumático así evitaremos que la turbina del sistema de aire acondicionado se pueda caer, dañarse y dañar a los trabajadores.
- 3.4. Manténgase contacto visual al maniobrar el soporte y la turbina al montar o desmontarlo, y no rompa comunicación hablada con su compañero de trabajo.
- 3.5. Verificar siempre antes de operar el soporte neumático sus conexiones tanto de la toma de aire para el pistón y viceversa, ya que una explosión pudiese ser fatal.

Firma del técnico: -----

| |
|--|
| |
|--|

| | | | |
|---|---|-----------|---|
|  | <h2>REGISTRO</h2> | Código: |  |
| | <p>LIBRO DE VIDA MANTENIMIENTO DEL SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO DEL AVION KFIR</p> | Registro: | |

| No. | FECHA | | TRABAJO REALIZADO | MATERIAL Y/O REPUESTO UTILIZADO | ENCARGADO | OBSERVACIONES |
|-----|---------|--------|-------------------|---------------------------------|-----------|---------------|
| | ENTRADA | SALIDA | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |

Firma del Técnico: _____

| | | | |
|---|---|-----------|---|
|  | <h1>REGISTRO</h1> | Código: |  |
| | <p>LIBRO DE FUNCIONAMIENTO DEL SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO DEL AVION KFIR.</p> | Registro: | |

| No. | FECHA | | TRABAJO REALIZADO | MATERIAL Y/O REPUESTO UTILIZADO | ENCARGADO | OBSERVACIONES |
|-----|---------|--------|-------------------|---------------------------------|-----------|---------------|
| | ENTRADA | SALIDA | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |

Firma del Técnico: _____

| | | | |
|---|--|-----------|---|
|  | <h1>REGISTRO</h1> | Código: |  |
| | <p>LIBRO DE VIDA DE DAÑOS DEL SOPORTE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO PARA LA TURBINA DE ENFRIAMIENTO DEL AVIÓN KFIR.</p> | Registro: | |

| No. | FECHA | | TRABAJO REALIZADO | MATERIAL Y/O REPUESTO UTILIZADO | ENCARGADO | OBSERVACIONES |
|-----|---------|--------|-------------------|---------------------------------|-----------|---------------|
| | ENTRADA | SALIDA | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |
| | / / | / / | | | | |

Firma del Técnico: _____

3.7 Pruebas Funcionales

3.7.1 Pruebas en vacío. (Sin turbina)

Para realizar esta prueba se necesitó que el soporte neumático y sin carga alguna realice una ejecución de trabajo, observando que sus elementos se mantengan acoplados y unidos de acuerdo con la función que desempeña cada uno.

Tabla 3.2 Estado de los elementos y actitud de trabajo de los mismos.

| DENOMINACIÓN | CUMPLE |
|---------------------|---------------|
| Pistón | √ |
| Sistema neumático | √ |
| Cuna | √ |
| Estructura fija | √ |

3.7.2 Pruebas con carga.

La prueba con carga, ya montada la turbina observamos que todos los elementos del soporte actúen y cumplan el propósito para las que fueron creadas.

Tabla 3.3 Pruebas con carga.

| ESTADO DE LOS ELEMENTOS DEL SOPORTE NEUMÁTICO. | | |
|---|-----------------------|-----------------|
| Denominación | Cumple con tolerancia | Ensamble óptimo |
| Estructura fija | √ | √ |
| Cuna | √ | √ |
| Pistón | √ | √ |

| | | |
|-------------------|---|---|
| Sistema neumático | √ | √ |
|-------------------|---|---|

Tabla 3.4 Relación Presión-Peso.

| PRESIÓN | PESO |
|----------------|-------------|
| 8-10 psi | 10Kg |
| 17-20 psi | 20Kg |
| 25 psi | 30Kg |
| 33-35 psi | 40Kg |
| 42-45 psi | 50Kg |
| 50-55 psi | 60Kg |
| 58-60 psi | 70Kg |
| 67-70 psi | 80Kg |
| 75-80 psi | 90Kg |

CAPÍTULO IV

ESTUDIO ECONÓMICO

Para la ejecución de este capítulo es necesario tener muy en cuenta el estudio económico, es decir la cantidad de inversión para la producción y construcción del Soporte de Accionamiento Neumático.

4.1 Estudio Económico

Para la determinación del costo final del proyecto, su estudio se lo dividirá en cuatro partes que se señalan a continuación.

1. Materiales.
2. Alquiler de máquinas, herramientas y equipos.
3. Mano de obra.
4. Otros

4.1.1 Materiales.

Los materiales que se utilizan en la construcción del Soporte de Accionamiento Neumático están distribuidos y enunciados de una manera en la cual se distingue la cantidad de elementos que son útiles y por ende, de su precio por unidad o global y son los siguientes:

Tabla 4.1 Material Utilizado

| ORDEN | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | SUBTOTAL |
|--------------|---|-----------------|---------------------------|-----------------|
| 1 | Cilindro Diámetro: 50 x 1000mm de carrera 2ª. | 1 | \$ 570.00 | \$. 570.00 |
| 2 | Placa delantera, sujeción para cilindro D: 50. | 1 | \$ 24.00 | \$ 24.00 |
| 3 | Valv.Direc. Neumática DHV 300-03 (PT3/8) | 1 | \$ 29.30 | \$ 29.30 |
| 4 | FRL SAU 2000M- 02DG-ME. T:1/4" PT. | 1 | \$ 78.16 | \$ 78.16 |
| 5 | Tubería Neumática PU 1/4 *4.5. | 20 | \$ 0.43 | \$ 8.60 |
| 6 | Silenciador Regulador 3/8" de Bronce. | 1 | \$ 7.20 | \$ 7.20 |
| 7 | Conector Neumático PC ¼ NPT3/8N | 3 | \$ 1.31 | \$ 3.93 |
| 8 | Conector Neumático PC ¼ NPT1/4N | 2 | \$ 0.75 | \$ 1.50 |
| 9 | Conector Neumático PC ¼ NPT1/8N | 2 | \$ 1.48 | \$ 2.96 |
| 10 | Ruedas para transporte del soporte. | 4 | \$ 1 | \$ 4 |
| | Pintura para el soporte y | | | |

| | | | | |
|----|--|------|-------|-----------|
| 11 | su estructura. | 1 | \$ 20 | \$ 20 |
| 12 | Tubo circular de 3 mm de espesor | 4 | \$3 | \$12 |
| 13 | Planchas de acero de 4mm de espesor | 2 | \$15 | \$30 |
| 14 | IVA | 12 % | | \$ 106.40 |

| | |
|--------------|------------------|
| TOTAL | \$ 886.65 |
|--------------|------------------|

4.1.2. Alquiler de máquinas, herramientas y equipos.

Es necesario enunciar las herramientas que fueron utilizadas para cumplir y realizar la construcción del Soporte de Accionamiento Neumático, tanto como para su funcionalidad y chequeo del mismo.

Tabla 4.2 Alquiler de maquinas, herramientas y equipos.

| ORDEN | DETALLE | TIEMPO/HORAS | COSTO/HORAS | SUBTOTAL |
|-------|-----------------------|--------------|-------------|----------|
| 1 | Soplete de pintura | ½ h | \$ 4 | \$ 2 |
| 2 | Suelda Autógena | 2 ½ h | \$ 2 | \$ 5 |
| 3 | Pulidora | 2 h | \$ 2 | \$ 4 |

| | |
|--------------|--------------|
| TOTAL | \$ 11 |
|--------------|--------------|

4.1.3 Mano de obra.

Los costos de la mano de obra están comprendidos dentro de lo que no se pudo cumplir o hacer en forma personal, de tal manera se busco ayuda de personal con experiencia, y de la misma se adquirió conocimiento para respaldar el presente trabajo.

Tabla 4.3 Mano de Obra.

| ORDEN | DETALLE | TIEMPO/HORAS | COSTO | TOTAL |
|--------------|----------------|---------------------|--------------|--------------|
| 1 | Soldada | 2 ½ h | \$ 5 | \$ 12.5 |
| 2 | Lijada | 2 h | \$ 3 | \$ 6 |
| 3 | Pulida | 2 h | \$ 2 | \$ 4 |
| 4 | Pintada | ½ h | \$ 3 | \$ 1.5 |
| 5 | Cortada | 1 h | \$ 1 | \$1 |
| TOTAL | | | | \$ 25 |

4.1.4 Otros

Existieron costos por imprevistos que fueron necesarios realizar para la elaboración del proyecto mencionado.

Tabla 4.4 Detalle de otros gastos.

| ORDEN | DETALLE | VALOR |
|--------------|---------------------|------------------|
| 1 | Pasajes | \$ 30 |
| 2 | Impresión de planos | \$ 10 |
| 3 | Empastado | \$ 40 |
| 4 | Anillado | \$ 20 |
| 5 | Copias | \$ 17.5 |
| 6 | Hojas | \$ 5 |
| TOTAL | | \$ 122.50 |

4.2 Costo Total

Aquí se describe en forma total la inversión hecha en el proyecto.

Tabla 4.5 Costo Total

| DESCRIPCION | VALOR (\$) |
|----------------------|-------------------|
| Materiales | \$ 886.65 |
| Alquiler de máquinas | \$ 11 |
| Mano de obra | \$ 25 |
| Otros gastos | \$ 122.50 |
| TOTAL | \$ 1045.15 |

Capital que fue invertido íntegramente por parte del estudiante quien realizó el proyecto, la cantidad total de \$1045.15 (mil cuarenta y cinco dólares con quince centavos).

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES.

- De acuerdo a las pruebas de funcionamiento y parámetros planteados en el proyecto el soporte neumático cumple satisfactoriamente el propósito para el que fue construido, y se encuentra en condiciones estándar de funcionamiento.
- Con la construcción del Soporte Neumático disminuye notablemente el esfuerzo físico de los técnicos en el desmontaje y montaje de la turbina de enfriamiento del avión Kfir.
- En la elaboración de los elementos del soporte neumático, determinamos que la resistencia del material es muy superior al esfuerzo aplicado por la carga o peso a la cual se someterá, de esta manera da confiabilidad y durabilidad de los elementos del soporte neumático.
- Los servicios que presta este soporte generara estándares óptimos de calidad en el proceso de mantenimiento de la turbina de enfriamiento del avión.

5.2 RECOMENDACIONES.

- Se recomienda, que para el uso del soporte se guíe por medio de la instrucción detallada de los diferentes manuales.
- La persona que este utilizando el equipo debe hacerse responsable de su cuidado y preservación mientras se use.

- No jugar con el equipo neumático, corre el riesgo de dañarlo o que el técnico al manipularlo sufra un accidente.

BIBLIOGRAFIA

- Antonio Esteban Oñate, (2003). Conocimientos del avión. Cuarte Edición. España. Internacional Thomson Editores.
- Máximo Borrell-Juan Pablo Martínez, (1981). Enciclopedia de la Ciencia y de la Técnica. Primera Edición. España-Barcelona. Ediciones DANAE S.A.
- Biblioteca de Consulta Microsoft ® Encarta ® 2005. © 1993-2004 Microsoft Corporation.
- Manual de mantenimiento del avión Kfir, en el capítulo del Sistema de aire acondicionado.
- [http: / www.IAI.com](http://www.IAI.com)
- [http: / www.NEUMAC.com](http://www.NEUMAC.com)
- [http: / www.KFIR.com](http://www.KFIR.com)

