

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA**

**“REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTENEDOR PARA LA CONSERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3, DE LOS AVIONES CASA CN-235 DEL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.- 45”.**

**POR:**

**CBOP. DE A.E. MOLINA OROZCO FERNANDO PATRICIO**

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

**TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN  
MOTORES**

**2013**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. CBOP. DE A.E. MOLINA OROZCO FERNANDO PATRICIO, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA.

.

---

Ing. Herbert Viñachi  
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Latacunga; Julio 29 del 2013

## **DEDICATORIA**

Le dedico primeramente mi trabajo a Dios quien fue el creador de todas las cosas, él que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar.

De igual forma, a mis Padres, Ángel y Susana a quienes les debo toda mi vida, les agradezco el cariño y su comprensión, a ellos quienes han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante buscando siempre el mejor camino.

A mi querida abuelita quien desde el cielo ha sabido darme su fortaleza para continuar en el desarrollo de mi formación profesional.

A mi adorada esposa Cristina y a mis hijos Alan, Heidy y Leandro que son el motivo principal de superación y el pilar fundamental para alcanzar lo propuesto y quienes me brindan el apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida.

**MOLINA OROZCO FERNANDO PATRICIO  
CBOP. DE A.E.**

## **AGRADECIMIENTO**

Primero y antes que nada, dar gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el transcurso de mi vida.

Agradecer hoy y siempre a mi familia por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo en mi profesión, de ser así no hubiese sido posible. A mis padres y demás familiares ya que me brindan el apoyo, la alegría y me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

Un agradecimiento especial a la Institución a la cual pertenezco, Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "PAQUISHA", por confiar y brindarme la oportunidad de formarme y prepararme profesionalmente.

A los Señores docentes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, quienes me han sabido compartir sus enseñanzas y conocimientos de una manera desinteresada emprendiéndome hacia un futuro mejor.

**MOLINA OROZCO FERNANDO PATRICIO**  
**CBOP. DE A.E.**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## Contenido

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN .....	1
SUMMARY .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO I .....	4
EL TEMA.....	4
1.1 Antecedentes .....	4
1.2 Justificación.....	5
1.2 Objetivos.....	5
1.3.1 Generales.....	5
1.3.2 Específicos .....	5
1.4 Alcance .....	6
CAPÍTULO II .....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Rehabilitación.....	7
2.1.1 Materiales y Materias Primas .....	7
2.1.2 Metales y Aleaciones .....	8
2.1.3 Acero .....	9
2.1.3.1 Clasificación del Acero .....	10
2.1.3.2 Características del Acero .....	11

2.1.3.2.1 Características Positivas del Acero .....	11
2.1.3.3 Desventajas del Acero .....	12
2.1.4 Acero ASTM A-36 .....	13
2.1.5 Recubrimientos Orgánicos Anticorrosivos.....	13
2.1.5.1 Clasificación de los recubrimientos orgánicos.....	14
2.1.5.2 Términos Comunes de Recubrimientos .....	14
2.1.5.3 Componentes del Recubrimiento .....	15
2.1.5.4 Pinturas .....	15
2.1.5.4.1 Pinturas Anticorrosivas.....	15
2.1.5.4.2 Pinturas intermedias.....	15
2.1.5.4.3 Pinturas de terminación.....	16
2.1.6 Soldadura .....	16
2.1.6.1 Soldadura por fusión .....	16
2.1.6.2 Soldadura por Presión.....	17
2.1.6.3 Soldadura por Arco Eléctrico.....	17
2.1.7 Tipos de Soldadura .....	18
2.1.7.1 Soldadura de Cordón .....	18
2.1.7.2 Soldaduras Ondeadas.....	19
2.1.7.3 Soldadura de Filete .....	19
2.1.7.4 Soldadura de Tapón y de Agujero Alargado.....	20
2.1.7.5 Soldadura de Ranura .....	21
2.1.8 Oxicorte.....	21
2.1.9 Electrodo .....	22
2.1.9.1 Electrodo Desnudos .....	22
2.1.9.2 Electrodo Revestidos.....	23
2.1.9.3 Identificación de los Electrodo .....	23
2.1.10 Electrodo 6011 .....	24

2.1.10.1 Características .....	24
2.1.10.2 Usos .....	24
2.1.10.3 Aplicaciones .....	24
2.1.11 Electrodo 6013 .....	24
2.1.11.1 Características .....	24
2.1.11.2 Usos .....	25
2.1.11.3 Aplicaciones .....	25
2.1.12 Prácticas de seguridad para soldadura con arco .....	25
2.1.13 Equipo de protección para soldadores .....	26
2.1.14 Elementos de Sujeción.....	27
2.2 Implementación .....	27
2.2.1 Clases de resistencias en los miembros .....	28
2.2.1.1 Resistencia a la tracción .....	28
2.2.1.2 Resistencia a la compresión.....	28
2.2.1.3 Resistencia a la cortadura .....	28
2.2.1.4 Resistencia a la flexión.....	28
2.2.1.5 Resistencia a la tensión transversal .....	28
2.2.1.6 Resistencia a la torsión .....	29
2.2.1.7 Resistencia al pandeo .....	29
2.2.2 Factor de Seguridad.....	29
2.2.3 Esquema Mecánico .....	30
2.2.4 Factores de carga. ....	31
2.2.5 Vigas. ....	32
2.2.5.1 Tipos de apoyos de las vigas .....	32
2.2.5.2 Tipos de Vigas.....	33
2.2.5.2.1 Estáticamente determinadas .....	33
2.2.5.2.1 Estáticamente indeterminadas .....	33

2.2.5.3 Principales cargas en las vigas .....	33
2.2.5.3.1 Carga concentrada o puntual .....	33
2.2.5.3.2 Carga distribuida .....	33
2.2.5.3.3 Carga uniformemente variable .....	34
2.2.6 Esfuerzos y deformaciones simples .....	34
2.2.6.1 Deformaciones .....	34
2.2.6.2 Esfuerzo .....	34
2.2.7 Reacciones.....	35
2.2.8 Fuerza cortante vertical.....	35
2.2.9 Momento flexionante .....	35
2.3 Contenedor de Conservación.....	35
2.3.1 Grupo Moto Propulsor .....	36
2.3.1.1 Generalidades .....	36
2.3.1.2 Descripción.....	37
2.3.1.3 Datos Técnicos del Motor General Electric CT7-9C3.....	38
2.3.2 Preservación del Motor .....	38
2.3.2.1 Preservación y Despreservación de Motores, Accesorios y Sistemas .....	38
2.3.2.2 Agentes Deshidratantes .....	38
2.3.2.3 Preservación y embalaje para el almacenamiento .....	39
2.3.2.4 Tipos de Almacenamiento .....	41
2.3.2.4.1 Almacenamiento de Larga Duración .....	41
2.3.2.4.2 Almacenamiento de Corta Duración.....	42
2.3.2.5 Depreservación .....	42
2.3.3 Corrosión.....	43
2.3.3.1 Prevención de la Corrosión .....	43
2.3.3.2 Compuestos Preventivos para la Corrosión .....	44
2.4 Manuales.....	45

2.4.1 Manual de Mantenimiento .....	45
2.4.2 Manual de Operaciones o Procedimientos.....	45
CAPÍTULO III .....	46
DESARROLLO DEL TEMA.....	46
3.1 Preliminares .....	46
3.2 Planteamiento y estudio de alternativas.....	46
3.2.1 Estudio de factibilidad.....	47
3.2.1.1 Factor Técnico Constructivo.....	47
3.2.1.2 Factor Operacional.....	48
3.2.1.3 Factor Económico .....	48
3.3 Requerimientos Técnicos.....	48
3.4 Dimensionamiento y Planteamiento Estructural.....	48
3.5 Cálculos Estructurales.....	49
3.6 Rehabilitación.....	50
3.6.1 Bases de la Sección Inferior del Contenedor .....	50
3.6.2 Travesaño del Bastidor Secundario y Bloque de Apoyo .....	51
3.6.3 Perfil del Soporte del Motor.....	52
3.6.4 Soporte del Motor Delantero .....	53
3.6.5 Amortiguadores del Motor .....	54
3.6.6 Soldadura de la Estructura en el Contenedor .....	54
3.7 Aplicación de pintura .....	55
3.7 Máquinas, Equipos y Herramientas utilizadas.....	56
3.8 Diagrama de Procesos.....	57
3.8.1 Diagrama de Procesos del Contenedor de Preservación.....	59
3.9 Elaboración de Manuales.....	60
3.9.1 Descripción General.....	60
3.9.2 Tipos de Manuales .....	60

3.10 Estudio Económico.....	70
CAPÍTULO IV.....	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	73
4.1 Conclusiones.....	73
4.2 Recomendaciones.....	73
GLOSARIO .....	75
ABREVIATURAS.....	77
BIBLIOGRAFÍA .....	79
ANEXOS .....	80
HOJA DE VIDA .....	96
HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS .....	97
CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL .....	98

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Datos Técnicos del Motor .....	38
Tabla 3.1 Maquinas Herramientas .....	56
Tabla 3.2 Herramientas .....	57
Tabla 3.3 Equipos .....	57
Tabla 3.4 Simbología del Diagrama de Procesos .....	58
Tabla 3.5 Codificación de Manuales .....	60
Tabla 3.6 Presupuesto de costo de materiales e instrumentos .....	70
Tabla 3.7 Presupuesto de costo de uso de herramientas .....	70
Tabla 3.8 Presupuesto de costo de uso de maquinas herramientas.....	71
Tabla 3.9 Presupuesto de costo de uso de equipos.....	71
Tabla 3.10 Presupuesto de costos varios .....	71
Tabla 3.11 Costo total del proyecto de graduación .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Materiales y Materias primas .....	8
Figura 2.2 Acero y Aleaciones .....	10
Figura 2.3 Soldadura de Cordón .....	19
Figura 2.4 Soldadura Ondeada .....	19
Figura 2.5 Soldadura de Filete .....	20
Figura 2.6 Soldadura de Tapón y Agujero alargado.....	20
Figura 2.7 Soldadura de Ranura .....	21
Figura 2.8 Oxicorte.....	22
Figura 2.9 Elementos de Sujeción.....	27
Figura 2.10 Motor General Electric CT7-9C3 .....	36
Figura 2.11 Descripción del Motor.....	37
Figura 2.12 Contenedor de Preservación del Avión Casa CN-235 .....	40
Figura 3.1 Contenedor de Preservación.....	49
Figura 3.2 Bases de la Sección Inferior del Contenedor .....	51
Figura 3.3 Travesaño del Bastidor secundario y Bloque de Apoyo .....	52
Figura 3.4 Perfil del Soporte del Motor .....	53
Figura 3.5 Soporte del Motor Delantero .....	53
Figura 3.6 Amortiguadores del Motor .....	54
Figura 3.7 Soldadura de la Estructura.....	55
Figura 3.8 Aplicación de Pintura.....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Anteproyecto del trabajo de graduación .....	80
ANEXO B Dimensionamiento y Planteamiento Estructural .....	81
ANEXO C Calculos Estructural .....	82
ANEXO D Eslinga de izado del motor .....	83
ANEXO E Soporte del contenedor de preservación.....	85
ANEXO F Soporte del contenedor de preservación .....	87
ANEXO G Tapa superior del contenedor .....	89
ANEXO H Secuencia de apriete .....	91
ANEXO I Corrección de presión en condiciones exteriores .....	93

## RESUMEN

En la actualidad existe un mundo globalizado donde todas las organizaciones deben poseer Herramientas y Equipos de Apoyo que ayuden a facilitar las actividades diarias de mantenimiento, y de esta manera responder a las exigencias del mundo moderno que por su naturaleza exigen rapidez, eficiencia y eficacia para cumplir con éxito los objetivos propuestos por la organización.

Una vez conocidas las principales exigencias en el desarrollo del mantenimiento se plantea y se ejecuta la rehabilitación e implementación del contenedor para la conservación del Motor General Electric CT7-9C3 de los aviones CASA CN-235, en el cual se detalla las exigencias que debe cumplir en el área de mantenimiento.

En el desarrollo del marco teórico se determina un estudio preliminar de; características principales del motor, la conservación del motor, el material a ser utilizado y las especificaciones relacionadas con el sistema de preservación para el motor.

Para el desarrollo del trabajo práctico se dispone de todos los recursos necesarios para tal efecto y se ejecuta de acuerdo a las técnicas y aplicaciones prácticas para la rehabilitación, tomando en cuenta todas las medidas y normas necesaria para la ejecución del trabajo de taller.

Consecuentemente se desarrolla la elaboración de los respectivos manuales, estudios técnico, legal y económico, para terminar con las respectivas conclusiones y ciertas recomendaciones.

Para finalizar el contenedor de preservación que será implementado en la sección de mantenimiento de motores del GAE- 45 "PICHINCHA" este permitirá una preservación correcta, contribuyendo al desarrollo tecnológico aeronáutico de la FUERZA TERRESTRE.

## **SUMMARY**

There is now a globalized world where all organizations must have Support Tools and Equipment to help facilitate daily maintenance activities, and thus meet the demands of the modern world which by its nature requires speed, efficiency and effectiveness in successfully meet the goals set by the organization.

Once you know the main requirements in the development of maintenance arises and runs rehabilitation and implementation of conservation container Motor General Electric CT7-9C3 aircraft CASA CN-235, which details the requirements to be met in the maintenance area.

In developing the theoretical framework determines a preliminary study, main characteristics of engine, engine maintenance, the material to be used and related specifications preservation system for the engine.

To development of practical work project is available all necessary resources for this purpose and is developed according to the techniques and practical applications for rehabilitation, taking into account all necessary measures and standards for the execution of this workshop.

Consequently developing develops the respective manuals, performance testing, technical studies, legal and economic, concluding with the respective conclusions and some recommendations.

To end the preservation container will be implemented in the maintenance engine section of the GAE-45 "Pichincha" that will ensure proper operation safety, contributing to technological development Aeronautical Army.

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación tiene como objeto desarrollar el proceso de rehabilitación e implementación del contenedor para la conservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3, de los aviones Casa CN-235 del Grupo de Aviación del Ejército N- 45, mediante los conocimientos técnicos adquiridos para tal efecto.

Para la construcción del mencionado proyecto se tomó en consideración con antelación, un estudio detallado del Sistema de SERVICING del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3, así como la compilación de toda información técnica necesaria, para la puesta en práctica.

El trabajo investigativo está establecido por cuatro capítulos, los cuales se explican a continuación:

- **El Capítulo I**, detalla los Antecedentes, Justificación, Objetivos y el Alcance.
- **El Capítulo II**, anexa los fundamentos teóricos referente a; Rehabilitación, implementación, Preservación del motor, descripción y las generalidades del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3 así como Manuales de Operación y mantenimiento.
- **El Capítulo III**, determina el procedimiento de la rehabilitación y puesta en operación del contenedor de conservación.
- **El Capítulo IV**, enuncia las conclusiones y recomendaciones efectuadas luego de haber concluido con el proyecto.

# CAPÍTULO I

## EL TEMA

### 1.1 Antecedentes

El Grupo de Aviación del Ejército N° 45 “PICHINCHA” como parte fundamental de la Fuerza Terrestre y de la Brigada de Aviación del Ejército en el cumplimiento de la misión de transporte logístico, carga, paracaidismo, y exploración ha venido desarrollando trabajos de mantenimiento dentro del Escuadrón de Mantenimiento que va acorde al incremento de la flota de sus aeronaves (aviones y helicópteros), y de los avances tecnológicos con el transcurso del tiempo.

En tal razón surge la necesidad de capacitar a los técnicos, implementar y dotar de todo material y equipo de apoyo para la ejecución del mantenimiento, a fin de mantener el nivel de aeronavegabilidad dentro de las operaciones de las aeronaves.

El Escuadrón de Mantenimiento en cumplimiento de su principal objetivo, como es el de mantener operativos las aeronaves, ha visto la imperiosa necesidad de implementar nuevos equipos de apoyo para la ejecución del mantenimiento; es en tal circunstancia que se desarrolla una apropiada investigación en relación al problema planteado (**Ver Anexo A**) en el cual se concluye la necesidad de la **REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTENEDOR PARA LA CONSERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3, DE LOS AVIONES CASA CN-235 DEL GRUPO DE AVIACIÓN DEL EJERCITO N.- 45**, lo que permitirá al personal de técnicos

realizar eficientemente el mantenimiento, las inspecciones y los controles del motor de mencionada aeronave.

## **1.2 Justificación**

En la actualidad formamos parte de un escenario en constante avance y desarrollo tecnológico, razón fundamental para la rehabilitación de equipos de apoyo que agilicen y optimicen el mantenimiento.

La rehabilitación del contenedor para la conservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3, de los Aviones Casa CN-235 del GAE-45 "PICHINCHA", será posible realizarlo en vista de que se cuenta con la información y el material apropiado para la construcción.

Si no se realiza la rehabilitación de este equipo de apoyo no se podría realizar una conservación del motor adecuada lo cual originará daños a los componentes del motor y en sí al mismo; con ello, los trabajos de mantenimiento llevarían mucho más tiempo del programado.

De éste trabajo investigativo se beneficiará la institución, así como el personal técnico que labora en el área de mantenimiento de los aviones CN-235, colaborando de este modo al desempeño profesional y por ende lograr que las actividades se realicen de manera eficaz y eficiente.

## **1.2 Objetivos**

### **1.3.1 Generales**

Rehabilitar e Implementar el contenedor de conservación del motor General Electric CT7-9C3 del avión CASA CN-235, del GAE-45 "PICHINCHA".

### **1.3.2 Específicos**

- Desarrollar la rehabilitación e implementación, haciendo uso de los

conocimientos teóricos, técnicos y prácticos, adquiridos durante el periodo académico y parte del ejercicio de funciones como técnico.

- Determinar y recopilar información del contenedor de preservación del Motor General Electric CT7-9C3, concerniente a la descripción, funcionamiento y operación.
- Elaborar el manual y capacitar sobre la operación, mantenimiento, y formulario de registro de manera que el técnico opere el contenedor de una forma sencilla y segura.

#### **1.4 Alcance**

La rehabilitación e implementación del contenedor para el motor CT7-9C3 tiene por alcance satisfacer, los requerimientos técnicos operacionales y ergonómicos del personal que pertenece al Escuadrón de Mantenimiento de la Sección de Motores y Hélices, ya que permitirá mejorar la inspección y mantenimiento del motor, obteniendo que la aeronave y sus componentes se encuentren cumpliendo con sus funciones habituales dentro de la Aviación del Ejército por lo que será de suma importancia la elaboración de este trabajo de graduación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Rehabilitación<sup>1</sup>**

Reparación de un equipo usado, que ha sido completamente desarmado e inspeccionado, en la misma manera y con las mismas tolerancias de un producto nuevo, con partes nuevas o usadas; de manera tal que todas las partes empleadas en él, deberán estar de acuerdo con los planos de producción, tolerancias y límites de vida para partes nuevas.

##### **2.1.1 Materiales y Materias Primas<sup>2</sup>**

Las materias primas son los recursos naturales a partir de los que obtenemos los materiales que empleamos en la actividad técnica; mientras que las materias son los productos útiles para la actividad tecnológica que se obtienen de la transformación de las materias primas.

Entre los materiales más utilizados para elaborar productos destacan:

- **Plásticos.-** Se obtienen artificialmente a partir del petróleo y se utilizan para fabricar tuberías, embalajes, juguetes, recipientes, revestimiento de cables.
- **Metales.-** Se extraen de los minerales que forman parte de las rocas y se utilizan para estructuras y piezas de máquinas, herramientas, elementos de unión, componentes electrónicos, marcos de ventanas, muebles.

---

<sup>1</sup> Recopilación de Derecho Aéreo “Código Aeronáutico” de la Dirección General de Aviación Civil, Tomo II Parte 001 Subparte A Definiciones.

<sup>2</sup> <http://www.slideshare.net/Thornegro/materia-prima-y-materiales>

- **Pétreos.-** Se extraen de las rocas y son el mármol, la pizarra, el vidrio, el yeso, el cemento y el hormigón. Normalmente se utilizan como materiales de construcción.



**Figura 2.1** Materiales y materias primas

**Fuente:** Investigación de Campo

### 2.1.2 Metales y Aleaciones<sup>3</sup>

Los metales y las aleaciones empleados en la industria y en la construcción pueden dividirse en dos grupos principales: Materiales FERROSOS y NO FERROSOS. Ferroso viene de la palabra Ferrum que los romanos empleaban para el fierro o hierro. Por lo tanto, los materiales ferrosos son aquellos que contienen hierro como su ingrediente principal; es decir, las numerosas calidades del hierro y el acero.

Los materiales No Ferrosos no contienen hierro. Estos incluyen el aluminio, magnesio, zinc, cobre, plomo y otros elementos metálicos. Las aleaciones el latón y el bronce, son una combinación de algunos de éstos metales No Ferrosos y se les denomina Aleaciones No Ferrosas.

Uno de los materiales de fabricación y construcción más versátil, más adaptable y más ampliamente usado es el ACERO. A un precio relativamente bajo, el acero combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, lo que se

<sup>3</sup> [http://www.infoacero.cl/acero/que\\_es.htm](http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm)

presta para fabricaciones mediante muchos métodos. Además, sus propiedades pueden ser manejadas de acuerdo a las necesidades específicas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico, o mediante aleaciones.

### **2.1.3 Acero**

El Acero es básicamente una aleación o combinación de hierro y carbono (alrededor de 0,03% hasta menos de 1.76%), en peso de su composición dependiendo del grado.

Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que, en oposición al acero, son mucho más frágiles y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas. Algunas veces otros elementos de aleación específicos tales como el Cr (Cromo) o Ni (Níquel) se agregan con propósitos determinados.

Ya que el acero es básicamente hierro altamente refinado (más de un 98%), su fabricación comienza con la reducción de hierro (producción de arrabio) el cual se convierte más tarde en acero.

El hierro puro es uno de los elementos del acero, por lo tanto consiste solamente de un tipo de átomos. No se encuentra libre en la naturaleza ya que químicamente reacciona con facilidad con el oxígeno del aire para formar óxido de hierro-herrumbre. El óxido se encuentra en cantidades significativas en el mineral de hierro, el cual es una concentración de óxido de hierro con impurezas y materiales térreos.



**Figura 2.2** Acero y Aleaciones

**Fuente:** Investigación de Campo

### 2.1.3.1 Clasificación del Acero

Los diferentes tipos de acero se clasifican de acuerdo a los elementos de aleación que producen distintos efectos en el Acero :

- **Acero al Carbono**

Más del 90% de todos los aceros son aceros al carbono. Estos aceros contienen diversas cantidades de carbono y menos del 1,65% de manganeso, el 0,60% de silicio y el 0,60% de cobre. Entre los productos fabricados con aceros al carbono figuran máquinas, carrocerías de automóvil, la mayor parte de las estructuras de construcción de acero, cascos de buques, somieres y horquillas.

- **Aceros Aleados**

Estos aceros contienen una proporción determinada de vanadio, molibdeno y otros elementos, además de cantidades mayores de manganeso, silicio y cobre que los aceros al carbono normales. Estos aceros de aleación se pueden subclasificar en:

- **Estructurales:** Son aquellos aceros que se emplean para diversas partes de máquinas, tales como engranajes, ejes y palancas.

Además se utilizan en las estructuras de edificios, construcción de chasis de automóviles, puentes, barcos y semejantes. El contenido de la aleación varía desde 0,25% a un 6%.

- **Para Herramientas:** Aceros de alta calidad que se emplean en herramientas para cortar y modelar metales y no-metales. Por lo tanto, son materiales empleados para cortar y construir herramientas tales como taladros, escariadores, fresas, terrajas y machos de roscar.
  
- **Especiales:** Los Aceros de Aleación especiales son los aceros inoxidable y aquellos con un contenido de cromo generalmente superior al 12%. Estos aceros de gran dureza y alta resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión, se emplean en turbinas de vapor, engranajes, ejes y rodamientos.

### 2.1.3.2 Características del Acero<sup>4</sup>

#### 2.1.3.2.1 Características Positivas del Acero

- **Alta resistencia mecánica:**

Los aceros son materiales con alta resistencia mecánica al someterlos a esfuerzos de tracción y compresión y lo soportan por la contribución química que tienen los aceros. Por medio de los ensayos de laboratorio se determina la resistencia a tracción y a compresión evaluando su límite elástico y el esfuerzo de rotura.

- **Elasticidad:** La elasticidad de los aceros es muy alta, en un ensayo de tracción del acero al estirarse antes de llegar a su límite elástico vuelve a su condición original.

---

<sup>4</sup> <http://www.arqhys.com/construccion/acero-caracteristicas.html>

- **Soldabilidad:** Es un material que se puede unir por medio de soldadura y gracias a esto se pueden componer una serie de estructuras con piezas rectas.
- **Ductilidad:** Los aceros tienen una alta capacidad para trabajarlos, doblarlos y torcerlos.
- **Forjabilidad:** Significa que al calentarse y al darle martillazos se les puede dar cualquier forma deseada.
- **Trabajabilidad:** Se pueden cortar y perforar a pesar de que es muy resistente y aun así siguen manteniendo su eficacia.

### 2.1.3.3 Desventajas del Acero

- **Oxidación**  
Los aceros tienen una alta capacidad de oxidarse si se exponen al aire y al agua simultáneamente y se puede producir corrosión del material si se trata de agua salina.
- **Transmisor de calor y electricidad**  
El acero es un alto transmisor de corriente y a su vez se debilita mucho a altas temperaturas, por lo que es preferible utilizar aceros al níquel o al aluminio o tratar de protegerlos haciendo ventilados y evitar hacer fábricas de combustible o plásticos con este tipo de material.

Estas dos desventajas son manejables teniendo en cuenta la utilización de los materiales y el mantenimiento que se les dé a los mismos.

#### **2.1.4 Acero ASTM A-36**

Es una aleación de acero al carbono de propósito general muy comúnmente usado en los Estados Unidos, aunque existen muchos otros aceros, superiores en resistencia, cuya demanda está creciendo rápidamente.

La denominación A-36 fue establecida por la ASTM (American Society for Testing and Materials).

Como la mayoría de los aceros, el A-36, tiene una densidad de 7850 kg/m<sup>3</sup> (0.28lb/in<sup>3</sup>). El acero A36 en barras, planchas y perfiles estructurales con espesores menores de 8in. (203,2mm) tiene un límite de fluencia mínimo de 250MPa (36ksi), y un límite de rotura mínimo de 410MPa (58ksi). Las planchas con espesores mayores de 8in. (203,2 mm) tienen un límite de fluencia mínimo de 220MPa (32ksi), y el mismo límite de rotura.

El acero A-36 se produce en una amplia variedad de formas, que incluyen:

- Planchas.
- Perfiles estructurales.
- Tubos.
- Barras.
- Láminas.

#### **2.1.5 Recubrimientos Orgánicos Anticorrosivos**

Los recubrimientos son materiales transparentes o pigmentados que forman películas para proteger las superficies a las que se aplican de los efectos del ambiente.

Es el método para el control de la corrosión más común y se basa en crear una barrera entre el metal a proteger con el medio que le rodea.

Dependiendo del espesor se le conoce como recubrimiento cuando es menor a 1 mm y cuando es mayor se le conoce como revestimiento.

Se define como una mezcla o dispersión relativamente estable de un pigmento en una solución de resinas y aditivos, su composición debe ser tal que al ser aplicada una capa delgada sobre un sustrato metálico, sea capaz de formar una película seca uniforme que actúe como una barrera:

- Flexible
- Adherente
- Máxima eficiencia de protección contra la corrosión

#### **2.1.5.1 Clasificación de los recubrimientos orgánicos**

- **Metálicos:** Los recubrimientos metálicos se aplican mediante capas finas que separen el ambiente corrosivo del metal, es decir que puedan servir como ánodos sacrificables que puedan ser corroídos en lugar del metal subyacente. Los galvanizados son un buen ejemplo de este caso.
- **Orgánicos:** Los recubrimientos orgánicos son polímeros y resinas producidas en forma natural o sintética, generalmente formulados para aplicarse como líquidos que se secan o endurecen como películas de superficies delgadas en materiales del sustrato. Un ejemplo de estos recubrimientos son las pinturas.
- **Inorgánicos:** Los recubrimientos inorgánicos proporcionan acabados tersos y duraderos, los más usados son el vidrio y los cerámicos.

#### **2.1.5.2 Términos Comunes de Recubrimientos**

- Pigmento
- Aglutinante o Resina
- Solvente
- Mecanismo de Curado
- Sistema de Recubrimientos

### 2.1.5.3 Componentes del Recubrimiento

- **Pigmento:** Un pigmento es “Un sólido de partículas discretas usado para impartir cualidades protectoras o decorativas específicas al recubrimiento”.  
El término “pigmento” también puede usarse para describir a las cargas inertes.
- **Vehículo:** Un vehículo es “la base líquida del recubrimiento, consiste de solvente, aglutinante y cualquier aditivo líquido requerido”. El Aglutinante usualmente es la resina que brinda la porción formadora de película. La mayoría de los recubrimientos se nombran de acuerdo al aglutinante.

### 2.1.5.4 Pinturas

#### 2.1.5.4.1 Pinturas Anticorrosivas

Estas composiciones tienen como función fundamental controlar el fenómeno de corrosión para prolongar la vida útil del sustrato. Una propiedad esencial es la adhesión al metal, la cual es función del material formador de película; su naturaleza depende de la pintura intermedia o de terminación seleccionada según las exigencias del medio ambiente.

Las principales características de las pinturas anticorrosivas son el bajo brillo para facilitar la adhesión de la capa posterior; la reducida permeabilidad para controlar el proceso de corrosión y evitar simultáneamente la formación de ampollas; óptima adhesión al sustrato de base y finalmente una elevada eficiencia del pigmento inhibidor de la corrosión, particularmente los solubles ya que requieren el medio electrolítico para desarrollar su mecanismo de acción.

#### 2.1.5.4.2 Pinturas intermedias

Estos productos se incluyen en un sistema protector para mejorar la adhesión de la pintura de terminación (sistemas heterogéneos) o bien para reducir

sensiblemente la permeabilidad de la película seca (controlar el acceso del medio electrolítico y sustancias agresivas a la interface sustrato / recubrimiento).

Estas pinturas en sistemas heterogéneos son generalmente de tipo convencional espesor de película seca de 25/30  $\mu\text{m}$  por capa) mientras que las selladoras (tipo alto espesor o “high build”, 100/150  $\mu\text{m}$  por capa) están basadas en pigmentos laminares (mica, óxido de hierro micáceo, etc.).

#### **2.1.5.4.3 Pinturas de terminación**

La película de esta pintura protege las capas del primer, de la anticorrosiva o de la intermedia del medio externo; se pueden diseñar con materiales formadores de película de diferente naturaleza química.

Se formulan en general con bajos niveles de pigmentos y cargas o extendedores con el fin de generar una película brillante para facilitar su limpieza y de mínima permeabilidad para evitar el acceso de sustancias agresivas.

#### **2.1.6 Soldadura<sup>5</sup>**

La soldadura es un proceso en el cual se hace la unión de dos materiales generalmente a través de la fusión, cuando dos piezas de metal son soldadas fundiéndose ambas, y agregando un material de relleno fundido, soldaduras, que al enfriarse, se convierte en una unión fija.

##### **2.1.6.1 Soldadura por fusión<sup>6</sup>**

Es la técnica que consiste en calentar dos piezas de metal hasta que se derriten y se funden entre sí se le llama soldadura por fusión. Puede ser con aporte de material. Este tipo de soldadura es el más común, al cual pertenecen la soldadura de oxigás y la soldadura de arco eléctrico. Fundamentalmente se basa en tres métodos:

---

<sup>5</sup> <http://www.codinter.com.co/soldaduras/>

<sup>6</sup> <http://udes-christianramirez.blogspot.com/2011/05/tipos-de-soldadura-utilizados-en-la.html>

- Interponiendo entre las caras de las piezas a soldar un metal igual o diferente (metal de aportación) llevado a temperatura de fusión.
- Interponiendo el metal de aportación llevado a temperatura de fusión entre las caras de las piezas a soldar, que sólo han sido recalentadas pero no llevadas a temperatura de fusión.
- Llevando a temperatura de fusión el metal de las caras de las piezas a soldar sin añadir material de aportación.

Una soldadura es homogénea cuando el metal base es igual al metal de aportación; heterogénea, cuando el metal base es diferente del metal de aportación; autógena, cuando el material base se funde y toma parte en la composición de la junta; y heterogénea, cuando el material base no se funde y no forma parte de la composición de la junta, formada sólo por el material de aportación.

#### **2.1.6.2 Soldadura por Presión**

En la soldadura por presión la unión de las piezas se obtiene ejerciendo una presión mecánica sobre las piezas a unir. La acción de la presión debe ser combinada con el calor necesario para llevar a las piezas a una consistencia pastosa, generalmente sin el empleo de metal de aportación. Generalmente la soldadura por presión también se denomina soldadura por puntos pues el calor se suministra por medio de resistencias eléctricas en puntos concretos.

#### **2.1.6.3 Soldadura por Arco Eléctrico**

Mediante una corriente eléctrica (ya sea corriente alterna o corriente continua) se forma un arco eléctrico entre el metal a soldar y el electrodo utilizado, produciendo la fusión de éste y su depósito sobre la unión soldada. Los electrodos suelen ser de acero suave, y están recubiertos con un material fundente que crea una atmósfera protectora que evita la oxidación del metal fundido y favorece la operación de soldeo.

Las máquinas soldadoras son graduadas según su capacidad de salida, la que puede variar de entre 150 y 600 amperios.

150-200 amperios para soldadura liviana-a-mediana. Excelente para toda fabricación y suficientemente robusta para operación continúa en trabajo liviano o mediano de producción.

250-300 amperios para requerimientos normales de soldadura. Utilizada en fábricas para trabajo de producción, mantenimiento, reparación, trabajo en sala de herramientas, y toda soldadura general de taller.

400-600 amperios, para soldadura grande y pesada. Especialmente buena para trabajos estructurales, fabricación de partes pesadas de máquina, tubería y soldadura en tanques.

### **2.1.7 Tipos de Soldadura<sup>7</sup>**

Uno de los aspectos del diseño de juntas es el correspondiente al tipo de soldadura que se utiliza en la junta. Existen cinco tipos básicos de soldadura, la selección del tipo de soldadura esta tan ligada a la eficiencia de la junta como el diseño mismo de esta.

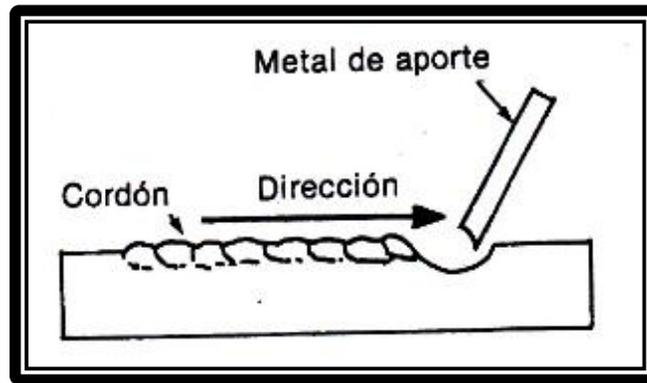
Se elige un tipo de soldadura con preferencia sobre otro por razón de su relación específica con la eficiencia de la junta.

#### **2.1.7.1 Soldadura de Cordón**

Se la realiza en una sola pasada, con el metal de aporte sin movimiento hacia uno u otro lado. Esta soldadura se la utiliza principalmente para reconstruir superficies desgastadas, y en muy pocos casos se emplea para juntas.

---

<sup>7</sup> Henry Horwitz, Enciclopedia de la Soldadura Tomo I, Ediciones Alfa omega, Capitulo 2 Tipos de soldaduras y de Juntas Soldadas Página 12.

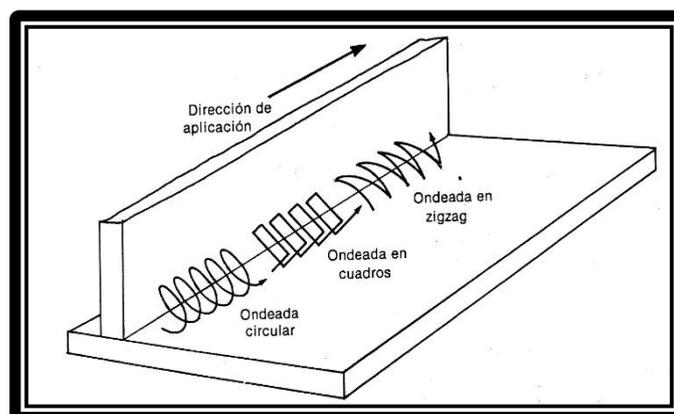


**Figura 2.3** Soldadura de Cordón

**Fuente:** Investigación de Campo

### 2.1.7.2 Soldaduras Ondeadas

Se las logra haciendo un cordón con algo de movimiento hacia uno y otro lado. El ancho del cordón depende del diseño o de la necesidad. Entre estas soldaduras hay también varios tipos, como el zigzag, el circular, el oscilante y otros. La soldadura ondeada también se usa principalmente para la reconstrucción de superficies.



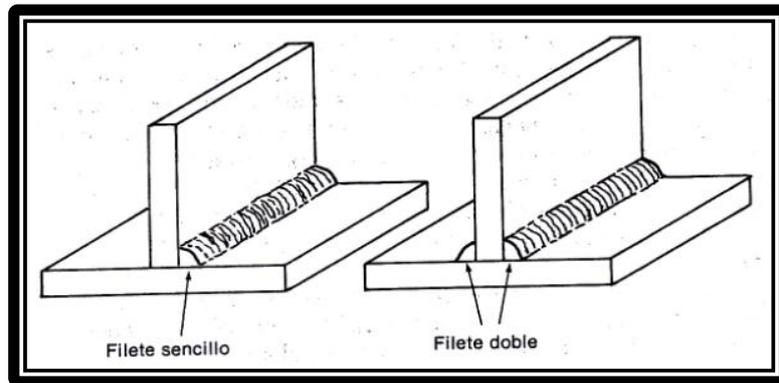
**Figura 2.4** Soldadura Ondeadas

**Fuente:** Investigación de Campo

### 2.1.7.3 Soldadura de Filete

Son similares a la de ranura, pero se hacen con mayor rapidez que estas, y a menudo se las prefiere en condiciones similares por razones de economía.

Empero las soldaduras de un solo filete no son a veces tan resistentes como la soldaduras de ranura, si bien una soldadura de doble filete se compara favorablemente en cuanto a resistencia. Las soldaduras de filete se combinan a menudo con otras soldaduras para mejorar las distribuciones de esfuerzos.



**Figura 2.5** Soldadura de Filete

**Fuente:** Investigación de Campo

#### 2.1.7.4 Soldadura de Tapón y de Agujero Alargado

Sirve principalmente para hacer las veces de remaches. Se emplean para unir por fusión dos piezas de metal cuyos bordes, por alguna razón, no pueden fundirse, puede soldarse un círculo interior (de tapón, o una abertura o ranura alargada, dejando las orillas libres).

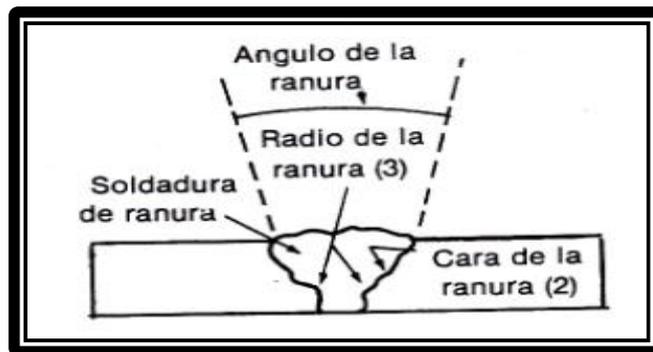


**Figura 2.6** Soldadura de tapón y Agujero alargado

**Fuente:** Investigación de Campo

### 2.1.7.5 Soldadura de Ranura

Se lo realiza en la ranura que queda entre dos piezas de metal. Estas soldaduras se emplean en muchas combinaciones, dependiendo de la accesibilidad de la economía, el diseño y el tipo de proceso de soldadura que se aplique. La ranura comprende del ángulo de ranura, la cara de la ranura y el radio de la ranura.



**Figura 2.7** Soldadura de Ranura

**Fuente:** Investigación de Campo

### 2.1.8 Oxícorte

El oxícorte es una técnica auxiliar a la soldadura, que se utiliza para la preparación de los bordes de las piezas a soldar cuando son de espesor considerable, y para realizar el corte de chapas, barras de acero al carbono de baja aleación u otros elementos ferrosos. El oxícorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900 °C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos. En este proceso se utiliza un gas combustible cualquiera (acetileno, hidrógeno, propano), cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizarse oxígeno a fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte.



**Figura 2.8** Oxicorte

**Fuente:** Investigación de Campo

### **2.1.9 Electrodo**

Los electrodos cumplen dos funciones en la soldadura: por una parte realizan la función de conductor de la electricidad y, por otra, proporcionan el metal de aportación, los electrodos pueden ser de dos tipos desnudos o revestidos.

#### **2.1.9.1 Electrodo Desnudo**

Los electrodos desnudos tienen numerosos inconvenientes, siendo el más frecuente la desnaturalización del metal fundido por la acción del oxígeno y nitrógeno del aire, produciendo un arco inestable y de cebado difícil. Solo se utiliza con corriente continua y cada vez menos.

Las partes de un electrodo son: el alma que es la parte metálica y a la que nos referimos cuando hablamos del diámetro del electrodo, y el revestimiento en el cual se suele haber impreso y números que nos dan unas ciertas características del electrodo. En uno de los extremos, el alma no lleva revestimiento (este trozo tiene alrededor de 25mm y es la parte que se sujeta a la pinza o mango del soldador).

### 2.1.9.2 Electroodos Revestidos

Del revestimiento de los electrodos depende fundamentalmente la calidad de los depósitos. Los revestimientos actúan de la siguiente manera:

- Estabilizan el arco eléctrico
- Forman una pantalla gaseosa que protege los metales fundidos
- Sirven como medio para efectuar depósitos metálicos
- Permiten la ejecución de soldaduras en posición
- Forman una escoria que purifica el metal

### 2.1.9.3 Identificación de los Electroodos

American Welding Society (AWS), la sociedad americana de soldadura establece un grupo de símbolos estándar de soldadura, utilizada en la industria para indicar e ilustrar toda la información para soldar en los dibujos y planos de ingeniera.

Los símbolos de soldadura son tan esenciales en el trabajo del soldador como correr un cordón o llenar una unión.

Se especifica por cuatro o cinco dígitos con la letra E al comienzo cuyo significado se desglosa de la siguiente forma:

**E XX X X**  
(a) (b) (c) (d)

- a. Prefijo E por electrodo
- b. Resistencia a la tracción mínima del depósito en miles de libras por pulgada cuadrada.
- c. Posición de soldadura (1 = toda posición y 2 = Posición plana y horizontal).
- d. Tipo de revestimiento y tipo de corriente eléctrica y polaridad a usar.

## **2.1.10 Electrodo 6011**

### **2.1.10.1 Características**

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobre cabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

### **2.1.10.2 Usos**

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero dulce, especialmente en trabajos donde se requiera penetración.

### **2.1.10.3 Aplicaciones**

- Cordon de raíz en cañerías.
- Cañerías de oleoductos.
- Reparaciones generales.
- Estructuras.
- Planchas galvanizadas.

## **2.1.11 Electrodo 6013**

### **2.1.11.1 Características**

Electrodo caracterizado por una escoria fácil de remover y un arco suave y estable. Es apropiado para trabajo sobre planchas delgadas de metal.

Los diámetros mayores son usados en muchas de las mismas aplicaciones que el E-6012.

Los diámetros menores proporcionan menor penetración que el obtenido con el E-6012.

#### **2.1.11.2 Usos**

Electrodo especialmente recomendado para soldar láminas metálicas delgadas y en general toda clase de aceros dulces.

#### **2.1.11.3 Aplicaciones**

- Cerrajería.
- Carpintería metálica.
- Muebles metálicos.
- Estructuras livianas.

#### **2.1.12 Prácticas de seguridad para soldadura con arco**

Deben observarse las siguientes reglas de seguridad:

1. Compruebe que el área de soldar tenga un piso de cemento o de mampostería y que este seco, nunca trabaje en una área húmeda o piso mojado.
2. Guarde todo el material combustible a una distancia prudente.
3. Siempre compruebe que su máquina este correctamente conectada a tierra.
4. Nunca deje que los cables de suministro de energía de las maquinas soldadoras portátiles se enreden con los cables de soldar, ni que queden lo suficientemente cerca de la operación de la soldadura como parte que su aislamiento pueda dañarse por chispas o por metal caliente.
5. Mantenga siempre los terminales de la soldadura y los cables primarios de alimentación de energía fuera de las escaleras, pasillos o puertas.

6. Mantenga siempre los cables de soldar limpios de grasa y aceite.
7. Nunca deje que los cables de soldar queden asentados en agua, en tierra, en zanjas o en fondos de tanques.
8. Nunca cambie el interruptor de polaridad estando la máquina bajo carga. Espere hasta que quede trabajando en vacío la máquina y se abra el circuito. De lo contrario puede quemarse la superficie de contacto del interruptor, y el arqueo resultante puede causar lesiones al soldador.
9. Nunca sobrecargue un cable de soldadura.
10. Apague siempre la máquina de soldar cuando la vaya a dejar por un periodo de tiempo prologado.

### **2.1.13 Equipo de protección para soldadores**

- Siempre use gafas con vidrios filtros filtrantes adecuados cuando trabaje con soplete.
- Use un protector de calor o un casco con lentes filtrantes adecuados.
- Use gafas contra llama, con protectores laterales y unos lentes apropiados en todo momento, aun cuando este ajustando los controles.
- Las gafas y los cascos protegen los ojos de las chispas y fragmentos de escoria volantes, asi como también de luz intensa y los rayos perjudiciales de la llama de arco. También ayudan a mejorar la pieza de trabajo.
- Use guantes y mandiles de cuero, así como zapatos adecuados y demás ropa de protección.
- Mantenga seco y libre de aceite el equipo de protección y tenga cuidado de que su ropa no se aceite, de que sus bolsillos no contenga cerillos ni

encendedores para cigarrillos, y de que sus puños no estén abiertos y listos para recibir chispas o escoria.

#### **2.1.14 Elementos de Sujeción**

Los tornillos, tuercas, pernos, etc. se emplean para unir multitud de cosas. Se denomina perno a una pieza metálica, normalmente de acero o hierro, larga, cilíndrica, semejante a un tornillo pero de mayores dimensiones, con un extremo de cabeza redonda y otro extremo que suele ser roscado. En este extremo se enrosca una chaveta, tuerca, o remache, y permite sujetar una o más piezas en una estructura, por lo general de gran volumen.



**Figura 2.9** Elementos de Sujeción

**Fuente:** Investigación de Campo

#### **2.2 Implementación**

Es el proceso de llevar a cabo una aplicación, instalación o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño o especificación.

## **2.2.1 Clases de resistencias en los miembros**

### **2.2.1.1 Resistencia a la tracción**

Un cuerpo está sometido a tracción cuando actúan sobre él dos fuerzas iguales y un sentido contrario y tienden a estirar las fibras internas del miembro, el efecto es de alargamiento. Se toman como magnitudes positivas para el cálculo algebraico.

### **2.2.1.2 Resistencia a la compresión**

Un cuerpo está sometido a compresión cuando actúan sobre él dos fuerzas iguales y en sentido contrario, las fuerzas tienden a acortar las fibras internas del miembro, el efecto es de acortamiento. Se toman como magnitudes negativas para el cálculo.

### **2.2.1.3 Resistencia a la cortadura**

Un cuerpo está sometido a cortadura cuando actúan sobre él dos fuerzas iguales, en sentido contrario, en planos paralelos y con muy poca separación.

### **2.2.1.4 Resistencia a la flexión**

Un cuerpo está sometido a una flexión cuando actúan sobre él dos fuerzas iguales con una separación, y otra en sentido contrario en el centro de las dos, igual a la suma de estas.

### **2.2.1.5 Resistencia a la tensión transversal**

El alma de las vigas en carga está sometida a una tensión transversal o de desgarramiento, producida por las fuerzas contrarias de su superior e inferior.

### **2.2.1.6 Resistencia a la torsión**

Entendemos por torsión la deformación de un eje, producto de la acción de dos fuerzas paralelas con direcciones contrarias en sus extremos.

### **2.2.1.7 Resistencia al pandeo**

Un cuerpo esta solicitado a pandeo cuando está sometido a compresión siendo su longitud grande, y su sección transversal pequeña.

### **2.2.2 Factor de Seguridad**

Un elemento estructural o componente de máquina debe diseñarse de modo que su carga última sea bastante mayor que la carga que el elemento o componente llevará en condiciones normales de uso. Esta carga menor es la carga admisible y, a veces, la carga de trabajo o de diseño. Así sólo se utiliza una fracción de la carga última del elemento cuando se aplica la carga admisible. El remanente de la capacidad del elemento se deja en reserva para asegurar un desempeño seguro. La razón entre la carga última y la carga admisible se define como factor de seguridad.

La selección del factor de seguridad apropiado para determinada aplicación requiere de muchas consideraciones tales como las siguientes:

- Variaciones que ocurren en las propiedades de los materiales.
- Número de ciclos de carga que pueden esperarse durante la vida de la estructura o máquina.
- Tipo de cargas que se consideran en el diseño o que pueden ocurrir en el futuro.
- Tipo de falla que puede ocurrir.
- Incertidumbre debido a los métodos de análisis.
- Deterioro que puede ocurrir en el futuro por mantenimiento deficiente o por causas naturales no prevenibles.

- Importancia de un elemento con respecto a la seguridad de la estructura total.

La forma más usual de definir el coeficiente de seguridad de un diseño mecánico es una de las siguientes:

- Como cociente entre la resistencia a la tensión ( $S_y$ ) y la tensión realmente existente ( $\sigma$ )

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma} \quad (2.1)$$

- Como cociente entre la fuerza última o máxima para un funcionamiento correcto ( $F_u$ ) y la fuerza realmente existente ( $F$ )

$$\eta = \frac{F_u}{F} \quad (2.2)$$

### 2.2.3 Esquema Mecánico

En los cálculos de resistencia mecánica, el factor de seguridad se aplica principalmente de dos maneras:

- Multiplicando el valor de las sollicitaciones o fuerzas que actúan sobre un elemento resistente por un coeficiente mayor a uno (coeficiente de mayoración). En este caso se calcula como si el sistema fuera solicitado en mayor medida de lo que se espera que lo sea en la realidad.
- Dividiendo las propiedades favorables del material que determinan el diseño por un número mayor que uno (coeficiente de minoración). En este caso se modela el material como si fuera peor de lo que se espera que sea.

En ambos casos el resultado es el mismo: un sobredimensionamiento del componente.

Este sobredimensionamiento se justifica por variadas causas, como por ejemplo: previsiones de desgaste o corrosión, posibles errores o desviaciones en las propiedades previstas de los materiales que se manejan, diferencias entre las propiedades tabuladas y las obtenibles en la realidad, tolerancias de fabricación o montaje, tolerancias por incertidumbre en las solicitaciones a que se someterá el elemento, la propia incertidumbre del método de cálculo, etc.

Los valores usados como factores de seguridad, por lo general, provienen de la experiencia empírica o práctica, por lo cual están tabulados y contemplados en las normas o la literatura, o bien se aplican según la experiencia personal del diseñador. En general, para el mismo tipo de elemento dependerán del tipo de uso o servicio que se le piense dar y de la posibilidad de riesgo derivada para usuarios y terceras personas. Por ejemplo, para una máquina de uso continuo se usará un factor de seguridad mayor que para una de uso esporádico.

En resistencia de materiales se aplicarán diferentes coeficientes de seguridad dependiendo del uso del componente.

#### **2.2.4 Factores de carga.**

Antes se mencionó que las cargas nominales se multiplican por factores de carga antes de hacer el análisis estructural. Dichos factores son números con los que se incrementan las cargas nominales máximas o se reducen las mínimas, de tal manera que con ellos se aumenta o se disminuye, respectivamente, la probabilidad de que las cargas sean excedidas o no sean alcanzadas.

Los factores de carga toman en cuenta la posibilidad de que se presenten sobrecargas y las imprecisiones en los métodos de análisis estructural. Para considerar que la probabilidad de que varias acciones existan simultáneamente con su máxima intensidad es pequeña, generalmente se especifican factores de carga menores para acciones combinadas.

### **2.2.5 Vigas.<sup>8</sup>**

Una viga es un miembro estructural esbelto, prismático por lo general, en el cual las dimensiones de una sección normal a su eje son pequeñas, comparada con la longitud de dicho eje. Las vigas son los elementos estructurales más comunes y su uso se extiende a edificios, puentes, máquinas y material de transporte.

La resistencia de los materiales es la determinación de las relaciones entre esfuerzos y las deformaciones producidas por las fuerzas que se aplican a un elemento o a una estructura.

El estudio de flexión es más complejo debido a que los efectos de las fuerzas aplicadas son variables de una u otra sección de la viga. Estos efectos son de dos tipos claramente diferenciados, la fuerza cortante y el momento flexionante, al que a menudo se llama simplemente momento.

Estos dos efectos producen dos tipos distintos de esfuerzos en las secciones transversales de las vigas:

- Un esfuerzo normal directamente proporcional al momento flexionante.
- Un esfuerzo cortante que depende de la fuerza cortante.

#### **2.2.5.1 Tipos de apoyos de las vigas**

Las vigas pueden tener cuatro tipos de apoyos:

- Apoyo rígido
- Apoyo móvil
- Apoyo articulado
- Apoyo empotrado

---

<sup>8</sup> Robert L. Mott, Resistencia de Materiales aplicada Tercera Edición, Capítulo 6 Fuerzas Cortantes y momentos flexionantes en vigas Página 182.

## **2.2.5.2 Tipos de Vigas**

### **2.2.5.2.1 Estáticamente determinadas**

Sus reacciones pueden determinarse mediante la aplicación de las ecuaciones de equilibrio estático y estas pueden ser:

- a. Viga simplemente apoyada
- b. Viga en voladizo o ménsula
- c. Viga simplemente apoyada con dos voladizos

### **2.2.5.2.1 Estáticamente indeterminadas**

Presentan otras condiciones de sujeción todas ellas tienen como mínimo una reacción más de las estrictamente necesarias para su sustentación, es decir, para impedir su movimiento como sólido rígido y son por tanto estáticamente indeterminadas o hiperestáticas.

- a. Viga empotrada-apoyada o ménsula con apoyo
- b. Viga doblemente empotrada
- c. Viga continua

## **2.2.5.3 Principales cargas en las vigas**

### **2.2.5.3.1 Carga concentrada o puntual**

Es la que actúa en una longitud tan pequeña de la viga que puede suponerse que lo hace sobre un punto.

### **2.2.5.3.2 Carga distribuida**

Es la que actúa sobre una longitud finita de la viga. Puede ser uniformemente distribuida en toda su longitud.

### 2.2.5.3.3 Carga uniformemente variable

Su intensidad crece o decrece en una porción constante.

## 2.2.6 Esfuerzos y deformaciones simples<sup>9</sup>

### 2.2.6.1 Deformaciones

Son cambios de forma producida por fuerzas externas que actúan sobre cuerpos rígidos.

Las deformaciones son longitudinales, un alargamiento de un cuerpo (+) o un acortamiento (-), y angulares, un cambio de ángulo entre las caras.

### 2.2.6.2 Esfuerzo

Es una fuerza interna distribuida; es la relación mecánica interna del material que acompaña a una deformación. Los esfuerzos se presentan siempre en pares.

Los elementos de una estructura deben aguantar, además de su propio peso, otras fuerzas y cargas exteriores que actúan sobre ellos. Esto ocasiona la aparición de los siguientes tipos de esfuerzos:

- **Tracción.-** Decimos que un elemento está sometido a un esfuerzo de tracción cuando sobre él actúan fuerzas que tienden a estirarlo. Los tensores son elementos resistentes que aguantan muy bien este tipo de esfuerzos.
- **Compresión.-** Un cuerpo se encuentra sometido a compresión si las fuerzas aplicadas tienden a aplastarlo o comprimirlo. Los pilares y columnas son ejemplo de elementos diseñados para resistir esfuerzos de compresión.

---

<sup>9</sup> <http://www.iesalquibla.net/tecnoweb/estructuras/contenidos/esfuerzos.htm>

- **Flexión.-** Un elemento estará sometido a flexión cuando actúen sobre él cargas que tiendan a doblarlo. A este tipo de esfuerzo se ven sometidas las vigas de una estructura.
- **Torsión.-** Un cuerpo sufre esfuerzos de torsión cuando existen fuerzas que tienden a retorcerlo, es el caso del esfuerzo que sufre una llave al girarla dentro de la cerradura.
- **Cortadura.-** Es el esfuerzo al que está sometida a una pieza cuando las fuerzas aplicadas tienden a cortarla o desgarrarla.

### 2.2.7 Reacciones

Son las fuerzas, los pares o ambos, que actúan en los apoyos y sostienen en su lugar la viga. En general debe tomarse en cuenta el peso de la viga.

### 2.2.8 Fuerza cortante vertical

El valor de la fuerza cortante es igual a la suma algebraica de todas las fuerzas que actúan, a la izquierda o derecha de la sección que se considera.

### 2.2.9 Momento flexionante

El momento flexionante es la suma de los momentos de todas las fuerzas que actúan en la porción de viga a la izquierda o a la derecha de una sección, respecto al eje perpendicular al plano de las fuerzas que pasa por el centro de gravedad de la sección considerada.

## 2.3 Contenedor de Conservación

Se llama contenedor de conservación a un embalaje utilizado para la preservación de componentes voluminosos o pesados: motores, maquinaria, etc. en un recipiente de carga también utilizado para el transporte aéreo, marítimo o fluvial, transporte terrestre y transporte multimodal.

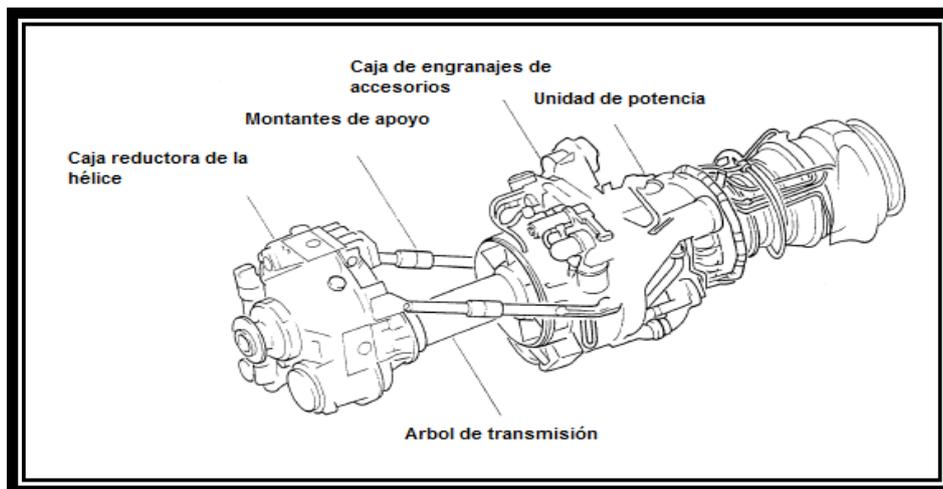
Los contenedores suelen estar fabricados principalmente de acero, pero también los hay de aluminio y algunos otros de madera contrachapada reforzados con fibra de vidrio.

Interiormente llevan un recubrimiento especial anti-humedad, para evitar las humedades durante su conservación.

### 2.3.1 Grupo Moto Propulsor

#### 2.3.1.1 Generalidades

Los motores CT7-9C3 instalados en el avión CASA son turbohélices de tracción delantera y construcción modular. Cada grupo motor instalado sobre la bancada de apoyo, que se fija en el larguero anterior del ala central, incluye la unidad de motor, la caja reductora de la hélice, los sistemas de entrada de aire y escape, el sistema enfriador del aceite de la hélice y los componentes y sistemas auxiliares adicionales necesarios para la operación segura, la instrumentación y la protección del conjunto del motor.

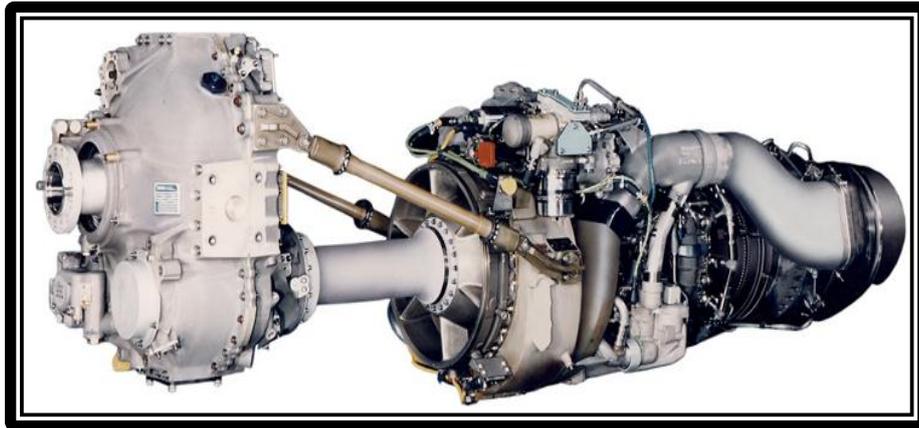


**Fig. 2.10** Motor General Electric CT7-9C3

**Fuente:** Manual de Mantenimiento del avión CASA

### 2.3.1.2 Descripción<sup>10</sup>

El grupo motor propulsor incluye la caja reductora de la hélice (PGB), los montantes de la caja reductora de la hélice, el árbol de transmisión de la caja reductora de la hélice, y el conjunto de la unidad de motor.



**Figura 2.11** Descripción del Motor

**Fuente:** Manual de Mantenimiento Motor CT79C General Electric

La unidad modular de motor consta de una sección de compresión con un compresor axial de cinco etapas y un compresor centrífugo; una sección anular única de combustión de flujo, axial; y una turbina de cuatro etapas. La turbina transforma la energía generada por los gases, para accionar el compresor, la caja de engranajes de accionamiento de accesorios y la reductora de la hélice (PGB). Cada grupo motor propulsor está soportado por una bancada formada por montantes y un yugo de apoyo.

---

<sup>10</sup> Manual de Mantenimiento Motor CT79C General Electric, Capítulo 71-00-00 Página 3

### 2.3.1.3 Datos Técnicos del Motor General Electric CT7-9C3

Tabla 2.1 Datos Técnicos del Motor

Potencia de despegue	1750 HP (1870 HP con APR) a 35°C - 41°C
Eje de la hélice	1384 RPM (100%)
Giro turbina de gases	44700 RPM
Giro turbina de potencia	22000 RPM
Rotores generadores de gases y potencia	En sentido de la agujas del reloj.
Eje de la hélice	En sentido de la agujas del reloj.
Peso del motor seco	795 Lbs. (361 Kg.) Incluye PGB.
Longitud del motor	96 Pulgadas (2438mm.)
Diámetro del motor	26 Pulgadas (660mm.) aprox.

Fuente: Manual de Mantenimiento del Avión CASA

Elaborado por: Cbop Molina Fernando

### 2.3.2 Preservación del Motor<sup>11</sup>

#### 2.3.2.1 Preservación y Despreservación de Motores, Accesorios y Sistemas

A los motores que han sido desmontados del avión y esperan por una revisión general, o ya han sido revisados y esperan ser instalados en un avión, se les debe dar una cuidadosa atención para evitar los daños por corrosión.

#### 2.3.2.2 Agentes Deshidratantes

Existe un cierto número de sustancias (llamadas desecantes) que pueden absorber la humedad de la atmósfera en suficientes cantidades como para que sean útiles como deshidratantes. Una de estas es el gel de sílice (silicagel). Este gel es un agente deshidratante ideal, ya que no se disuelve cuando se satura. Como preventivo de la corrosión, las bolsas de gel de sílice se colocan alrededor

<sup>11</sup> <http://www.thejetengine.net/wp-content/upload/ALMACENAMIENTO.pdf>

y dentro de las distintas partes accesibles de un motor almacenado. También se usa en tapones de plástico huecos, llamados tapones deshidratadores, que pueden roscarse en aberturas del motor tal como los orificios de las bujías.

En los tapones deshidratadores usados se añade clorato de cobalto al gel de sílice. Este aditivo hace posible que los tapones indiquen el contenido de humedad o la humedad relativa del aire alrededor del motor. El gel de sílice tratado permanece de un color azul brillante ante una baja humedad relativa; pero a medida que la humedad aumenta, el tono azul se hace progresivamente más claro, convirtiéndose en color lavanda al 30 % de humedad relativa y apagándose a través de los distintos tonos de rosa, hasta que al 60 % de humedad relativa es un color natural o blanco. Cuando la humedad relativa es menor del 30 %, la corrosión normalmente no ocurre. Por lo tanto, si los tapones deshidratadores están azul brillante, el aire dentro del motor tiene tan poca humedad que la corrosión interna será mínima.

Este mismo gel de sílice tratado con clorato de cobalto se usa en los sobres indicadores de humedad. Estos sobres pueden sujetarse al motor almacenado de manera que puedan ser inspeccionados a través de pequeñas ventanas en el contenedor del motor.

Todos los desecantes se guardan sellados en recipientes para evitar que se saturan con la humedad antes de ser usados. Debe tenerse cuidado para no dejar el recipiente abierto o mal cerrado.

### **2.3.2.3 Preservación y embalaje para el almacenamiento**

Si se sabe que un motor va a ser facturado o almacenado, debe preservarse antes de desmontarle del avión. Los motores que van a ser retirados de servicio por periodos de hasta un mes solo requieren protección de los elementos. Los motores que van a ser almacenados o retirados del servicio durante más de un mes deben preservarse para el almacenamiento.



- Intervalo entre dos realmacenamientos 5 años.
  - Intervalo entre dos inspecciones del indicador de humedad 6 meses.
- b) Almacenamiento en un Contenedor de Resina de Polyester
- Almacenamiento en depósito.
  - Duración total acumulable del almacenamiento 8 años.
  - Intervalo entre dos realmacenamientos 2 años.
  - Intervalo entre dos inspecciones del indicador de humedad 6 meses.
- c) Almacenamiento en una Caja de Madera o en un Contenedor de Plástico, Material en Funda de Polietileno Transparente o Aluminizada.
- Duración total acumulable del almacenamiento 6 años.
  - Intervalo entre dos realmacenamientos 1 años.
  - Intervalo entre dos inspecciones del indicador de humedad 1 meses.
- d) Almacenamiento fuera de Caja o de Contenedor
- Almacenamiento interno y externo, protección contra el polvo y la humedad.

#### **2.3.2.4 Tipos de Almacenamiento<sup>12</sup>**

Para que un motor, un módulo o un equipo permanezca en buen estado si no está utilizado, es necesario almacenarlo para lo cual existen dos tipos de almacenamiento:

##### **2.3.2.4.1 Almacenamiento de Larga Duración**

Se puede asegurar la protección del motor, del módulo o el equipo durante más de tres meses. Se debe realizar todos los modos de almacenamiento y es necesario realizar un acondicionamiento de embalaje.

---

<sup>12</sup> Manual de Mantenimiento Motor Turbomeca Makila 1 , Capítulo 71-00-05 Página 1

#### **2.3.2.4.2 Almacenamiento de Corta Duración**

Se puede asegurar la protección del motor, del módulo o el equipo durante un máximo de tres meses. Se debe realizar todos los modos de almacenamiento, el embalaje no está acondicionado, se debe instalar una funda de protección en el motor, una etiqueta visible que indica el número individual del motor y la fecha del principio del almacenamiento.

#### **2.3.2.5 Depreservación**

Un motor que ha estado en almacenamiento, o inoperable durante un período de tiempo prolongado, debe ser depreservado antes de ponerlo de nuevo en servicio. Antes de conectar el motor a la parte del sistema de combustible y aceite que corresponde al avión (depósito, radiadores, etc.) las instalaciones externas y el equipo deben lavarse y purgarse completamente. Tras la instalación, llénese el sistema de aceite hasta su nivel de funcionamiento con aceite limpio.

Para evitar un encendido accidental, asegúrese de que el circuito de ignición está desconectado cuando se está cebando el control de combustible y el sistema de combustible.

Antes de la operación inicial, el sistema de combustible del motor debe lavarse y purgarse. Para realizar esto, el motor se gira con la puesta en marcha hasta que todas las burbujas de aire salgan de la corriente de combustible y solo salga combustible.

Mientras se gira con la puesta en marcha, obsérvese la presión de aceite del motor. Si no hay presión indicada, debe determinarse y corregirse la causa antes de poner en marcha el motor. En todo caso, debe consultarse la documentación técnica del fabricante para informarnos sobre las instrucciones específicas de depreservación y puesta en marcha de cada motor en particular.

### **2.3.3 Corrosión<sup>13</sup>**

La corrosión es una acción electro-química compleja que causa que los metales se transformen en sus sales y óxidos. Estas sustancias en forma de polvos reemplazan al metal y causan severa pérdida de resistencia en la estructura. Aunque este fenómeno complejo por naturaleza, los mecanismos de corrosión son relativamente simples y directos. Para que se forme la corrosión, se debe cumplir tres requerimientos:

- a) La existencia de diferencia de potencial eléctrico dentro del metal.
- b) La existencia de un conductor entre estas dos áreas de diferencia de potencial eléctrico.
- c) La existencia de alguna forma de electrolito o fluido cubriendo las dos áreas.

La corrosión es un proceso natural, y su prevención es casi imposible; pero se puede controlar. La limpieza de la superficie es una de las mejores maneras de controlar la corrosión. Donde la humedad permanece en contacto con la superficie del metal por acumulación de suciedad o grasa, es seguro que se inicie la corrosión. Aunque es deseable que la superficie se conserve perfectamente seca y limpia, sin embargo, la corrosión siempre tiene una pequeña oportunidad de iniciarse. La esencia del control de la corrosión es por lo tanto prevención antes de remoción.

La corrosión es una reacción química o electroquímica de un material o aleación con su medio circundante con el siguiente deterioro de sus componentes.

#### **2.3.3.1 Prevención de la Corrosión**

Un motor en servicio elimina por sí mismo, hasta cierto punto, la humedad, ya que el calor de la combustión evapora la humedad interna y externa alrededor del motor, y el aceite de lubricación que circuló a través del motor forma una capa

---

<sup>13</sup> Manual prevención, control y remoción de la corrosión del centro de capacitación Alas de América, S.A. de C.V. Pagina 2

protectora sobre los metales que está en contacto. Si se limita o suspende por un período de tiempo la operación de un motor en servicio, el motor debería preservarse hasta cierto grado, dependiendo de cuánto tiempo va a estar inoperativo.

Aquí nos centraremos principalmente en los motores que han sido desmontados del avión. No obstante, los materiales de preservación tratados se usan para todo tipo de almacenaje de motores.

### **2.3.3.2 Compuestos Preventivos para la Corrosión**

Los compuestos preventivos de la corrosión son productos a partir de petróleo que forman una película parecida a la cera sobre el metal al cual se aplica. De estos productos se fabrican varios tipos de acuerdo a las diferentes especificaciones para que se adapten a las distintas necesidades de la aviación. El tipo que se mezcla con el aceite de motor para formar una mezcla preventiva de la corrosión, es un compuesto relativamente fluido que se armoniza con el aceite cuando la mezcla se calienta a la temperatura adecuada.

La mezcla fluida se usa cuando un motor preservado va a permanecer inactivo menos de 30 días. También se usa para pulverizar los cilindros y otras áreas designadas. Un compuesto denso se usa en el tratamiento por inmersión de las piezas y superficies metálicas. Debe calentarse a una alta temperatura para que esté lo suficientemente líquido y pueda aplicarse con eficacia sobre los objetos a preservar. Cuando el motor se prepara para ser devuelto al servicio, se usa un pulverizador de keroseno o disolvente comercial para eliminar el compuesto de las piezas del motor.

Aunque los compuestos preventivos de la corrosión actúan como aislantes de la humedad, en presencia de una humedad excesiva acabarán descomponiéndose y comenzará la corrosión. También, los compuestos terminarán secándose porque la base de aceite se evaporará gradualmente. Esto permite que la humedad entre en contacto con el metal y favorezca la corrosión. Por lo tanto, cuando un motor está almacenado en un embalaje o contenedor,

debe usarse algún tipo de agente deshidratante (eliminador de humedad) para eliminar la humedad del aire alrededor del motor.

## **2.4 Manuales**

Los manuales son textos utilizados como medio para coordinar, registrar datos e información en forma sistémica y organizada. También es el conjunto de orientaciones o instrucciones con el fin de guiar o mejorar la eficacia de las tareas a realizar.

### **2.4.1 Manual de Mantenimiento**

Un manual de mantenimiento describe las normas, la organización y los procedimientos que se utilizan en una empresa para efectuar la función de mantenimiento. Dicho manual eleva el papel del mantenimiento a un lugar muy importante de la organización, cuando los procesos se encuentran ordenados y son llevados a cabo de una manera satisfactoria.

### **2.4.2 Manual de Operaciones o Procedimientos**

Manual preparado por el Explotador para instrucción y orientación del personal responsable de las operaciones y procedimientos a que éstas deben ajustarse.

El Manual de operación reviste una gran importancia en el actuar de cada uno de los equipos de mantenimiento, ya que contiene la información necesaria para llevar a cabo de manera precisa y secuencial, las tareas y actividades operativas que son asignadas a cada una de las secciones de mantenimiento.

De la misma forma, determina la responsabilidad e identifica los mecanismos básicos para la instrumentación y el adecuado desarrollo con el propósito de generalizar y unificar los criterios básicos para el análisis de los procedimientos que realicen las distintas secciones de mantenimiento, señalando lo que se pretende obtener con la ejecución de los mismos.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL TEMA**

#### **REHABILITACIÓN DEL CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN**

##### **3.1 Preliminares**

La Rehabilitación e Implementación del contenedor para la conservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3, de los aviones CASA CN-235 responde a una necesidad observada en los talleres de mantenimiento de motores del Grupo de Aviación del Ejército N.- 45 durante el proceso de investigación.

Actualmente en los talleres de mantenimiento de motores y hélices no existe un Contenedor de Preservación en donde se pueda mantener preservado el motor y en óptimas condiciones de funcionamiento por lo que se considera necesario y muy importante la rehabilitación de éste equipo para ejecutar los programas de mantenimiento en tiempo real.

El trabajo aeronáutico está profesionalmente ejecutado por el personal de aerotécnicos que son los principales responsables del mantenimiento aeronáutico, para realizar estos trabajos de gran precisión y calidad que es lo que se requiere en el área de mantenimiento.

##### **3.2 Planteamiento y estudio de alternativas**

Para poder realizar la REHABILITACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CONTENEDOR PARA LA CONSERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE

GENERAL ELECTRIC CT7-9C3, DE LOS AVIONES CASA CN-235 no se ha utilizado ningún otro equipo de preservación como ejemplo ya que en la actualidad de la institución no existe un modelo o diseño para este tipo de trabajo de mantenimiento.

Por tal motivo las alternativas para la rehabilitación de éste contenedor de preservación se basan en la investigación de campo y asesoramiento necesario del personal de aerotécnicos de la Sección de Motores y Hélices del GAE-45 “Pichincha”.

Las características del equipo de apoyo están planteadas de acuerdo a las necesidades en los trabajos de mantenimiento del Grupo de Aviación del Ejército N° 45 y de las especificaciones del manual de mantenimiento del motor TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 “Servicing Power Unit”.

Referente al uso de materiales para la rehabilitación, estos están acordes a su fabricación ya que los mismos soportaran grandes cargas y se requiere de un análisis estructural de esfuerzos y cargas, posteriormente éste contenedor de preservación se irá tecnificando con la implementación de elementos necesarios para alcanzar los objetivos operacionales deseados.

### **3.2.1 Estudio de factibilidad**

Para el estudio de factibilidad se considera los siguientes factores:

- Factor técnico constructivo.
- Factor operacional.
- Factor económico.

#### **3.2.1.1 Factor Técnico Constructivo**

Son los procesos constructivos de las piezas y partes del contenedor determinando el grado de dificultad de la construcción de los mismos, los materiales, así como la operación del contenedor en general.

### **3.2.1.2 Factor Operacional**

Constituye el trabajo del contenedor una vez finalizada su rehabilitación e implementación así como las características, operacionales y funcionales que realizará para cumplir con los objetivos de mantenimiento planteados.

### **3.2.1.3 Factor Económico**

Es la gestión económica que se debe realizar para la ejecución de la rehabilitación del contenedor.

## **3.3 Requerimientos Técnicos**

La seguridad que debe garantizar el contenedor de preservación para realizar las operaciones, de funcionamiento y mantenimiento del MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 debe ser considerado muy importante ya que el equipo va a ser manipulado por el personal de aerotécnicos calificados de la Sección de Motores del Grupo Aéreo .

Además se debe cumplir con los siguientes procesos de operación:

- Facilidad de transportación.
- Facilidad de operación y mantenimiento.
- Durabilidad de los materiales.

## **3.4 Dimensionamiento y Planteamiento Estructural**

Para la Rehabilitación del Contenedor de Preservación se tomó como referencia las dimensiones y medidas del mismo, detalladas en el Manual Ilustrado de Herramientas y Equipos, y que a su vez cumpla con las características técnicas requeridas tanto para el uso y operación. **(Ver Anexo B)**.



**Figura 3.1** Contenedor de Preservación

**Fuente:** Investigación de Campo

### 3.5 Cálculos Estructurales

La finalidad de los cálculos para la implementación de piezas y partes del contenedor de preservación es la de conseguir estructuras funcionales que resulten adecuadas desde el punto de vista de la resistencia de materiales. En un sentido práctico, es la aplicación de la mecánica de medios continuos para el diseño de elementos y sistemas estructurales. **(Ver Anexo C)**.

### **3.6 Rehabilitación**

La rehabilitación e implementación del contenedor de preservación se desarrolla de acuerdo a los objetivos planteados, adicional se detalla los materiales, herramienta y equipos necesarios a utilizar previo al desarrollo del trabajo práctico.

#### **3.6.1 Bases de la Sección Inferior del Contendor**

Para la implementación de éstas bases se utilizó una plancha de 8 mm de espesor, con una longitud de 1000 mm (1m) y ancho de 125 mm las cuales se procedió a cortar obteniéndose lo siguiente:

- 2 placas de 125mm de ancho x 186mm.
- 4 placas de 125mm x 50mm

Se escogió ésta plancha de acero ya que es la propicia para el peso y a su vez es adecuado según el grafico del montante que se encuentra en el manual del motor General Electric.

Se realiza una medida y un trazado específico para que se pueda acoplar la base y quede nivelado.

En cada extremo en la parte inferior se colocaron las placas con una medida de 125mm x 50mm para que sirvan de base firme para la viga, las cuales deberán soportar el peso del motor.



**Figura 3.2** Bases de la Sección Inferior del Contenedor

**Fuente:** Investigación de Campo

### **3.6.2 Travesaño del Bastidor Secundario y Bloque de Apoyo**

Para esta base central se utilizó una plancha de 154.5mm x 142 mm la cual está diseñada para soportar el peso central del motor el mismo que ayudará a mantener el motor centrado dentro del contenedor.



**Figura 3.3** Travesaño del Bastidor Secundario y Bloque de Apoyo

**Fuente:** Investigación de Campo

### 3.6.3 Perfil del Soporte del Motor

En éste trabajo se utilizaron platinas de 120mm x 175mm con un espesor de 8mm, las mismas que cumplen con las características técnicas del cuadrante del contenedor que tiene un ángulo de 8mm para poder soportar el peso del motor, éstas platinas fueron unidas para que éste encaje con las bases internas y cumpla con la función de ayudar a soportar el peso del motor.

En éstas platinas se realizaron dos agujeros de 12mm de diámetro, los mismos que son para colocar los amortiguadores que van ubicados en los cuadrantes y pueda cumplir con la función de amortiguación del motor.

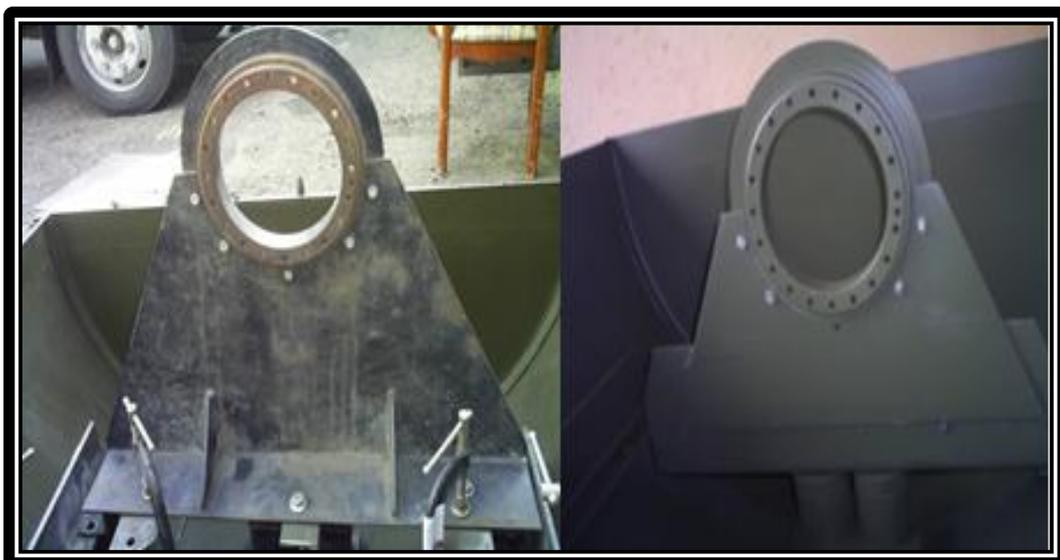


**Figura 3.4** Perfil del Soporte del Motor

**Fuente:** Investigación de Campo

#### **3.6.4 Soporte del Motor Delantero**

Éste soporte tiene la función de proteger la entrada del motor y está diseñado de acuerdo al manual de mantenimiento del motor General Electric, para soportar y sujetar la parte delantera del motor.



**Figura 3.5** Soporte del Motor Delantero

**Fuente:** Investigación de Campo

Este soporte tiene su diseño para ser adaptado a las bases internas del motor y de manera que este ayude a su centrado dentro del contenedor.

### 3.6.5 Amortiguadores del Motor

Los amortiguadores o ballestas del motor son diseñados propiamente por la casa fabricante del motor los mismos que ayudan al centrado y a soportar el peso del motor para lo cual se procedió hacer implementación de las platinas para su adaptación en el cuadrante del motor.



**Figura 3.6** Amortiguadores del Motor

**Fuente:** Investigación de Campo

### 3.6.6 Soldadura de la Estructura en el Contenedor

Una vez cortado todos los elementos a la medida correspondiente se procede a soldar la estructura mediante el siguiente procedimiento:

- a) Conectar la soldadora a corriente alterna con un voltaje de 220V.
- b) Colocar las piezas a ser soldadas a escuadra y en la posición correspondiente.
- c) Conectar el material a soldar al polo negativo de la soldadora.
- d) Colocar el electrodo en la porta electrodos.
- e) Seleccionar la intensidad de corriente necesaria para realizar el punteado.
- f) Realización de los cordones de soldadura.

g) Retirar escorias.

Cada punto de soldadura esta soldado con electrodo AGA 6011 todos los puntos a soldarse tienen una garganta de 4 mm para garantizar una buena penetración y solidez del elemento a unirse, en este caso no hay que biselar los elementos a soldarse por tener un espesor de 3 mm solo dejamos una separación de entre 1 a 1.5 mm para q el electrodo funcione de manera garantizada.



**Figura 3.7** Soldadura de la Estructura

**Fuente:** Investigación de Campo

### **3.7 Aplicación de pintura**

Antes de pintar el contenedor se realizó una limpieza completa con disolvente para eliminar las impurezas; luego se procedió a aplicar la primera capa de pintura utilizando pintura anticorrosiva de color gris, que sirvió como fondo y ayudará a evitar la corrosión del contenedor y para darle un buen acabado al contenedor en la capa final se utilizó pintura de color verde, para mantener el color original diseñado por el fabricante.



**Figura 3.8** Aplicación de Pintura

**Fuente:** Investigación de Campo

### 3.7 Máquinas, Equipos y Herramientas utilizadas

Para la rehabilitación e implementación del contenedor para la preservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3 se consideraron las máquinas y herramientas que se detallan a continuación:

Tabla 3. 1 Maquinas herramientas

<b>MAQUINAS HERRAMIENTAS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>
1	Entenalla/Banco de trabajo	M1
2	Cizalla	M2
3	Dobladora	M3
4	Remachadora	M4
5	Taladro	M5
6	Esmeril	M6
7	Amoladora	M7
8	Cortador de cañerías	M8

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3. 2 Herramientas

<b>HERRAMIENTAS</b>		
<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CÓDIGO</b>
1	Flexómetro	H1
2	Calibrador	H2
3	Escuadras	H3
4	Rayador	H4
5	Punto	H5
6	Arco de sierra	H6
7	Martillo de goma	H7
8	Limas	H8
9	Escariador	H9
10	Llaves de boca y corona	H10
11	Llaves hexagonales mixtas	H11
12	Playo de presión	H12
13	Destornilladores	H13
14	Brocas	H14

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3.3 Equipos

<b>EQUIPOS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Código</b>
1	Suelda Autógena	E1
2	Compresor de aire	E2

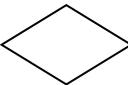
**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

### 3.8 Diagrama de Procesos

Para el desarrollo del presente proyecto se presenta la simbología del diagrama de procesos de la rehabilitación e implementación del contenedor de preservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3 del avión CASA CN-235.

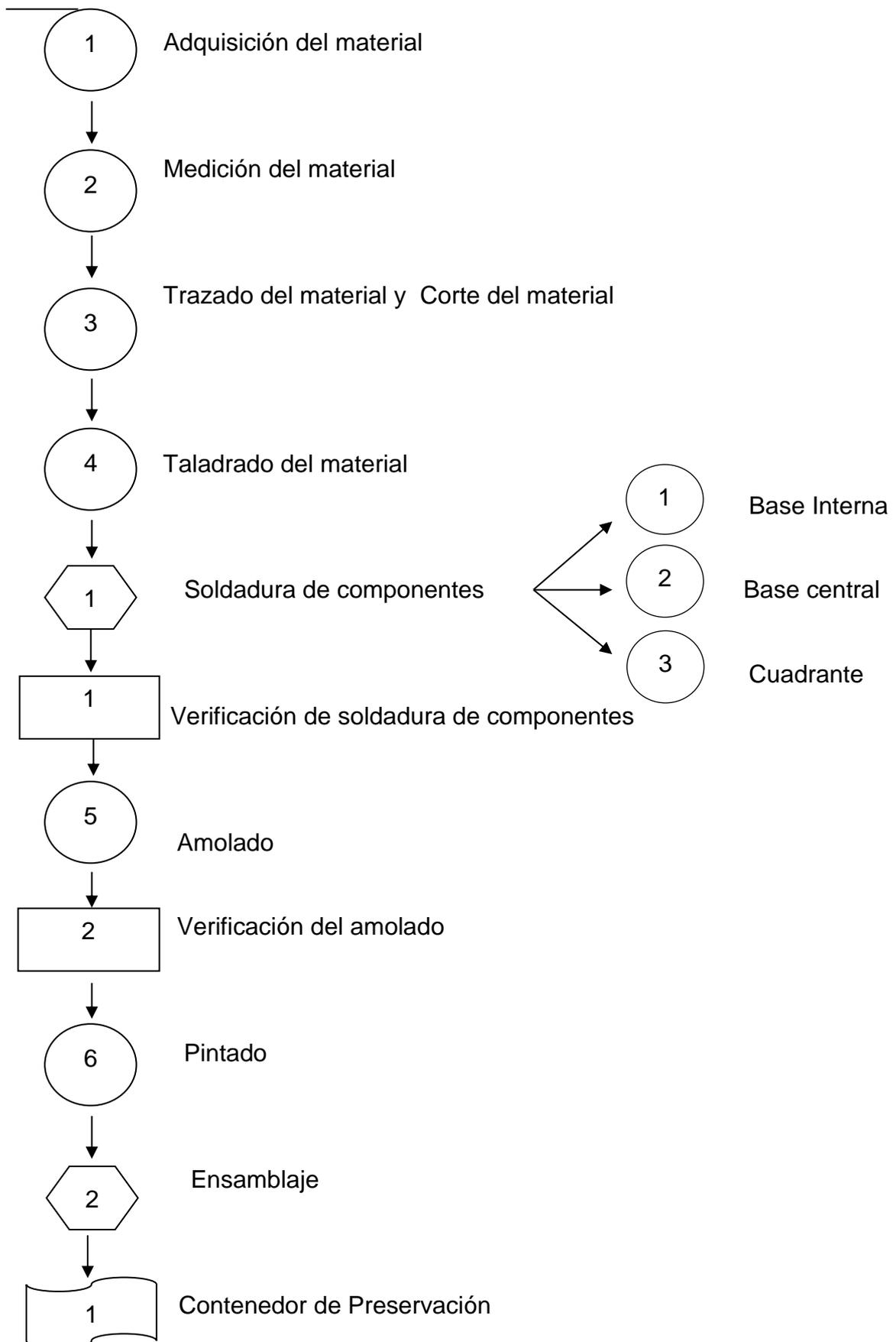
Tabla 3.4. Simbología del diagrama de procesos

Nº	Actividad	Simbología
1	Proceso	
2	Inspección	
3	Línea de procesos	
4	Ensamblaje	
5	Trabajo terminado	
6	Trabajo terminado	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbop Molina Fernando

### 3.8.1 Diagrama de Procesos del Contenedor de Preservación



### 3.9 Elaboración de Manuales

#### 3.9.1 Descripción General

En el actual capítulo, se establece los manuales que detallan breves descripciones de los pasos que se deberán seguir para la manipulación y operación correcta del equipo, así como para realizar el adecuado mantenimiento y obtener óptimos resultados en el uso del contenedor, tomando en cuenta que todo equipo de apoyo, banco de pruebas, equipo de comprobación y otros dentro del mantenimiento aeronáutico tiene su propio manual.

#### 3.9.2 Tipos de Manuales

A continuación se da a conocer los diferentes manuales que se aplican en el contenedor de preservación, para su correcta utilización:

- Manual de Operación.
- Manual de Mantenimiento.
- Hojas de Registros.

La codificación del contenedor de preservación y los diferentes manuales técnicos y el formulario de registro se indican en la siguiente tabla.

Tabla 3.5 Codificación de manuales

<b>CODIFICACIÓN DE MANUALES Y REGISTROS DEL BANCO DE PRUEBAS</b>	
<b>Procedimiento</b>	<b>Código</b>
Manual de Operación del Contenedor de Preservación	MOC-T1
Manual de Mantenimiento del Contenedor de Preservación	MTC-T2
Hoja de Registro de Horas de Funcionamiento del Contenedor	RBC-R1

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 1/6
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MOC-T1
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión N°:</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	<b>Fecha:</b> 15/07/2013

## 1. OBJETIVO

Establecer los procedimientos de operación del contenedor de preservación para realizar la conservación del Motor General Electric CT7-9C3.

## 2. ALCANCE

El manual está dirigido al personal de técnicos que realizan la operación de mantenimiento.

## 3. REFERENCIAS

Manual de Mantenimiento del Motor General Electric CT7-9C3 (MM 72-00-00 PAWER UNIT- SERVICING)

## 4. PROCEDIMIENTOS

Para dar cumplimiento al manual emitido por el fabricante del motor se detalla como tareas preliminares que el técnico debe estar capacitado con respecto a la aeronave en general y sus sistemas, así como tomar las medidas de seguridad necesarias en vista que el contenedor de embarque es usado para la transportación y conservación del motor, para lo cual detallamos lo siguiente:

### EMBALAJE EN CONTENEDOR METÁLICO

#### 1. Medios Necesarios

- (a) Una bancada de transporte y trabajo
- (b) Un dispositivo de levantamiento del Grupo Motor
- (c) Un aparejo
- (d) Un contenedor
- (e) Manómetro

	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 2/6
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MOC-T1
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión</b> Nº: 1
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	<b>Fecha:</b> 15/07/2013

(f) Llave dinamométrica de mano o de aire comprimido

(g) Nitrógeno

## 2. Procedimiento de Instalación en el Contenedor.

### **PRECAUCIÓN:**

No mueva el contenedor de preservación empujando o tirando. Esto puede causar daños en el interior.

- (a) Remueva la cubierta e inspeccione el contenedor por suciedad, agua u objetos extraños.
- (b) Coloque la tapa superior del contenedor sobre dos soportes de madera.
- (c) Limpiar y quitar todas las huellas de humedad y aceite que puede acumularse en el fondo. Vaciar eventualmente la rejilla de su contenido.
- (d) Limpiar, talquear o engrasar el sello y tener cuidado con que éste esté completamente dispuesto en su alojamiento. Cambiarlo si está en mal estado.
- (e) Utilizando el dispositivo de adaptación y la eslinga prepare para el izado del motor o la unidad de potencia. **(ANEXO D)**
- (f) Posicione el soporte posterior del motor en la cara posterior del difusor del motor.

### **PRECAUCIÓN:**

- Usando dispositivos de elevación o izado
- Elevadores o eslinga deben ser operados por personal designados.

	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 3/6
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MOC-T1
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión</b> Nº: 1
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	<b>Fecha:</b> 15/07/2013

- No exceda la capacidad de carga marcado en los dispositivos.
- Inspeccione y pruebe por grietas o defectos en el sistema de elevación.
- Use solo pines, eslabones y ganchos recomendados para los componentes de elevación o izado.
- Antes del izado del motor balancear la carga.
- No se pare con la carga mientras se traslade de un lugar a otro.
- No se pare con carga para hacer el trabajo de mantenimiento.

(g) Alinee los orificios de montante delantero con el pin de localización en las argollas de sujeción.

(h) Con la eslinga colocada en el motor introduzca lentamente hasta que llegue a la base del soporte, coincidiendo los orificios del montante posterior y delantero. **(ANEXO E)**

(i) Instale pernos y arandelas en los soportes para la sujeción del motor en los soportes delantero y posterior del contenedor.

**PRECAUCIÓN:**

Torque de las tuercas de sujeción 10-20 lb ft o 13.6-27.1 N m.  
**(ANEXO F)**

(j) Remueva la eslinga del motor o de la unidad de potencia.

(k) Asegúrese que el sello del contenedor este en su lugar.

(l) Asegure la tapa del contenedor con la eslinga y descienda lentamente marcando en los orificios de la sección inferior del contenedor.  
**(ANEXO G)**

	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 4/6
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MOC-T1
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión N°:</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	<b>Fecha:</b> 15/07/2013

(m) Instale los pernos de sujeción de la tapa del contenedor (28) siguiendo la secuencia de apriete. **(ANEXO H)**

(n) Remueva la eslinga de la tapa del contenedor.

(o) Colocar las bolsas deshidratantes en la cesta correspondiente del contenedor.

(p) Por la válvula inflar el contenedor con nitrógeno (o a la falta con aire comprimido seco) hasta que el manómetro indique una presión de 5 PSI (para una presión y una temperatura exterior de 750mm y 15° C).

**PRECAUCIÓN:**

- Para condiciones exteriores diferentes véase el grafico de corrección de presión. **(ANEXO I)**
- Prestar mucha atención al buen estado de la válvula y del manómetro (posibles accidentes por exceso de presión).
- No inflar los contenedores que deben viajar por aire, por encima de 5000m.
- Al manipular nitrógeno hágalo con las manos limpias sin exceso de grasa.

	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 5/6
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MOC-T1
		<b>Revisión</b> Nº: 1
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Fecha:</b> 15/07/2013
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	

(q) Con ayuda de agua jabonosa, verificar la estanqueidad del plano de separación así como de la válvula y del manómetro. Suprimir las fugas eventuales.

(r) Una hora después del inflado del contenedor, verificar que no se ha producido ninguna pérdida de presión.

(s) Si se ha registrado una baja de presión, buscar las fugas y suprimirlas antes de volver a inflar el contenedor.

(t) Las fugas pueden provenir de la válvula de inflado, del manómetro o del sello de estanqueidad entre las dos coquillas (tapas).

(u) Poner los números de orden (parte) y serie del motor sobre el contenedor.

### 3. Procedimiento de desembalaje del Motor.

(a) Abrir la caja exterior del contenedor.

(b) Verificar el indicador de humedad.

(c) Desinflar, si es necesario, el contenedor mediante la válvula.

	<b>MANUAL DE OPERACIONES</b>	<b>Pág.:</b> 6/6
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MOC-T1
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión N°:</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	<b>Fecha:</b> 15/07/2013

**PRECAUCIÓN:** Mediante el manómetro, asegúrese de que la presión este en cero antes de abrir el contenedor.

- (d) Desmontar los pernos, arandelas y las tuercas de fijación de la tapa superior del contenedor.
- (e) Colocar la eslinga en el motor en los respectivos soportes de sujeción para el izado del motor.
- (f) Con un polipasto levantar el motor sobre el soporte de trabajo del motor.
- (g) Desmontar los pernos de sujeción de la eslinga y el motor una vez colocado en la superficie de trabajo y retirar el equipo de izado.
- (h) Asegúrese de que el motor este ubicado en los puntos de sujeción del soporte de trabajo.

\_\_\_\_\_  
Técnico Responsable

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág.:</b> 1/2
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MTC-T2
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión N°:</b> 1
	<b>Aprobado por:</b> Sgop. Tec. Avc. Álvarez Marco	<b>Fecha:</b> 15/07/2013

## 1. OBJETIVO

Establecer los procedimientos de mantenimiento del contenedor para realizar la preservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3 del Avión Casa CN-235.

## 2. ALCANCE

Mantener en buenas condiciones de uso y operación el contenedor de conservación.

## 3. REFERENCIAS

Manual de Mantenimiento del Motor General Electric CT7-9C3 (MM 72-00-00 PAWER UNIT- SERVICING).

## 4. DEFINICIONES

Mantenimiento.- Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente.

## 5. PROCEDIMIENTOS

De acuerdo al tiempo de conservación, se determina el tipo e intervalo de mantenimiento, en tal circunstancia el técnico debe realizar revisiones periódicas según el uso y funcionamiento del equipo, donde enunciamos el siguiente procedimiento de mantenimiento:

1. Llevar un control de operación en el registro de uso y funcionamiento.
2. Realizar una inspección visual antes de cada operación y uso.
3. Verificar posibles fugas.

	<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO</b>	<b>Pág.: 2/2</b>
	CONTENEDOR DE PRESERVACIÓN DEL MOTOR TURBOHÉLICE GENERAL ELECTRIC CT7-9C3 DEL AVIÓN CASA CN-235, DEL GAE-45 "PICHINCHA"	<b>Código:</b> MTC-T2
	<b>Elaborado por:</b> Cbop. de A.E. Molina Fernando	<b>Revisión</b> Nº: 1
		<b>Fecha:</b> 15/07/2013

4. Realizar la limpieza y secado luego de cada uso y operación.
5. Mantener aislado la toma para evitar el ingreso de agentes extraños.
6. Efectuar la calibración de los manómetros cada año en los laboratorios autorizados para la calibración de instrumentos de presión.
7. Ejecutar tareas de conservación del motor según manual de mantenimiento del motor.
8. Durante la operación del contenedor con nitrógeno asegúrese que se sea en un lugar firme, libre de agentes iniciadores de fuego.
9. El equipo tiene que mantenerse en un plano nivelado para evitar lecturas erróneas.
10. Realizar una limpieza regular cada 30 días, máximo 40 días en el caso de que se encuentre vacío.
11. Llevar el registro actualizado de funcionamiento del contenedor con el fin de precautelar los dispositivos de presión.

\_\_\_\_\_  
Técnico Responsable



### 3.10 Estudio Económico

El estudio económico es un factor importante y necesario ya que permite determinar el costo real de la rehabilitación del contenedor, una vez concluido el proyecto se detallan los recursos económicos empleados con respecto a: materiales, instrumentos, herramientas, equipos y mano de obra. Para el efecto detallamos los cuadros de costos.

Tabla 3. 6 Presupuesto de costo de materiales e instrumentos

<b>PRESUPUESTO DE MATERIALES E INSTRUMENTOS</b>				
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unit.</b>	<b>V. Total</b>
1	Manómetro	1	40	40
2	Tuerca 41x4 NPT	6	1.50	9
3	Plancha de Acero 8mm	1 m <sup>2</sup>	40	40
4	Sellador Loctite	1	2	2
5	Cable de conexión a masa	2m	1.50	3
6	Pintura Mate para metal	1gln	30	30
7	Material de ferretería			20
8	Otros			15
			<b>TOTAL</b>	<b>\$159</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3. 7 Presupuesto de costo de uso de herramientas

<b>HERRAMIENTAS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1	Flexómetro	3.0
2	Calibrador pie de rey	3.0
3	Escuadras	3.0
4	Rayador	3.0
5	Punto	3.0
6	Arco de sierra	3.0
7	Martillo de goma	3.0
8	Limas	3.0
9	Escariador	3.0
10	Llaves de cañerías	3.0
11	Llaves hexagonales mixtas	3.0
12	Playo de presión	3.0
13	Destornilladores	3.0
14	Brocas	3.0
	<b>TOTAL</b>	<b>\$42</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3. 8 Presupuesto de costo de uso de máquinas herramientas

<b>MAQUINAS HERRAMIENTAS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1	Entenalla/Banco de trabajo	6.0
2	Cizalla	6.0
3	Dobladora	8.0
4	Remachadora	5.0
5	Taladro	5.0
6	Esmeril	2.5
7	Amoladora	2.5
8	Cortador de cañerías	3.0
<b>TOTAL</b>		<b>\$38</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3. 9 Presupuesto de costo de uso de equipos

<b>EQUIPOS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1	Equipo de Suelta	30
2	Compresor de aire	20
<b>TOTAL</b>		<b>\$50</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3. 10 Presupuesto de costos varios

<b>VARIOS</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1	Transporte y movilización	50
2	Materiales de papelería	20
3	Internet	20
4	Impresiones	20
5	Anillados y empastados	30
<b>TOTAL</b>		<b>\$140</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

Tabla 3. 11 Costo total del proyecto de graduación

<b>COSTO TOTAL</b>		
<b>Nº</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>
1	Materiales e instrumentos	159
2	Herramientas	42
3	Maquinas herramientas	38
4	Equipos	50
5	Costos varios	140
	<b>TOTAL</b>	<b>\$429</b>

**Fuente:** Investigación de campo

**Elaborado por:** Cbop. Molina Fernando

De acuerdo al análisis económico de los recursos utilizados para la rehabilitación del contenedor para la preservación del motor, se ratifica con el presupuesto preliminar considerado anteriormente por lo que el proyecto se ejecutó cumpliendo con las expectativas plateadas.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1 Conclusiones**

- Una vez afirmado el contenido teórico se procede al desarrollo de la rehabilitación e implementación aplicando los conocimientos teóricos, técnicos y prácticos asimilados en función de los requerimientos establecidos en los manuales de operaciones y mantenimiento del motor determinado por el fabricante, y principalmente damos cumplimiento en su óptimo uso y operación.
- Se recopiló toda la información referente a las características técnicas del contenedor de preservación de acuerdo a los manuales de mantenimiento del avión, del motor y también con el asesoramiento de personal de técnicos de la sección de motores del GAE-45 “Pichincha”, para tener una idea clara de la operación, información que permitió su rehabilitación.
- Se definen los manuales de operación, mantenimiento y un registro de uso del Contenedor de Preservación, donde se estipula la forma apropiada de manipulación del equipo para alcanzar su óptimo rendimiento.

#### **4.2 Recomendaciones**

- Para todo el proceso del desarrollo del proyecto y para la aplicación técnico práctica se debe ejecutar con todos los conocimientos adquiridos durante el periodo académico y con un asesoramiento técnico, con la finalidad de cumplir con las exigencias establecidas y poner en práctica todas las

normas y procedimientos de seguridad industrial que se debe llevar en un taller de mantenimiento y durante la fase práctica.

- Se recomienda inicialmente tener en cuenta toda la información concerniente al trabajo a ejecutarse como instrucciones técnicas, manuales de mantenimiento tanto del contenedor de conservación como del motor para poder aplicar los procedimientos de operación como de mantenimiento.
- Se recomienda dar cumplimiento a los manuales y registros que permitirá al equipo mantener en óptimas de operación y funcionamiento.
- Se recomienda cumplir con las normas de operación y seguridad para el uso del Contenedor de Preservación en el momento que este se lo ponga en funcionamiento.
- Se recomienda dar el uso apropiado y correcto al Contenedor de Preservación.

## GLOSARIO

### TÉRMINOS

**General Electric.-** Nominativo de casa fabricante del Motor CT7-9C3

**Escuadrón.-** Unidad aérea de un número importante de aviones.

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

**Rehabilitación.-** Conjunto de técnicas y métodos que sirven para recuperar una función o actividad de un equipo que ha disminuido o se ha perdido a causa de un daño.

**Implementación.-** Acción y efecto de poner en marcha un sistema.

**Ergonómicos.-** Estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.

**Inspección.-** Actividad donde se verifica las condiciones de la aeronave, ya sea porque manda los manuales o por ocasión.

**Optimizar.-** Buscar la mejor manera de realizar una actividad.

**Operaciones.-** Ejecución de algo.

**Turbohélices.-** Motor de avión constituido por una turbina de gas cuyo árbol está acoplado a una hélice mediante un reductor de velocidad.

**Preservación.-** Cuidado o protección que se tiene sobre un equipo o herramienta para evitar que sufra un daño o un peligro.

**Panel.-** Cada uno de los compartimentos, limitados comúnmente por fajas o molduras.

**Válvula.-** Mecanismo que regula el flujo de la comunicación entre dos partes de una máquina o sistema.

**Keroseno.-** Líquido inflamable, mezcla de hidrocarburos, que se obtiene del petróleo por refinado y constituye una fracción ligera que en la actualidad se emplea como combustible de aviones de reacción.

**Desecante.-** Sustancia que se usa para eliminar humedad del aire o de alguna otra sustancia, como combustibles orgánicos.

**Térreos.-** Relativo a la tierra, materia que compone el suelo natural o parecido a ella.

**Pandeo.-** Deformación lateral de una pieza larga, que se curva por la parte central, al estar sometida a compresión en la dirección de su eje.

**Oxidación.-** Se aplica a la sustancia que es capaz de producir oxidación.

**Contenedor.-** Recipiente metálico o de material resistente, de gran tamaño y provisto de enganches para facilitar su manejo.

**Ballestas.-** Muelle en forma de arco formado por láminas de metal flexible superpuestas, que sirve de suspensión.

**Soporte.-** Equipo que sirve para sostener o soportar un peso.

**Preliminar.-** Que antecede o se antepone a una acción, a una empresa, a un litigio o a un escrito o a otra cosa.

**Bastidor.-** Armazón metálica que soporta la caja de un vagón, de un automóvil, etc.

**Polipasto.-** Conjunto de poleas fijas y móviles allanadas y recorridas por la misma cuerda. Se utiliza para disminuir la fuerza necesaria para elevar pesos ya que esta es igual al peso dividido por el número total de poleas.

**Traslapo.-** Parte de una cosa cubierta por otra.

**Remache.-** Clavo o clavija que se remacha.

**Pretinas.-** Correa o cinta de hierro o broche para sujetar una cosa con otra.

**Adaptadores.-** Dispositivo o aparato que sirve para acomodar elementos de distinto uso, diseño, tamaño, finalidad, etc.

## ABREVIATURAS

15-BAE.-Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "Paquisha".

GAE-45.- Grupo de Aviación del Ejército N° 45 "Pichincha"

VFR.- Vuelo visual.

IFR.- Vuelo instrumental.

Vno.- Velocidad máxima operativa

Vc.- Velocidad de crucero

OSG.- Regulador de Sobrevelocidad.

HP.- Caballos de fuerza.

RPM.- Revoluciones por minuto.

GE.- General Electric, empresa constructora de motores CT7-9C.

AC.- Corriente alterna.

DC.- Corriente continua.

AWS.- Sociedad Americana de Soldadura.

FS.- Factor de seguridad.

ASTM.-American Society for Testing and Materials

Kpa.- Kilo pascales.

PSI.- Libras por pulgada cuadrada.

Ft/min.- Pies por minuto

Km/h.- Kilómetros por hora

GAL.- Galones

Kw.- Kilovatios

Lb/ft.- Libras por pies

N.m.- Newton por metro

Ksi.- Kilos por pulgada cuadrada

Fb .- Límite de fluencia

Sy.- Resistencia a la tensión

Mmax = Momento máximo

Sx = Modulo de sección

Mx = Momento máximo de los esfuerzos causados en la viga

rmin = radio mínimo de giro

Iyy = Centro de gravedad con respecto al eje Y

$\lambda$  = relación de esbeltez.

$k$  = factor de longitud efectiva que se determina de acuerdo a las condiciones de apoyo de la columna.

## BIBLIOGRAFÍA

- Recopilación de Derecho Aéreo “Código Aeronáutico” de la Dirección General de Aviación Civil, Tomo II Parte 001 Subparte A Definiciones.
- Manual de Mantenimiento del avión CASA.
- Manual de Mantenimiento Motor CT79C General Electric
- Manual de Mantenimiento Motor Turbomeca Makila 1
- Resistencia de Materiales aplicada Tercera Edición/Robert L. Mott.
- Manual prevención, control y remoción de la corrosión del centro de capacitación Alas de América, S.A. de C.V.
- Henry Horwitz, Enciclopedia de la Soldadura Tomo I, Ediciones Alfa omega.
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Banco\\_de\\_pruebas](http://es.wikipedia.org/wiki/Banco_de_pruebas)
- <http://www.thejetengine.net/wp-content/upload/ALMACENAMIENTO.pdf>
- <http://www.slideshare.net/Thornegro/materia-prima-y-materiales>
- [http://www.infoacero.cl/acero/que\\_es.htm](http://www.infoacero.cl/acero/que_es.htm)
- <http://www.arqhys.com/construccion/acero-caracteristicas.html>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_A36](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_A36)
- <http://www.angelfire.com/pro2/resmat/U02/02factorseguridad/factor.htm>
- <http://www.iesalquibla.net/tecnoweb/estructuras/contenidos/esfuerzos.htm>
- <http://www.codinter.com.co/soldaduras/>
- <http://udes-christianramirez.blogspot.com/2011/05/tipos-de-soldadura-utilizados-en-la.html>
- <http://www.uv.mx/personal/rorozco/files/2011/05/6-UNIDAD-4-RECUBRIMIENTOS-ANTICORROSIVOS-INICIO.pdf>

# **ANEXOS**

# **ANEXO A**

# **ANEXO B**

# **ANEXO C**

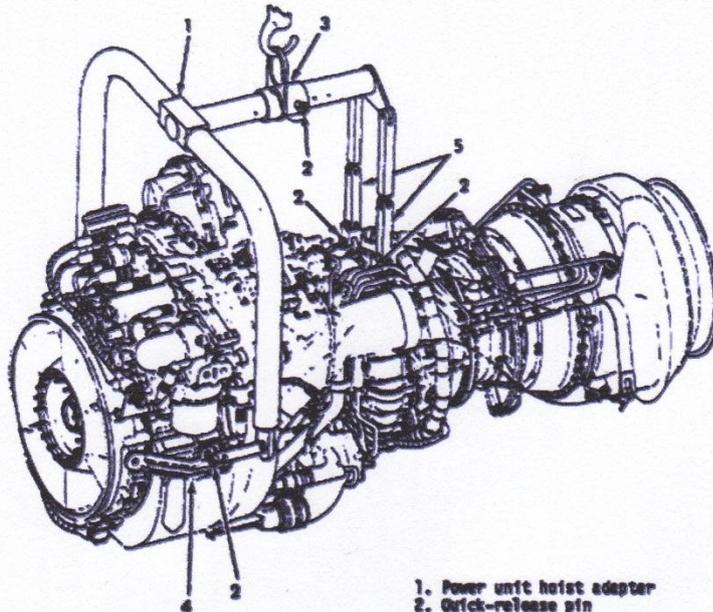
# **ANEXO D**

# ESLINGA DE IZADO DEL MOTOR

CT7-TP 9 MAINTENANCE MANUAL  
MM 72-00-00  
POWER UNIT - SERVICING

Revision No. 52

Dated 11/15/2007



1. Power unit hoist adapter
2. Quick-release pin
3. Lifting eye
4. Main frame bracket (2)
5. Hangers

CT7-0934-2

Figure 303 Power Unit Hoist Adapter 2C90500G02

\* \* \* FOR ALL CT7-9 MODELS

Date Printed:  
Apr 23, 2013

GE PROPRIETARY INFORMATION - Not to be used, disclosed to others or reproduced without the express written consent of GE. Technical data is considered ITAR and/or EAR controlled; transfer of this data to a non-US person without USC authorization is strictly prohibited.

Page  
48 of 66

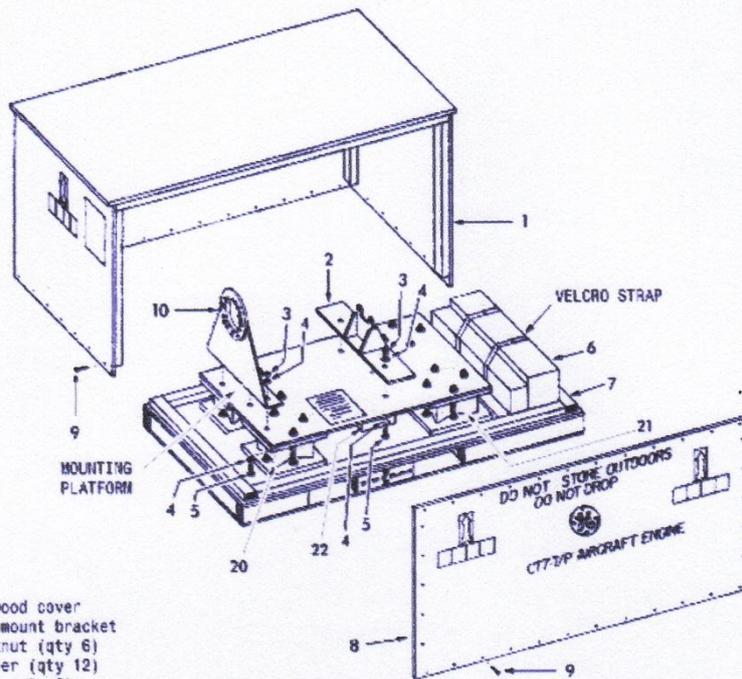
# **ANEXO E**

# BASES DEL CONTENEDOR POSTERIOR Y DELANTERO


**CT7-TP 9 MAINTENANCE MANUAL**  
**MM 72-00-00**  
**POWER UNIT - SERVICING**

Revision No. 52

Dated 11/15/2007



1. Plywood cover
2. Aft mount bracket
3. Locknut (qty 6)
4. Washer (qty 12)
5. Bolt (qty 6)
6. Accessory equipment boxes
7. Container base
8. Side panel
9. Drywall screws (qty as required)
10. Forward mount bracket
20. Forward foam isolator (qty 2)
21. Aft foam isolator (qty 2)
22. Center foam isolator

12995400

Figure 306 (Sheet 1) Short Term Power Unit Shipping Container  
2C90670G02 - Removal and Installation of Power Unit

\* \* \* FOR ALL CT7-9 MODELS

Date Printed: Apr 23, 2013	GE PROPRIETARY INFORMATION - Not to be used, disclosed to others or reproduced without the express written consent of GE. Technical data is considered ITAR and/or EAR controlled; transfer of this data to a Non-US Person without USC authorization is strictly prohibited.	Page 54 of 66
-------------------------------	---	------------------

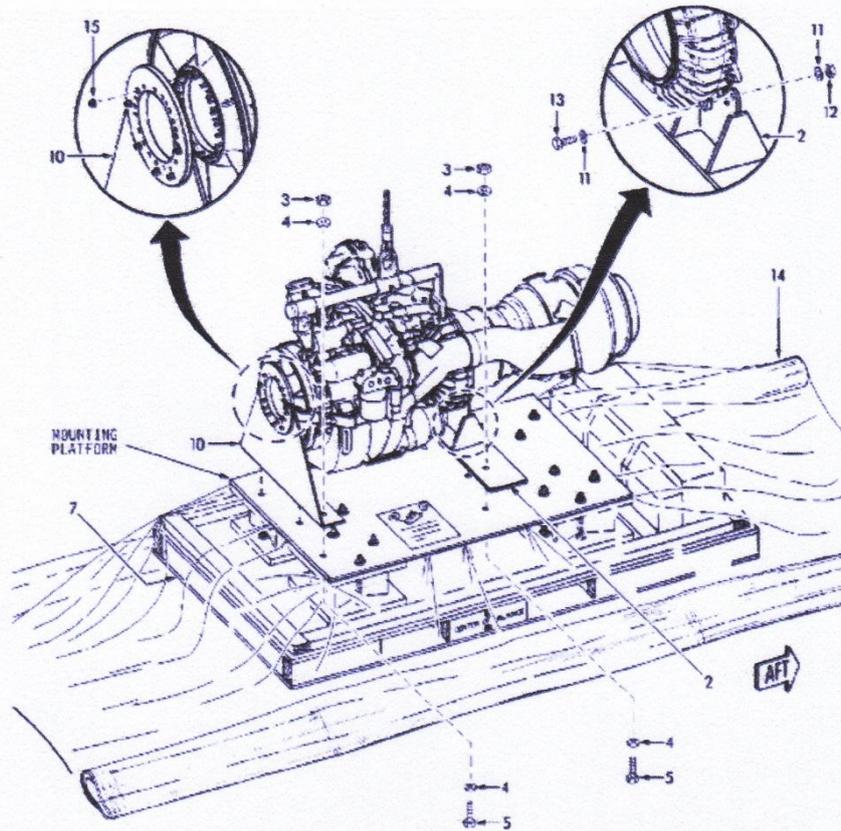
# **ANEXO F**

# SOPORTES DEL CONTENEDOR DE PRESERVACION

CT7-TP 9 MAINTENANCE MANUAL  
MM 72-00-00  
POWER UNIT - SERVICING

Revision No. 52

Dated 11/15/2007



- |                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| 2. Aft mount bracket      | 11. Washer (qty 4)   |
| 3. Locknut (qty 6)        | 12. Locknut (qty 2)  |
| 4. Washer (qty 12)        | 13. Bolt (qty 2)     |
| 5. Bolt (qty 6)           | 14. Plastic sheeting |
| 7. Container Base         | 15. Locknut (qty 10) |
| 10. Forward mount bracket |                      |

00207P-367200<sup>E</sup>

Figure 306 (Sheet 2) Short Term Power Unit Shipping Container  
2C90670G02 - Removal and Installation of Power Unit

\*\*\* FOR ALL CT7-9 MODELS

Date Printed:  
Apr 23, 2013

GE PROPRIETARY INFORMATION - Not to be used, disclosed to others or reproduced without the express written consent of GE. Technical data is considered ITAR and/or EAR controlled; transfer of this data to a Non-US Person, without USC authorization, is strictly prohibited.

Page  
55 of 66

# **ANEXO G**



# **ANEXO H**

# SECUENCIA DE APRIETE

30 April 1983

SEI-444

006 01

Page 15

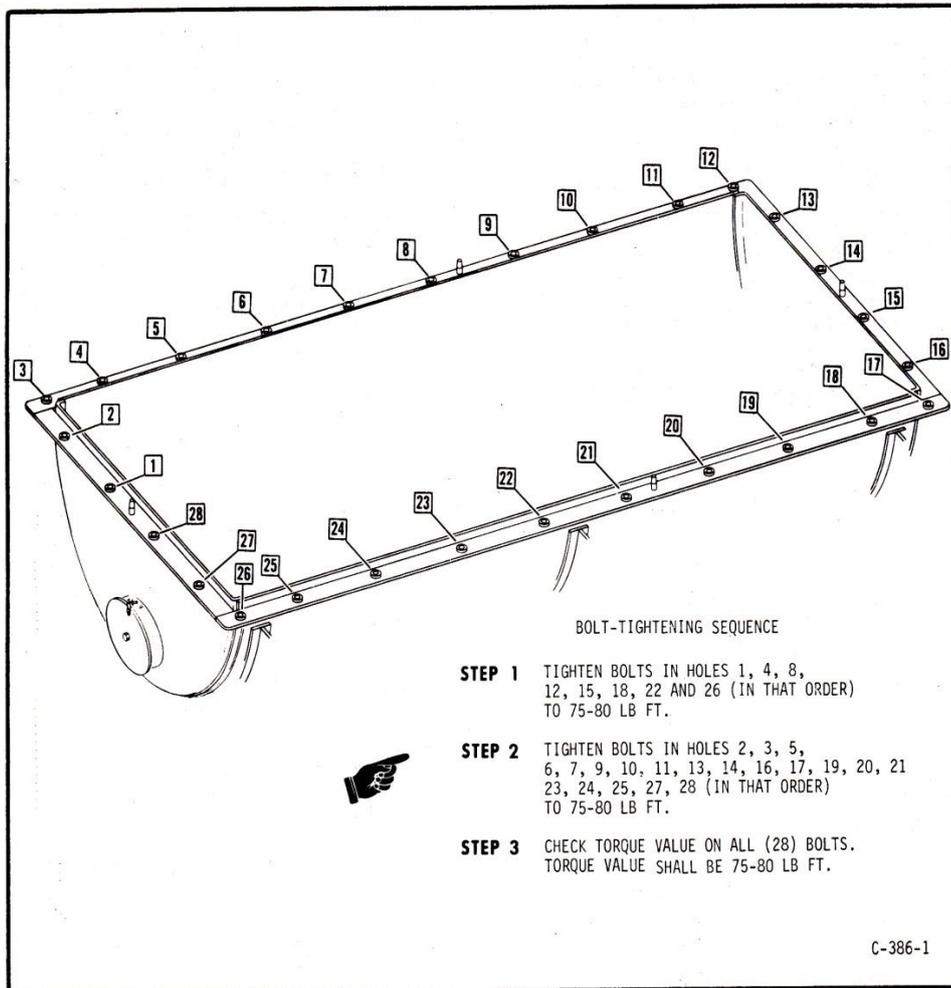


Figure 8. Shipping Container Torquing Sequence

# **ANEXO I**

## CORRECCION DE PRESION EN CONDICIONES EXTERIORES

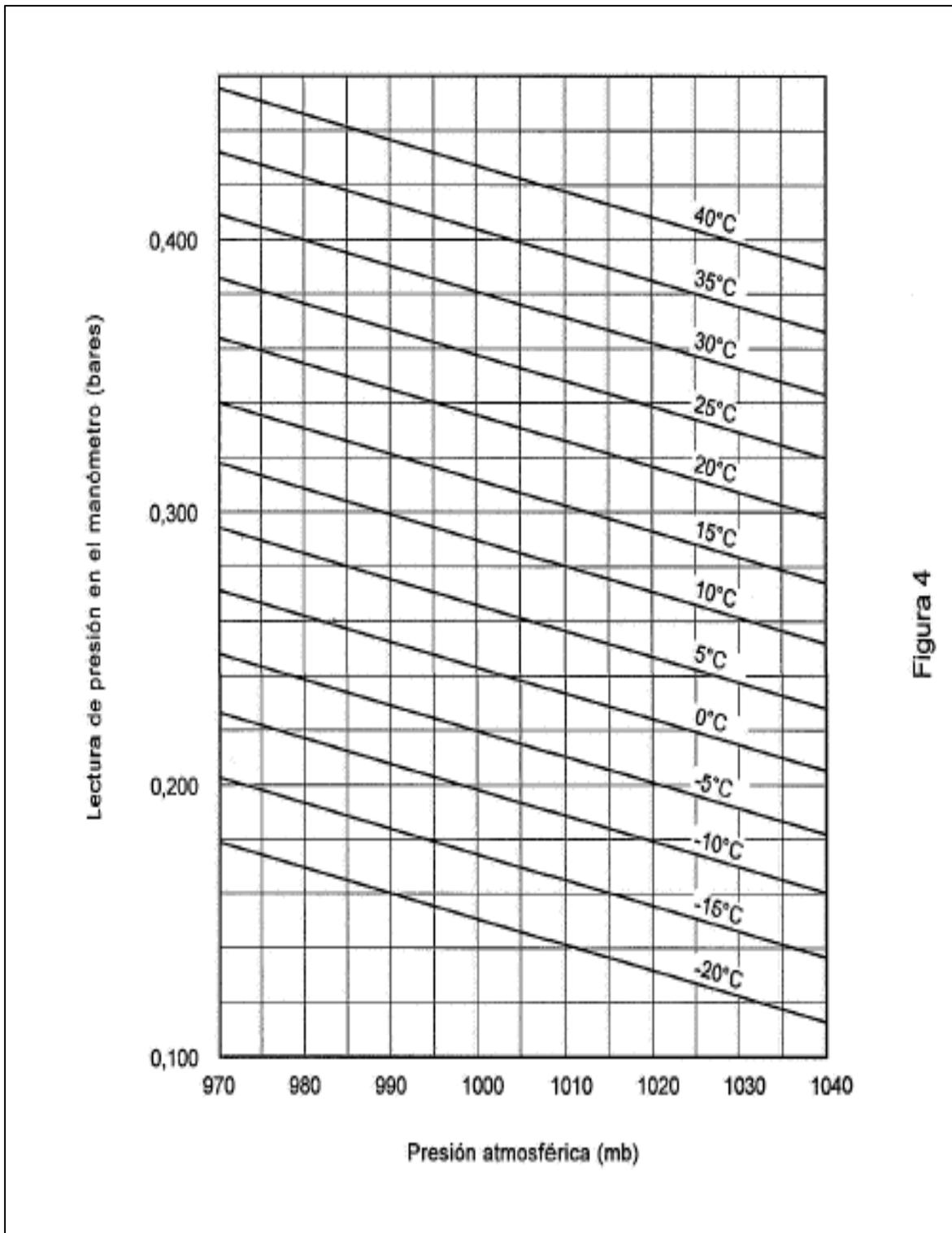


Figura 4

## HOJA DE VIDA

### DATOS PERSONALES

NOMBRE: Fernando Patricio Molina Orozco  
NACIONALIDAD: Ecuatoriano  
FECHA DE NACIMIENTO: 02 de Agosto de 1982  
CÉDULA DE CIUDADANÍA: 171545847-5  
TELÉFONOS: 0987031816  
CORREO ELECTRÓNICO: molifer82@hotmail.com  
DIRECCIÓN: Alangasi Barrio Jerusalén calle Simón Bolívar  
Oe4-70 y Ernesto Che Guevara



### ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Católica "ISABEL TOBAR N°2"  
SECUNDARIA: Instituto Tecnológico Superior "Sucre"

### TÍTULOS OBTENIDOS

- Bachiller Técnico en Electricidad Industrial.
- Suficiencia en el Idioma Inglés "ESPE"

### CURSOS Y SEMINARIOS

- Curso Aerotécnicos en la Brigada de Aviación del Ejército Especialidad "Motores"

### EXPERIENCIA LABORAL

Cargo: Mecánico abordo  
Sección: Avión BUFFALO  
Lugar: Grupo Aéreo N°45 "PICHINCHA".  
Tiempo: 3 años

Cargo: Técnico de Motores  
Sección: Motores  
Lugar: CEMAE "Brigada de Aviación del Ejército"  
Tiempo: 3 años

**HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS**

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

---

**Molina Orozco Fernando Patricio  
Cbop. de A.E.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECANICA AERONAUTICA**

---

**Ing. Herbert Atencio V.  
Subs. Tec. Avc.**

---

Latacunga, Julio 29 del 2013

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

Yo, Molina Orozco Fernando Patricio, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores, en el año 2012, con Cédula de Ciudadanía N°1715458475, autor del Trabajo de Graduación Rehabilitación e Implementación del Contenedor para la conservación del Motor Turbohélice General Electric CT7-9C3 de los Aviones Casa CN-235, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

---

**Molina Orozco Fernando Patricio**  
**Cbop. de A.E.**

---

Latacunga, Julio 29 del 2013