



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

AUTOR: DARÍO ALEXANDER REINOSO NICOLALDE

**TEMA: CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CASE DE
LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

2014

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

CERTIFICACIÓN

Ing. Pablo Espinel

Certifico que el presente Trabajo de Graduación fue realizado en su totalidad por el Sr. DARÍO ALEXANDER REINOSO NICOLALDE, como requerimiento parcial para la obtención del título de TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES.

Ing. Pablo Espinel
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Latacunga, diciembre 11 del 2014

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD
DARÍO ALEXANDER REINOSO NICOLALDE**

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “Construcción e implementación del case de la sección de escape para el motor PT6A-25 de la Unidad de Gestión de Tecnologías” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las paginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

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

Latacunga, diciembre 11 del 2014

Darío Alexander Reinoso Nicolalde

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS
MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

AUTORIZACIÓN

Yo, Darío Alexander Reinoso Nicolalde

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación virtual de la Institución del trabajo “Construcción e implementación del case de la sección de escape para el motor PT6A-25 de la Unidad de Gestión de Tecnologías”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, diciembre 11 del 2014

Darío Alexander Reinoso Nicolalde

DEDICATORIA

El presente proyecto de grado se la dedico primeramente a Dios, por permitirme culminar con esta hermosa etapa de mi vida, por vivir momentos de alegrías así como de dificultades, lo que me ha enseñado a valorar el día a día y aprender que todo esfuerzo vale la pena.

De la misma manera, a mis padres que con su amor incondicional me han apoyado tanto moral como económicamente durante este arduo camino por convertirme en un profesional y así dar inicio a la profesión anhelada.

A mis amigos quienes con sus consejos han estado cerca durante toda esta etapa de estudio.

Y a mis docentes, gracias por la sabiduría, tiempo, comprensión y por sobre todas las cosas la entereza de transmitir sus conocimientos.

Darío Alexander Reinoso Nicolalde

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado salud, fortaleza, claridad en mis pensamientos, así como de su compañía, cuidado y guía a lo largo de mis estudios para así permitir obtener mi profesión.

Del mismo modo, agradezco de manera muy especial a mis padres por el apoyo, la confianza, la paciencia y el esfuerzo que han hecho por mí; así como también doy gracias a mis hermanas por ser una parte muy importante en mi vida, por llenarme de alegrías y amor. En sí a toda mi familia quienes se han convertido en la fuerza y el empuje que necesitaba para culminar de mejor manera mi carrera. Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los Sres. Ramiro Chanatagsi y Wilson Ocaña, Técnicos de Mantenimiento del Centro de Mantenimiento Aeronáutico CEMA-Latacunga, por su gran aporte y participación activa durante el proceso práctico del presente proyecto de grado destacando por sobre todo su paciencia y disponibilidad. También debo agradecer al Ing. Pablo Espinel por aceptar ser el tutor de mi proyecto de grado quien con su capacidad de guiar e indicar con valiosas ideas, ha sido un gran aporte y una persona clave para el desarrollo de un buen trabajo investigativo.

Finalmente considero muy oportuno mi agradecimiento a la Unidad de Gestión de Tecnologías en especial a la carrera Mecánica Aeronáutica por permitirme haber iniciado y culminado mi carrera profesional, así como de su responsabilidad y gran nivel académico que he vivido durante toda la etapa de estudio.

Darío Alexander Reinoso Nicolalde

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

Certificado de tutoría.....	i
Declaración de responsabilidad.....	ii
Autorización de publicación	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas.....	xvi
Índice de cuadros.....	xvii
Índice de figuras.....	xviii
Resumen.....	xxiii
Abstract.....	xxiv

CAPÍTULO I

EL TEMA

1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 General	4
1.4.2 Específicos.....	4
1.5 Alcance	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción	6
2.2 ¿Qué es mantenimiento?	7
2.2.1 Clases de mantenimiento de una aeronave según la especialidad	7
2.2.1.1 Mantenimiento hidráulico	7
2.2.1.2 Mantenimiento en carburantes.....	7
2.2.1.3 Mantenimiento en mandos de vuelo	8
2.2.1.4 Mantenimiento en estructuras.....	8
2.2.1.5 Mantenimiento en motores.....	8
2.3 ¿Qué es mantenimiento aeronáutico?	8
2.3.1 Clases de mantenimiento aeronáutico	8
2.3.1.1 Mantenimiento Preventivo.....	8
2.3.1.2 Mantenimiento Correctivo	9
2.3.1.3 Mantenimiento Predictivo.....	9
2.4 Motor PT6A-25, Pratt& Whitney Canada Company	9
2.4.1 Generalidades de los motores PT6A	9
2.4.2 Concepto del motor PT6A-25.....	10
2.4.3 Características	11
2.4.4 Especificaciones	13
2.4.5 Uso en aeronaves.....	14
2.4.6 Secciones del motor.....	15
2.4.6.1 Sección de accesorios	15
2.4.6.2 Sección de entrada de aire	18

2.4.6.3 Sección del compresor.....	19
2.4.6.3.1 Descripción	19
2.4.6.3.2 Ubicación:	19
2.4.6.3.3 Construcción:	19
2.4.6.3.4 Álabes rotores:.....	19
2.4.6.3.5 Álabes estatores:	19
2.4.6.4 Sección de Combustión	20
2.4.6.5 Sección de turbinas.....	21
2.4.6.5.1 Turbina del compresor	21
2.4.6.5.2 Turbina de potencia	22
2.4.6.6 Sección de escape.....	24
2.4.6.7 Sección de la reduction gearbox.....	24
2.4.6.7.1 Descripción y operación.....	24
2.4.6.7.2 Función	30
2.5 Toberas o ductos de escape.....	30
2.5.1 Objetivo de una tobera.....	30
2.5.2 Tipos de toberas	31
2.5.2.1 Tobera convergente	31
2.5.2.2 Tobera divergente.....	31
2.5.2.3 Tobera convergente-divergente	32
2.5.2.4 Tobera de geometría variable.....	33
2.6 Ducto de la sección de escape del motor PT6A-25	34
2.6.1 Descripción	34
2.6.2 Funcionamiento	35

2.6.3 Componentes del ducto de escape del motor PT6A-25.....	36
2.6.4 Proceso de instalación del ducto de escape para el motor PT6A-25.....	37
2.6.5 Proceso de inspección/check del ducto de escape para el motor PT6A-25	37
2.6.6 Proceso de limpieza/pintura del ducto de escape para el motor PT6A-2539	
2.7 Materiales usados para el proceso de construcción	39
2.7.1 Lámina de acero al carbono fundido de dos milímetros de espesor	39
2.7.1.1 Descripción	39
2.7.1.2 Especificaciones	40
2.7.1.3 Usos.....	40
2.7.2 Acero agujereado de dos milímetros de espesor.....	40
2.7.2.1 Descripción	40
2.7.2.2 Especificaciones	41
2.7.2.3 Usos.....	41
2.7.2.4 Ventajas	42
2.7.3 Platinas de ½ X 1/8 de pulgada	42
2.7.3.1 Descripción	42
2.7.3.2 Especificaciones	43
2.7.3.3 Usos.....	43
2.7.4 Lijas.....	43
2.7.4.1 Descripción	43
2.7.4.2 Especificaciones de la lija número 80	44
2.7.4.3 Especificaciones de la lija número 240	44
2.7.5 Fondo automotriz gris	45

2.7.5.1 Descripción	45
2.7.5.2 Especificaciones	45
2.7.5.3 Preparación de superficie	46
2.7.5.4 Aplicación.....	46
2.7.5.5 Precauciones	46
2.7.5.6 Usos.....	47
2.7.6 Thinner.....	47
2.7.6.1 Descripción	47
2.7.6.2 Especificaciones	48
2.7.6.3 Precauciones	48
2.8 Soldadura.....	48
2.8.1 Tipos de soldadura.....	49
2.8.2 Suelda TIG, la soldadura de la Industria Aeronáutica.....	49
2.8.2.1 Características	50
2.8.2.2 Equipo.....	51
2.8.2.3 Ventajas de la soldadura TIG.....	52
2.8.3 Ventajas y limitaciones del proceso de soldadura	52
2.8.3.1 Ventajas	52
2.8.3.2 Limitaciones	53
2.8.4 Protección personal	53
2.9 Herramientas	54
2.9.1 Clasificación de las herramientas	54
2.9.2 Prácticas de seguridad.....	55
2.9.3 Riesgos y causas derivados del uso de herramientas.....	56

2.9.3.1 Riesgos.....	56
2.9.3.2 Causas.....	57
2.9.4 Descripción de las herramientas utilizadas durante el proceso de construcción.....	57
2.9.4.1 Amoladora.....	57
2.9.4.1.1 Discos de corte y de desbaste.....	58
2.9.4.1.2 Causas de incidentes.....	58
2.9.4.2 Escuadra metálica.....	58
2.9.4.2.1 Causas de incidentes.....	59
2.9.4.3 Flexómetro.....	59
2.9.4.3.1 Causas de incidentes.....	60
2.9.4.4 Limas.....	60
2.9.4.4.1 Causas de incidentes.....	60
2.9.4.5 Llaves.....	61
2.9.4.5.1 De boca fija.....	61
2.9.4.5.2 De boca ajustable.....	61
2.9.4.5.3 Causas de incidentes.....	62
2.9.4.6 Maceta.....	62
2.9.4.6.1 Causas de incidentes.....	62
2.9.4.7 Pinzas de presión.....	63
2.9.4.7.1 Causas de incidentes.....	63
2.9.4.8 Baroladora o roladora de láminas.....	63
2.9.4.8.1 Causas de incidentes.....	64
2.9.4.9 Sierras.....	64

2.9.4.9.1 Causas de incidentes.....	65
2.9.4.10 Taladro.....	65
2.9.4.10.1 Causas de incidentes.....	65
2.9.4.11 Tijera.....	66
2.9.4.11.1 Causas de incidentes.....	66
2.10 Masilla polyfill.....	66
2.10.1 Características.....	68
2.10.1.1 Adherencia.....	68
2.10.1.2 Poder de relleno.....	68
2.10.1.3 Elasticidad.....	68
2.10.1.4 Fácil lijado.....	68
2.10.1.5 Baja porosidad.....	68
2.10.1.6 Resistencia.....	69
2.10.2 Especificaciones.....	69
2.10.3 Ventajas.....	69
2.10.4 Aplicación.....	69
2.10.5 El Método del masillado.....	70
2.10.5.1 Colocación de la masilla.....	70
2.10.5.2 Acabado.....	71
2.10.6 Precauciones.....	71
2.10.7 Usos.....	72
2.11 Pintura color aluminio sintético.....	72
2.11.1 Componentes.....	73
2.11.2 Especificaciones.....	74

2.11.3 Ventajas y limitaciones.....	75
2.11.3.1 Ventajas	75
2.11.3.2 Limitaciones	75
2.11.4 Usos.....	76
2.11.5 Pistolas de pintura.....	76
2.11.5.1 Métodos de aplicación	77
2.11.5.2 Tipos de pistolas de pintar	77
2.11.5.3 Técnica de aplicación por pulverización con una pistola de aire.....	78
2.11.5.4 Partes de la pistola de aire.....	79
2.11.5.5 Medidas de seguridad.....	80

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Introducción	82
3.2 Materiales a utilizar	84
3.3 Construcción	86
3.3.1 Consideraciones generales.....	86
3.3.2 Estudio de alternativas para la construcción del case de la sección de escape para el motor PT6A-25	86
3.3.2.1 Identificación de las propuestas.....	86
3.3.2.1.1 Primera alternativa.....	86
3.3.2.1.2 Segunda alternativa	87
3.3.2.2 Análisis de factibilidad.....	87
3.3.2.2.1 Primera alternativa.....	87

3.3.2.2.2 Segunda alternativa	89
3.3.2.3 Aspecto técnico.....	90
3.3.2.3.1 Parámetros de evaluación	90
3.3.2.4 Selección de la mejor propuesta.....	93
3.3.3 Construcción del Case y de la Insulation blanket.....	93
3.3.4 Diagrama de construcción y ensamblaje	116
3.3.4.1 Diagrama del anillo frontal, posterior y dos de los ductos.....	117
3.3.4.2 Diagrama del case	118
3.3.4.3 Diagrama del cuerpo de los ductos.....	119
3.3.4.4 Diagrama de la insulation blanket	120
3.3.4.5 Diagrama de ensamblaje del case de la sección de escape.....	121
3.3.5 Pruebas y conformidad de construcción	122
3.3.5.1 Prueba 1: Test para acoplar el Case en el motor.....	122
3.3.5.2 Prueba 2: Test de instalación en el motor.....	123
3.3.5.3 Prueba 3: Test de la elaboración de la estructura de la Insulation blanket	123
3.4 Implementación.....	125
3.4.1 Situación actual del equipo	125
3.4.2 Implementación del nuevo componente.....	126
3.4.2.1 Implementación de la Insulation blanket	126
3.4.2.2 Implementación del Case de la sección escape (Exhaust duct Case)	127
3.4.3 Resultados de la implementación e impacto positivo obtenido	131
3.5 Descripción de procedimientos de operación, mantenimiento y otros	133
3.5.1 Manual de Operación.....	133

3.5.2 Manual de Mantenimiento.....	139
3.5.3 Manual de Seguridad.....	143
3.5.4 Descripción de procedimientos nuevos.....	145
3.6 Estudio económico.....	146
3.6.1 Estudio económico de construcción.....	146
3.6.2 Estudio económico de implementación.....	147
3.6.3 Estudio económico varios	148
3.6.4 Estudio económico total	149

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones	150
4.2 Recomendaciones	152
GLOSARIO	154
BIBLIOGRAFÍA.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Especificaciones del motor PT6A.....	14
Tabla 3.1 Materiales a utilizar.	84
Tabla 3.2 Especificaciones técnicas de los pernos de acero inoxidable A2 (AISI 304).....	85
Tabla 3.3 Matriz de evaluación y decisión	92
Tabla 3.4 Simbología de los diagramas de procesos	116
Tabla 3.5 Pruebas de construcción.....	124
Tabla 3.6 Estudio económico de construcción.....	146
Tabla 3.7 Estudio económico de instalación.....	147
Tabla 3.8 Estudio económico varios	148
Tabla 3.9 Estudio económico total	149

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Clasificación de las herramientas	55
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Motor PT6A-25.....	11
Figura 2.2 Aeronave Beechcraft T-34C	14
Figura 2.3 Secciones del motor PT6A-25	15
Figura 2.4 Sección de accesorios.....	17
Figura 2.5 Caja de entrada de aire	18
Figura 2.6 Compresor PT6A-25.....	20
Figura 2.7 Cámara de combustión.....	21
Figura 2.8 Turbina de potencia	23
Figura 2.9 Conducto de escape.....	24
Figura 2.10 Reduction Gearbox.....	25
Figura 2.11 Cubierta de la caja de engranajes	26
Figura 2.12 Engranajes de la caja de reducción.....	27
Figura 2.13 Diafragma parte posterior de la caja de reducción.....	28
Figura 2.14 Sistema torquímetro.....	29
Figura 2.15 Tobera Convergente.....	31
Figura 2.16 Tobera divergente.....	31
Figura 2.17 Tobera convergente-divergente.....	33
Figura 2.18 Tobera de geometría variable.....	34
Figura 2.19 Ducto de escape del motor PT6A-25.....	35
Figura 2.20 Recorrido de aire en el ducto de escape del motor PT6A-25	35
Figura 2.21 Componentes del ducto de escape del motor PT6A-25.....	36
Figura 2.22 Lámina de acero al carbono fundido.....	39
Figura 2.23 Lámina de acero agujereada	40
Figura 2.24 Platinas de acero	42
Figura 2.25 Papel de lija	44
Figura 2.26 Thinner.....	47
Figura 2.27 Elementos de una suelda TIG.....	51

Figura 2.28 Elementos de protección personal para soldadura.....	54
Figura 2.29 La amoladora y sus tipos de discos.....	58
Figura 2.30 La escuadra metálica.....	59
Figura 2.31 El flexómetro.....	59
Figura 2.32 Clases de las limas.....	60
Figura 2.33 Clases de llaves de boca fija.....	61
Figura 2.34 Clases de llaves de boca ajustable.....	61
Figura 2.35 Partes de una maceta.....	62
Figura 2.36 Clases de pinzas de presión.....	63
Figura 2.37 La baroladora de láminas.....	64
Figura 2.38 Partes y tipos de sierras.....	64
Figura 2.39 Clases de taladros.....	65
Figura 2.40 Partes de una tijera.....	66
Figura 2.41 Masilla polyfill.....	67
Figura 2.42 Mezcla de masilla y endurecedor.....	70
Figura 2.43 Partes de una pistola de aire.....	79
Figura 3.1 Toma de medidas del motor PT6A-27.....	94
Figura 3.2 Simulación del Case de la sección de escape en Solidwork.....	95
Figura 3.3 Diagrama de fuerzas.....	96
Figura 3.4 Cálculo del área de estudio.....	97
Figura 3.5 Construcción de los anillos frontal y posterior.....	100
Figura 3.6 Construcción de los anillos del ducto.....	101
Figura 3.7 Simulación del Case de la sección de Escape – solo ducto en Solidwork.....	102
Figura 3.8 Construcción del case.....	102
Figura 3.9 Ensamble de los anillos del case.....	103
Figura 3.10 Ensamble de los anillos del case.....	103
Figura 3.11 Agujeros del case posterior.....	104
Figura 3.12 Agujeros del case frontal.....	105
Figura 3.13 Anillo frontal y posterior cortados.....	105

Figura 3.14 Construcción de los ductos.....	106
Figura 3.15 Ensamblaje de los anillos de los ductos en los ductos	107
Figura 3.16 Orificios cortados en el case para los ductos.....	107
Figura 3.17 Ductos ensamblados en el case	108
Figura 3.18 Exhaust duct Case lijado y pulido	109
Figura 3.19 Simulación del Case de la sección de Escape en Solidwork	110
Figura 3.20 Exhaust duct Case pintado	110
Figura 3.21 Instalación del Exhaust duct Case en el motor	111
Figura 3.22 Simulación de la Insulation Blanket en Solidwork.....	112
Figura 3.23 Partes que forman la estructura de la Insulation blanket	113
Figura 3.24 Estructura de la Insulation blanket.....	114
Figura 3.25 Instalación de la Insulation blanket	115
Figura 3.26 La Insulation blanket.....	115
Figura 3.27 Diagrama del proceso de construcción de los anillos del case y de los ductos.....	117
Figura 3.28 Diagrama del proceso de construcción del case.....	118
Figura 3.29 Diagrama del proceso de construcción del cuerpo de los ductos	119
Figura 3.30 Diagrama del proceso de construcción de la Insulation blanket ..	120
Figura 3.31 Diagrama de ensamblaje del case de la sección de escape	121
Figura 3.32 Test para acoplar el Case en el motor	122
Figura 3.33 Test de instalación en el motor	123
Figura 3.34 Test de la elaboración de la estructura de la Insulation blanket..	124
Figura 3.35 Vista del motor PT6A-25.....	125
Figura 3.36 Simulación de la instalación en Solidwork	126
Figura 3.37 Instalación la Insulation blanket	126
Figura 3.38 Insulation blanket instalada montada en el eje de la turbina.....	127
Figura 3.39 Exhaust duct Case en la caja de reducción	127
Figura 3.40 Colocación de pernos e instalación del Exhaust duct Case en la caja de reducción.....	128
Figura 3.41 Corte guía en el Flange C del Exhaust duct Case	128

Figura 3.42 Corte guía en el Gas Generator Case	129
Figura 3.43 Montaje del Exhaust duct Case con la caja de reducción en el motor	129
Figura 3.44 Colocación de pernos e instalación del Exhaust duct Case en el motor.....	130
Figura 3.45 Ductos de escape	130
Figura 3.46 Implementación del Case de la sección de escape en el motor PT6A-25.....	131
Figura 3.47 Motor PT6A-25 completo ubicado en el taller de motores de la UGT	132

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Tabla de evaluación y decisión de alternativas

ANEXO B: Manual de mantenimiento (MM) del motor PT6A-27

ANEXO C: Catálogo Ilustrado de Partes (IPC) del motor PT6A-27

ANEXO D: Plano del case de la sección de escape en formato autocad

ANEXO E: Informe de la simulación del case de la sección de escape en el software solidwork

ANEXO F: Documentación para el traslado del motor PT6A-25 incluido la caja de reducción desde la UGT hacia el CEMA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación está enfocado como material didáctico a fin de mejorar el aprendizaje técnico en los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías. El proyecto está enmarcado en la construcción del case de la sección de escape así como de una cubierta térmica para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la institución; además de su instalación en el mencionado motor para ser utilizado durante las diversas clases en las que se requiera una visualización completa y realizar tareas de montaje/desmontaje en este motor.

Los componentes en sí son sencillos y manejables debido a su diseño y construcción física de estructura metálica por lo que no es necesario de herramientas especiales para el proceso de montaje/desmontaje en el motor PT6A-25. Con la implementación de estos componentes se conseguirá que el estudiante pueda realizar una práctica correcta, más completa y un mejor aprendizaje en lo que se refiere al estudio del montaje/desmontaje del conjunto de escape del motor de la Institución así como de todo el motor PT6A-25, pues el case de la sección de escape es una parte fundamental del motor debido a que une al motor en sí con su caja de reducción.

PALABRAS CLAVES: Material didáctico, aprendizaje técnico, construcción, instalación, estructura metálica.

ABSTRACT

The present research is focuses as teaching material for the purpose of improve the technical learning in the students of Aeronautical Mechanics Career mention Engines of Technology Management Unit. The project is framed in the construction about case of the exhaust section duct as well as of an insulation blanket for the PT6A-25 engine located in the engine shop of the institution; in addition its installation in said engine to be used during the various classes where required a complete display and perform assembly/disassembly on this engine.

The components themselves are simple and manageable because of its physical design and construction of metal structure so you do not need special tools for the process of assembly/disassembly in the PT6A-25 engine. With the implementation of these components will ensure that the student can perform a proper practice, more complete and better learning in regards to the study of assembly/disassembly of the engine exhaust assembly of the institution as well as all the PT6A-25 engine, then the case of the exhaust section duct is a fundamental part of the engine because it joins the engine itself with its reduction gearbox.

KEYWORDS: Teaching material, technical learning, construction, installation, metal structure.

CAPÍTULO I

EL TEMA

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS.

1.1 ANTECEDENTES

Debido a que la instrucción tecnológica en el campo aeronáutico tiene que ser de calidad resulta de gran importancia que todos los equipos de instrucción como motores cuenten con la totalidad de sus componentes, y así facilitar el desarrollo de prácticas en el taller de motores de la UGT.

Siendo de gran relevancia las investigaciones en el campo aeronáutico se han realizado diversos trabajos que han brindado excelentes resultados, entre ellos se tiene:

En el trabajo realizado por el Tlgo. Jara Tandazo Sergio Aníbal “ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y CONFIABILIDAD DEL MOTOR PT6-60 Y MANUAL DE MANTENIMIENTO” en el año 2003, su conclusión es que según los estudios realizados el motor PT6-60 fabricado por Pratt & Whitney-Canadá es utilizado por el alto nivel de confiabilidad que presenta, pese a las condiciones ambientales diversas que presentamos en la República del Ecuador variando así los parámetros de funcionamiento que presenta el fabricante, superando esto gracias al correcto mantenimiento y operación del mismo convirtiéndose así en un motor seguro y eficiente.

En el trabajo realizado por el Cbos. Mc. Av. Vargas Vargas Yamkelly Manrique “SECCIONAMIENTO DEL MOTOR PT6A-41 PARA FINES DIDÁCTICOS Y ANÁLISIS DE FUNCIONAMIENTO” en el año 2004, su conclusión es que el proyecto facilita de una mejor manera la comprensión del

funcionamiento del motor PT6A-41, siendo necesario contar con el material didáctico acorde a la tecnología actual enfocado en una forma práctica del funcionamiento del motor mencionado.

Por lo mencionado y la necesidad latente en los talleres de Mecánica Aeronáutica es fundamental el desarrollo de trabajos investigativos que facilite la optimización, la implementación de las partes del motor para desarrollar habilidades y destrezas, y el consiguiente aprendizaje significativo en el alumnado.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico que a partir del 2014 cambió su nombre por la actual Unidad de Gestión de Tecnologías (UGT) brinda sus servicios de educación al público desde el año 1999. En años anteriores esta institución solo preparaba aerotécnicos de la Fuerza Aérea Ecuatoriana. Actualmente la UGT ofrece carreras especializadas en el campo aeronáutico tales como: Logística y Transporte, Seguridad Aérea y Terrestre, Electrónica, y Mecánica Mención Motores y Aviones.

Al mismo tiempo que la UGT empezó a brindar sus servicios de educación aeronáutica al personal civil, también se encontró sujeta a las leyes de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) tal como las compañías aéreas que laboran en el país. Debido a esto es necesario que los estudiantes, futuros tecnólogos de aviación, salgan de esta noble Institución plenamente capacitados y aptos para desempeñarse en el ámbito laboral que incluye un buen desenvolvimiento tanto en lo práctico como en el manejo adecuado de la documentación técnica aeronáutica como son manuales de mantenimiento, catálogos de partes, órdenes de trabajo, etc.

La Institución, que desde sus inicios sus motores de instrucción, en este caso del PT6A-25 no cuenta con varios de sus componentes como es el caso de su

Case de escape o Exhaust Duct, lo que impide el buen desarrollo de prácticas así como conocer la importancia que tiene la mencionada parte en el motor por parte de los estudiantes de la Carrera Mecánica Mención Motores de la UGT.

Para el desarrollo de esta investigación y la elaboración del proyecto de grado fue necesario revisar el Manual de Mantenimiento (MM) así como del Catálogo Ilustrado de Partes (IPC) de la aeronave Twin Otter modelo DHC-6 pues utiliza el motor PT6A-27 idéntico al motor de la serie PT6A-25 que se encuentra en el laboratorio de motores de la UGT. Con el MM y el IPC, el capítulo correspondiente para la elaboración de este proyecto de grado comprende al ATA (Air Transport Association) 72, donde se encuentra detallado al motor en toda su aspecto físico y obviamente los componentes a construir como es el Exhaust duct y la Insulation blanket. Por lo expuesto es necesario construir e implementar el Case de sección de escape del motor PT6A-25 para así facilitar el desarrollo de prácticas en los estudiantes de la carrera de Mecánica Mención Motores de la UGT.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Debido a la importancia en el campo aeronáutico y como futuros tecnólogos que forja la UGT es fundamental que en los talleres de la Institución existan equipos de instrucción completos, los mismos que faciliten el proceso de enseñanza-aprendizaje en el centro de educación superior y cumplir con lo estipulado en la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES). Razón por la cual la Institución para la Carrera de Mecánica Mención Motores debe contar con motores de instrucción en los que sus componentes estén completos para que así permitir e impulsar el desarrollo de habilidades y destrezas en sus estudiantes.

Además, el desarrollo de este proyecto de grado ayudará a: proteger y preservar los componentes internos de la sección de escape, contar con un

motor completo y con la totalidad de sus componentes, cumplir con las clases prácticas en su totalidad, adquirir aprendizajes significativos sustentables, mejorar el manejo de herramientas durante el proceso de desmontaje/montaje usando adecuadamente el componente y/o parte aeronáutica, etc.

Los resultados del presente trabajo investigativo permitirá el desarrollo de habilidades y destrezas que satisfagan las necesidades de los estudiantes y de los organismos reguladores de Educación Superior incluida la DGAC, además de beneficiar a los docentes durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por lo mencionado es importante construir e implementar el Case en la sección de Escape del motor PT6A-25, que ayudará al desarrollo de prácticas, facilitando la instrucción por parte del docente, y permitir adquirir habilidades, destrezas y los consiguientes aprendizajes significativos en los estudiantes de la Carrera Mecánica Aeronáutica de la UGT.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 General

Construir e implementar el Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías para facilitar el aprendizaje de los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores de la Institución.

1.4.2 Específicos

- Recopilar información sobre el Case de la sección de escape del motor PT6A-25 a construir.
- Realizar el diseño del Case de la sección de escape en base a la toma de medidas de un motor idéntico perteneciente a la FAE.

- Realizar un estudio de alternativas de los materiales para construir el Case de la sección de escape.
- Adquirir materiales en base a un estudio de alternativas.
- Construir el Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 de la UGT.
- Realizar las pruebas correspondientes al proceso de construcción del Case de la sección de escape.
- Implementar el Case de la sección de escape en el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores jet de la UGT.
- Elaborar un manual de operación, de mantenimiento y de seguridad del Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 de la UGT.

1.5 ALCANCE

El presente proyecto de grado será de gran beneficio puesto que se basa en la construcción de un componente y/o parte aeronáutica que no se encuentra en el motor PT6A-25, el mismo que servirá para unir al motor con la caja de reducción y así contar con este motor completo dentro del taller de motores de la UGT, además de ayudar al desarrollo de la clase práctica beneficiando a los estudiantes y docentes de la Carrera Mecánica Mención Motores de la Institución; y a la vez, mantener la certificación de la Dirección General de Aviación Civil (DGAC).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

Pongo a consideración el presente proyecto de grado basado en la construcción e implementación de un componente o parte de uso aeronáutico con fines didácticos en beneficio del motor Pratt & Whitney modelo PT6A-25 ubicado en el taller de motores JET de la UGT, dirigido hacia los estudiantes y docentes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías para que en un futuro las clases teórico-prácticas sean de mayor y fácil comprensión.

El motor Pratt & Whitney modelo PT6A-25 es un motor cuyo uso en la Institución es exclusivamente como material didáctico pues no cuenta con varios de sus componentes para que pueda ser rehabilitado, incluso se ha visto que por falta del Exhaust duct resulta complicado tener al motor completo para su exhibición, donde su caja de reducción ha tenido que permanecer separada del mismo motor y ubicada en un estante; por este motivo resulta necesario la construcción de su Exhaust duct para así juntar y tener un motor ensamblado para realizar las clases prácticas que se merecen los estudiantes y docentes de esta Institución.

El Exhaust Duct en sí está conformado por el case del Exhaust duct que no es más que una lámina metálica en forma de cono truncado; y de una Insulation blanket la misma que hace referencia a una cubierta de aislación térmica cuyo fin es aislar y proteger al eje de la caja de reducción de la alta temperatura de los gases de escape.

Es así que a más de vaciar los gases de escape producidos por el motor, el Exhaust duct une al motor entre la turbina de potencia con la caja de reducción formando al motor por completo.

Con el fin de utilizar y conservar de forma correcta el Case de la sección de escape, el cual forma parte del motor PT6A-25 se ha detallado en el presente proyecto de grado todos los procedimientos para su adecuada utilización y mantenimiento.

2.2 ¿QUÉ ES MANTENIMIENTO?

Mantenimiento o MANTTO es la especialidad que se encarga de la preservación, mantenimiento, reparaciones y overhaul de las diferentes partes del avión con la finalidad de que la aeronave se encuentre en buenas condiciones, para lo cual ciertas Compañías y Grupos de Vuelo separan esta especialidad en varias sub-especialidades que se detallan a continuación.

2.2.1 Clases de mantenimiento de una aeronave según la especialidad

2.2.1.1 Mantenimiento hidráulico

Se ocupa del mantenimiento del sistema hidráulico de la aeronave como por ejemplo los trenes de aterrizaje, los frenos y los controles de vuelo, etc.

2.2.1.2 Mantenimiento en carburantes

Se ocupa del mantenimiento de los sistemas de transferencia de combustible, aceite y lubricantes de la aeronave.

2.2.1.3 Mantenimiento en mandos de vuelo

Se ocupa del mantenimiento de todos los mandos de vuelo mecánicos, eléctricos y electrónicos como por ejemplo: primarios: alas, elevadores, timón de dirección, alerones; y secundarios: flaps, servos o aletas compensadoras.

2.2.1.4 Mantenimiento en estructuras

Especialidad que se encarga de las reparaciones de la estructura de la aeronave.

2.2.1.5 Mantenimiento en motores

Se encarga de la preservación, mantenimiento, reparaciones y overhaul de los accesorios y sistemas de los motores de la aeronave.

2.3 ¿QUÉ ES MANTENIMIENTO AERONÁUTICO?

Es el conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, equipos y accesorios pertenecientes a la aeronave.

2.3.1 Clases de mantenimiento aeronáutico

2.3.1.1 Mantenimiento Preventivo

Esta clase de mantenimiento se realiza con frecuencia y se refiere a los trabajos de inspección, control, conservación y restauración en una aeronave con la finalidad de prevenir, detectar o corregir defectos, tratando de evitar fallas.

2.3.1.2 Mantenimiento Correctivo

Se refiere a servicios de reparación en la aeronave donde se presenta una o más fallas; es decir este mantenimiento se realiza cuando se detecta la falla o cuando ya ocurrió.

2.3.1.3 Mantenimiento Predictivo

Son los servicios de seguimiento del desgaste de uno o más accesorios, partes o componentes de equipos prioritarios a través del análisis de causas-efectos, o estimación hecha por una evaluación técnica, tratando de estimar el comportamiento de esos componentes y determinar el punto exacto de cambio.

El Mantenimiento Predictivo está basado en la confiabilidad y en la forma sistemática de cómo preservar el rendimiento requerido basándose en las características físicas, la forma como se utiliza, especialmente de cómo puede fallar y evaluando sus consecuencias para así aplicar las tareas adecuadas de mantenimiento (preventivas o correctivas).

2.4 MOTOR PT6A-25, PRATT & WHITNEY CANADA COMPANY

2.4.1 Generalidades de los motores PT6A

La familia de motores PT6A sigue siendo el motor más emblemático del mundo en su clase y es uno de los mayores éxitos de la Pratt & Whitney Company. La experiencia adquirida en el motor PT6A ha ayudado a desarrollar varias de las familias de estos motores que han hecho de la P&W Company en una compañía líder mundial en el mercado de motores de turbina. La fiabilidad¹ y la versatilidad han sido las características de identidad del motor PT6A y

¹Se define como la probabilidad de que un mecanismo u objeto funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones operativas específicas como por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, fricción, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones.

siguen siendo la base de los muchos modelos nuevos PT6A que incorporan las últimas tecnologías avanzadas.

Las nuevas tecnologías aerodinámicas y materiales han permitido que el motor PT6A obtenga más poder sin aumentar significativamente de tamaño, entre otras innovaciones, este motor ha reducido las emisiones de gases, y ha logrado mayores intervalos de mantenimiento.

El motor PT6A tiene un rango de potencia que va de 500 SHP² a 2.000 SHP, y está disponible en más de 69 modelos que ofrece una flexibilidad sin igual y la capacidad para una variedad de aplicaciones. Más de 41.000 motores PT6A se han producido desde que la compañía entró en servicio en la década de 1960, acumulando 335 millones de horas de vuelo.

Los motores PT6A han demostrado su versatilidad en los diferentes campos de la aviación, operando en aeronaves de servicio agrícola, militar, privado y público. Los operadores de los motores PT6A son asistidos por la atención al cliente líder en la industria mundial de P&W Co., esto incluye más de 30 instalaciones, más de 100 representantes de atención al cliente alrededor del mundo, un experto de atención al cliente las 24 horas 7 días, y la gama más grande de Alquiler y cambio de motores en la industria de la P&W Co.

2.4.2 Concepto del motor PT6A-25

El PT6A-25 es uno de los motores aeronáuticos turbohélice de la familia PT6A más reconocidos de la historia, fabricado por la compañía Pratt & Whitney-Canadá. En el uso militar estadounidense, recibe las designaciones T74 o T101. La familia PT6A-25 es particularmente conocida por su altísima

²En inglés Shaft Horsepower que normalmente significa caballos de potencia o kilowatios que se mide por su potencia en eje en los motores turbohélice, al igual que los turboeje.

fiabilidad con un tiempo medio de duración de 9.000 horas MTBO³ en algunos modelos.

La variante principal, el PT6A, está disponible en una amplia variedad de modelos, cubriendo los rangos de potencia entre 580 SHP y 920 shp en las series originales, y hasta 1.940 SHP (1.450 kW) en las series de mayor tamaño. Las variantes PT6B yPT6C son motores turboeje para helicópteros.

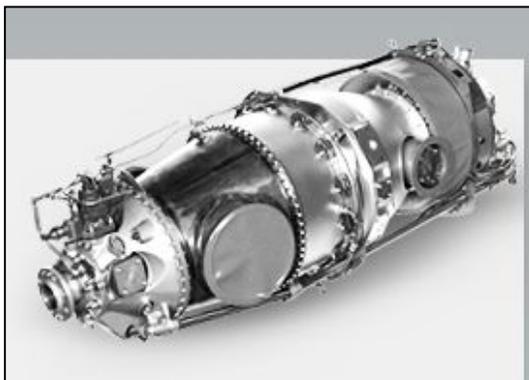


Figura 2.1 Motor PT6A-25

Fuente: Internet

2.4.3 Características

La familia de motores PT6A sigue mejorando, incorporando tecnologías avanzadas para superar las expectativas en rendimiento, fiabilidad, consumo de combustible y el respeto al medio ambiente. Más de 69 modelos de PT6A se han producido, que van en un rango de potencia de 500 shp a 2.000 shp.

Las nuevas tecnologías aerodinámicas y materiales han permitido al motor PT6 obtener más potencia sin aumentar significativamente de tamaño. Otras innovaciones han logrado reducir las emisiones de los gases, establecer

³En inglés Mean Time Before Outages que significa Tiempo Medio Antes de un Apagón.

mayores intervalos de mantenimiento y mejorar aún más la facilidad de uso con la introducción del control electrónico digital.

La configuración nueva del PT6A ha demostrado ser una parte clave de su éxito: su flujo posterior, la entrada del flujo inverso con dirección hacia delante de la sección de la turbina proporciona un mantenimiento rápido alrededor y a través de la sección caliente en el ala de la aeronave.

El PT6A es un motor de dos ejes con un compresor de múltiples etapas accionado por una turbina compresora de una sola etapa y un eje independiente acoplado a la turbina de potencia de la hélice a través de una caja de engranajes de reducción epicycloidal⁴ concéntrica.

La familia de motores PT6A consta de tres series de modelos con el aumento de los niveles en su potencia, denominado PT6A "pequeño, medio y grande."

El aumento de los niveles de potencia se consigue mediante el aumento del flujo de aire del compresor y el aumento del número de etapas en la turbina de potencia.

La mayoría de los modelos recientes gozan de la ventaja de la tecnología avanzada en los materiales pertenecientes a la refrigeración de la turbina y en el diseño aerodinámico.

Su compresor centrífugo axial multietapa y de una sola etapa:

- El flujo inverso, de entrada radial con una pantalla protectora de FOD (daños por objetos extraños).
- Grandes modelos de alta potencia PT6A incorporan 4 etapas axiales y 1 etapa centrífuga.

⁴En inglés Shaft Horsepower que normalmente significa caballos de potencia o kilowatios que se mide por su potencia en eje en los motores turbohélice, al igual que los turboeje.

- Los modelos PT6A pequeña y mediana incorporan 3 etapas axiales y 1 etapa centrífuga.

Su combustor o cámara de combustión de flujo inverso:

- Bajas emisiones, alta estabilidad, fácil arranque, durable.

Su turbina de compresor de una sola etapa:

- Alabes refrigerados en algunos modelos para mantener una alta durabilidad.

Su turbina de potencia independiente "libre" con alabes a su alrededor:

- Los modelos PT6A grandes y medianos modelos incorporan a la turbina de potencia 2 etapas axiales.
- Los modelos PT6A pequeños incorporan a la turbina de potencia de una sola etapa axial.

Su caja de reducción epicicloidal:

- Permite una instalación compacta.
- Incrementa las revoluciones de salida para mayor potencia y bajo nivel de ruido de la hélice.
- Velocidad de salida del eje de la hélice de 1.700 a 2.200 rpm.

Sus controles electrónicos del motor en múltiples modelos PT6A

- Otros modelos incorporan varios módulos de control con la característica de promover la facilidad de operación y seguridad de vuelo.

2.4.4 Especificaciones

- Modelo: PT6A-25
- Potencia: 550 SHP

Tabla 2.1 Especificaciones del motor PT6A

	Fuerza termodinámica (ESHP)	Fuerza mecánica (SHP)	Velocidad de la hélice (Max. RPM)	Altura (pulgs)	Ancho (pulgs)	Longitud (pulgs)
PT6A “Pequeño” (de A-11 a A-140)	600 a 1075	500 a 900	1,900 a 2,200	21 a 25	21.5	61.5 a 64
PT6A “Medio” (de A-41 a A-62)	1,000 a 1,400	850 a 1,050	1,700 a 2,000	22	19.5	66 a 72
PT6A “Grande” (de A-64 a A-68)	1,400 a 1,900	700 a 1,700	1,700 a 2,000	22	19.5	69 a 75.5

2.4.5 Uso en aeronaves

- Beechcraft T-34C

**Figura 2.2** Aeronave Beechcraft T-34C

Fuente: Internet

2.4.6 Secciones del motor

- Sección de accesorios
- Sección de entrada de aire
- Sección del compresor
- Sección de combustión
- Sección de turbinas
- Sección de escape
- Sección de reducción

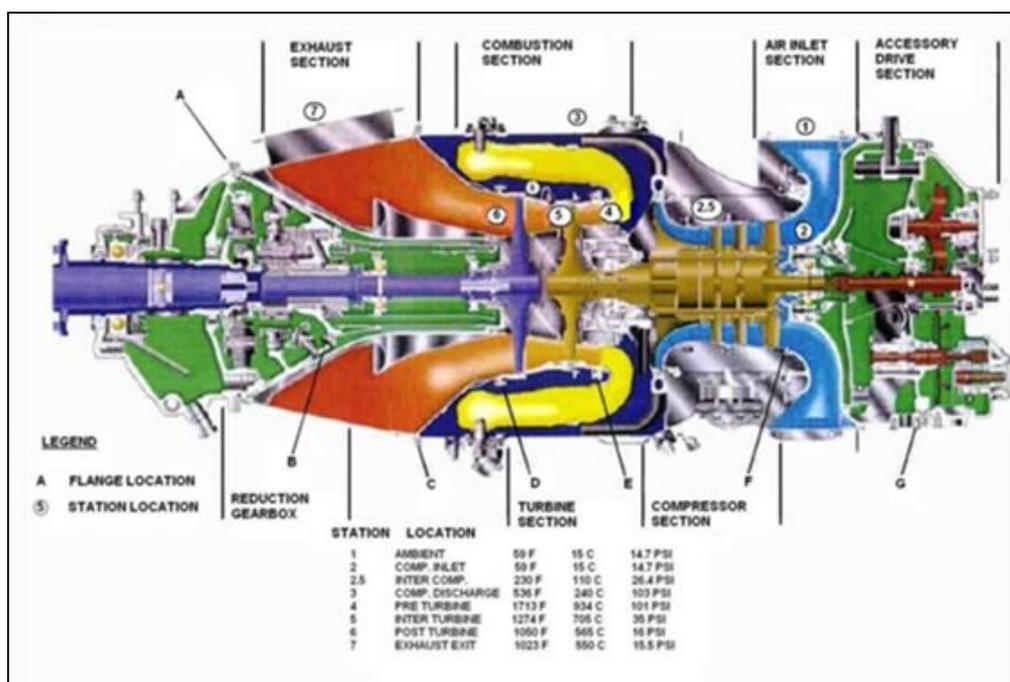


Figura 2.3 Secciones del motor PT6A-25

Fuente: Internet

2.4.6.1 Sección de accesorios

La caja de accesorios está situada en la parte trasera del motor (parte delantera en la serie Twin-Pac) y está compuesta de dos carcasas de aleación de magnesio (aluminio en algunos modelos) moldeadas que están unidas por

su pestaña exterior por medio de pestañas que salen de la cara trasera de la carcasa de entrada de aire al compresor (inlet case). Entre la caja de accesorios y el inlet case se encuentra el diafragma o pared separadora del tanque de aceite y la caja de accesorios. Este diafragma sirve de apoyo a los cojinetes de los engranajes de la caja de accesorios y a la bomba de presión de aceite. El diafragma se une a la carcasa de accesorios por medio de cuatro tornillos.

La carcasa de accesorios sirve de apoyo a los cojinetes de los engranajes (complementarios al de los cojinetes en el diafragma). Por dentro de la caja de accesorios se encuentran dos bombas de recuperación de aceite, la del cojinete No.2 y la de sacado de aceite de la caja de accesorios. En el exterior hay dos bombas de recuperación: la de la caja de reducción frontal y la de los cojinetes No.3 y 4, la cual vierte hacia el interior de la caja de accesorios.

En la serie Twin-Pac el sistema es diferente: una bomba externa de recuperación recoge el aceite del cojinete No. 2 y lo tira al interior de la caja de accesorios. Una bomba grande interna recupera el aceite de la caja reductora y de los cojinetes No. 3 y 4 y lo echa dentro del tanque del aceite. Otra bomba interna recoge el aceite de dentro de la caja reductora, el proveniente del cojinete No. 2 y del cojinete No. 1, y lo deposita en el tanque de aceite.

En la parte trasera de la carcasa de accesorios se encuentran las plataformas para montar los accesorios: generador/motor de arranque, bomba de combustible con el FCU (unidad reguladora de combustible) montada "piggy-back" y tacómetro generador de Ng. En el mismo centro se encuentra un tapón grande que al sacarlo deja espacio para que se pueda meter por él una herramienta que desacopla el eje de entrada del compresor. También en la misma cara se encuentran tres plataformas para montar en ellas otros accesorios opcionales. Los ejes de salida hacia los accesorios están sellados con un retén de goma y muelle (garlacseal).

La caja de accesorios tiene en la posición de las 11 del reloj un tapón con varilla para chequear el nivel de aceite y relleno si es necesario. En el engranaje del motor de arranque se acopla una pieza (impeller) que de forma centrifuga separa el aceite del aire existente dentro de la caja de accesorios enviando el aire hacia el exterior por un agujero localizado en la posición de las 2 del reloj.

Un sello de carbón en la cara frontal del engranaje evita que aceite escape al exterior a través del sistema de ventilación.

En la serie Twin-Pac, por la parte de abajo de la caja de accesorios se encuentra la válvula reguladora de presión del aceite y una válvula de flujo unidireccional.

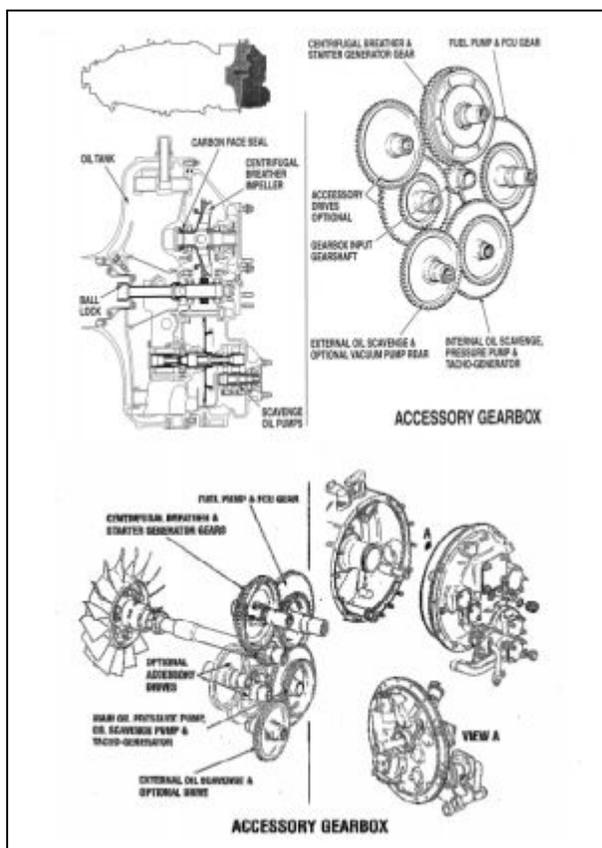


Figura 2.4 Sección de accesorios

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-27

2.4.6.2 Sección de entrada de aire

La sección de entrada de aire está compuesta de compresor inlet case es una pieza de fundición de aluminio circular forma por su parte delantera la cámara de entrada de aire al compresor. Una malla metálica alrededor de la entrada de aire previene que partículas extrañas puedan entrar en el compresor. En su parte trasera forma la cámara del tanque de aceite, con pasajes para el aceite, a presión y para el de recuperación. Tiene en el fondo un tapón de drenado de aceite asegurado con un pasador. En la parte inferior del tanque se encuentra la bomba de alimentación de aceite sujeta al diafragma de la caja de accesorios con cuatro tornillos. La bomba tiene una válvula reguladora de presión para el ajuste de la misma. En su mano derecha tiene el alojamiento de la carcasa del filtro la cual incorpora una válvula unidireccional y otra de derivación (bypass). En el centro de la carcasa se encuentra el alojamiento del cojinete No.1 y su sello de laberinto. La lubricación del cojinete la provee un inyector atornillado a la carcasa y recibe el aceite de pasajes internos en la misma. Un tubo cónico, con empaques a ambos lados, conecta la zona del cojinete con la caja de accesorios, dejando pasar por su centro un eje el cual da movimiento a los engranajes de la caja de accesorios, incluyendo al del motor de arranque/generador el cual inicia la rotación del motor hasta que se produce la ignición y el compresor se vuelve autosuficiente.



Figura 2.5 Caja de entrada de aire

Fuente: Internet

2.4.6.3 Sección del compresor

2.4.6.3.1 Descripción

- Incrementa la presión del aire de entrada, y lo dirige hacia el compresor. (relación de compresión 7.0:1).
- Provee aire bajo presión para el uso en el avión.
- Diseño convergente eficiente en altas velocidades.

2.4.6.3.2 Ubicación:

- Dentro de la sección de la caja generadora de gases.

2.4.6.3.3 Construcción:

- Fabricado de acero inoxidable.
- Consta de un compresor axial de 3 etapas y un compresor centrífugo único.

2.4.6.3.4 Álabes rotores:

- Primera etapa de 16 álabes. Fabricados de titanio, la segunda y tercera etapas de 32 álabes de acero.
- Los álabes rotores se fijan a ranuras maquinadas en forma de cola de milano.

2.4.6.3.5 Álabes estatores:

- La primera y segunda etapa son de 44 álabes y la tercera, es de 40 álabes fabricados de acero forjado inoxidable.

- Los álabes estatores están sostenidos por un anillo circular, al cual van soldados y sirven de cubierta.

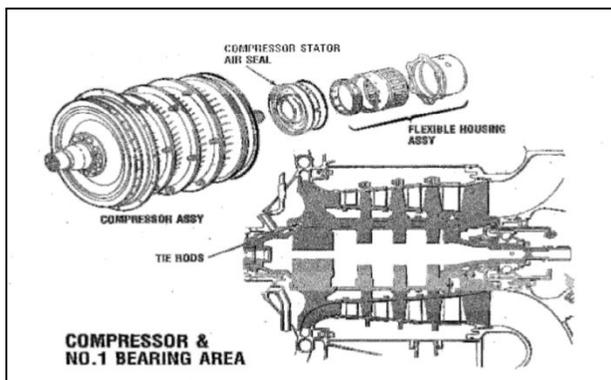


Figura 2.6 Compresor PT6A-25

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-27

2.4.6.4 Sección de Combustión

La cámara de combustión es de flujo reverso y consiste principalmente de una cámara anular de aleación resistente al calor y abierta por un lado. Una serie de agujeros, atravesando la chapa libremente o a través de doble pared son diseñados para que provean la mejor mezcla de aire/combustible durante el arranque y durante la combustión sostenida. La dirección del aire se controla a través de aros de enfriamiento (cooling ring) que protegen las paredes de la cámara de alta temperatura interna.

Otras perforaciones de mayor diámetro aseguran que la temperatura de los gases sea homogénea y apropiada a la entrada de la turbina. La parte frontal de la cámara, que es cerrada, esta aguantada por dentro del gas generator por 7 de los 14 protectores (sheath) de los inyectores de combustible (fuel nozzles). La parte trasera exterior está sujeta por una unión deslizante en el conducto de salida grande (large exit duct) mientras que la interior se apoya en el conducto de salida pequeño (small exit duct).

Estos dos conductos forman las paredes que giran la dirección de los gases 180 grados hacia el frente y en dirección a la turbina del compresor.

El conducto grande tiene una doble pared por donde le entra aire “frío” P3 para protección contra el calor. Este se atornilla en su parte central al gas generator. El conducto pequeño se atornilla al soporte de la etapa estatora de la turbina.

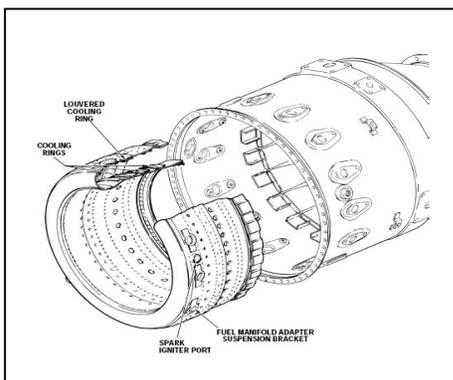


Figura 2.7 Cámara de combustión

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-27

2.4.6.5 Sección de turbinas

2.4.6.5.1 Turbina del compresor

La turbina del compresor consiste de un disco y de 58 (o 59) álabes y hace girar al compresor en sentido contrario a la agujas del reloj. El disco está unido a través de un eje estriado al acople (stubshaft) del compresor y sujeto por un tornillo y una arandela retén.

Una de las estrías es más grande, maestra, para que siempre se instale en la misma posición y mantener así su balance original.

Los álabes de aleación de níquel tienen en algunos modelos una extensión fina (squelertip) para evitar un fuerte rozamiento en caso de contacto con los

segmentos. En la punta de los álabes hay una superficie plana de referencia para hacer el chequeo de alargamiento (stretch).

Pesos de balance sujetos con remaches se colocan a ambos lados del disco. Una corta extensión del disco provee una superficie de sellado para controlar el flujo de aire de refrigeración.

2.4.6.5.2 Turbina de potencia

La turbina de potencia se compone de un conjunto de disco y alabes que está montado en el extremo trasero del eje de la turbina de potencia y retenido por un perno de retención y arandela. El disco tiene 41 alabes que difieren de los álabes de la turbina del compresor. El conjunto de disco y el alabe gira dentro de una cubierta de doble filo para formar un sello continuo en las puntas de los alabes cuando el motor está en marcha.

El disco de la turbina de potencia incorpora un reborde para el equilibrio de disco. El número requerido de peso y remaches se determina durante los procedimientos de equilibrio de montaje. El conjunto equilibrado del rotor de la turbina de potencia, montado dentro de la caja del eje, consiste en el cojinete N °4 que está montado en el extremo frontal del eje. El cojinete de rodillos N ° 3 y el sello de aire del rotor están montadas en el extremo posterior del eje, seguido por el disco de turbina.

La cubierta del eje de la turbina de potencia consiste en una carcasa cilíndrica de acero fabricada con un reborde de montaje en la parte delantera. La carcasa proporciona un soporte para el eje de la turbina de potencia y los bearings N ° 3 y N ° 4. El sello de aire del estator, que se encuentra asegurado en el centro posterior de la carcasa por un anillo de retención, evita la fuga de aceite desde el área de soporte en la sección de turbina. Una cubierta del cojinete N ° 3, que actúa como escudo térmico, está garantizado por un anillo

de retención, es una parte integral del conjunto de conducto de escape, rodea el extremo posterior de la carcasa.

Las pistas exteriores de los bearing N^o 3 y N^o 4 están atornilladas a las bridas internas en la carcasa. Dos tubos de transferencia de aceite se incorporan en la carcasa; un tubo proporciona aceite a presión a través de tres boquillas a las caras delantera y trasera del cojinete N^o 3 rodillos y a la cara posterior del cojinete N^o 4 bola. El tubo, que contiene un elemento de filtro, está acoplado a un puerto en la caja trasera de la caja de engranajes de reducción por un tubo de transferencia corto.

El alojamiento del eje de la turbina de potencia, junto con el conjunto de eje, está protegido de gases calientes de escape, cuando el motor está en marcha, por una manta aislante interpuestos entre la pared interna del conducto de escape y el alojamiento del eje de la turbina de potencia y trasera asociada con la caja de engranajes de reducción.

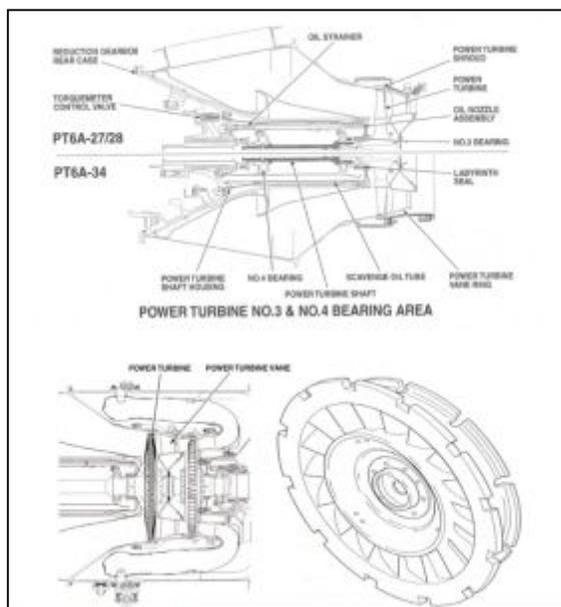


Figura 2.8 Turbina de potencia

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-27

2.4.6.6 Sección de escape

El conducto de salida de los gases consiste en un conducto de acero resistente al calor en forma divergente con una o dos salidas al exterior, según modelo de motor.

La sección exterior cónica, que tiene dos puertas de salida con pestaña, forma la pared exterior de los gases P3 y también funciona como un miembro estructural que da soporte a la caja de reducción. La sección interna forma la pared interna del conducto de los gases calientes y provee un compartimiento para la caja de reducción y para la carcasa de soporte de la turbina de potencia. Un cono de material aislante protege de excesivo calentamiento a la caja reductora y a la carcasa de soporte de la turbina de potencia. Una válvula en la posición de las 6 del reloj cerca de la pestaña "C" permite la evacuación de combustible que se pueda generar durante el apagado del motor.



Figura 2.9 Conducto de escape

Fuente: Internet

2.4.6.7 Sección de la reduction gearbox

2.4.6.7.1 Descripción y operación

El engranaje reductor y el eje de la hélice se encuentran en la parte frontal del motor, en dos carcasas de aleación de magnesio delantera y trasera atornillados entre sí.

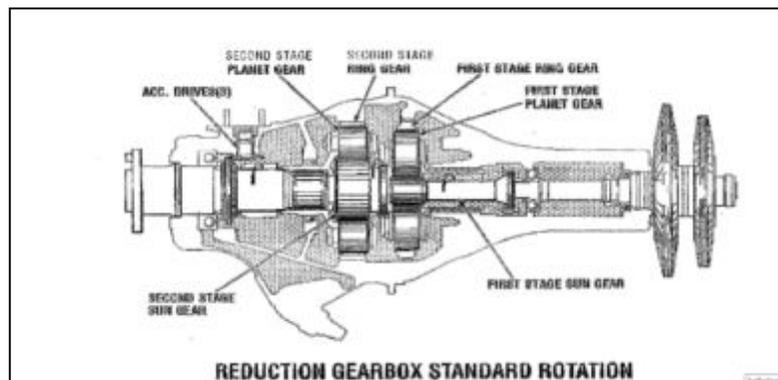


Figura 2.10 Reduction Gearbox

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-27

La caja de engranajes contiene dos etapas planetarias engranadas, unidades accesorias, torquímetro y el eje de la hélice. El engranaje de reducción de la primera etapa y torquímetro están contenidos en la carcasa o cubierta trasera, mientras que la segunda etapa reductora engranada, unidades accesorias y eje de la hélice se encuentran en la carcasa o cubierta frontal. El torque de la sección de la turbina de potencia de la hélice se transmite a través del eje de la turbina y el acoplamiento de la turbina de potencia a la primera etapa planetaria. La primera etapa planetaria consiste de un eje de acero con un hueco corto que tiene una punta integral en el extremo delantero del engranaje y una estría externa en el extremo posterior. Las estrías externas se encajan con las estrías internas del acoplamiento de la turbina sobre el eje de la turbina de potencia y es asegurado dentro del acoplamiento por dos anillos de retención. El anillo de primera etapa se encuentra con estrías helicoidales previstas en la carcasa trasera de la caja de engranajes de reducción. El torque desarrollado por la turbina de potencia se transmite a través del planetario y engranajes al anillo que esta opuesto por las estrías helicoidales.

Esta oposición hace que el planetario gire. La corona, aunque asegurada por las estrías helicoidales, se le permite moverse axialmente entre la carcasa y

cinco placas de retención aseguradas a la carcasa. El movimiento axial se utiliza en la aplicación del torquímetro.



Figura 2.11 Cubierta de la caja de engranajes

Fuente: Internet

La segunda etapa de reducción se aloja en la carcasa delantera de la caja de engranajes de reducción.

El soporte planetario de la primera etapa está unido al sistema planetario de engranajes de la segunda etapa por un acoplamiento flexible que también actúa para amortiguar las vibraciones entre las dos masas giratorias.

El sistema planetario de engranajes de la segunda etapa impulsa cinco engranajes planetarios montados en el soporte de la segunda etapa. Un anillo dentado de la segunda etapa se encuentra junto a las estrías de la parte delantera de la carcasa de la Reduction Gearbox mediante placas de retención.

El soporte de la segunda etapa es a su vez estriado al eje de la hélice y retenido por una arandela con tuerca. Una aleta radiada soporta el cojinete de rodillos, la segunda etapa y la parte trasera del eje de la hélice.



Figura 2.12 Engranajes de la caja de reducción

Fuente: Internet

La corredera interna del cojinete se encuentra en la circunferencia maquinada de la extensión de soporte de la segunda etapa, mientras que la corredera exterior de la aleta radiada es atornillada a una placa de la carcasa frontal. Un adaptador de tubo de transferencia de aceite de la hélice y un conjunto de boquilla se acoplan entre sí por un anillo de retención situado dentro del hueco central del eje de la hélice. El adaptador proporciona la necesaria separación de presión de aceite para el accionamiento de la hélice, y aceite a presión para lubricación de la hélice y rodillos delanteros de la caja de engranaje. El conjunto de boquilla y la transferencia de aceite a presión sirven para la lubricación del área del cojinete N° 4, segunda etapa (planetario engranado y acoplamiento del sistema planetario).

El aceite a presión se suministra en el tubo de transferencia de aceite través de la manga de transferencia de aceite instalado en el diámetro exterior del eje de la hélice. El manguito es suministrado por dos fuentes independientes de aceite a través de dos tubos de transferencia. El aceite del motor se suministra a la sección posterior del manguito da la dirección para el adaptador al hueco central del tubo para la transferencia. El aceite del regulador de la hélice se suministra a la sección frontal de la manga para proporcionar presión hidráulica para el sistema servo para el paso de la hélice.



Figura 2.13 Diafragma parte posterior de la caja de reducción

Fuente: Internet

Los accesorios localizados en la parte delantera de la reduction gearbox son conducidos por un impulsor biselado engranado montado en la parte trasera del conjunto de cojinete de empuje del eje de la hélice. El eje impulsor biselado transmite fuerza rotacional a las tres almohadillas de bloqueo sobre la parte delantera de la carcasa de la reduction gearbox. Estas almohadillas están localizadas a las 12 en punto y aproximadamente a las 9 y 3 en punto. Cargas de empuje de la hélice son absorbidas por el cojinete de bolas que se encuentra en la parte delantera de la sección del eje de la hélice, brida exterior de la cual está asegurada la carcasa frontal de la caja reductora. El impulsor biselado engranado cónico ajusta los cojinetes de rodillo y el carril separador del sello que se asegura al eje de la hélice por una arandela y tuerca.

Un conjunto de la cubierta del cojinete de empuje está fijado con pernos en la brida delantera de la carcasa frontal de la reduction gearbox. El conjunto de la cubierta incorpora un sello de aceite retenida por una placa tipo anillo la que facilita el cambio del sello de aceite y dos tubos de transferencia de aceite. Los tubos permiten presión de aceite en la caja reductora que debe aplicarse a la cara frontal del cojinete de empuje y recuperar el aceite para volver a la caja de engranajes de reduction a través de pasajes tubulares en el conjunto de cubierta.

El torquímetro es un dispositivo de detección de hidro-mecánica, instalado en la parte trasera de los engranajes reductores de la primera etapa en la carcasa trasera de la caja de engranajes de reducción. El torquímetro proporciona una indicación exacta de la salida de potencia del motor y consiste de un cilindro, pistón, anillos de sello, émbolo de la válvula y el resorte.

La rotación de la corona dentada es resistida por las estrías helicoidales, que imparten un movimiento axial a la corona dentada y para el pistón torquímetro.

El movimiento del pistón mueve un émbolo de la válvula contra el resorte, abriendo un orificio de dosificación y permitiendo un mayor flujo de aceite a presión en la cámara de torquímetro. El movimiento del pistón continúa hasta que la presión de aceite en la cámara de torquímetro es proporcional al torque que es absorbido por la corona dentada. Cualquier cambio en la potencia del motor recicla la secuencia hasta un estado de equilibrio nuevo.

Cerraduras hidráulicas impide q permita que el aceite de sangrado este continuamente desde la cámara del torquímetro hacia la bomba reductora de engranaje a través de un pequeño orificio desangrado en la parte superior del pistón del torquímetro.

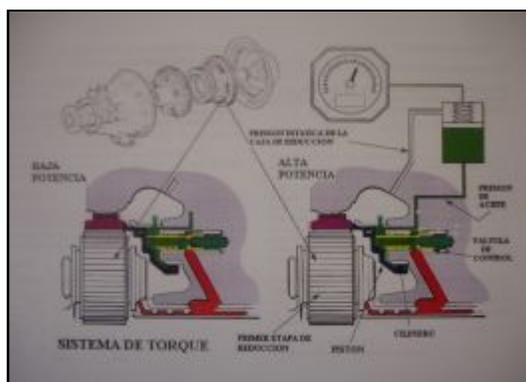


Figura 2.14 Sistema torquímetro

Fuente: Internet

2.4.6.7.2 Función

La función de esta es disminuir las RPM provenientes del eje, para mover la hélice a una velocidad menor. El motivo de esto es que la hélice suele trabajar entre 900 rpm y 1900 rpm ya que velocidades superiores podrían hacer que las puntas de hélice girasen a una velocidad cercana a la del sonido, para lo cual no están diseñadas.

2.5 TOBERAS O DUCTOS DE ESCAPE

Una tobera es un dispositivo que convierte la energía térmica y de presión de un fluido en energía cinética. El fluido sufre un aumento de velocidad a medida que la sección de la tobera va disminuyendo, por lo que sufre también una disminución de presión y temperatura al conservarse la energía.

En otras palabras, la tobera es un dispositivo que incrementa la velocidad de un fluido a la vez que disminuye su presión.

La tobera en el motor descarga los gases de escape de la turbina a la atmósfera a una velocidad y dirección adecuada para proporcionar el empuje resultante. La velocidad y la presión de los gases de escape crean el empuje en el motor turbojet y turbofan, pero en el motor turbohélice los gases de escape aportan solo una pequeña cantidad al empuje, porque la mayor parte de la energía ha sido absorbida por la turbina para arrastrar a la hélice. Por lo tanto, el diseño del sistema de escape ejerce una considerable influencia sobre la actuación del motor.

2.5.1 Objetivo de una tobera

La tobera más sencilla es un tubo más o menos largo situado tras la turbina del motor cuya misión es canalizar el flujo de aire hacia atrás. Su objetivo es la expulsión de gases de la turbina en la dirección correcta y la velocidad óptima.

2.5.2 Tipos de toberas

2.5.2.1 Tobera convergente

La tobera convergente transforma la presión en velocidad hasta que llega a un momento en que no puede incrementarse más la velocidad sin incrementar la temperatura.

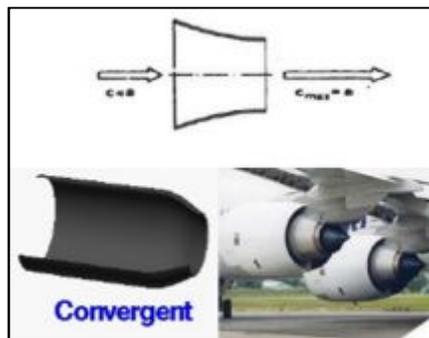


Figura 2.15 Tobera Convergente

Fuente: Internet

2.5.2.2 Tobera divergente

Es una tobera inversa, por lo tanto el área de entrada es menor que el área de salida y por consiguiente la velocidad se disminuye dentro del mismo.



Figura 2.16 Tobera divergente

Fuente: Internet

2.5.2.3 Tobera convergente-divergente

El empuje producido por los motores de los aviones supersónicos se aumenta por el uso de toberas de escape del tipo convergentes-divergentes (CD) o también conocida como tobera de Laval en honor a su creador Gustav De Laval, cuya área de sección transversal cambia.

En esta tobera los gases salen de la sección de turbina y entran en la porción convergente de la tobera a una velocidad subsónica. Su velocidad aumenta a medida que el conducto se hace más pequeño hasta que alcanza la velocidad del sonido en el punto más estrecho donde se forma una onda de choque y evita que haya más aceleración. Los gases salen del punto más estrecho a la velocidad del sonido, y a medida que el área del conducto aumenta, se aceleran a una velocidad supersónica mayor. Los beneficios de una tobera CD aumentan a medida que aumenta el número de mach en vuelo del avión.

Con la tobera convergente se desperdicia energía, puesto que los gases que dejan la salida no se expanden lo suficientemente rápido como para conseguir inmediatamente la presión del aire exterior. Algunos motores de gran relación de paso pueden usar con ventaja una tobera convergente-divergente para recuperar parte de la energía desperdiciada. Estas toberas utilizan la energía de presión para obtener un posterior aumento en la velocidad del gas y, consecuentemente, un aumento del empuje.

Cuando el gas entra en la sección convergente de la tobera, la velocidad del gas aumenta con una correspondiente caída en la presión estática. La velocidad del gas en el estrechamiento de la tobera corresponde a la velocidad del sonido relacionada con la temperatura del gas. A medida que el gas sale del estrechamiento y fluye dentro de la sección divergente, progresivamente aumenta en velocidad hacia la salida. La reacción a este posterior incremento de la cantidad de movimiento es una fuerza de presión que actúa sobre la pared

interna de la tobera, y así esta fuerza que actúa paralela al eje longitudinal de la tobera produce el posterior aumento en el empuje.

El tamaño de la tobera propulsora es extremadamente importante y debe diseñarse para obtener el correcto equilibrio de presión, temperatura y empuje. Con una tobera pequeña estos valores aumentan, pero existe la posibilidad de inestabilidad del motor, mientras que con una tobera grande los valores obtenidos son demasiado bajos.

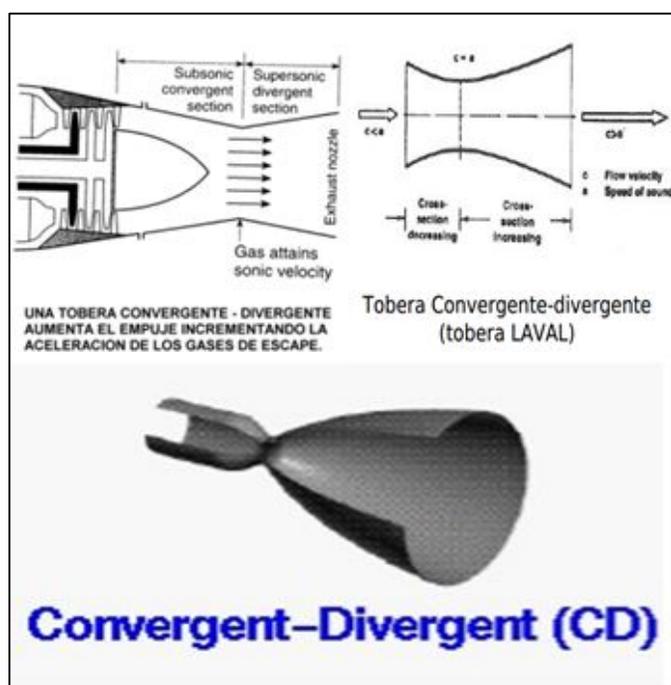


Figura 2.17 Tobera convergente-divergente

Fuente: Internet

2.5.2.4 Tobera de geometría variable

La tobera de geometría variable es usada para producir el empuje vectorial en los aviones supersónicos, comúnmente en aviación militar.

En algunos motores, se usa una tobera propulsora de área variable en donde el área de la tobera se aumenta o disminuye usando una placa móvil, o

alternativamente desplazando un cono hacia dentro o hacia fuera de la apertura de la tobera. Cuando se usa este tipo de tobera propulsora, un aumento en el área de flujo a través de la tobera permite hacer arranques más fáciles a bajas RPM y temperatura, debido a la reducción de la contrapresión en la turbina; pues con un área reducida, se aumenta el empuje. La variación del área de la tobera también permite obtener bajo consumo de combustible durante la operación del motor.



Figura 2.18 Tobera de geometría variable

Fuente: Internet

2.6 DUCTO DE LA SECCIÓN DE ESCAPE DEL MOTOR PT6A-25

2.6.1 Descripción

Consta de un conducto divergente, de acero termo resistente, con dos orificios de salida. La parte externa, constituye el conducto de salida de los gases al exterior, y funciona como un soporte estructural de la caja de engranajes de reducción. La parte interna, aloja la turbina y el anillo de refuerzo de la turbina. Y lleva la frazada térmica aislante, cubriendo al eje de la turbina.

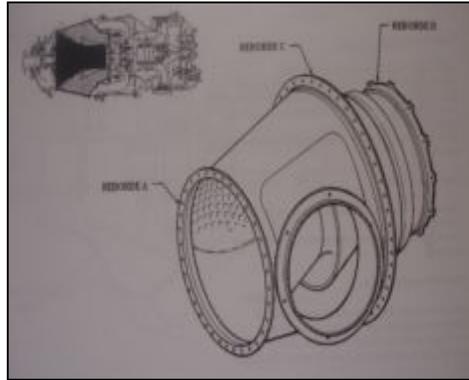


Figura 2.19 Ducto de escape del motor PT6A-25

Fuente: Internet

2.6.2 Funcionamiento

Los gases de escape desde el área de la turbina de potencia ingresan por la entrada anular alrededor de la lámina metálica en forma de cono, diseñado para impartir un remolino de gas, hacia el interior y para vaciar por los dos ductos idénticos opuestos con la máxima eficiencia.

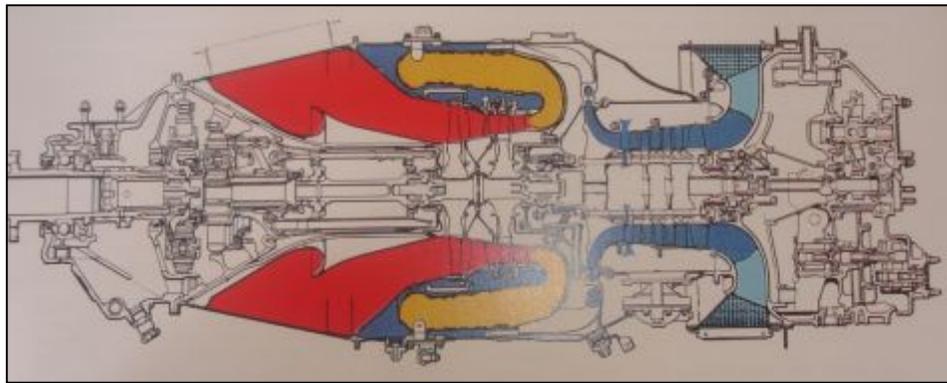


Figura 2.20 Recorrido de aire en el ducto de escape del motor PT6A-25

Fuente: Internet

2.6.3 Componentes del ducto de escape del motor PT6A-25

El ducto de la sección de escape del motor PT6A-25, se compone de:

- El Exhaust duct case: Es una lámina de aleación de níquel resistente al calor en forma de cono truncado con puertos de escape opuestos idénticos.
- Borde A y C: Son los bordes del puerto de escape los cuales proporcionan el soporte para la estructura. El borde frontal del ducto proporciona el soporte y es el borde de montaje para la caja de reducción. Dos bordes ubicados en la parte trasera del ducto; el borde de la carcasa del motor proporciona el montaje del motor a la turbina, mientras que el borde exterior forma el mayor borde divisor entre el Gas Generator Case y la sección de potencia.
- Insulation blanket: Es una cubierta de aislación de acero inoxidable (fibra de cerámica laminada en forma de hoyuelos), instalada entre el cono interior del ducto y la carcasa del eje de la turbina de potencia, para minimizar la transferencia de calor de los gases de escape a los cojinetes del eje de la turbina de potencia y a la sección trasera de la caja de reducción.

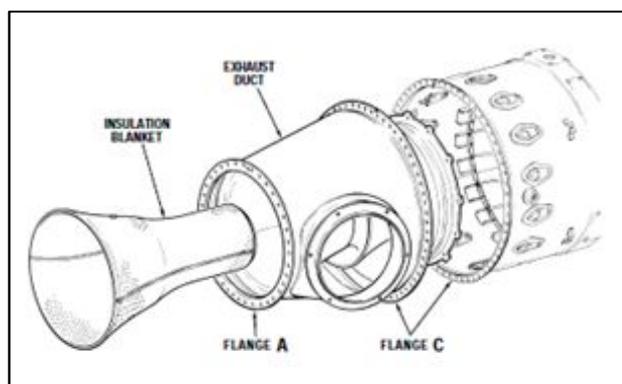


Figura 2.21 Componentes del ducto de escape del motor PT6A-25

Fuente: Manual de mantenimiento del motor PT6A-27

2.6.4 Proceso de instalación del ducto de escape para el motor PT6A-25

Cuando el ducto de escape de se vaya a instalar, se debe seguir los siguientes pasos:

1. Asegúrese de haber instalado la cámara de combustión y que la misma esté bien fija.
2. Instale la manta de aislamiento térmico, la insulation blanket, hacia el frente del exhaust duct case.
 - 2.1 Posicione el housing posterior de la caja de reducción sobre el ducto de escape.
3. Asegure el borde A al housing de la caja de reducción usando pernos (la cabeza hacia la parte trasera del motor), arandelas y tuercas de auto-aseguramiento. Y apriete las tuercas, en secuencia al diámetro de 36 a 40 lb.in.
4. Asegure el borde C al gas generator case usando pernos (la cabeza hacia la parte trasera del motor) y tuercas de auto-aseguramiento. Y apriete las tuercas, en secuencia al diámetro de 36 a 40 lb.in.

2.6.5 Proceso de inspección/check del ducto de escape para el motor PT6A-25

La forma de desmontaje de la sección de la turbina de potencia determinará el alcance de la inspección del ducto de escape.

1. Para inspecciones periódicas, de secciones calientes o no programadas como paro repentino del motor o un sospechoso aterrizaje fuerte de la aeronave: examinar críticamente el ducto de escape para evidenciar lo siguiente:
 - 1.1 Examinar la condición de la superficie exterior por pandeo, ondulación o distorsión similar.

- 1.2 Inspeccionar la superficie exterior, sobre todo en las proximidades de los Bordes A y C por agrietamiento en la piel del metal, soldaduras u orificios de los pernos en los bordes.
- 1.3 Inspeccionar los bordes del puerto de escape por agrietamiento. Grietas que no exceda 0.500 de pulgada de largo y que no progresen en el punto de soldadura o grietas en una dirección tangencial que no excedan 1.000 pulgadas de largo son aceptables siempre y cuando sean detenidas perforando con un taladro de 1/16 (0.0625) de pulgada.
- 1.4 Comprobar la integridad de la estructura interna a través de los puertos de escape.
- 1.5 Usando la iluminación adecuada o un boroscopio, examinar la estructura interna en la medida de lo posible en busca de grietas, holguras y distorsiones.
2. Los ductos de escape son considerados servibles siempre que:
 - 2.1 No exista más de 3 grietas.
 - 2.2 La longitud total de todas las grietas no exceda 2 pulgadas.
 - 2.3 Ninguna grieta supere 1 pulgada.
 - 2.4 Cuando hay 2 o 3 grietas que deben ser separadas por un mínimo de 6 veces la longitud de la grieta más larga o 3 pulgadas, o lo que sea mayor.
 - 2.5 La tasa de crecimiento de cualquier grieta no exceda las 0,015 pulgadas/hora de operación.
3. Cuando es removido el anillo de los alabes estatores de la turbina de potencia y el housing estator:
 - 3.1 Inspeccionar el ducto de escape en busca de grietas en el Flange D. La inspección por líquidos penetrantes o en forma visual debe llevarse a cabo. Y cuando se indican grietas, retire el ducto de escape para el overhaul.
4. Cuando es removido el disco de la turbina de potencia:
 - 4.1 Inspeccione el Flange C del ducto de escape. Si existe presencia de grietas, la remoción del ducto de escape es requerida para el overhaul.

2.6.6 Proceso de limpieza/pintura del ducto de escape para el motor PT6A-25

- Eliminar las sales y los depósitos de smock de la superficie exterior del ducto de escape con agua limpia.
- Secar con aire comprimido, limpio y seco.
- Limpie la superficie por corrosión acumulada con un cepillo metálico.

(Ver anexo B & C)

2.7 MATERIALES USADOS PARA EL PROCESO DE CONSTRUCCIÓN

2.7.1 Lámina de acero al carbono fundido de dos milímetros de espesor

2.7.1.1 Descripción

La lámina de acero al carbono fundido se consigue del proceso de calentar previamente los lingotes de acero fundido a una temperatura que permita la deformación del lingote por un proceso de estiramiento y desbaste que se produce en una cadena de cilindros a presión llamado tren de laminación. Estos cilindros van formando el perfil deseado hasta conseguir las medidas que se requieran.



Figura 2.22 Lámina de acero al carbono fundido

Fuente: Internet

2.7.1.2 Especificaciones

- Espesor: 2 (milímetros)
- Peso: 4.8 (kilogramos)
- Ancho: 2 (metros)
- Largo: 1,5 (metros)
- Límite de Fluencia: mínima 2.500 (kilogramos/centímetros²)
- Resistencia a la tracción: 4,080 – 5,610 (kilogramos/centímetros²)
- Elongación: mínima 20%.

2.7.1.3 Usos

El acero laminado se utiliza para la construcción de estructuras metálicas y obras públicas.

2.7.2 Acero agujereado de dos milímetros de espesor

2.7.2.1 Descripción

Las láminas perforadas son láminas metálicas lisas cuya superficie presenta múltiples perforaciones en formas predeterminadas, estas pueden ser redondas, cuadradas, rectangulares, ovaladas, redondeadas y con diseños decorativos.

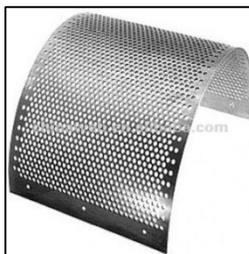


Figura 2.23 Lámina de acero agujereada

Fuente: Internet

2.7.2.2 Especificaciones

- Diámetro de perforación: 1/8 (pulgada) o 3 (milímetros)
- Distancia del centro de agujero al siguiente agujero: 3.5 (milímetros)
- Tipo de perforación: alternada
- Área abierta o libre: 37.6 %
- Espesor: 2 (milímetros)
- Límite de fluencia: mínima 2.500 (kilogramos/centímetros²)
- Resistencia a la tracción: 4.080 - 5.610 (kilogramos/centímetros²)
- Elongación: mínima 20%.

2.7.2.3 Usos

Las láminas perforadas son un material adaptable a todo tipo de estructura, y es favorable para el uso en gran cantidad de aplicaciones como las siguientes:

- Curvaturas arquitectónicas
- Cerramientos
- Divisiones modulares
- Puertas
- Barandas
- Mobiliario urbano
- Piezas de arquitectura
- Escalones y graderíos
- Balcones
- Molinos de martillo
- Filtros de granuladoras
- Ventilación
- Recipientes filtrantes
- Contenedores

- Mobiliario de oficinas
- Fachada de edificios
- Decoración de Interiores

2.7.2.4 Ventajas

- Permite el libre paso del aire, requisito ideal en múltiples aplicaciones.
- Reduce el peso por área, facilitando su instalación.
- Perforaciones exactas y uniformes que dan vista y armonía, funcionalidad y belleza.
- La superficie perforada se conserva tersa y fácilmente limpia.

2.7.3 Platinas de $\frac{1}{2}$ X $\frac{1}{8}$ de pulgada

2.7.3.1 Descripción

Es un producto de acero que ha sido laminado en caliente en sus cuatro superficies, con una sección transversal rectangular



Figura 2.24 Platinas de acero

Fuente: Internet

2.7.3.2 Especificaciones

- Espesor: 1/8 (pulgada) o 3 (milímetros)
- Anchura: ½ (pulgada)
- Largura: 3 (metros)
- Peso: 0.32 (kilogramos)
- Límite de fluencia mínimo: 2,530 (kilogramos/centímetros²)
- Resistencia a la Tracción: 4,080 - 5,620 (kilogramos/centímetros²)
- Alargamiento: 15.0% mínimo
- Doblado a 180°: bueno
- Soldabilidad: buena

2.7.3.3 Usos

Entre sus usos está la fabricación de estructuras metálicas, puertas, ventanas, rejas, piezas forjadas, en el área del agro y la construcción, y variados fines estructurales.

2.7.4 Lijas

2.7.4.1 Descripción

El papel de lija o simplemente lija, consiste en un soporte de papel sobre el cual se adhiere algún material abrasivo, como polvo de vidrio o esmeril. La lija es uno de los materiales básicos y más utilizados para el proceso de reparación y en el área de la pintura y del masillado, se define como un material que incorpora un abrasivo duro, capaz de arrancar mecánicamente parte del material sobre el que se aplica, la condición necesaria para que se produzca este arranque mecánico es que la dureza del abrasivo de la lija sea superior a la dureza del material sobre la que se aplica, que Se usa para quitar pequeños fragmentos de material de las superficies para dejar sus caras lisas, como en el

caso del proceso de masillado a modo de preparación para pintar. Según el número de grano, podemos hacer la siguiente clasificación de las hojas de lija:

- Grano de 40 a 50: muy gruesa
- Grano de 60 a 80: gruesa
- Grano de 100 a 120: media
- Grano de 150 a 180: fina
- Grano de 240 a 400: muy fina



Figura 2.25 Papel de lija

Fuente: Internet

2.7.4.2 Especificaciones de la lija número 80

- Material abrasivo de carburo de silicio
- Grano número 80
- Son lijas semi-gruesas, y que solo se usarán para la primera mano de lijada.
- Alta potencia de arranque de virutas
- Especial para el tratamiento de pinturas, esmaltes de todo tipo y masilla

2.7.4.3 Especificaciones de la lija número 240

- Material abrasivo de óxido de aluminio o diamante

- Grano número 240
- Son lijas finas que se usan para lijar después de masillar, y así dejar la superficie suave.

2.7.5 Fondo automotriz gris

2.7.5.1 Descripción

También conocido como base fondo universal gris, es un producto en un solo componente con tecnología de altos sólidos, fácil de aplicar y lijar, de alto poder de relleno, rápido secamiento, buen poder anticorrosivo, gran adherencia, resistente al cuarteo y al rechupe, no sangra ni produce mapas, adherencia y alto poder de cubrimiento (rendimiento en el acabado). Además permite visualizar fácilmente los defectos de preparación de superficie.

2.7.5.2 Especificaciones

- Acabado: semimate
- Sólidos por volumen: 48%
- Tiempo de secamiento a 25°C y humedad relativa al 60% para segundas manos a masillar: 5 minutos mínimo
- Tiempo de secamiento a 25°C y humedad relativa al 60% para lijar o aplicar pintura de acabado: 2 horas
- Gravedad específica a 25°C: 1.19
- Espesor recomendado: 2 a 3 manos
- Método de aplicación: pistola
- Dilución para la aplicación por volumen: 1 a 2 (base fondo/thinner)

2.7.5.3 Preparación de superficie

La superficie debe estar completamente limpia, seca y libre de partículas sueltas, suciedad, grasa, aceite y óxido; y para la limpieza se utiliza thinner.

2.7.5.4 Aplicación

Para aplicar la Base fondo automotriz gris, se revuelve muy bien con una espátula limpia. Se diluyen 1 parte de la base con dos partes de Thinner. Se aplican dos o tres manos dejando secar 5 minutos mínimo, entre manos y dos horas, para lijar en húmedo con papel de lija número 600 o en seco con papel de lija entre 320 a 400. Finalmente, se limpia y seca bien para aplicar el acabado final. Se recomienda una presión de aire de 30 a 40 libras por pulgada cuadrada y utilizar papel de lija número 600 para esmaltes de colores planos y número 800 para esmaltes metalizados o perlados.

En el secamiento es posible utilizar equipos infrarrojos de onda corta por 10 a 20 minutos o de onda larga por 30 minutos.

2.7.5.5 Precauciones

Evite todo contacto con la piel o los ojos y la inhalación de los vapores usando equipos apropiados de seguridad. En caso de contacto con la piel, lavarse con agua y jabón; y si el contacto es con los ojos, lavarse con abundante agua buscar atención médica de inmediato. Aplique y almacene en un lugar con buena ventilación y alejado de toda fuente de calor. Cuando no se esté utilizando mantener el producto bien tapado en el envase para evitar su contaminación. Mantener fuera del alcance de los niños.

2.7.5.6 Usos

Como base, fondo universal de cualquiera de los sistemas de repintado de vehículos para garantizar la adherencia, facilitar el cubrimiento y permitir extraordinarios acabados en los colores planos, metalizados y perlados.

2.7.6 Thinner

2.7.6.1 Descripción

El diluyente o thinner en inglés es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver o diluir sustancias como la pintura, los aceites y las grasas. Los principales componentes del diluyente son los siguientes:

- Tolueno 5 - 50 %
- Alcohol metílico 15 - 50 %
- Cetonas 5 - 40 %
- Hexano 5 - 30 %
- Alcoholes 5 - 40 %
- Xileno 5 - 20 %
- Ésteres 3 - 50 %



Figura 2.26 Thinner

Fuente: Internet

2.7.6.2 Especificaciones

- Estado de agregación: Líquido.
- Apariencia: incoloro
- Temperatura de auto ignición: 480 °C
- Punto de ebullición: 56 - 136 °C
- Densidad relativa: 0,77 - 0,83
- Solubilidad: insoluble en agua
- Porcentaje de volatilidad por volumen: 100
- Gravedad: 0,9
- Presión vapor: 9 %

2.7.6.3 Precauciones

- Es un líquido combustible.
- Puede acumular cargas estáticas.
- Debe mantenerse en un sitio ventilado, lejos de fuentes de ignición. Nadie debe fumar cerca de donde se almacena. Es obligatorio evitar la acumulación de cargas electrostáticas.
- No deben respirarse los vapores.

2.8 SOLDADURA

La soldadura es un proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico nuevo cuya temperatura de fusión es inferior a la de las piezas que han de soldarse, y dando así continuidad a los elementos unidos. Los efectos de la soldadura resultan determinantes para la utilidad del material soldado. El metal de aportación y las consecuencias derivadas del suministro de calor pueden afectar a las propiedades de la pieza soldada por lo que deben evitarse porosidades y grietas añadiendo elementos

de aleación al metal de aportación, y sujetando firmemente las piezas que se quieren soldar para evitar deformaciones. También puede suceder que la zona afectada por el calor quede dura y quebradiza. Para evitar estos efectos indeseables, a veces se realizan precalentamientos o tratamientos térmicos posteriores. Por otra parte, el calor de la soldadura causa distorsiones que pueden reducirse al mínimo eligiendo de modo adecuado los elementos de sujeción y estudiando previamente la secuencia de la soldadura.

2.8.1 Tipos de soldadura

1. Soldadura ordinaria o de aleación
2. Soldadura por fusión
 - 2.1 Soldadura por gas
 - 2.2 Soldadura por arco
 - 2.3 Soldadura por arco con electrodo recubierto
 - 2.4 Soldadura por arco con protección gaseosa
 - 2.5 Soldadura por arco con fundente en polvo
 - 2.6 Soldadura aluminotérmica
3. Soldadura por presión
 - 3.1 Soldadura por resistencia

2.8.2 Suelda TIG, la soldadura de la Industria Aeronáutica

La suelda TIG, término que viene del inglés “tungsten inert gas” o soldadura GTAW del inglés “gas tungsten arc welding”, es un sistema de soldadura por arco con protección gaseosa que utiliza el intenso calor de un arco eléctrico generado entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar, donde puede o no utilizarse metal de aporte. La antorcha asegura al electrodo de tungsteno que conduce la corriente, el que está rodeado por una boquilla de cerámica que hace fluir concéntricamente el gas protector. Normalmente la

antorcha se refrigera por aire y para intensidades de corriente superiores a 200 amperios se utiliza refrigeración por agua, para evitar el recalentamiento del mango.

En esta clase de soldadura se utiliza gas de protección que suele ser argón o helio, cuyo objetivo es desplazar el aire para eliminar la posibilidad de contaminación de la soldadura por el oxígeno y nitrógeno presente en la atmósfera. La característica más importante que ofrece este sistema es entregar alta calidad de soldadura en todos los metales, incluyendo aquellos difíciles de soldar, como también para soldar metales de espesores delgados y para depositar cordones de raíz en unión de cañerías muy conveniente para la industria aeronáutica.

Hoy en día se está generalizando el uso de la soldadura TIG sobre todo en aceros inoxidable y especiales ya que a pesar del mayor coste de ésta soldadura, debido al acabado obtenido actualmente las exigencias tecnológicas en cuanto a calidad y confiabilidad de las uniones soldadas obligan a adoptar nuevos sistemas, destacándose este tipo de suelda.

Las soldaduras hechas con sistema TIG son más fuertes, más resistentes a la corrosión y más dúctiles que las realizadas con electrodos convencionales. Cuando se necesita alta calidad y mayores requerimientos de terminación, es necesario utilizar el sistema TIG para lograr soldaduras homogéneas, de buena apariencia y con un acabado completamente liso.

2.8.2.1 Características

- No se requiere material fundente⁵ y no hay necesidad de limpieza posterior en la soldadura.

⁵Es un producto químico que se suele suministrar en forma de polvo, pasta o líquido, usado en proceso de soldar y en la fabricación de placas y otros componentes electrónicos. Sirve para aislar del contacto del aire, disolver y eliminar los óxidos que pueden formarse consiguiendo que el metal de aportación pueda fluir y se distribuya en la unión.

- No hay salpicadura, chispas ni emanaciones gracias a que no circula metal de aporte a través del arco.
- Brinda soldaduras de alta calidad en todas las posiciones, sin distorsión.
- Al igual que todos los sistemas de soldadura con protección gaseosa, el área de soldadura es claramente visible.
- El sistema puede ser automatizado, controlando mecánicamente la pistola y/o el metal de aporte.

2.8.2.2 Equipo

- Fuente de poder
- Máscara de protección
- Unidad de alta frecuencia
- Antorcha
- Suministro gas de protección
- Suministro agua de enfriamiento.

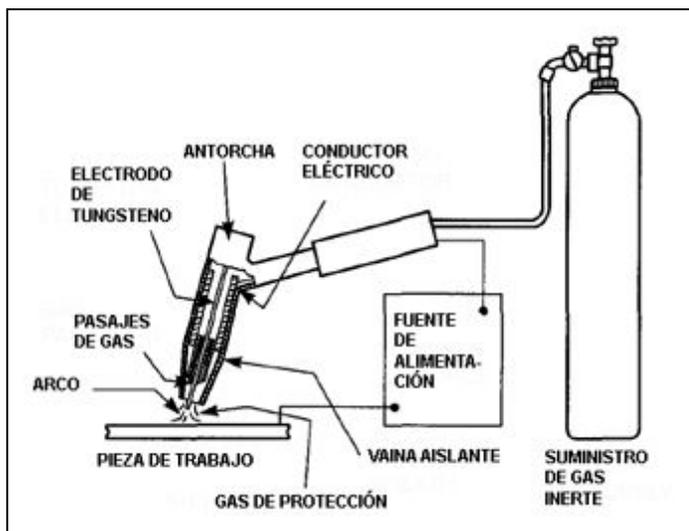


Figura 2.27 Elementos de una solda TIG

Fuente: Internet

2.8.2.3 Ventajas de la soldadura TIG

- El proceso puede ser mecanizado o robotizado.
- Facilita la soldadura en lugares de difícil acceso.
- Ofrece alta calidad y precisión.
- Óptimas resistencias mecánicas del área soldada.
- Poca generación de humo.
- Soldaduras claras, brillantes y con óptimo acabado, sin usar flujo de limpieza, prescindiendo de acabado final y reduciendo costos de fabricación.
- Soldadura en todas las posiciones.
- Versatilidad, pues suelda prácticamente todos los metales industrialmente utilizados.

2.8.3 Ventajas y limitaciones del proceso de soldadura

Dentro de las ventajas y desventajas en el proceso de soldadura como método de conexión se puede listar las siguientes:

2.8.3.1 Ventajas

- Bajo cargas estáticas no inducen concentraciones de esfuerzo importantes y pueden por tanto reemplazar a los remaches con bajo nivel de ruido.
- Es un método de unión económicamente ventajoso para producción de volúmenes pequeños.
- Puede requerir procesos mecánicos más simples que otros métodos de unión como las roscadas o remachadas en determinados espesores, especialmente en los más bajos.
- Es un proceso flexible en que la maquina utilizada se puede adaptar fácilmente a cambios en el diseño con bajo costo herramental.

2.8.3.2 Limitaciones

- Limitado desempeño a cargas dinámicas que implica la realización de tratamientos mecánicos y térmicos para mejorarlo.
- Emisión de radiaciones y calor que pueden afectar la salud de los operarios.
- Elevada dificultad para la separación.
- Requiere de personal de adecuada calificación para su realización.
- Introduce concentración de esfuerzos y tensiones residuales.
- Introduce deformaciones no deseables.
- Puede requerir técnicas de inspección o ensayo especiales para garantizar la eficiencia de la junta y controlar los defectos que pueden ser focos potenciales para el crecimiento de fisuras, especialmente en carga dinámica o estática bajo determinadas condiciones de temperatura o químicas.
- Su diseño puede implicar la aplicación de modelos de mecánica de la fractura.

2.8.4 Protección personal

En forma general y sea para cualquier tipo de soldadura, se debe contar con los siguientes implementos de protección personal:

- Máscara de soldar, protege los ojos, cara, cuello y debe estar provista de filtros inactínicos de acuerdo al proceso e intensidades de corriente empleadas.
- Un casco soldador o escudo de mano, es necesario para toda soldadura por arco.
- Guantes de cuero, tipo mosquetero con costura interna, para proteger las manos y muñecas.
- Overol o delantal de cuero, para protegerse de salpicaduras y exposición a rayos ultravioletas del arco.

- Polainas, cuando es necesario hacer soldadura en posiciones verticales y sobre cabezal deben usarse estos implementos, para evitar las severas quemaduras que puedan ocasionar las salpicaduras del metal fundido.
- Zapatos de seguridad, que cubran los tobillos para evitar la incursión de salpicaduras.
- Gorro, protege el cabello y el cuero cabelludo.



Figura 2.28 Elementos de protección personal para soldadura

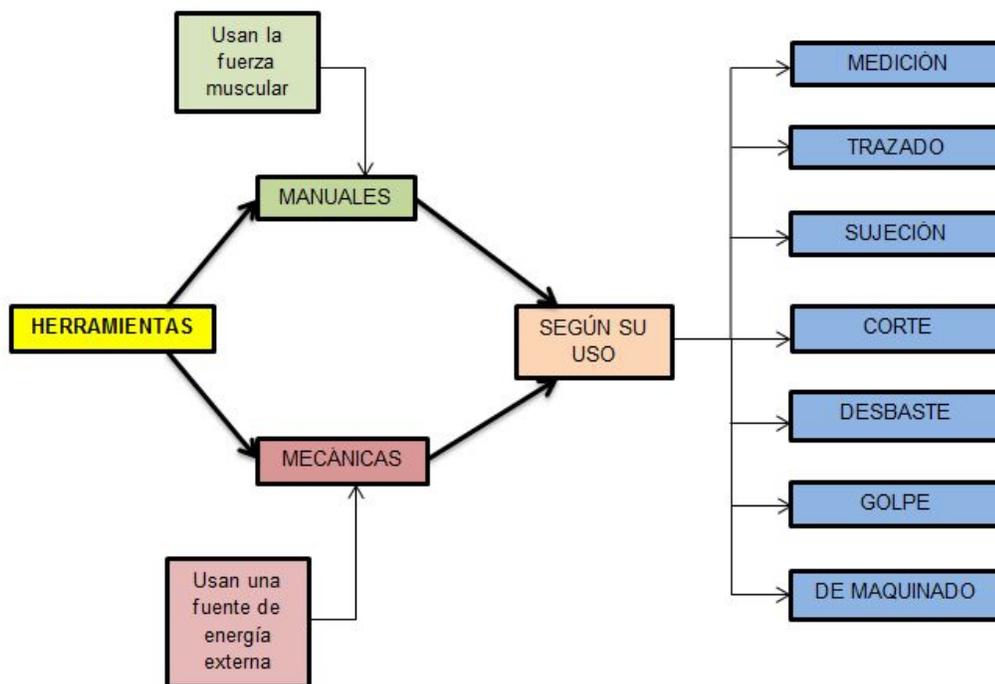
Fuente: Internet

2.9 HERRAMIENTAS

Las herramientas son objetos elaborados a fin de facilitar la realización de una actividad cualquiera sea esta. En sí el término herramienta se emplea para referirse a utensilios útiles para realizar trabajos mecánicos que requieren la aplicación de una cierta fuerza física.

2.9.1 Clasificación de las herramientas

Las herramientas se dividen en dos grandes grupos, que se muestran en el cuadro 1.



Cuadro 2.1 Clasificación de las herramientas

2.9.2 Prácticas de seguridad

Las prácticas de seguridad están asociadas siempre al correcto o buen uso de las herramientas, entre algunas están:

- Seleccionar siempre la herramienta correcta para el trabajo a realizar.
- Mantener las herramientas en buen estado.
- Usar correctamente las herramientas.
- Evitar un entorno que dificulte su uso correcto.
- Guardar las herramientas en un lugar seguro y que se pueda monitorear.
- Asignar de manera personalizada las herramientas siempre que sea posible.
- Recibir una capacitación adecuada en el correcto uso de cada herramienta o equipo a emplear en su trabajo, previo a su uso.

- No utilizar las herramientas o equipos para otros fines en el trabajo, ni sobrepasar o violar las indicaciones para las que técnicamente han sido concebidas o diseñadas.
- Utilizar oportunamente la herramienta o equipo adecuado para cada tipo de operación.
- No trabajar con herramientas ya sean interruptores, botones, partes o equipos defectuosos.
- Se debería separar para su mantenimiento o de ser el caso deben ser dadas de baja.
- Utilizar siempre los elementos auxiliares o accesorios que cada operación exija, para que se cuente con etapas productivas en las mejores condiciones de seguridad.

2.9.3 Riesgos y causas derivados del uso de herramientas

Los accidentes producidos por las herramientas constituyen una parte importante del número total de accidentes de trabajo y, en particular, los de carácter leve, ya que se utilizan en numerosas actividades laborales. Los principales riesgos derivados del uso, transporte y mantenimiento de las herramientas manuales y las causas que los motivan se detallan a continuación.

2.9.3.1 Riesgos

- Golpes y cortes en las manos ocasionados por las herramientas durante el trabajo normal con ellas.
- Lesiones oculares por partículas provenientes de los objetos que se trabajan y/o de la herramienta.
- Golpes en diferentes partes del cuerpo por despido de la herramienta o del material trabajado.

- Dolores o lesiones musculares debidas a sobre-esfuerzos o gestos violentos.

2.9.3.2 Causas

- Abuso de herramientas para realizar cualquier tipo de operación.
- Herramientas defectuosas
- Herramientas de mala calidad o mal diseñadas
- Uso incorrecto de las herramientas.
- Herramientas transportadas de forma peligrosa.
- Herramientas mal conservadas.

2.9.4 Descripción de las herramientas utilizadas durante el proceso de construcción

2.9.4.1 Amoladora

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

Por lo general la amoladora cuenta con 2 tipos de discos para realizar diversas tareas que son: los discos compuestos para material blando que se utilizan para pulido y para sacar brillo sobre metales; y los discos de material abrasivo que se componen de granos gruesos o finos y sirve principalmente para afilar herramientas de corte o también para cortar metales.

2.9.4.1.1 Discos de corte y de desbaste

Los discos de corte son aquellos utilizados para realizar cortes de algún tipo de material según la necesidad del operador. El disco de desbaste se lo utiliza para desbastar el material.



Figura 2.29 La amoladora y sus tipos de discos

Fuente: Internet

2.9.4.1.2 Causas de incidentes

- Uso de disco incorrecto para la tarea.
- Someter el disco a velocidades mayores recomendadas por el fabricante.
- Enchufes o tomas de energía deteriorada o inexistente.
- Montaje incorrecto del disco.
- Fallas de la carcasa protectora.

2.9.4.2 Escuadra metálica

Es una herramienta usada para marcar y medir con un dispositivo de material metálico o de madera, consta de una paleta ancha fabricada de acero o bronce juntada perpendicularmente a un mango fijo o móvil de metal.



Figura 2.30 La escuadra metálica

Fuente: Internet

2.9.4.2.1 Causas de incidentes

- Escuadra quebrada, con fisuras o deteriorada.

2.9.4.3 Flexómetro

Es un instrumento de medición el cual es similar a la cinta métrica, con la particularidad de que está construido por una delgada cinta metálica flexible, dividida en unidades de medición, y que se enrolla dentro de una carcasa metálica o de plástico.



Figura 2.31 El flexómetro

Fuente: Internet

2.9.4.3.1 Causas de incidentes

- Seguro descompuesto del flexómetro.
- Carcasa deteriorada.

2.9.4.4 Limas

Las limas son herramientas manuales diseñadas para conformar objetos sólidos desbastándolos en frío.

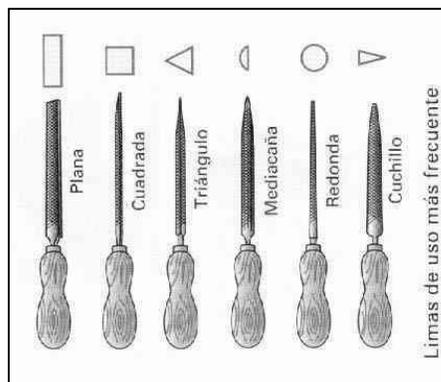


Figura 2.32 Clases de las limas

Fuente: Internet

2.9.4.4.1 Causas de incidentes

- Limas sin mangos.
- Puntas quebradas, desgastadas o engrasadas.
- Usarlas como palanca, martillo, destornillador, etc.
- Golpearlas o limar en forma incorrecta, especialmente en máquinas en movimiento.
- Usarlas para cortar material.

2.9.4.5 Llaves

Existen dos tipos de llaves que son de boca fija y de boca ajustable.

2.9.4.5.1 De boca fija

Son herramientas manuales destinadas a ejercer esfuerzos de torsión al apretar o aflojar pernos, tuercas y tornillos que posean cabezas que correspondan a las bocas de la herramienta.

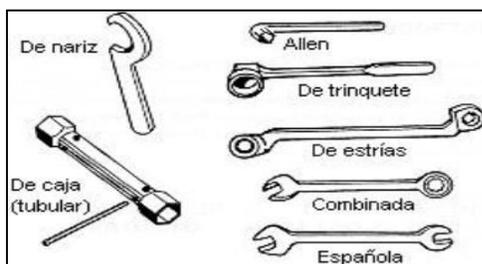


Figura 2.33 Clases de llaves de boca fija

Fuente: Internet

2.9.4.5.2 De boca ajustable

Son herramientas manuales diseñadas para ejercer esfuerzos de torsión, con la particularidad de que pueden variar la abertura de sus quijadas en función del tamaño de la tuerca para apretar o aflojar.

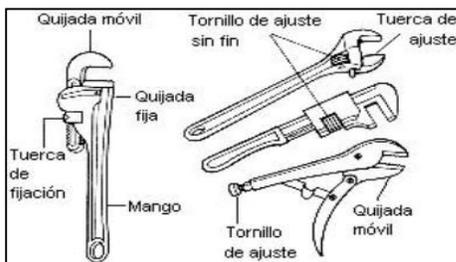


Figura 2.34 Clases de llaves de boca ajustable

Fuente: Internet

2.9.4.5.3 Causas de incidentes

- Bocas o dientes desgastados, deformados o con grietas
- Usarlas como martillo o palanca
- Empujar en lugar de tirar la llave
- Emplear una llave de tipo o tamaño inapropiado

2.9.4.6 Maceta

Es una herramienta de mano que sirve para golpear o percutir.

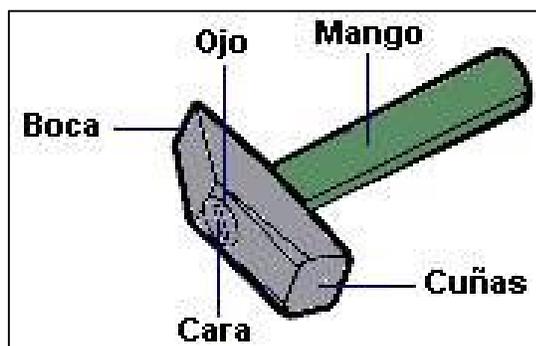


Figura 2.35 Partes de una maceta

Fuente: Internet

2.9.4.6.1 Causas de incidentes

- Mangos sueltos o poco seguros.
- Mangos astillados o ásperos.
- Cabezas saltadas o rotas.
- Emplearlos como palancas o llaves.
- Sujetar el mango cerca de la cabeza.
- Emplear el lado del mango para golpear.

2.9.4.7 Pinzas de presión

La pinza de presión, alicate de presión o pinza grip es un tipo de alicate que permite sujetar con firmeza una pieza que debe mantenerse perfectamente fija durante el trabajo



Figura 2.36 Clases de pinzas de presión

Fuente: Internet

2.9.4.7.1 Causas de incidentes

- Quijadas desgastadas y mangos en mal estado.
- Herramienta con grasas o aceites.
- Utilizar en lugar de las llaves, martillos, etc.
- Usar para cortar materiales más duros que las quijadas.
- Colocar los dedos entre los mangos.

2.9.4.8 Baroladora o roladora de láminas

Es una máquina donde se puede dar la forma curva o más bien tubular a una lámina o placa. La baroladora consta de tres cilindros que tienen movimiento circular, dos en la parte baja y uno en la superior el cual se mueve hacia arriba y hacia abajo para darle ajuste al rolado.



Figura 2.37 La baroladora de láminas

Fuente: Internet

2.9.4.8.1 Causas de incidentes

- Falta de conocimiento del uso de la máquina.
- Rebabas o cortes en la lámina a ser rolada.
- Baroladora en mal estado o descompuesta.

2.9.4.9 Sierras

La hoja de la sierra es una cinta de acero de alta calidad, templado y revenido en el que uno de sus bordes es dentado, y que tiene un orificio en cada extremo para sujetarla en el pasador del bastidor.

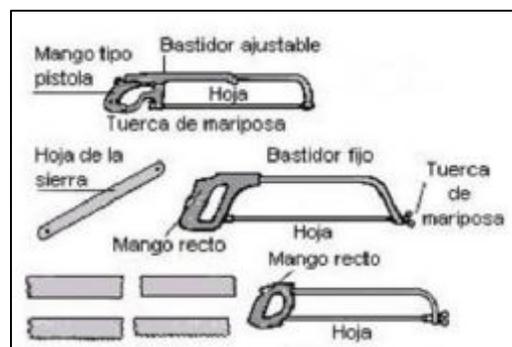


Figura 2.38 Partes y tipos de sierras

Fuente: Internet

2.9.4.9.1 Causas de incidentes

- Hojas mal colocadas o torcidas
- Mangos sueltos, partidos o ásperos.
- Dientes desafilados o maltratados.
- Cortar con demasiada velocidad.
- Trabajar con una sola parte de la hoja.

2.9.4.10 Taladro

Es una máquina o herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros de los componentes en los talleres mecánicos, se destaca por la sencillez de su manejo.



Figura 2.39 Clases de taladros

Fuente: Internet

2.9.4.10.1 Causas de incidentes

- Usar brocas de tipo inadecuado para la tarea.
- Brocas mal afiladas.
- Aumentar el diámetro de la perforación inclinando la herramienta.
- Carcasa metálica mal aislada.
- No contar con la cantidad y el tipo de brocas necesarias.

2.9.4.11 Tijera

Es una herramienta manual que sirve para cortar, está formada por dos cuchillas de acero que giran sobre un eje común respecto al cual se sitúan los filos de corte a un lado y el mango en el lado opuesto.

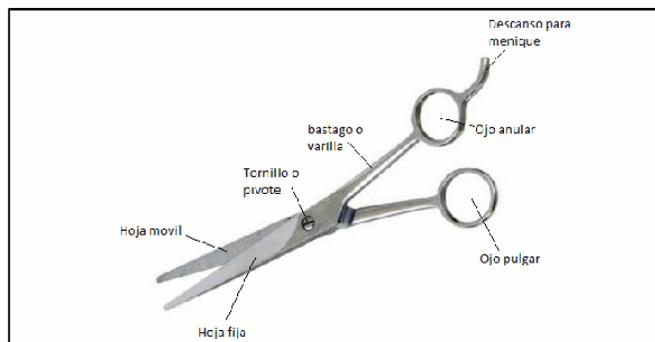


Figura 2.40 Partes de una tijera

Fuente: Internet

2.9.4.11.1 Causas de incidentes

- Hojas desafiladas.
- Mangos rotos o agrietados.
- Usarlas para golpear.
- Tratar de cortar láminas muy gruesas.
- Usarlas como punzón.

2.10 MASILLA POLYFILL

Es una masilla poliéster de poro cerrado de excelente desempeño caracterizado por su gran capacidad de relleno, excelente adherencia, fácil de lijar y rápido secamiento. Está diseñada especialmente para ser usada en talleres para rellenar hendiduras y otras irregularidades en superficies metálicas en general.

Esta masilla con base poliéster es la más amplia y utilizada actualmente en el mercado, es un material que consta de dos componentes: la resina y el endurecedor, los cuales han de mezclarse en la proporción adecuada previa a su aplicación. La resina principal de este tipo de masilla es el poliéster mezclado con estireno, el cual permite ajustar la viscosidad de la masilla.



Figura 2.41 Masilla polyfill

Fuente: Internet

El endurecedor es peróxido de dibenzoilo, siendo necesaria una pequeña proporción que va de un 3% a un 5% de este producto para que endurezca y solidifique la masilla.

La masilla en sí es un material de relleno que se utiliza para dotar a la superficie de una correcta y perfecta planitud, así como para rellenar concavidades, cráteres, grietas, fisuras, abolladuras e imperfecciones que pueda contener la superficie. La masilla es un compuesto cuya única función es rellenar y reparar, la cual tras su posterior lijado se consiga una superficie plana y estéticamente correcta, la masilla no tiene ninguna función protectora o específica que mejore las propiedades de la superficie aplicada, su única función es nivelar y restaurar pequeñas superficies.

2.10.1 Características

Esta masilla dispone de las principales características que se detalla a continuación.

2.10.1.1 Adherencia

Tiene una excelente adherencia sobre metales, plásticos, capas de pintura y superficies sobre las cuales se procederá a enmasillar.

2.10.1.2 Poder de relleno

Tiene un elevado poder de relleno puesto que su principal función es la de rellenar y reparar.

2.10.1.3 Elasticidad

Es capaz de soportar vibraciones o cargas dinámicas sobre el material a enmasillar así como cambios bruscos de temperatura, evitando que se agriete o se desprege de las posteriores capas de pintura.

2.10.1.4 Fácil lijado

Durante el proceso de lijado, esta masilla permite conseguir la planitud deseada, así como la adherencia para los siguientes procesos de pintura.

2.10.1.5 Baja porosidad

Esta masilla una vez seca no produce poros en la superficie.

2.10.1.6 Resistencia

Posee resistencia tanto mecánica como química frente agentes externos como golpes, desengrasantes, etc.

2.10.2 Especificaciones

- Color: ocre
- Sólidos en peso: 86.64 +/- 1.0 %
- Sólidos en volumen: 72.2 +/- 1.0 %
- Densidad: 1.896 g/cm³ +/- 0.05
- Consistencia: 4.9 - 5.5 cm
- Secamiento: para lijar de 15 a 20 minutos en condiciones normales (18°C y 50% de humedad relativa) iniciando con lija N° 80 y finalizando con lija N° 360.

2.10.3 Ventajas

- Rápido secamiento
- Fácil de lijar
- Excelente adherencia
- Gran capacidad de relleno
- Película de poro cerrado

2.10.4 Aplicación

Mezclar el producto con espátula, tomar la cantidad de masilla requerida para reparar el área dañada y mezcle con el endurecedor. Utilizar 25 gramos de endurecedor por cada 2 kilogramos de masilla.

Una vez homogeneizada la mezcla aplicarla inmediatamente, el tiempo de vida útil de la mezcla es de aproximadamente 6 minutos en condiciones normales (18 a 22 °C y 50 % de humedad relativa).



Figura 2.42 Mezcla de masilla y endurecedor

Fuente: Internet

2.10.5 El Método del masillado

El proceso de masillado puede dividirse en dos partes como son la colocación de la masilla y el acabado

2.10.5.1 Colocación de la masilla

El primer paso consiste en tapar completamente la sección que se desea masillar, siempre de la manera más prolija posible, esto es fundamental para no tener que repetir el masillado en varias sesiones distintas pero si la zona a masillar es demasiado grande, tendremos que ir colocando la masilla en varias capas para impedir que se quiebre al secar. Es también importante dejar secar la masilla bien, ya que al apresurarse se puede arruinar por completo esta primera sesión. Los tiempos de secado son variables según la masilla y las condiciones climatológicas, sin embargo para acelerar el tiempo de secado podemos poner el modelo debajo de una lámpara, a una distancia de entre 30 y

40 cm y luego de aproximadamente 4 horas podremos comenzar a lijar. Las lijas que comúnmente se usarán en esta etapa serán de grano 80. En esta etapa nos concentraremos en lijar para sacar el excedente de masilla, sin tomar en cuenta que quede prolijo.

2.10.5.2 Acabado

En este segundo paso se corregirán los defectos de la sesión anterior, quizás haya que repetir este paso más de una vez hasta quedar conformes con el acabado. Y si se pretende hacer que la segunda sesión sea la última, habrá sorpresas, porque cada vez el ojo y el tacto se agudizarán más y se volverá más simple visualizar muy pequeñas imperfecciones.

En esta etapa lo principal es completar el masillado en aquellas zonas que hayan quedado con imperfecciones, por lo que se debe aplicar la masilla poco a poco, además de recordar que esta etapa es para afinar los detalles. Una vez bien seca, el excedente de masilla será lijado con una lija de grano 240 humedecida. Aquí el trabajo puede haber terminado, o bien requerir más sesiones. Finalmente para estar seguros que el acabado es perfecto se puede pintar la zona con pintura plateada muy diluida, y mirar a contraluz, ya que las pinturas plateadas muestran los defectos mejor que los tonos mates.

2.10.6 Precauciones

Al tratarse de un producto altamente inflamable, debe usarse con ventilación adecuada y mantenerlo alejado del fuego. Después de usarlo conservar el envase bien cerrado en un lugar fresco y seco.

En caso de contacto con la piel, lave el área afectada con abundante agua, si se ingirió por error busque de inmediato atención médica, y si el contacto es con

los ojos lave inmediatamente con abundante agua y busque atención médica especializada.

2.10.7 Usos

En aviación, especialmente menor, en talleres automotrices, carpintería e industrias de metal y/o mecánicas en general, donde se utiliza para rellenar hendiduras e irregularidades en trabajos de metal adecuándoles para la aplicación de acabados posteriores.

2.11 PINTURA COLOR ALUMINIO SINTÉTICO

Es una pintura de aluminio formulada a base de resinas sintéticas modificadas y pastas de aluminio de alta calidad que lo hacen una pintura altamente resistente a la intemperie y a temperaturas medias. Presenta un alto poder de opacidad⁶ y es libre de plomo y mercurio.

La pintura se define como un material de recubrimiento en estado líquido o sólido, el cual una vez extendido sobre una superficie se adhiere y se endurece formando una película que protege, decora o añade alguna función específica a la superficie sobre la cual se ha depositado.

Esta clase de pintura es formulada a base de resinas sintéticas modificadas y pastas de aluminio de alta calidad que lo hacen altamente resistente a la intemperie y a temperaturas medias, además de ser libre de plomo y mercurio. Básicamente la pintura cumple dos funciones:

- Protección frente la oxidación, corrosión y degradación del material.
- Decoración y embellecimiento del material y de la superficie.

⁶Falta de transparencia para dejar pasar la luz que tiene un cuerpo.

2.11.1 Componentes

Está compuesta de diferentes sustancias químicas, naturales o artificiales, las cuales se puede clasificar en los siguientes compuestos básicos:

2.11.1.1 Resinas

Se trata del polímero base de la pintura y por ende es el elemento básico, pues sin la resina no existiría la pintura.

2.11.1.2 Pigmentos

Son materiales sólidos que aportan el tono y el color de la pintura así como otras propiedades como anticorrosión, luminiscencia, etc.

2.11.1.3 Cargas

Es el conjunto de materiales y compuestos químicos que aportan y mejoran las propiedades mecánicas, químicas y físicas de la pintura.

2.11.1.4 Aditivos

Son productos químicos que se añaden en pequeñas cantidades y que tienen por objeto alguna función específica de la pintura como agentes de mojado, promotores de formación del film, agentes niveladores, etc.

2.11.1.5 Disolventes

Son los productos químicos que hacen a la pintura un material líquido y fluido con una viscosidad determinada.

2.11.1.6 Diluyentes

Son los productos químicos que permiten variar la viscosidad de la pintura en función de las condiciones y medios de aplicación. La principal diferencia con los disolventes es que los diluyentes no disuelven a la pintura.

2.11.1.7 Endurecedores

Son compuestos químicos que reaccionan con la resina, produciendo la formación del polímero y por ende el curado o solidificación de la pintura. El curado o solidificación se produce por la acción de la humedad ambiental, la aplicación de luz ultravioleta, etc.

2.11.1.8 Catalizadores

Son los compuestos químicos que aceleran el proceso de curado de las pinturas, comúnmente conocidos como aceleradores o secantes.

2.11.2 Especificaciones

- Peso/galón: 3.60 kilogramos/galón
- Viscosidad: 55% a 60%
- Brillo: 100%
- Sólidos por peso: 54,5%
- Sólidos por volumen: 43,3%
- Color: metálico brillante
- Rendimiento: para efectos prácticos, el producto rinde de 35 a 40 metros²/galón a una mano.
- El rendimiento puede variar según el método de aplicación, y el espesor de la aplicación.
- Dilución: no requiere.
- Color: aluminio metálico
- Métodos de aplicación: brocha, rodillo y pistola
- Tiempo de secado a 25°C: 3 horas
- Repintado: 18 horas después de la última capa de pintura

2.11.3 Ventajas y limitaciones

Al igual que todos los procesos, la pintura presenta una serie de ventajas y de limitaciones en el que el conocimiento de estos mismos permitirá seleccionar el proceso o método idóneo a la hora de realizar un trabajo.

2.11.3.1 Ventajas

- El proceso de aplicación es relativamente más económico comparado con otros sistemas de protección anticorrosiva
- Existe un amplio catálogo en el mercado, pudiendo seleccionar en una amplia gama de tonos, brillos, efectos, etc., añadiendo una funcionalidad estética no comparable con otros métodos alternativos.
- La pintura es un recubrimiento orgánico por ello actúa como aislante eléctrico.
- Ejerce una acción anticorrosiva, efecto barrera, al aislar la superficie pintada del medio exterior al cual se expone.
- A parte de la acción anticorrosiva, la pintura pueden incorporar otras funcionalidades específicas como propiedades luminiscentes, antibacterianas, antiadherentes, etc.
- Libre de Plomo y Mercurio.

2.11.3.2 Limitaciones

- En aplicaciones manuales donde se requiera un acabado alto de calidad es necesario disponer de pintores formados, calificados y con experiencia.
- Al tratarse de un producto químico, debe tomarse las medidas necesarias para proteger al aplicador o pintor así como al ambiente de los compuestos nocivos y peligrosos de los cuales está fabricada la pintura.

- El proceso de mezclado de los diferentes productos que conforma la pintura como es la resina, catalizadores, endurecedores, diluyentes, que ha de realizarse bajo los parámetros recomendados por el fabricante de pintura.
- Es necesario un control ambiental tanto de la temperatura, humedad, etc. durante la aplicación y curado de las pinturas, así como un mantenimiento correcto de los equipos utilizados como son pistolas, bombas de aplicación, etc., con objeto de evitar posibles defectos.
- Es un proceso que requiere respetar los tiempos de espera establecidos como el tiempo de secado al tacto y tiempo de manipulación.

2.11.4 Usos

La pintura de color aluminio sintético es ampliamente usada en el sector aeronáutico, automovilístico, de la industria en general, de la construcción y edificación y como decorativo en el hogar.

Es recomendable especialmente para la protección exterior de tanques y tuberías de agua, acero estructural, postes, cercas de metal, silos metálicos para granos básicos, puentes y áreas expuestas a la intemperie en general. Protección anticorrosiva de techos galvanizados expuestos a ambientes húmedos o a brisa marina, y se puede utilizar sobre chimeneas de baja temperatura (120 – 200 grados Celsius).

2.11.5 Pistolas de pintura

Es la herramienta fundamental para realizar un trabajo eficiente, eficaz y de calidad, podemos decir que la pistola de pintura es la extensión del brazo del pintor. Existen diversas maneras de aplicar la pintura, la selección del método de aplicación dependerá entre otros factores del:

- Tipo de pintura que se desea aplicar.

- Grado de acabado estético que se desea obtener.
- Tamaño y composición de la superficie a pintar.
- Coste de aplicación/productividad.

2.11.5.1 Métodos de aplicación

Actualmente se dispone de los siguientes métodos de aplicación de pintura:

- Directa, mediante el uso de brochas, pinceles, rodillos.
- Pulverización (aerosoles, pistolas aerográficas, híbridas, airless, electrostáticas pulverizables), entre los métodos de aplicación más usados y extendidos en el área de pintura se encuentra el método de pulverización, debido a la excelente relación coste/calidad que se obtiene mediante el uso de este sistema.
- Electrodeposición, electrodeposición catódica o cataforesis es un proceso de pintado por inmersión, totalmente automatizado y basado en el desplazamiento de partículas cargadas dentro de un campo eléctrico (pintura) hacia el polo de signo opuesto (pieza metálica a pintar). El objetivo principal del tratamiento es la protección de superficies contra la corrosión, campo en el que sus propiedades lo convierten en el tratamiento idóneo para tal finalidad. Este tratamiento permite el pintado de zonas de difícil acceso como son las zonas huecas, tubos, etc.
- Inmersión

2.11.5.2 Tipos de pistolas de pintar

Las pistolas de pintura son las herramientas que se utilizan para pulverizar la pintura, el uso de estas pistolas permite dividir la pintura en unas pequeñas y finas gotas que posteriormente se depositarán sobre la superficie a pintar, obteniendo unas altas tasas de velocidad de deposición así como unos excelentes acabados estéticos. Actualmente en el mercado existen una amplia

gama de pistolas de aplicación de pintura, todas ellas se pueden agrupar atendiendo a la tecnología que se utiliza para pulverizar o atomizar la pintura, así:

- Pistolas aerográficas.
- Pistolas airless o sin aporte de aire.
- Pistolas Mixtas.
- Pistolas Electrostáticas.

2.11.5.3 Técnica de aplicación por pulverización con una pistola de aire

Las pistolas de pintar están diseñadas para usarse con ciertas técnicas de rocío, en la que la calidad del acabado depende de cuán bien se apliquen estas técnicas.

- Ajuste de rocío, el flujo del aire y líquido debe ajustarse para obtener la atomización adecuada y las características de rocío adecuadas.
- Distancia, depende de la anchura deseada de rocío, pero se debería sostener la pistola de 6 a 8 pulgadas del objeto a pintar.
- Recorrido, el recorrido apropiado involucra el mantener la misma distancia, velocidad y mantenerse perpendicular con la superficie. Se recomienda no arquear u ondear la pistola.
- Gatillado, el gatillado correcto de la pistola de pintar es difícil de aprender, y solo se puede lograr por medio de la práctica. Debe empezar su recorrido antes de apretar el gatillo y debe soltar el gatillo antes de terminar el recorrido.
- Traslado, el recorrido deberá ser en pasadas paralelas con cada pincelada apuntando a un 50% de traslapo.

2.11.5.4 Partes de la pistola de aire

1. Anillo retenedor de la boquilla
2. Boquilla de abanico
3. Boquilla de punto
4. Tobera
5. Aguja de fluido
6. Empaque de la aguja
7. Tornillo hexagonal para empaque de la aguja
8. Resorte
9. Tubo de fluido
10. Tornillo regulador de fluido
11. Vaso con refuerzo
12. Empaque del vaso
13. Gatillo
14. Vástago del gatillo
15. Candado sujetador del vástago

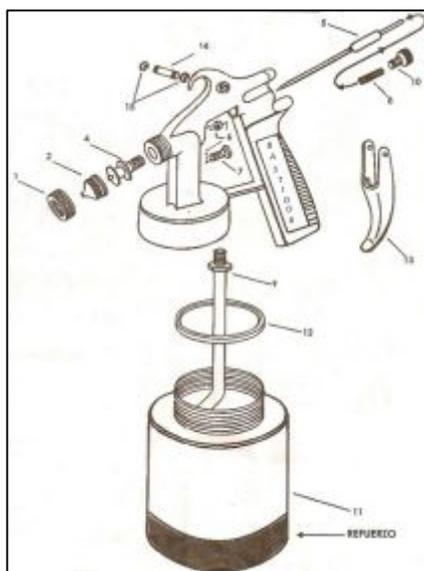


Figura 2.43 Partes de una pistola de aire

Fuente: Internet

2.11.5.5 Medidas de seguridad

Las operaciones de pintura presentan diversos peligros que requieren un control o medidas preventivas pues los vapores generados, particularmente en la pintura por rocío, y los vapores producidos durante la mezcla y aplicación usualmente son muy inflamables como lo son los cúmulos de materiales de revestimiento secos depositados en las paredes, pisos y equipo en las aéreas de pintura.

Por lo que es necesario contar con los siguientes equipos de protección personal, como son:

- Overoles o monos de trabajo desechables
- Guantes
- Protector de cara o gafas
- Respirador o mascarilla

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

CAMPO:	Mecánica aeronáutica
ÁREA:	Motores
ASPECTO:	Construcción e implementación de partes u componentes como material didáctico
TEMA:	Construcción e implementación del Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 de la Unidad de Gestión de Tecnologías
BENEFICIARIOS:	Estudiantado y docentes de la UGT
INSTITUCIÓN EJECUTORA:	Unidad de Gestión de Tecnologías
UBICACIÓN:	Amazonas y Río Topo (Aeropuerto)
COSTO:	\$ 432.98

3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo está basado el trabajo de investigación donde se detalla el proceso desde su inicio hasta el final durante las etapas de construcción e implementación de los componentes faltantes de la sección de escape en beneficio y como material didáctico del motor Pratt & Whitney modelo PT6A-25 ubicado en el talleres de motores de la UGT.

Luego de revisar al motor Pratt & Whitney modelo PT6A-25 que se encuentra en el taller de motores de la UGT, fue claro y a simple vista que no cuenta con muchos de sus componentes como para ser rehabilitado, sin embargo entre sus varias partes inexistentes es fundamental en sí un componente en especial más aún cuando esta parte es la encargada de juntar al motor con la caja de reducción, siendo este componente el Exhaust duct ya que al permanecer el motor separado de su caja de reducción una de otra como se encuentra actualmente a más de dar una mala imagen del motor e impedir un buen desarrollo de prácticas, los demás componentes cercanos a estas secciones están propensos a la pérdida.

Una vez identificado que el Exhaust duct es el componente más necesario y fundamental de entre todas las partes que faltan en el motor PT6A-25 de la UGT, se inició con su investigación a docentes como en manuales percatándose que este componente es la suma de varias partes como son: el Exhaust Duct Case, los Bordos o denominado en inglés Flanges y la Insulation Blanket.

Durante el proceso de investigación centrándose en la falta del Exhaust duct Case gracias a que se tomó como referencia a un motor PT6A-27 nuevo, completo y antes de ser instalado en la aeronave Twin Otter modelo DHC-6 perteneciente al Escuadrón Twin Otter del Ala 11 de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas. Es así que con la ayuda del motor PT6A-27 antes mencionado se logró tomar las respectivas medidas y en base al plano realizado empezar la

construcción del Exhaust duct Case, logrando obtener una mayor y completa visión de sus dimensiones reales, de su estructura y principalmente sobre cómo se va a realizar su construcción con el fin de obtener un Case de escape lo más idéntico que sirva como material didáctico para el motor de la UGT. Así mismo al percatarse de que el motor PT6A-27 tampoco contaba con la Insulation Blanket, su construcción se realizará en base a la forma que se encuentra en el Manual de Mantenimiento del motor PT6A-27, facilitado por el personal de las Fuerzas Armadas de la sección ya descrita.

Con el fin de utilizar y conservar de forma correcta dichos componentes que van a formar parte del motor PT6A-25 perteneciente a la UGT se detallarán además todos los procedimientos para su adecuada utilización y mantenimiento.

El contenido de la realización de la investigación se desarrolla siguiendo un planteamiento por partes, haciéndoles corresponder a cada una de ellas una serie de contenidos como los que se presentan a continuación.

3.2 MATERIALES A UTILIZAR

Tabla 3.1 Materiales a utilizar.

MATERIALES PARA LA ETAPA DE COSTRUCCIÓN			
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE
1	1	EA	Lámina de acero de 1/16" de 2x1.5 mts.
2	1	EA	Lámina de acero agujerado de 1/16" con diámetro en los agujeros de 1/8", de 1 mtr2
3	1	MTR	Platina de acero de 1/2"X1/8"
4	2	MTR2	Manta de aislación térmica
5	2	EA	Discos de corte para amoladora eléctrica
6	10	EA	Discos de corte para amoladora neumática
7	1	EA	Disco de desbaste para amoladora neumática
8	5	EA	Brocas N°.10
9	2	EA	Brocas N°.20
10	2	KG	Masilla polyfill
11	1/2	LTR	Fondo automotriz gris
12	1/2	LTR	Pintura color aluminio sintético
13	1/2	GAL	Thinner
14	5	EA	Lijas N°.80
15	5	EA	Lijas N°.240
16	1	EA	Tubo de silicona color aluminio
17	1	EA	Rollo de cinta de aluminio
MATERIALES PARA LA ETAPA DE COSTRUCCIÓN			
18	40	EA	Pernos hexagonales de acero inoxidable 5x16 mm
19	70	EA	Pernos hexagonales de acero inoxidable 5x20 mm
20	110	EA	Tuercas hexagonales de paso normal de acero inoxidable 5x0.80 mm
21	40	EA	Arandelas de presión de acero inoxidable 5 mm

Tabla 3.2 Especificaciones técnicas de los pernos de acero inoxidable A2 (AISI 304)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS PERNOS DE ACERO INOXIDABLE A2-70 (AISI 304)		
Cualidades	Pernos de 5x16 mm	Pernos de 5x20 mm
Nomenclatura técnica	Acero inoxidable A2-70 (AISI 304)	Acero inoxidable A2-70 (AISI 304)
% Carbón	0.08 %	0.08 %
% Manganeso	2 %	2 %
% Silicio	1 %	1 %
% Fósforo	0.5 %	0.5 %
% Azufre	0.03 %	0.03 %
% Cromo	17-20 %	17-20 %
% Níquel	8-13 %	8-13 %
Resistencia a la tracción mínima	700 N/mm ²	700 N/mm ²
Tensión de fluencia mínima	40.000 PSI	40.000 PSI
Peso que soporta cada perno (Carga)	5 lb	5 lb
Hilos/Pulgada (Paso)	19 hilos	29 hilos
Número de pernos mínimo de instalación	25 pernos (de acuerdo al peso de la caja de reducción = 125 lb)	30 pernos (de acuerdo al peso de la caja de reducción sumado el case de escape = 150 lb)

3.3 CONSTRUCCIÓN

3.3.1 Consideraciones generales

Para el desarrollo de esta investigación basado en la construcción e implementación del Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la UGT es necesario mencionar y tener muy en claro que el componente aeronáutico a construir está enfocado como material didáctico a fin de facilitar un buen desarrollo de prácticas en los estudiantes y docentes de la carrera mecánica aeronáutica mención motores, que servirá para juntar al motor con la caja de reducción, evitar la pérdida progresiva de componentes cercanos a las secciones involucradas y dar una buena imagen del motor tal como se merece la Institución.

3.3.2 Estudio de alternativas para la construcción del case de la sección de escape para el motor PT6A-25

A continuación se busca resumir las propuestas y las consideraciones más relevantes de los procesos de construcción e implementación, para llevar a cabo la construcción del Case de la sección de escape junto con la Insulation blanket del motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la UGT.

3.3.2.1 Identificación de las propuestas

Las alternativas expuestas para la construcción del Case de la sección de escape junto con su Insulation blanket del motor PT6A-25 son las siguientes:

3.3.2.1.1 Primera alternativa

En la primera alternativa se menciona la construcción del Case de la sección de escape del motor PT6A-25 utilizando una lámina de acero al carbono

fundido, y para su Insulation blanket se utilizará una lámina de acero al carbono fundido agujereado.

3.3.2.1.2 Segunda alternativa

En la segunda alternativa se menciona la construcción del Case de la sección de escape del motor PT6A-25, utilizando una lámina de aleación de níquel, y para la Insulation Blanket se utilizará una cubierta de aislamiento térmico de acero; materiales propios de estos componentes tal como se menciona en el Manual de Mantenimiento del motor PT6A-27.

3.3.2.2 Análisis de factibilidad

En esta parte se analiza las ventajas y desventajas existentes de cada una de las alternativas expuestas para así poder determinar la más idónea y analizar los requerimientos técnicos de la misma, con la finalidad de construir el Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation Blanket.

3.3.2.2.1 Primera alternativa

Construcción del Case de la sección de escape del motor PT6A-25 utilizando para una lámina de acero al carbono fundido, y para la Insulation blanket se utilizará una lámina de acero al carbono fundido agujereado.

Ventajas:

De las láminas de acero al carbono fundido

- Una de las ventajas que tiene el acero es que tiene excelente templabilidad y resistencia, además posee muy buena ductilidad y tenacidad.

- El acero es usado para componentes que exijan altísima tenacidad, combinada con buena resistencia al desgaste y buenas características de corte.
- El acero es resistente al impacto, a la abrasión, a choques térmicos.
- El acero es el material más utilizado en la construcción de componentes, equipos, partes y demás.
- El gran éxito del acero se basa en las relativas ventajas que presentan en cuanto a su resistencia a distintos esfuerzos
- Uno de los factores más influyente es su relativamente bajo costo en comparación con materiales que puedan tener mejores propiedades o no.

De las láminas de acero agujereado

- Son láminas de acero por lo que es un material adaptable a todo tipo de estructura.
- Permite el libre paso del aire, requisito ideal en múltiples aplicaciones.
- Reduce el peso por área, facilitando su instalación.
- Perforaciones exactas y uniformes que dan vista y armonía, funcionalidad y belleza.
- La superficie perforada se conserva tersa y fácilmente limpia.
- Al ser de acero se caracteriza por su resistencia a distintos esfuerzos
- Su costo es relativamente muy bajo en comparación con la cubierta de aislación térmica de acero propia del motor.

Limitaciones:

- Tanto las láminas de acero al carbono fundido como las láminas de acero al carbono fundido agujereado no son los materiales con los que está construido el Case de la sección de escape y la Insulation Blanket.

- La mayor parte de los aceros son susceptibles a la corrosión al estar expuestos al agua y al aire y, por consiguiente, deben pintarse periódicamente para crear una capa que los proteja.

3.3.2.2.2 Segunda alternativa

Construcción del Case de la sección de escape del motor PT6A-25, utilizando una lámina de aleación de níquel, y para la Insulation Blanket se utilizará una cubierta de aislamiento térmico de acero; materiales propios de estos componentes tal como se mencionan en el Manual de Mantenimiento del motor PT6A-27.

Ventajas:

De las láminas de aleación de níquel

- Es el material propio del cual está construido el Case de la sección de escape
- Es muy resistente al desgaste e inalterable en aire húmedo, agua de mar y compuestos químicos
- Se emplea para fabricar instrumentos quirúrgicos, de laboratorio, para baterías y recubrimientos protectores
- Ofrece una excepcional resistencia a la corrosión y a la oxidación a elevada temperatura
- Es altamente maleable

De la cubierta de aislamiento térmico de acero

- Es el material propio del cual está fabricado la Insulation blanket
- Minimiza significativamente la transferencia de calor

Limitaciones:

- La vida útil de las láminas de aleación de níquel es limitado debido al producto químico utilizado en este material.
- El coste del tratamiento de residuos de la lámina de aleación de níquel es alto debido a la rápida renovación química.
- El elevado precio de las láminas de aleación de níquel limita su uso.
- Las cubiertas de aislamiento térmico de acero no se encuentran en el mercado ecuatoriano, además de su elevado costo que presenta en el exterior en el que se ofertan únicamente por la compra en grandes cantidades.

3.3.2.3 Aspecto técnico

3.3.2.3.1 Parámetros de evaluación

Para evaluar cada una de las alternativas, se asignó un valor X_i a los parámetros de selección considerando los más importantes que permitirán elegir la mejor alternativa.

La asignación de los valores X_i dependerá del parámetro en el que su valor de ponderación estará entre:

$$0 - X_i - 1$$

Dónde: 0 corresponde al valor mínimo;

X_i es el valor asignado, y;

1 es el valor máximo

En función de las ventajas y limitaciones que presentan las alternativas, a continuación se evaluarán varios parámetros, y la alternativa que obtenga el

puntaje más alto en la calificación efectuada, al final será seleccionada para utilizar en la construcción de esta tesis. Estas alternativas tendrán una calificación comprendida entre cero y uno. A continuación se especifica cada uno de los parámetros:

- **Funcionabilidad.**- Habla acerca de las características del Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket, y que las mismas cumplan con los fines para lo que fueron construidas. Por la importancia de este parámetro se da un valor de 0.8.
- **Rendimiento.**- Este parámetro se basa en tener un alto grado de seguridad para que el Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket trabajen y cumplan la función para lo que fueron construidos, por lo que se le asigna un valor de 0.8.
- **Facilidad de operación y control.**- El Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket presentados deben perseguir una finalidad en común, la que constituye en la facilidad para operarlo y controlarlo. Este parámetro es asignado con un valor de 0.7.
- **Mantenimiento.**- Este parámetro es muy importante para que el Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket se mantengan en un buen estado de funcionamiento, a su vez se necesita constatar y tener presente la disponibilidad de los posibles repuestos en caso de pérdida. Luego de haber tomado en cuenta lo anterior se le asigna un valor de 0.6.
- **Materiales.**-Este parámetro se trata del material recomendable y su facilidad de adquisición para que la elaboración del Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket sea óptimo. A este parámetro se le asigna un valor de 0.4.
- **Procesos de Construcción.**- Todas las alternativas, requieren de elementos con tolerancia de construcción y a su vez necesita de maquinaria adecuada que permitan obtenerla. Este parámetro tiene un valor de 0.7.

- **Fiabilidad.-** Este factor es considerado importante ya que evalúa el funcionamiento y confiabilidad de los materiales de cada una de las alternativas tomadas, y su valor asignado es de 0.8.
- **Costo de fabricación.-** El parámetro indicado tiene una gran importancia para tomar una decisión adecuada en base a la selección del material de construcción del Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket, puesto que se trata de buscar la alternativa más eficiente y económica por lo que se le asigna con un valor de 0.6.
- **Costo de operación.-** Una vez que se ha construido el Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket, se busca economizar la energía utilizada en el proceso de operación, y se le asigna un valor de 0.5.
- **Tamaño.-** Este se trata sobre el espacio ocupado por el Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con la Insulation blanket, y su valor es de 0.2.
- **Forma.-** Este punto toma en cuenta la estética de cada uno de los dispositivos del componente por lo que se le ha designado un valor de 0.2.

Como guía y ayuda para la selección de la mejor alternativa, se realizó una encuesta dirigida al Sgop.Téc.Avc. Molina Édison, supervisor del escuadrón Twin Otter de la Fuerza Aérea Ecuatoriana y ex docente de la carrera mecánica aeronáutica mención Motores de la UGT, quien cuenta con una vasta experiencia en el motor PT6A-25/-27 (Ver anexo A).

Tabla 3.3 Matriz de evaluación y decisión

ÍTEM	PARÁMETROS DE ALTERNATIVAS DE EVALUACIÓN	F. POND	ALTERNATIVAS	
			Xi	1
1	Funcionabilidad	0.8	0.7	0.7
2	Rendimiento	0.8	0.7	0.7
3	Factor de operación y control	0.7	0.6	0.6
			Continúa 	

4	Mantenimiento	0.6	0.5	0.2
5	Materiales	0.4	0.4	0.1
6	Proceso de construcción	0.7	0.6	0.5
7	Fiabilidad	0.8	0.6	0.7
8	Costo de fabricación	0.6	0.5	0.1
9	Costo de operación	0.5	0.4	0.3
10	Tamaño	0.2	0.2	0.2
11	Forma	0.2	0.1	0.2
TOTAL		0.57	<u>0.48</u>	0.39

3.3.2.4 Selección de la mejor propuesta

Una vez realizado el análisis de cada alternativa, el estudio técnico y la evaluación de los parámetros, se llega a determinar que la primera alternativa presenta mejores condiciones de operación, diseño, precio, facilidad de construcción y maniobrabilidad para la construcción del Case de la sección de escape del motor PT6A-25 junto con su Insulation blanket ubicado en el taller de motores de la UGT.

3.3.3 Construcción del Case y de la Insulation blanket

Para facilitar el objetivo de esta investigación basada en la construcción del Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la UGT, se crearon varias etapas a cumplir para así llegar al fin descrito, las mismas que se detallan a continuación.

- Etapa 1: Toma de medidas en base al motor PT6A-27 perteneciente a la FAE.

Gracias a la referencia real del motor PT6A-27 del avión Twin Otter modelo DHC-6 ubicado en el escuadrón del Ala 11 de la FAE, y utilizando un flexómetro se tomó las medidas necesarias del Case de la sección de escape,

además de permitir una visualización y una idea clara sobre cómo se va a realizar la construcción de este componente.



Figura 3.1 Toma de medidas del motor PT6A-27

- Etapa 2: Elaboración de planos

Basado en las medidas tomadas del motor PT6A-27 perteneciente a la FAE, en esta etapa se elaboró una serie de planos que ayudarán a la construcción por partes para luego ensamblar y dar la forma al componente en sí. Por lo que se dividió al Case de la sección de escape en diferentes partes que se enlistan debajo y cuyo plano se muestra detallado en el Anexo D.

- Anillo posterior del case
- Anillo frontal del case
- Anillos de los ductos
- Case

➤ Cuerpo de los ductos

- Etapa 3: Cálculos, cargas y fuerzas en el software de simulación Solidwork

Antes de la construcción del Case de la sección de escape, es necesario tomar en cuenta los diferentes cálculos, estrés, cargas y fuerzas que se obtienen en el software Solid Works, acorde al material escogido para la construcción del componente.

Para esto, es importante plantear qué tipo de problema se tiene y además qué clase de solución se necesita para no ahondar en planteamientos innecesarios. Es así que las inquietudes a descartar son si el componente soportará el peso de la caja de reducción, su escala de deformación, tensión y desplazamiento que tendrá dicha parte a construir, y si el material es aplicable para el desarrollo del proyecto.

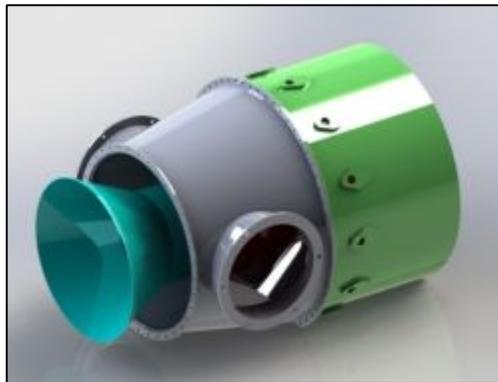


Figura 3.2 Simulación del Case de la sección de escape en Solidwork

DATOS CONOCIDOS:

Datos pertenecientes al material:

Material a utilizar: Acero al carbono fundido

Módulo elástico o de Young: $2e+0,11 \text{ N/ m}^2$

Coeficiente de Poisson: 0,32 (adimensional)

Módulo cortante: $7,6e+0,10 \text{ N/m}^2$

Límite elástico: 248168000 N/ m^2

Peso aproximado de la Gear Box: $125 \text{ lb } (/2.2) = 56,81 \text{ kg}$

CALCULAR:

Deformación unitaria

Desplazamientos

Tensión unitaria

DESARROLLO:

Calculando la fuerza total que la caja de reducción ejercerá sobre el anillo frontal donde esta irá sujeta

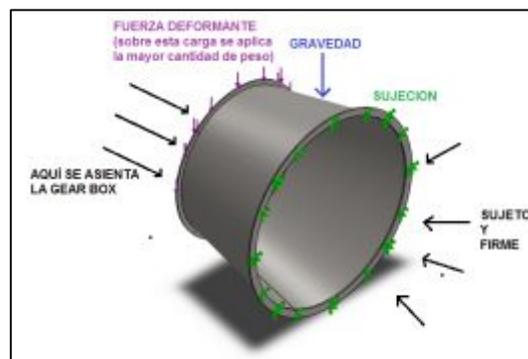


Figura 3.3 Diagrama de fuerzas

$$F=m \cdot g \text{ (ecuación 3.1)}$$

Donde F: fuerza

m: masa

g: gravedad

$$F = 56,81 \text{ kg} * 9,8 \text{ m/s}^2$$

$F = 556 \text{ N}$ = Fuerza aplicable total de la caja de reducción

Calculando el Área de estudio:

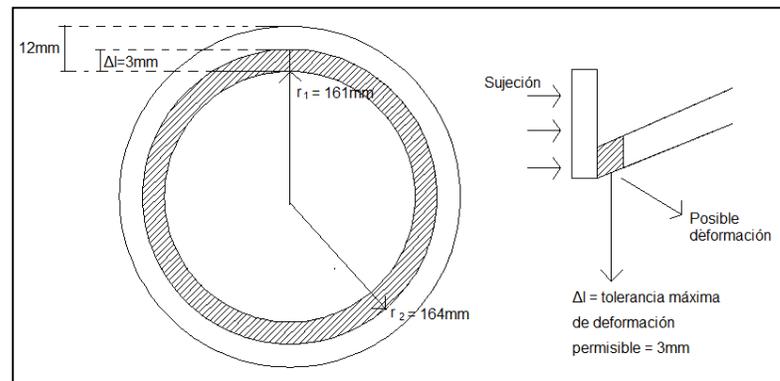


Figura 3.4 Cálculo del área de estudio

$$A_1 = \pi * r_1^2 \text{ (ecuación 3.2)}$$

Donde A_1 : área 1 o interna

r_1 : radio 1 o interno

$$A_1 = \pi * (161 \text{ mm})^2$$

$$A_1 = 81433,2 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = \pi * r_2^2 \text{ (ecuación 3.3)}$$

Donde A_2 : área 2 o externa

r_2 : radio 2 o externo

$$A_2 = \pi * (164 \text{ mm})^2$$

$$A_2 = 84496,2 \text{ mm}^2$$

Se determinó el área de estudio aplicando:

$$A = A_2 - A_1 = 84496,2\text{mm}^2 - 81433,2\text{mm}^2$$

$$A = 3062,98\text{mm}^2$$

Calculando el esfuerzo aplicado (E):

$$E = \frac{F}{A}$$

$$E = \frac{556 \text{ N}}{3062,98\text{mm}^2}$$

$$E = \frac{556 \text{ N}}{0,00306298\text{m}^2}$$

$$E = 181.522,57 \text{ Pa}$$

Calculando la Deformación unitaria (ϵ):

Donde Δl : tolerancia máxima de deformación permisible (3mm)

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{2\pi r}$$

$$\epsilon = \frac{-0,3\text{mm}}{2\pi (161\text{mm})}$$

$$\epsilon = \frac{-0,3\text{mm}}{1011,5 \text{ mm}}$$

$$\epsilon = -2,96 \times 10^{-5} \text{ (adimensional)}$$

CONCLUSIÓN:

La deformación unitaria es mínima, menor a 1, por lo tanto el material y en sí todas sus dimensiones son aplicables para el desarrollo del proyecto.

La información más detallada de todos los cálculos obtenidos en el software de simulación Solidwork y para una mayor comprensión de la deformación unitaria, desplazamientos y tensión unitaria del componente a construir se encuentra en el Anexo E.

- Etapa 4: Traslado del motor PT6A-25

Analizando la situación actual del taller de motores de la UGT en base a la disponibilidad del lugar, de herramientas y principalmente el no contar con soldadura aeronáutica (suelda TIG), hizo tomar en cuenta que resultaría complicado el proceso de construcción más rápido y eficiente para la construcción del componente de esta investigación, por lo que gracias al consejo y a la buena disponibilidad de personas conocidas durante las pasantías realizadas en el Centro de Mantenimiento Aeronáutico del Ecuador “CEMA” con sede en Latacunga, se tomó la decisión de trasladar al motor PT6A-25 junto con la caja de reducción ubicados en el taller de motores de la institución hacia el CEMA.

- Etapa 5: Compra de materiales

Con una idea clara de los materiales a utilizar expuestos anteriormente en base también al estudio de alternativas, la compra de materiales se realizó a medida que fue avanzando el proyecto donde su estudio económico se muestra al final de este capítulo.

- Etapa 6: Construcción de los anillos del case: 1 frontal y 1 posterior; y 2 de los ductos

En la lámina de acero al carbono fundido de dos milímetros de espesor se trazó con un compás de punta seca (denominado así debido a que en lugar de un lápiz tiene otra punta para trazar) cuatro anillos basados en las medidas tomadas, uno para el Borde A, otro para el Borde C y dos para los ductos. Una vez trazado los 2 anillos que serán el anillo frontal y posterior del Case de la sección de escape, y que llegarán a ser el Borde A y Borde C respectivamente, con la ayuda de la amoladora neumática se cortó la circunferencia interna de los anillos, cortándolos alrededor de la circunferencia externa en forma de cuadrado para que al momento de realizar los agujeros estos no se deformen.



Figura 3.5 Construcción de los anillos frontal y posterior

Con los dos anillos trazados en la lámina de acero que servirá para los ductos, se cortó con la amoladora neumática tanto la circunferencia interna

como externa, así como también con la ayuda de un marcador permanente se trazó dos segmentos de dos centímetros de ancho por cincuenta y ocho centímetros con cuatro milímetros de largo para formar el borde de los anillos.

Seguidamente, con la suelda TIG y con la ayuda de un técnico especializado se soldó los segmentos a los anillos consiguiendo así los dos anillos de los ductos. Finalmente dividiendo a la base de los anillos en seis partes iguales con la ayuda de un compás de punta seca y un marcador permanente, se realizó 6 agujeros en los puntos marcados usando un taladro neumático con una broca N°. 20, lo que a futuro servirá para el montaje de los ductos de escape por medio de pernos, arandelas y tuercas, tal como se observó en el motor PT6A-27 de la FAE.



Figura 3.6 Construcción de los anillos del ducto

- Etapa 7: Construcción del Case

En la lámina de acero se trazó con un marcador permanente un cono truncado en base a las medidas tomadas, para luego cortar por lo señalado con la amoladora eléctrica, y finalmente con la ayuda de la baroladora, se consiguió la forma de cono truncado que luego será el Case de la sección de escape.

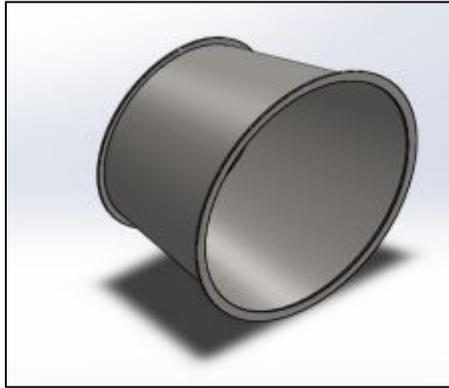


Figura 3.7 Simulación del Case de la sección de Escape – solo ducto en Solidwork

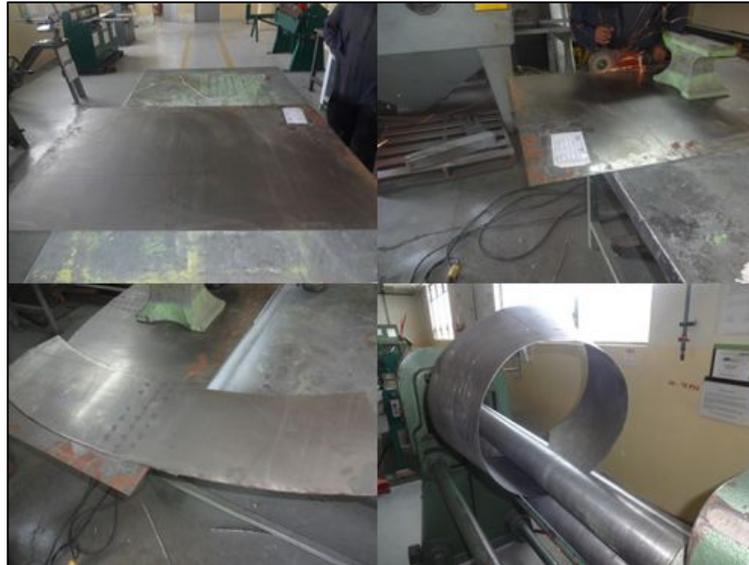


Figura 3.8 Construcción del case

- Etapa 8: Ensamble de los anillos del case en el case

Con el uso de la suelda TIG y la gran ayuda del técnico especializado en este equipo, se procedió en primer lugar a fijar puntos de suelda juntando al cono truncado con los dos anillos, frontal y posterior.



Figura 3.9 Ensamble de los anillos del case

- Etapa 9: Test para empatar el Case en el motor

Una vez juntadas las 3 partes: anillo frontal, anillo posterior y el cuerpo del case; y antes de seguir con la construcción del Case de escape, fue de gran importancia chequear que la parte ensamblada hasta el momento coincida en sus dimensiones y empate con el motor y la caja de reducción en base a un pequeño test. Comprobado el test y obteniendo buenos resultados, se procedió a la soldadura total y completa de los anillos tanto frontal como posterior al cono truncado que será el cuerpo del Case de escape.



Figura 3.10 Ensamble de los anillos del case

- Etapa 10: Agujerear los anillos del case ensamblado

Pasada la prueba de comprobación, con la ayuda de tres prensas tipo “C” se fijó sujetó el Case de escape ensamblado por el lado del anillo posterior al motor y haciendo un corte que servirá como guía, se empezó a realizar los agujeros al Case de escape guiado por los propios agujeros del Case del motor (60 agujeros en total) utilizando un taladro neumático con una broca N° 10.



Figura 3.11 Agujeros del case posterior

Así mismo fijando el anillo frontal a la caja de reducción y guiado por los agujeros de la propia caja de reducción se empezó a realizar los agujeros en el anillo frontal del Case de escape (37 agujeros incluido el agujero guía) utilizando un taladro neumático con la broca N°. 10, y debido a que la caja de reducción sí contaba con un agujero guía no hubo la necesidad de hacer ninguna otra señal para su instalación.



Figura 3.12 Agujeros del case frontal

Con los agujeros ya creados en los anillos, y utilizando la amoladora neumática se cortó la circunferencia externa tanto del anillo frontal como del anillo posterior.



Figura 3.13 Anillo frontal y posterior cortados

- Etapa 11: Construcción del cuerpo de los ductos

En la lámina de acero se trazó de acuerdo a las medidas ya tomadas el cuerpo de los ductos que incluían en dos láminas que serán cilindros huecos y dos láminas que serán la base para el ducto. Seguidamente con la amoladora eléctrica se procedió a cortar por lo trazado para luego con la ayuda de la dobladora manual y la baroladora dar la forma cónica a las láminas cortadas, y finalmente soldarlas al cilindro construido obteniendo así el cuerpo de los dos ductos.



Figura 3.14 Construcción de los ductos

- Etapa 12: Ensamblaje de los anillos de los ductos en los ductos

Con el uso de la suelda TIG y la ayuda del técnico se procedió a soldar los anillos del ducto al cuerpo del ducto construido, según lo apreciado en el motor PT6A-27.



Figura 3.15 Ensamblaje de los anillos de los ductos en los ductos

- Etapa 13: Ensamblaje de los ductos en el Case

Antes de juntar a los ductos en el case, se realizó dos cortes con la amoladora neumática para formar dos orificios en que se van a montar los ductos. Con vista frente al motor, el orificio de la izquierda empezó a dos agujeros del agujero central del anillo posterior, y a partir de este, separado a una distancia de veinte y seis centímetros se realizó el otro corte en el Case para el orificio derecho.



Figura 3.16 Orificios cortados en el case para los ductos

Ya con los dos ductos contruidos y con los dos orificios realizados en el case, finalmente usando la suelda TIG con la ayuda de un martillo de bola se fijaron con varios puntos de suelda los dos ductos al case.



Figura 3.17 Ductos ensamblados en el case

- Etapa 14: Lijado y pulido del Exhaust Duct Case ya ensamblado por completo

Una vez construido el case de la sección de escape (Exhaust Duct case) en su totalidad, y para mejorar la estética del componente y evitar cortes a quienes van a manipularlo es necesario lijar y pulir utilizando una lijadora neumática con lija número cincuenta a toda la parte, en especial desbastando con el disco de desbaste todos los cordones de suelda creados.



Figura 3.18 Exhaust duct Case lijado y pulido

- Etapa 15: Masillado y pintado del Exhaust Duct Case

Ya con el componente lijado y pulido de la mejor manera posible, para conseguir una mejor estética además de protección ante la corrosión se empleó masilla Polyfill recubriendo todo el Case incluido los ductos.

Una vez masillada la parte y para mejorar las condiciones sobre el tema de la prevención de la corrosión, utilizando una pistola para pintar neumática se aplicó dos capas de fondo automotriz gris seguidamente de tres capas de pintura aluminio sintético.

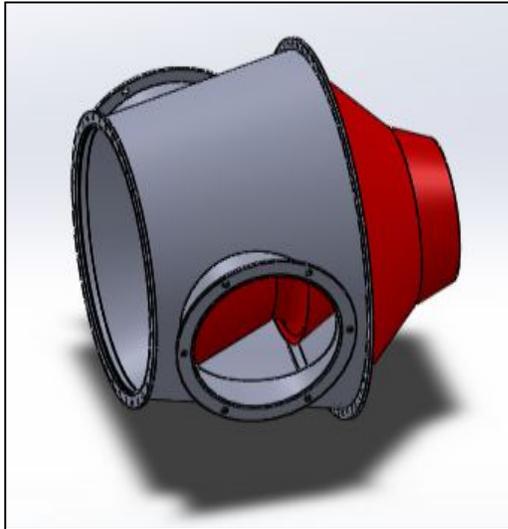


Figura 3.19 Simulación del Case de la sección de Escape en Solidwork



Figura 3.20 Exhaust duct Case pintado

- Etapa 16: Test de instalación en el motor

Con el componente construido y listo para ser implementado en el motor, se realizó la última prueba para comprobar que todos los agujeros así como sus dimensiones concuerden en su totalidad y permitan fijar con la ayuda de pernos a este componente junto con el motor y con la caja de reducción.

Comprobado el test final y obteniendo buenos resultados, el componente queda listo para ser montado en el motor, a la espera de elaborar los cobertores para los ductos de escape así como de una cubierta de aislación térmica en su interior que proteja el eje de la turbina.



Figura 3.21 Instalación del Exhaust duct Case en el motor

- Etapa 17: Construcción de la estructura de la Insulation Blanket

En vista a que el material propio para construir la cubierta térmica es sumamente costoso, que no se encuentra disponible en el mercado ecuatoriano

y que su importación presenta varias dificultades, además que su objetivo es servir como material didáctico, no hubo más opción que ingeniarse y construir con los materiales disponible descritos anteriormente como son: una lámina de acero al carbono fundido agujereado, platina, y una cubierta de aislación térmica.

Como primer paso para la construcción de la Insulation Blanket fue trazar en la lámina de acero agujereado un rectángulo de cincuenta y cuatro centímetros por veinte y cuatro centímetros en base a las medidas tomadas, y para que con la baroladora darle la forma de cilindro.

Con la platina cortar un segmento de noventa y tres centímetros y con la baroladora darle la forma de un anillo que servirá para la base superior, así mismo cortar cuatro segmentos de trece centímetros para juntar a la platina circular con el cilindro de acero agujereado ya formado.

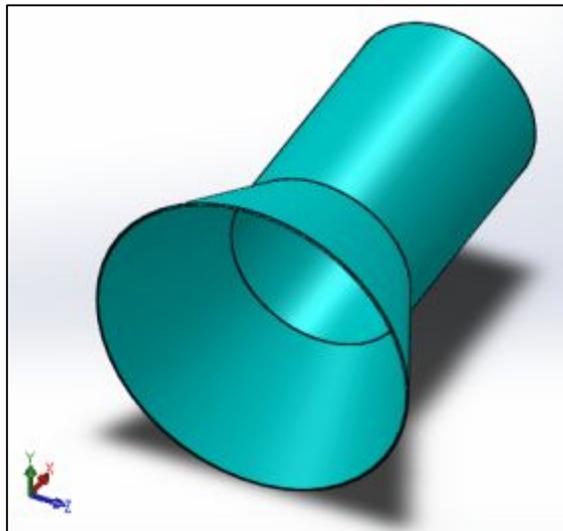


Figura 3.22 Simulación de la Insulation Blanket en Solidwork



Figura 3.23 Partes que forman la estructura de la Insulation blanket

Ya con las partes cortadas, y con la ayuda de la suelda TIG conjuntamente con el técnico especialista, se soldó el cilindro a los cuatro segmentos, y estos a su vez al segmento circular.

Una vez armada la estructura, esta se cortó por la mitad dividiéndola en dos partes iguales y con cuatro pares de platinas de dos centímetros soldadas a la estructura en forma de "L" agujereadas en el centro permitiendo el paso de un perno con el fin de facilitar el montaje y desmontaje de este componente al eje de la turbina se dio por completada la construcción de la estructura de la Insulation Blanket.



Figura 3.24 Estructura de la Insulation blanket

- Etapa 18: Test de la elaboración de la estructura

Con la estructura soldada ya construida fue de necesario chequear que la parte coincida en sus dimensiones y empate perfectamente con el eje de la turbina.

Comprobado el test y obteniendo buenos resultados, lo único que falta es recubrirla con la cubierta térmica detallado en la siguiente etapa.



Figura 3.25 Instalación de la Insulation blanket

- Etapa 19: Recubrimiento de la cubierta térmica

Ya con la estructura creada, y para darle una mejor estética a este componente se recubrió a toda la estructura con una cubierta de aislamiento térmica, fijándola con la ayuda de una cinta de aluminio y un tubo de silicona color aluminio.

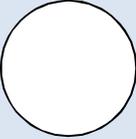
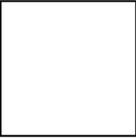
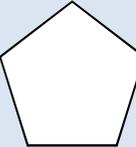


Figura 3.26 La Insulation blanket

3.3.4 Diagrama de construcción y ensamblaje

Los diagramas de procesos tienen como objetivo describir cada uno de los procedimientos realizados mediante el uso de símbolos. En la siguiente tabla se puede observar las figuras que serán utilizados en los diagramas.

Tabla 3.4 Simbología de los diagramas de procesos

ITEM	ACTIVIDAD	FIGURA	DETALLE
1	Operación		Se realiza una acción o se fabrica algo
2	Inspección o comprobación		Se verifica o se inspecciona cada uno de los detalles
3	Ensamble		Proceso terminado
4	Conector		Secuencia del proceso

3.3.4.1 Diagrama del anillo frontal, posterior y dos de los ductos

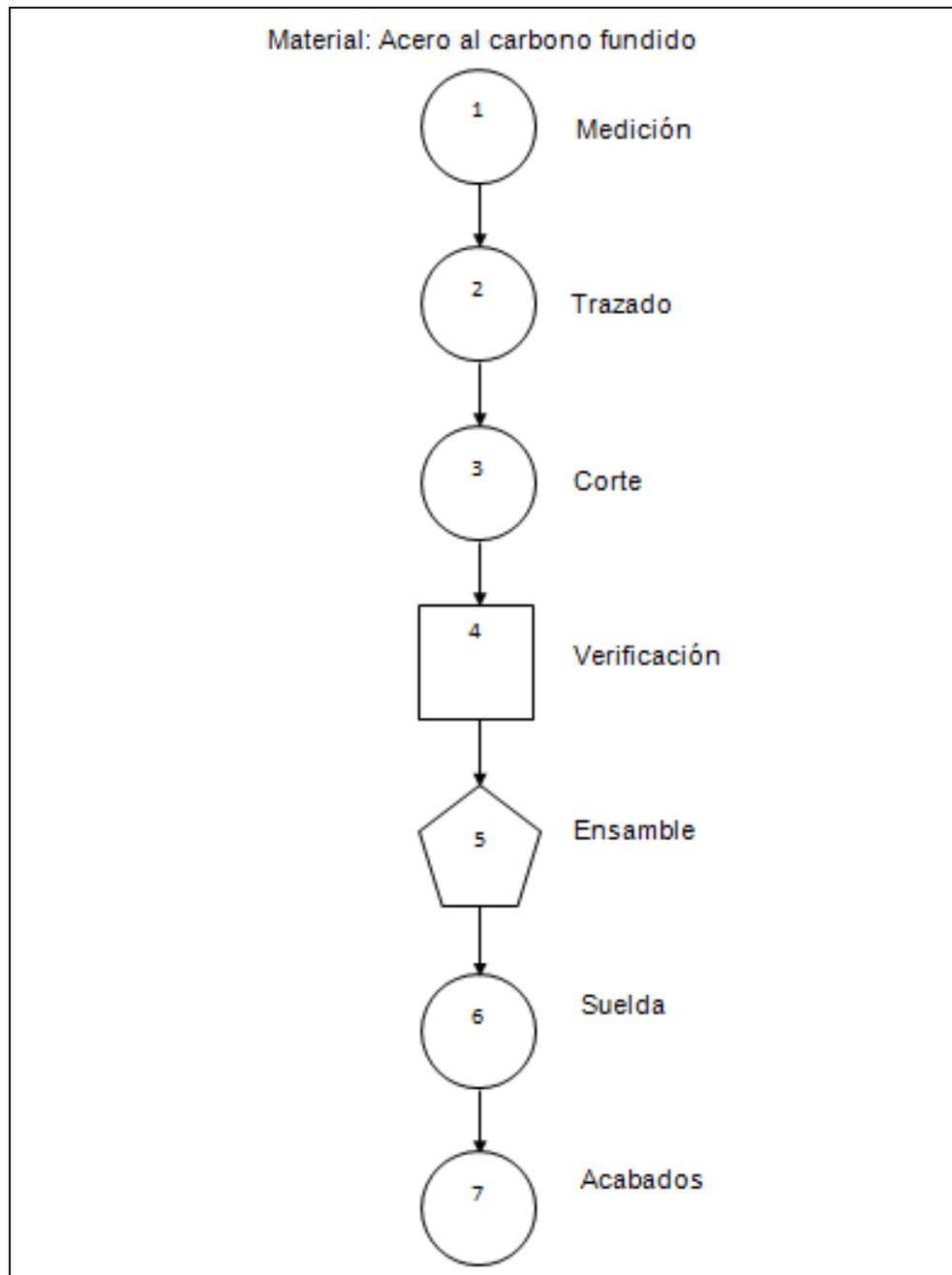


Figura 3.27 Diagrama del proceso de construcción de los anillos del case y de los ductos

3.3.4.2 Diagrama del case

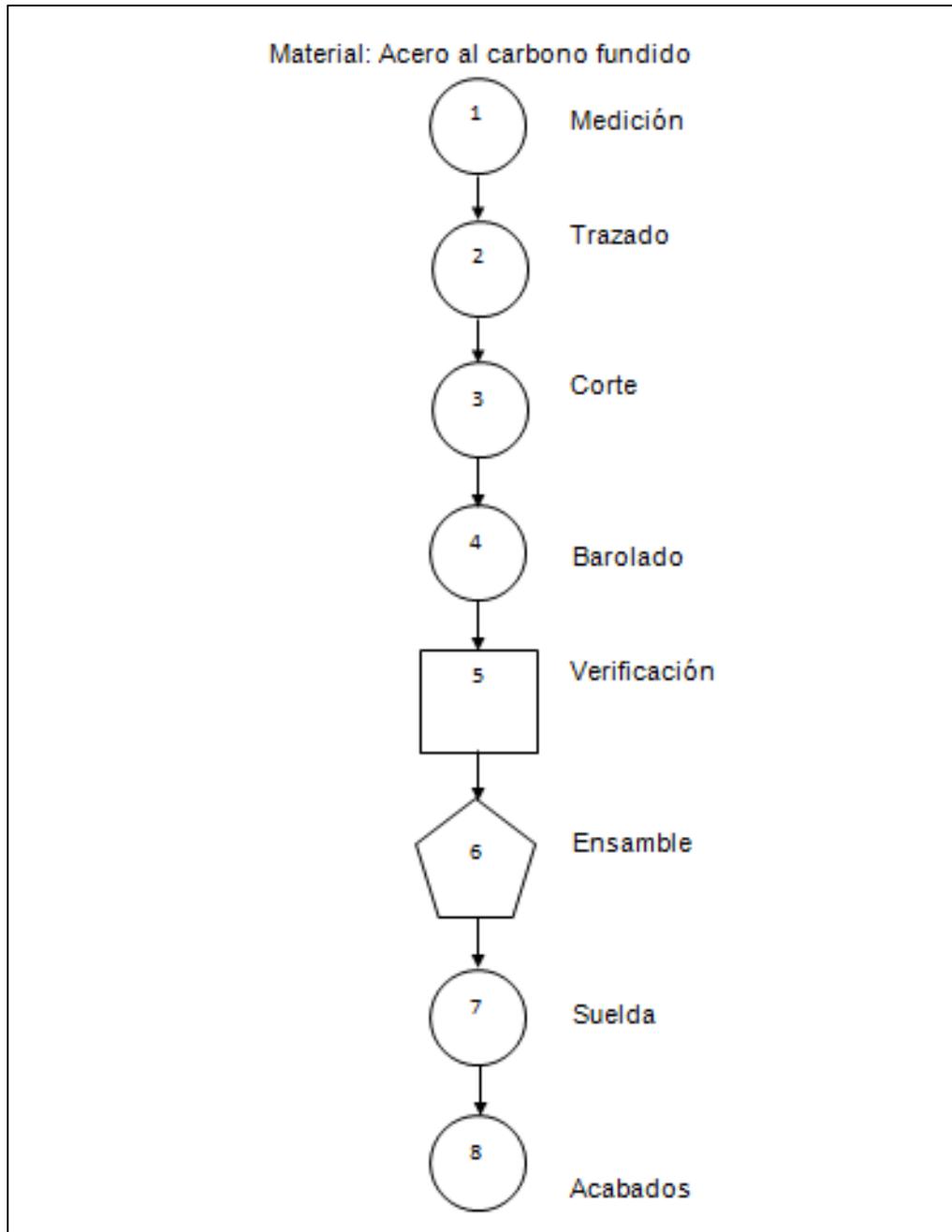


Figura 3.28 Diagrama del proceso de construcción del case

3.3.4.3 Diagrama del cuerpo de los ductos

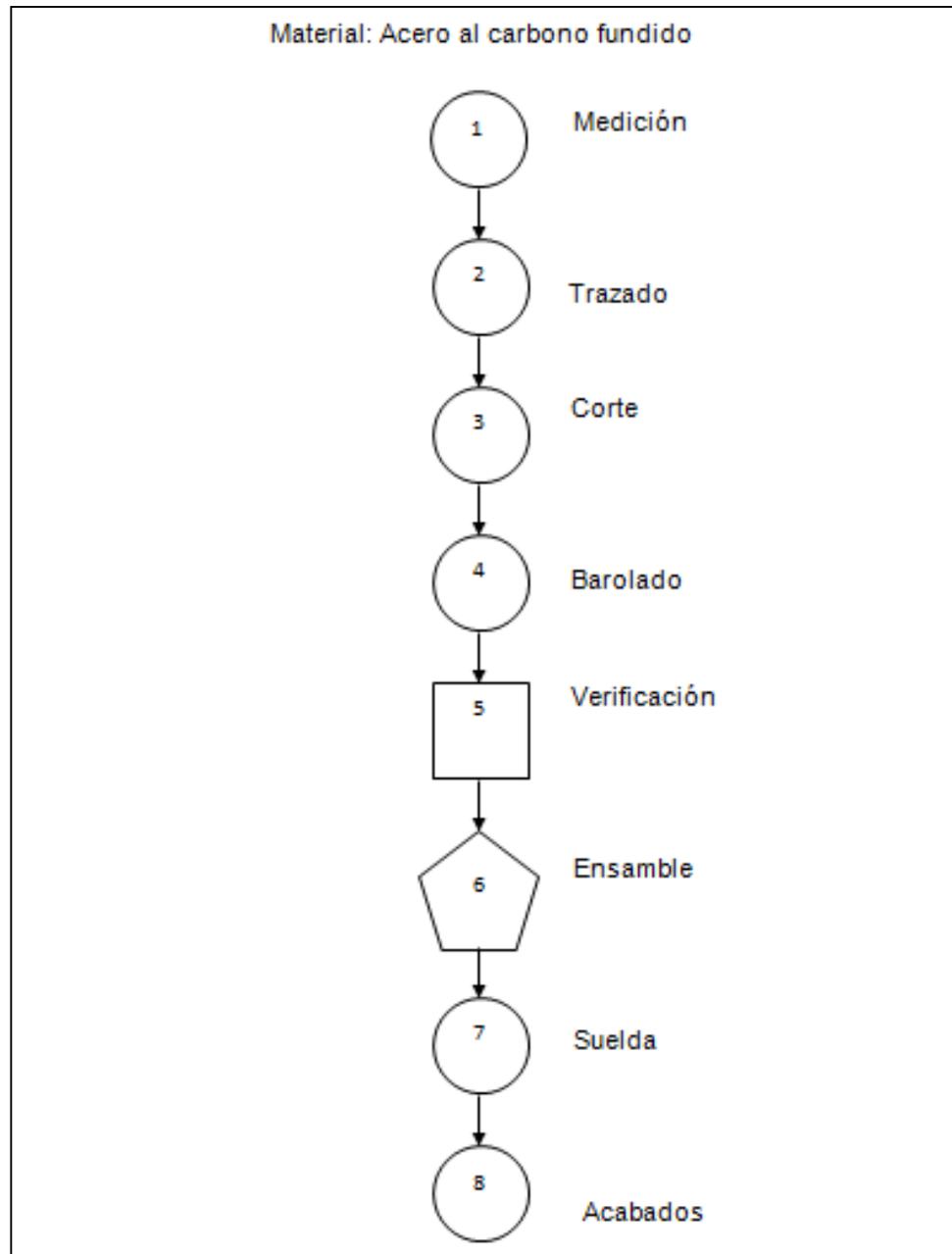


Figura 3.29 Diagrama del proceso de construcción del cuerpo de los ductos

3.3.4.4 Diagrama de la insulation blanket

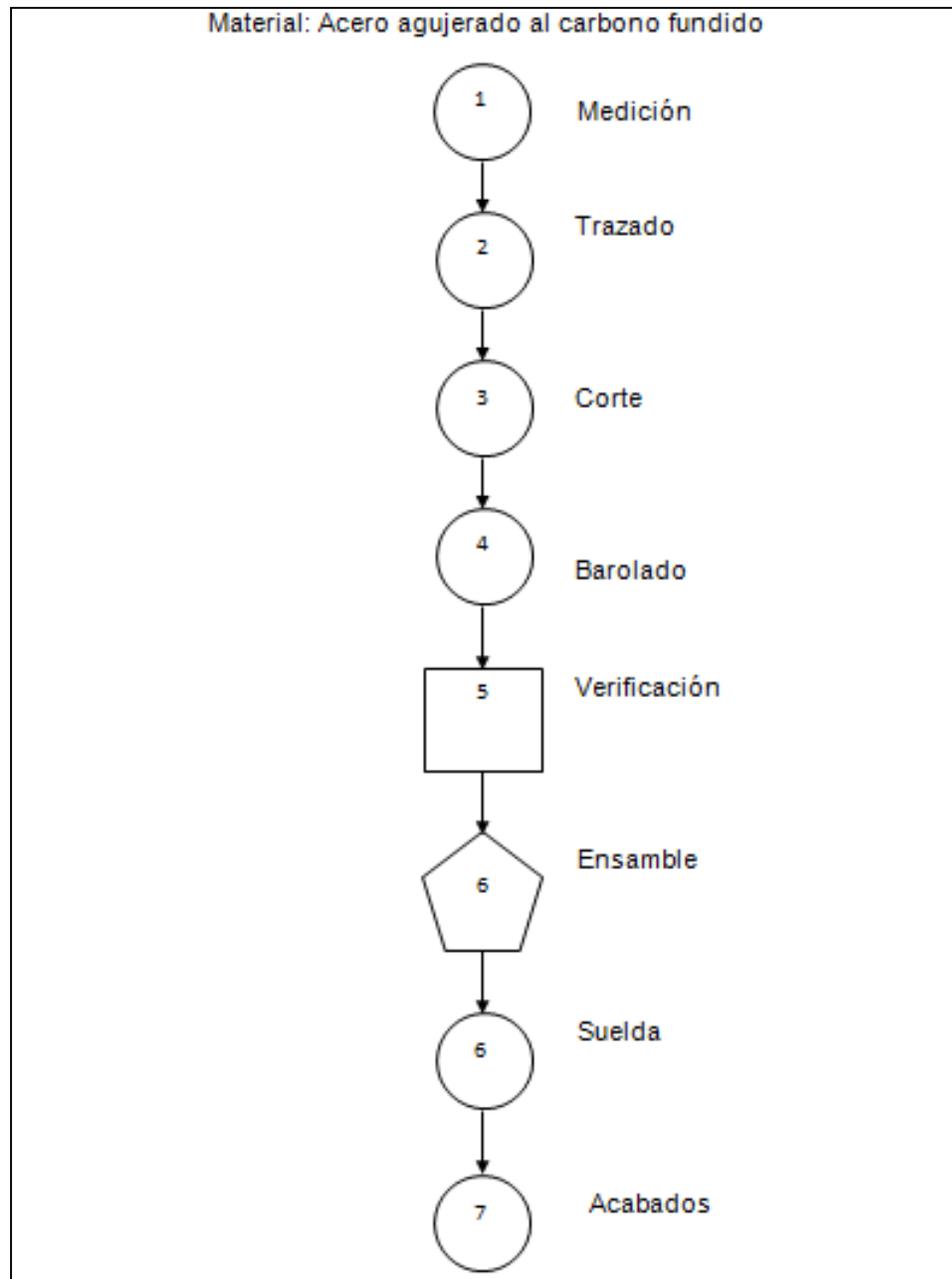


Figura 3.30 Diagrama del proceso de construcción de la Insulation blanket

3.3.4.5 Diagrama de ensamble del case de la sección de escape

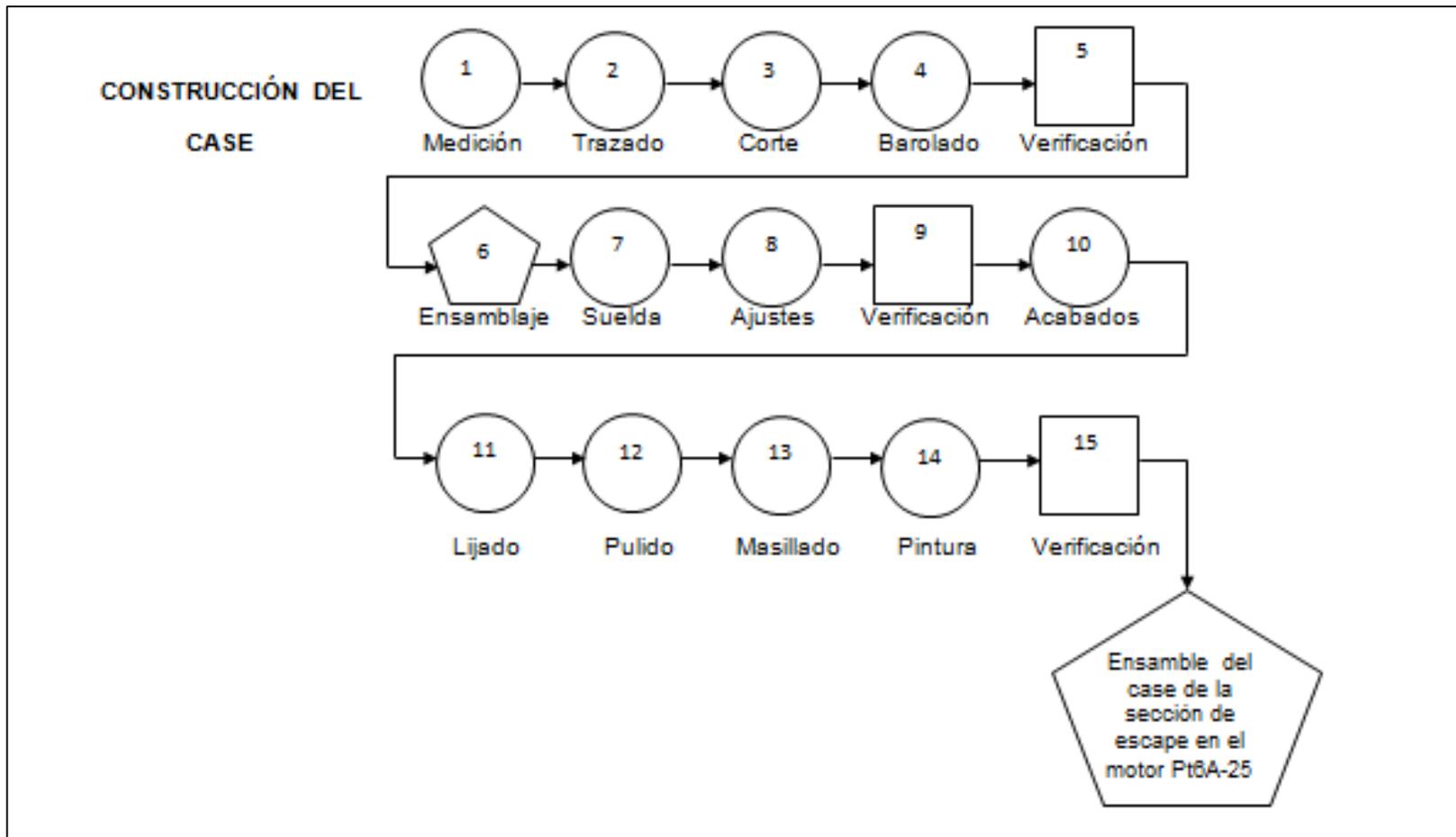


Figura 3.31 Diagrama de ensamble del case de la sección de escape

3.3.5 Pruebas y conformidad de construcción

Durante el desarrollo práctico de esta tesis basado en la construcción e implementación del Case de la sección de escape se realizó diferentes pruebas a medida que se avanzaba el proyecto, sin embargo son tres pruebas bien marcadas que debieron realizarse para seguir en marcha con la construcción. A continuación describo las pruebas realizadas en este proyecto de grado.

3.3.5.1 Prueba 1: Test para acoplar el Case en el motor

Luego de haber ensamblado los anillos del Case tanto frontal como posterior en el Case de escape fijando con algunos puntos de suelda TIG y antes de seguir con la construcción del componente y la soldadura total del mismo tuvo que pasar por esta importante y necesaria prueba, la cual consistió en juntar al Case de escape con el motor y con la caja de reducción usando 3 prensas tipo "C" con el objetivo de chequear que la parte ensamblada hasta el momento coincida en sus dimensiones y permita a futuro su montaje/desmontaje.

Una vez realizado el test y obteniendo resultados positivos, el proyecto siguió en avance con la siguiente etapa, la de soldar en su totalidad los anillos del Case al Case y por consiguiente los demás pasos ya descritos hasta llegar a la construcción y a la prueba final.



Figura 3.32 Test para acoplar el Case en el motor

3.3.5.2 Prueba 2: Test de instalación en el motor

Con el componente ya construido y preparado para ser implementado en el motor, fue necesario realizar la última prueba de conformidad con el objetivo de comprobar que todos los agujeros así como las dimensiones concuerden en su totalidad y permitan fijar, montar y desmontar con facilidad el Case de escape con el motor y con la caja de reducción por medio de pernos.

Una vez comprobado que en esta prueba final se consiguió buenos resultados, el componente queda listo para ser montado en el motor por lo tanto se da por culminada la construcción del Case de la sección de escape, únicamente a la espera de elaborar los ductos de escape así como de realizar el test para revisar la construcción de la Insulation blanket.



Figura 3.33 Test de instalación en el motor

3.3.5.3 Prueba 3: Test de la elaboración de la estructura de la Insulation blanket

Con el Case de la sección de escape y la estructura de la Insulation blanket contruidos, solamente queda por realizar la última prueba antes de recubrir a la estructura mencionada y por ende dar fin al proyecto. Esta prueba en sí consiste en chequear que la estructura coincida en sus dimensiones y encaje perfectamente con el eje de la turbina para que su montaje y desmontaje no

cause ningún problema, así como tampoco interfiera en la instalación del Case de la sección de escape.

Realizada la prueba y con resultados positivos, la estructura de la insulation blanket queda lista para recubrirla con la cubierta de aislación térmica para luego instalarla en el eje de la turbina y finalmente montar el Case de la sección de escape en el motor junto con la caja de reducción.



Figura 3.34 Test de la elaboración de la estructura de la Insulation blanket

Tabla 3.5 Pruebas de construcción

PRUEBAS DE CONSTRUCCIÓN				
ITEM	PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	PRUEBA 1 (TEST PARA ACOPLAR EL CASE EN EL MOTOR Y EN LA GEARBOX)	PRUEBA 2 (TEST DE INSTALACIÓN EN EL MOTOR)	PRUEBA 3 (TEST DE CONSTRUCCIÓN DE LA INSULATION BLANKET)
1	Corte en base a medidas y planos	X	X	X
2	Dar forma cónica con la baroladora	X	X	X
3	Puntos de suelda	X	X	X
4	Cordón de soldadura	X	X	X

Continúa

5	Agujeros para los pernos	X	X	X
6	Agujeros para los ductos	X	X	N/A
7	Dimensiones	X	X	X
8	Pintado	X	X	X
9	Masillado	X	X	N/A
10	Estética en general	X	X	X
X: APLICA				
N/A: NO APLICA				

3.4 IMPLEMENTACIÓN

3.4.1 Situación actual del equipo

El motor Pratt & Whitney modelo PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías actualmente está destinado exclusivamente como material didáctico pues no cuenta con varios de sus componentes en el que es muy notorio ver al motor incompleto y separado de la caja de reducción, donde la misma ha tenido que permanecer ubicada en un estante para evitar su pérdida y la de sus componentes, y además sin poder ser exhibida instalada en el motor.

Por lo que hoy en día este motor no puede ser visto como un solo componente que sea digno para realizar las clases prácticas que bien se merece el estudiantado y docentes de esta Institución.



Figura 3.35 Vista del motor PT6A-25

3.4.2 Implementación del nuevo componente

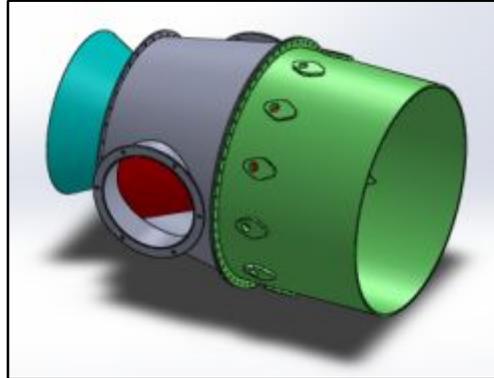


Figura 3.36 Simulación de la instalación en Solidwork

3.4.2.1 Implementación de la Insulation blanket

Con la Insulation blanket lista para ser implementada en el eje de la turbina del motor PT6A-25, como primer paso es tomar las dos partes y juntarlas de manera que cubran al eje de la turbina.



Figura 3.37 Instalación la Insulation blanket

Y usando cuatro pernos y cuatro tuercas respectivamente, pasar por los agujeros creados y ajustar las tuercas hasta el torque que considere utilizando una llave mixta 5/16.



Figura 3.38 Insulation blanket instalada montada en el eje de la turbina

3.4.2.2 Implementación del Case de la sección escape (Exhaust duct Case)

Con el Case de la sección de escape construido y listo para ser implementado en el motor, y contando con 96 pernos, 96 tuercas y 36 arandelas a la mano, y con la ayuda de una llave mixta 5/16 de pulgada, una maceta y un guiador se realizó los pasos que se detallan a continuación.

1. Tomando el Case de la sección de escape, se posicionó el borde A del Case de la sección de escape al housing posterior de la caja de reducción, y como referencia al agujero guía y usando una maceta y un guiador se acopló con la guía existente de la caja de reducción asentando el Case de escape hasta la base de la caja de reducción.



Figura 3.39 Exhaust duct Case en la caja de reducción

2. Con el Case de escape asentado en la caja de reducción y con todos sus agujeros coincidentes, se aseguró el borde A al housing de la caja de reducción usando pernos (la cabeza hacia la parte frontal del motor), arandelas y tuercas con una llave mixta 5/16 de pulgada. Finalmente se apretó las tuercas, en secuencia al diámetro con un torque de hasta 38 lb.in.

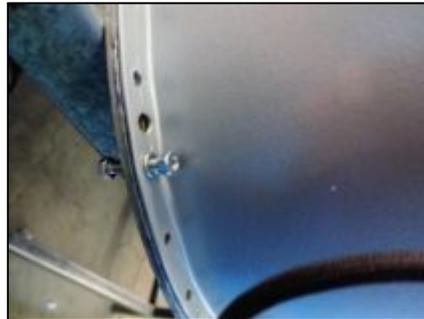


Figura 3.40 Colocación de pernos e instalación del Exhaust duct Case en la caja de reducción

3. Ensamblados los componentes, como son la caja de reducción con el Case de escape, y como recomendación mínimo hacerlo con la ayuda de una persona más, se posicionó el Borde C del Case de la sección de escape tomando como guía un corte realizado en el borde C a la par del Gas Generator Case del motor.



Figura 3.41 Corte guía en el Flange C del Exhaust duct Case



Figura 3.42 Corte guía en el Gas Generator Case



Figura 3.43 Montaje del Exhaust duct Case con la caja de reducción en el motor

4. Con el Case de escape montado en la caja de reducción, se aseguró el borde C al Gas Generator Case del motor usando pernos (la cabeza hacia la parte trasera del motor) y tuercas con una llave mixta 5/16 de pulgada. Finalmente se ajustó las tuercas, en secuencia al diámetro con un torque de hasta 38 lb.in.



Figura 3.44 Colocación de pernos e instalación del Exhaust duct Case en el motor

5. Finalmente, se colocó los ductos de escape en el Case.



Figura 3.45 Ductos de escape

3.4.3 Resultados de la implementación e impacto positivo obtenido

Con el Case de la sección de escape construido e instalado en el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la UGT, los resultados y el impacto que ha tenido la implementación del componente ha logrado dar solución a los diferentes problemas planteados y que existían con respecto al desarrollo de las clases prácticas en este motor.

Es así que la implementación del Case de la sección de escape a más de proteger y preservar los componentes internos de la sección de escape permite contar con un motor PT6A completo en el taller de motores de la Institución, adquirir aprendizajes significativos durante el desarrollo de las clases prácticas, tener un mejor manejo de herramientas durante el proceso de desmontaje/montaje usando adecuadamente el componente, conocer la importancia que tiene el componente en el motor, beneficiar a los docentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje y tener a este motor montado en un solo conjunto que sea digno de exhibición tal como se merece la institución.



Figura 3.46 Implementación del Case de la sección de escape en el motor PT6A-25



Figura 3.47 Motor PT6A-25 completo ubicado en el taller de motores de la UGT

3.5 Descripción de procedimientos de operación, mantenimiento y otros

3.5.1 Manual de Operación

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
	Código: LMB-MI-32
Manual de Operación	
CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
Elaborado por: Darío Alexander Reinoso Nicolalde	Revisión No. 1
Aprobado por: Ing. Pablo Espinel	Fecha: Octubre 2014
I. Objetivo Indicar los procedimientos que se deben seguir para realizar el desmontaje del Case de la sección de escape del motor PT6A-25.	
II. Manual de operación 1. Alcance: Docentes, técnicos y estudiantes capacitados. 2. Personal Requerido: 2 Personas	

3. Información técnica del proceso y operación:

Manual de operación para el desmontaje del Case de la sección de escape del motor PT6A-25.

4. Equipo para el desmontaje

Llaves mixtas de 5/16 de pulgada y de 7/16 de pulgada, y plato de soporte de la Reduction Gearbox.

5. Herramientas de Apoyo:

Martillo de bola, guiador, cincel y marcador.

6. Condiciones requeridas:

Tener en cuenta las normas de seguridad que se debe seguir en el taller y las mencionadas en el manual de seguridad.

7. Procedimiento

DESMONTAJE DE LOS DUCTOS DEL CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE

- Para liberar los dos ductos del Case de la sección de escape (ducto LH y ducto RH respectivamente), desmonte los pernos con una llave mixta de 7/16", sujete las tuercas con una llave mixta de 5/16" para el respectivo desmontaje.



- Ubique los ductos del Case de la sección de escape en un estante o en un área libre y segura.



DESMONTAJE DEL CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE

PRECAUCIÓN: Antes de desmontar el Case de la sección de escape del motor, fíjese en el corte guía en el borde C o con un marcador hacer un señal de identificación para evitar confusiones a futuro en el proceso de montaje. Tenga presente que para desmontar el Case de la sección de

escape del motor, debe hacerlo como mínimo entre dos personas debido al peso de la caja de reducción.



- Para liberar el Case de la sección de escape, desmonte los pernos del Borde C (Borde que va sujeto con el Gas Generator Case del motor) con una llave mixta de 5/16", sujete las tuercas con una llave de boca de 5/16" para el respectivo desmontaje. Finalmente libere el Case de la sección de escape junto con la caja de reducción evitando dejarlo caer ni tampoco ubicarlo en el piso.



NOTA: *Traslade el Case de la sección de escape con la caja de reducción al plato de soporte de la Gearbox para un correcto y seguro proceso de desmontaje.*

Guarde los pernos y tuercas en una bolsa de tela y déjela junto con en el motor.



- Para liberar el Case de la sección de escape, desmonte los pernos del Borde A (Borde que va sujeto con la caja de reducción) con una llave mixta de 5/16", sujete las tuercas con una llave mixta de 5/16" para el respectivo desmontaje.

(Si se presenta inconvenientes en separar el Case de escape de la caja de reducción, utilice un cincel y con un martillo de bola dar suaves golpes hasta separar los componentes).

NOTA: *Guarde los pernos, arandelas y tuercas en una bolsa de tela y déjela junto con la caja de reducción.*



- Ubique el Case de la sección de escape en un estante o en un área libre y segura.



- Para liberar la Insulation Blanket, desmonte los pernos con una racha y una copa de 5/16", sujete las tuercas con una llave mixta de 5/16" para el respectivo desmontaje. Finalmente libere la Insulation Blanket del eje de la turbina para la separación de las mismas.



- Junte y arme nuevamente la Insulation blanket con los pernos y tuercas sin ajustar, y ubique en un estante o en un área libre y segura.



3.5.2 Manual de Mantenimiento

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
	Manual de Mantenimiento
Código: LMB-MI-32	
CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
Elaborado por: Darío Alexander Reinoso Nicolalde	Revisión No. 1
Aprobado por: Ing. Pablo Espinel	Fecha: Octubre 2014
I. Objetivo Indicar los procedimientos que se deben seguir para dar el mantenimiento respectivo al Case de la sección de escape del motor PT6A-25.	
II. Manual de mantenimiento 1. Alcance: Docentes, técnicos y estudiantes capacitados. 2. Procedimiento: El siguiente mantenimiento debe ser realizado por el personal que utilice el componente:	

2.1 Trimestral

- Eliminar todo tipo de depósitos de suciedad de la superficie exterior e interior del ducto de escape con un paño y agua limpia.
- Secar con aire comprimido, limpio y seco.
- Limpie la superficie si se evidencia algún tipo de corrosión acumulada con un cepillo metálico.

2.2 Semestral

- Examinar la condición de la superficie exterior por pandeo, ondulación o distorsión alguna.
- Verificar puntos de suelda y condición de los pernos por corrosión.
- Inspeccionar la pintura y corrosión en toda la estructura.
- Examinar la condición de la superficie exterior por pandeo, ondulación o distorsión alguna.
- Comprobar la integridad de la estructura interna a través de los puertos de escape.



2.3 Anual

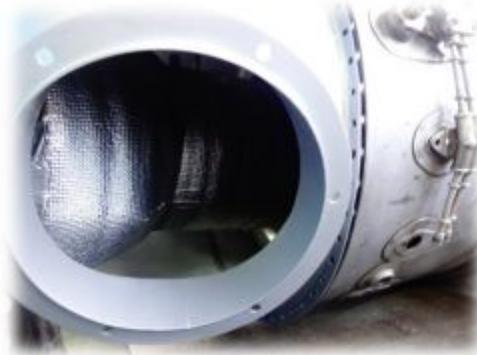
- Inspeccionar la superficie exterior sobre todo en las proximidades de los Bordes A y C por agrietamiento en la piel del metal, en las soldaduras o en los orificios de los pernos.



- Inspeccionar los bordes del Case de escape por agrietamiento.
(Las grietas que no excedan 0.500 de pulgada de largo y que no progresen en el punto de soldadura, o grietas en una dirección tangencial que no excedan 1.000 pulgadas de largo son aceptables siempre y cuando sean detenidas perforando con un taladro de 1/16 (0.0625) de pulgada).



- Usando la iluminación adecuada, examinar la estructura interna en la medida de lo posible en busca de grietas y distorsiones.



- Considerar lo siguiente para asegurar la vida útil del Case de la sección de escape:

- ✓ No exista más de 3 grietas.
- ✓ La longitud total de todas las grietas no exceda 2 pulgadas.
- ✓ Ninguna grieta supere 1 pulgada.
- ✓ Cuando hay 2 o 3 grietas, deben estar separadas por un mínimo de 6 veces la longitud de la grieta más larga o 3 pulgadas, o lo que sea mayor.

Si se presenta lo anterior mencionado, la remoción del Case de la sección de escape es necesaria para su soldadura.

3.5.3 Manual de Seguridad

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
	Código: LMB-MI-32
Manual de Seguridad	
CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS	
Elaborado por: Darío Alexander Reinoso Nicolalde	Revisión No. 1
Aprobado por: Ing. Pablo Espinel	Fecha: Octubre 2014
<p>I. Objetivo</p> <p>Indicar los procedimientos de seguridad que se deben seguir para operar y realizar el proceso de desmontaje del Case de la sección de escape.</p>	
<p>II. Manual de seguridad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utilizar ropa de trabajo adecuada: overol, botas punta de acero, guantes, gafas de protección. - El personal capacitado, obligatoriamente debe hacer uso del Manual de operación para realizar el desmontaje del Case de la sección de escape. 	

- Obedecer las indicaciones de la persona a cargo: Docentes y técnicos.
- Utilizar las herramientas de forma segura y adecuada para prevenir daños personales y al Case de la sección de escape.
- El área donde se va realizar el desmontaje debe estar libre de obstáculos para evitar percances personales.



3.5.4 Descripción de procedimientos nuevos

El único procedimiento nuevo que debería considerarse por realizar en este componente a futuro para mantenerlo de la mejor manera en lo que se refiere a su aspecto estético así como para protegerlo sobre el tema de la corrosión sería como recomendación aplicar de una a dos capas de pintura aluminio sintético una vez al año. Para llevar a cabo esta tarea es necesario contar con:

- ½ Litro de pintura aluminio sintético
- ½ Galón de thinner
- 1 pistola neumática para pintar
- Equipo de protección personal

Antes de todo, se debe tomar muy en cuenta al realizar esta tarea hacerlo con todas las medidas de seguridad como son el uso de overol, guantes, mascarilla respiratoria y trabajar en espacios abiertos o con buena ventilación.

Con todas las medidas de seguridad tomadas, mezclar la pintura con el thinner (una parte de thinner por dos partes de pintura) y poner en la pistola neumática. Y conectando la pistola a una toma neumática empezar a pintar el componente, como recomendación dar de una a dos capas percatándose que el componente quede pintado uniformemente. Finalmente dejar secar la pintura lo necesario (mínimo tres horas).

3.6 ESTUDIO ECONÓMICO

Una vez que se ha finalizado este proyecto es necesario realizar un estudio económico minucioso de todos los gastos hechos durante el desarrollo de la construcción e implementación del Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías, hasta cumplir con el objetivo de culminar de la mejor manera esta tesis. Para una mejor comprensión del detalle del rubro total se dividió en varias tablas tanto para el proceso de construcción, de implementación, y sin olvidar gastos varios; donde se especifican todos los costos de los materiales, accesorios y demás materiales que se necesitaron para realizar el proyecto.

3.6.1 Estudio económico de construcción

Para la construcción del Case de la sección de escape y de su Insulation blanket para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la UGT existieron los siguientes gastos que se detallan a continuación. Así en el presente rubro se da conocer los materiales utilizados para la construcción del case de la sección de escape del motor PT6A-25 de la institución.

Tabla 3.6 Estudio económico de construcción

ESTUDIO ECONOMICO DE COSTRUCCIÓN					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	1	EA	Lámina de acero de 1/16" de 2x1.5 mts.	90.00	105.00
2	1	EA	Lámina de acero agujerado de 1/16" con diámetro en los agujeros de 1/8", de 1 mtr2	40.00	40.00
3	1	MTR	Platina de acero de 1/2"X1/8"	20.00	20.00
4	2	MTR2	Manta de aislación térmica	3.60	7.20

Continúa 

5	2	EA	Discos de corte para amoladora eléctrica	0.86	1.63
6	10	EA	Discos de corte para amoladora neumática	0.47	4.70
7	1	EA	Disco de desbaste para amoladora neumática	1.14	1.14
8	5	EA	Brocas N°.10	0.83	4.15
9	2	EA	Brocas N°.20	1.45	2.90
10	2	KG	Masilla polyfill	5.42	10.85
11	½	LTR	Fondo automotriz gris	6.50	6.50
12	½	LTR	Pintura color aluminio sintético	7.50	7.50
13	½	GAL	Thinner	2.00	2.00
14	5	EA	Lijas N°.80	0.27	1.28
15	5	EA	Lijas N°.240	0.24	1.14
16	1	EA	Tubo de silicona color aluminio	3.90	3.90
17	1	EA	Rollo de cinta de aluminio	4.25	4.25
TOTAL					224.14

3.6.2 Estudio económico de implementación

Aquí se especifican y detallan todos los costos de los accesorios que necesita el Case de la sección de escape y de su Insulation blanket para ser implementado en el motor PT6A-25 de la institución.

Tabla 3.7 Estudio económico de instalación

ESTUDIO ECONOMICO DE INSTALACIÓN					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	40	EA	Pernos hexagonales de acero inoxidable 5x16 mm	0.070	2.80
2	70	EA	Pernos hexagonales de acero inoxidable 5x20 mm	0.070	4.90

Continúa 

3	110	EA	Tuercas hexagonales de paso normal de acero inoxidable 5x0.80 mm	0.067	0.74
4	40	EA	Arandelas de presión de acero inoxidable 5 mm	0.01	0.40
TOTAL					8.84

3.6.3 Estudio económico varios

En este estudio económico se explican los gastos varios de todos los aspectos secundarios necesarios referentes al desarrollo y culminación del proyecto tanto práctico como escrito, incluyendo los honorarios cancelados a los dos técnicos que colaboraron con la elaboración práctica de este proyecto.

Tabla 3.8 Estudio económico varios

ESTUDIO ECONOMICO VARIOS					
ITEM	QTY	UNIT	DETALLE	VALOR UNIT	VALOR TOTAL
1	1	CARRERA	Traslado del motor desde la UGT al CEMA	20.00	20.00
2	1	CARRERA	Traslado del motor desde el CEMA a la UGT	20.00	20.00
3	1	RESMA (500 hojas)	Impresiones	0.10	50.00
4	1	HONORARIO	Pago al técnico especialista de soldadura aeronáutica	80.00	80.00
5	1	HONORARIO	Pago al técnico especialista en pintura aeronáutica	30.00	30.00
TOTAL					200.00

3.6.4 Estudio económico total

En la tabla siguiente se explica el costo total del proyecto que incluye a los valores del estudio económico de construcción, implementación, y sumado el de los rubros varios.

Tabla 3.9 Estudio económico total

ESTUDIO ECONOMICO TOTAL		
ITEM	DETALLE	VALOR TOTAL
1	Estudio económico de construcción	224.14
2	Estudio económico de instalación	8.84
3	Estudio económico varios	200.00
COSTO TOTAL		432.98

Una vez realizado todo el estudio económico del proyecto, el costo total del mismo fue de cuatrocientos treinta y dos dólares americanos con noventa y ocho centavos (\$ 432.98).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

1. La construcción del Case de la sección de escape para el motor PT6A-25 ubicado en el taller de motores de la Unidad de Gestión de Tecnologías, a más de dar una visión real de cómo está constituido este motor permite entender la gran importancia que tiene este componente dejando a un lado su función principal, la de expulsar los gases producidos por el motor al ambiente, y centrándose en que esta parte cumple la gran tarea y es la encargada de juntar al motor con la caja de reducción y así formar al conjunto mayor, el motor.
2. En general la información que se encuentra en manuales, textos e internet a más de servir como instrucción, es un punto de partida para aprender, conocer y en base a conocimientos adquiridos diseñar y construir cualquier elemento que se nos proponga, siempre y cuando se cuente con los medios necesarios para realizar dicho proceso.
3. A partir de las medidas tomadas del motor PT6A-27 perteneciente a la FAE se logró realizar el diseño y por ende llevar a cabo la construcción del Case de la sección de escape beneficiando así al motor PT6A-25 de la Institución.
4. Debido a que el Case de la sección de escape servirá como material didáctico, no fue necesario construirlo con el material original de acuerdo a lo escrito en el manual de mantenimiento, así que se buscó otras

alternativas de materiales mucho más económicos y sobre todo existentes en el mercado ecuatoriano.

5. Una vez que se ha determinado el material más idóneo para realizar la construcción del proyecto, es sumamente más fácil dirigirnos a lo que queremos adquirir.
6. Para la construcción del Case de la sección de escape fue más que necesario utilizar la soldadura TIG, misma que solo es operada por personal plenamente capacitado; por lo que el asesoramiento y sobre todo la ayuda de un técnico para operar esta soldadura fue más que obligatorio para la construcción del proyecto.
7. El objetivo de las pruebas es dar solución a las posibles fallas o percances que se presentaron a lo largo del proyecto, para así continuar con el desarrollo del mismo.
8. La implementación del Case de la sección de escape para formar el conjunto de la sección de escape mejoró no solo la estética del motor permitiendo juntarlo con la caja de reducción, sino también estoy seguro que mejorará el desarrollo de las clases prácticas, las mismas que serán más completas siendo un aporte como material didáctico para los docentes y estudiantes, y en sí facilitar el aprendizaje significativo deseado en el alumnado de esta Institución.
9. Para realizar una tarea aeronáutica cualquiera que sea esta, es vital en el ámbito aeronáutico seguir al pie de la letra lo que muestra el manual, es por esta razón que para el presente proyecto a más de servir como guía de mantenimiento el Manual de Mantenimiento (MM) y el Catálogo Ilustrado de Partes (IPC) del motor; el manual de mantenimiento, de operación y de

seguridad realizados en este proyecto de grado son una buena, confiable, certera y útil fuente de trabajo.

4.2 Recomendaciones

1. Programar e incluir en las tareas a realizarse para este motor el desmontaje, limpieza, inspección y montaje del Case de la sección de escape y del Insulation blanket durante las clases prácticas en el transcurso del semestre con el objetivo de afianzar el aprendizaje, generar nuevos conocimientos, valorar la importancia de estos componentes y desarrollar destrezas en el estudiantado.
2. Revisar a la par todos los manuales de aviación según el tema a investigar, y no conformarse solo con el manual de mantenimiento.
3. Tener mucho cuidado y evitar la pérdida de los componentes aeronáuticos, pues su diseño y medidas son demasiado exactas que dificultan realizar una réplica exacta de cualquier componente que sea este.
4. Para realizar un estudio de alternativas es recomendable guiarse con una persona de mayor experiencia como docentes y/o técnicos de aviación.
5. Antes de adquirir cualquier material que sea, debemos comparar calidad y precios; y mejor aún si nos asesoramos de una persona más entendida en el tema.
6. Para realizar cualquier trabajo, en este caso sobre la construcción de un componente, hacerlo en un lugar apropiado, con todas las medidas de seguridad, que cuente las herramientas necesarias y que las mismas estén disponibles.

7. Llevar un control o apuntes de todo el proceso y en especial de las diferentes pruebas que se realizaron a lo largo del proyecto.
8. Para instalar el Case de la sección de escape utilizar las herramientas apropiadas y evitar sustituir en especial llaves que no correspondan, así como tampoco sobre-torquear o no instalar todos los pernos, tuercas y arandelas necesarias del componente.
9. Formar una cultura en los estudiantes para que al momento de realizar cualquier tarea aeronáutica que sea esta, siempre estar guiados y apoyados en el manual de mantenimiento respectivo, de operación y de seguridad, así mismo fomentar el mantenimiento preventivo de todos los equipos y partes aeronáuticas que se encuentran en los talleres de motores de la UGT.

GLOSARIO

ABOLLADURAS: Depresión producida en una superficie a causa de un golpe o una presión.

AUTOMATIZACIÓN: Aplicación de las máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso o en una industria.

BORNE: Es cada una de las partes metálicas de una máquina o dispositivo eléctrico donde se produce la conexión con el circuito eléctrico exterior al mismo. Normalmente los bornes de una batería, motor o cualquier otro tipo de aparato eléctrico se conectan a través de terminales a los cables que sirven para su alimentación eléctrica.

BORÓSCOPO: También conocido como boroscopio, es un accesorio que se utiliza en las inspecciones visuales en las cuales no disponemos de un espacio físico a través del cual poder ver, lo cual nos obliga a utilizar un instrumento que tenga un tamaño reducido para acceder a través de los huecos, y que en algunos casos permita incluso el giro. Disponen de una fuente de iluminación que funciona por fibra óptica, lo cual asegura una correcta iluminación de toda la zona a inspeccionar incluso cuando se produce una rotación o giro de la cabeza del boroscopio.

CEMA: Centro de Mantenimiento Aeronáutico del Ecuador.

EPICICLOIDAL: Engranaje caracterizado por la presencia de ruedas dentadas cilíndricas o cónicas cuyos ejes, en lugar de ser fijos como en el caso de los mecanismos ordinarios, son móviles en el espacio.

FIABILIDAD: Se define como la probabilidad de que un mecanismo u objeto funcione adecuadamente durante un período determinado bajo condiciones

operativas específicas como por ejemplo, condiciones de presión, temperatura, fricción, velocidad, tensión o forma de una onda eléctrica, nivel de vibraciones.

FOD: En inglés Foreign Object Damage que se significa daños por objetos extraños.

FUNDENTE: Es un producto químico que se suele suministrar en forma de polvo, pasta o líquido, usado en proceso de soldar y en la fabricación de placas y otros componentes electrónicos. Sirve para aislar del contacto del aire, disolver y eliminar los óxidos que pueden formarse consiguiendo que el metal de aportación pueda fluir y se distribuya en la unión.

IPC: En inglés Catalog Illustred Parts que significa Catálogo Ilustrado de Partes

LINGOTE: Barra o trozo de metal en bruto, generalmente de hierro o de un metal noble, como el oro, la plata o el platino, y que mantiene la forma del molde donde se ha fundido.

MANTTO: Mantenimiento.

MTBO: En inglés Mean Time Before Outages que significa Tiempo Medio Antes de un Apagón.

OPACIDAD: Falta de transparencia para dejar pasar la luz que tiene un cuerpo.

OVERHAUL: Es una revisión general que consiste en el desarme, limpieza, inspección, reparación y ensayo de una aeronave, célula de aeronave, motor de aeronave, hélice, componente o accesorio, usando métodos, técnicas y prácticas aceptables para la autoridad aeronáutica (DGAC) de acuerdo con datos técnicos aprobados o aceptables para ésta (manuales del fabricante), desarrollados y documentados por titulares de certificado de tipo, certificado tipo suplementarios o de aprobaciones de fabricación de partes.

SHP: En inglés Shaft Horsepower que normalmente significa caballos de potencia o kilowatios que se mide por su potencia en eje en los motores turbohélice, al igual que los turboeje.

BIBLIOGRAFÍA

- Pratt & Whitney Canada Co., Maintenance Manual PT6A-27, 2010, Ottawa, Pratt & Whitney Co., Manual Part N°. 3013242, Capítulo 72-50-05, pp. 93-100
- Pratt & Whitney Canada Co., Illustrated Parts Catalog PT6A-65B/-65R/-65AR/-65AG, 2010, Ottawa, Pratt & Whitney Co., Manual Part N°. 3032844, Capítulo 72-10-00 al 72-50-05, pp. 192-193, 423-427

NETGRAFÍA

- www.acerosarequipa.com/hoja_de_especificaciones_acero (en línea)
- www.buenastareas.com/ensayos/DescripciC3B3MotorPt6A20/627968 (en línea)
- www.euravia.aero/engines/pt6a-25 (en línea)
- www.gloturbparts.com (en línea)
- www.pintulac.com.ec (en línea)
- www.pt6nation.com.ec (en línea)
- www.pwc.ca/en/engines/pt6a-25 (en línea)
- www.turbinestandard.com/es/pt6-service (en línea)

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Darío Alexander Reinoso Nicolalde

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

FECHA DE NACIMIENTO: 25 de febrero de 1993

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 172611011-5

TELÉFONOS: 022158103

CORREO ELECTRÓNICO: darito2@hotmail.es

DIRECCIÓN: Malchinguí, calle Pedro Moncayo y Jorge Hidalgo, cantón Pedro Moncayo, provincia Pichincha



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Escuela Fiscal Mixta "FICOA", Malchinguí, Pichincha, 2004

SECUNDARIA: Colegio Nacional "Guayllabamba", Título de Bachiller en la especialidad de Física-Matemáticas, Quito-Pichincha, 2010

SUPERIOR: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, Carrera Mecánica Aeronáutica mención Motores, Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Motores, Latacunga-Cotopaxi, 2013

TÍTULOS OBTENIDOS

Título de Primaria

Título de Bachiller en la Especialidad de Física-Matemáticas

Título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención Motores

Título de Suficiencia en Inglés

EXPERIENCIA PROFESIONAL O PRÁCTICAS PREPROFESIONALES

Empresa: AEROLANE S.A.

Ciudad: Tababela-Quito, Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre

Fecha inicio/término: Julio a septiembre de 2013

Empresa: DIAF-CEMA

Ciudad: Latacunga-Cotopaxi

Fecha inicio/término: Junio a julio de 2013

Empresa: Servicio Aéreo Agrícola AEROFAQ

Ciudad: Valencia-Los Ríos

Fecha inicio/término: Febrero a abril de 2013

Empresa: Fuerza Aérea, Ala de Transporte N° 11

Ciudad: Quito-Pichincha

Fecha inicio/término: Febrero a abril de 2012 y Julio a septiembre de 2012

CURSOS Y SEMINARIOS

CURSO EMPRESARIAL OCP ECUADOR S.A, Programa Nuestro País, 2008.

SUFICIENCIA EN INGLÉS, Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, 2013.

CURSO RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIAL AERONÁUTICO,
AEROLANE S.A., 2013.

EXPERIENCIA LABORAL

Empresa: AEROLANE S.A.

Cargo: Ayudante Técnico de Mantenimiento

Ciudad: Tababela-Quito, Aeropuerto Internacional Mariscal Sucre

Fecha inicio/término: Septiembre de 2013 a marzo de 2014

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

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

Darío Alexander Reinoso Nicolalde

DIRECTOR DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA

Ing. Lucía Guerrero

Latacunga, diciembre 11 del 2014

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, DARÍO ALEXANDER REINOSO NICOLALDE, Egresado de la carrera de Mecánica Aeronáutica mención Motores, en el año 2014, con Cédula de Ciudadanía N° 172611011-5, autor del Trabajo de Graduación CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL CASE DE LA SECCIÓN DE ESCAPE PARA EL MOTOR PT6A-25 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor de la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

Darío Alexander Reinoso Nicolalde

Latacunga, diciembre 11 del 2014