



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
AVIONES

TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN AVIONES

TEMA: “TRABAJOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE
LAS BISAGRAS (HINGE - FITTINGS) DEL ELEVADOR
HORIZONTAL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 CON
MATRÍCULA HC-BHD, EN EL CAMPUS DE LA UNIDAD DE
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - UNIVERSIDAD DE LAS
FUERZAS ARMADAS ESPE”

AUTOR: BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE

DIRECTOR: TLGO. ROLANDO SARMIENTO

LATACUNGA

2018



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**TRABAJOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS BISAGRAS (HINGE - FITTINGS) DEL ELEVADOR HORIZONTAL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 CON MATRÍCULA HC-BHD, EN EL CAMPUS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**” realizado por el señor **BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE** ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo que cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero del 2018

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Rolando Sarmiento', escrita sobre una línea horizontal.

Tlgo. Rolando Sarmiento
DIRECTOR



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE**, con la cedula de identidad N° **0605904515** declaro que este trabajo de titulación, “**TRABAJOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS BISAGRAS (HINGE - FITTINGS) DEL ELEVADOR HORIZONTAL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 CON MATRÍCULA HC-BHD, EN EL CAMPUS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en citas bibliográficas.

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

Latacunga, 23 de febrero del 2018

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE

C.I 0605904515



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar en la biblioteca Virtual de la Institución el presente trabajo de titulación **“TRABAJOS DE INSPECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS BISAGRAS (HINGE - FITTINGS) DEL ELEVADOR HORIZONTAL DEL AVIÓN FAIRCHILD FH-227 CON MATRÍCULA HC-BHD, EN EL CAMPUS DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS - UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad

Latacunga, 23 de febrero del 2018

Una firma manuscrita en tinta azul sobre una línea horizontal.

BRANDO JAVIER CAIZA FREIRE

C.I 0605904515

Dedicatoria

*A mi madre **Cecilia Freire**.*

*Sin ella no existirían estos textos,
sin ella no existiría mi pasión por la aeronáutica.*

Sin ella yo no existiría.

Brando Javier Caiza Freire

Agradecimiento

Quiero dar gracias, a todos los que han estado desde el día uno, me siento afortunado de poder decirlo, y convertir en letras para que puedan sentirlo, también doy gracias, por existir por sonreír y por celebrar que aún queda mucho por vivir.

Quiero dar gracias a unos padres bondadosos que me arroparon con besos Cecilia Freire y Oswaldo Caiza voy a hacerlos sentir orgullosos, a mis hermanos por su confianza y enseñarme que la base es el trabajo y la constancia, no los defraudare.

Gracias a mi Dios Jehová por no dejarme caer en la maldad ni en la ignorancia, por haber nacido en una tierra de luz y abundancia, por mis momentos de paz sin malas sorpresas, y por una cama y un plato lleno en mi mesa. A mis amigos Jonathan, y Galo, que fueron mi cobijo en esta selva, siempre habrá respeto y afecto siempre que ellos vuelvan.

*A la Familia **Caiza Alarcón** por su apoyo a lo largo de este proyecto.*

Quiero dar gracias por esos días constructores de carácter y por ser fuerte en esta lucha. Y por último quiero dar gracias a todas aquellas personas, ideas y sensaciones que, para bien o para mal, se cruzaron en mi vida y contribuyeron a hacerme como soy, como soy ahora.

Brando Javier Caiza Freire

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Portada.....	i
certificación.....	ii
autoría de responsabilidad.....	iii
autorización.....	iv
dedicatoria	v
agradecimiento	vi
índice de tablas.....	xi
índice de figuras.....	xi

CAPITULO I

EL TEMA

2.1 Antecedentes.....	1
2.2 Planteamiento del problema	3
2.3 Justificación e importancia	3
2.4 Objetivos.....	4
2.4.1 Objetivo general.....	4
2.4.2 Objetivos específicos	5
2.5 Alcance	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción	6
2.1.1 Descripción de la aeronave Fairchild FH – 227	6
2.1.2 Origen.....	6
2.1.3 Fabricación del FH-227	7
2.1.3.1 FH-227.....	9
2.1.3.2 FH-227B	9
2.1.3.3 FH-227D.....	9
2.1.3.4 FH-227C.....	9
2.1.4 Especificaciones del fabricante del Fairchild Hiller FH-227 D.....	10
2.2 Estructura de aviones.....	10
2.2.1 Estructura	15

2.2.2 Fuselaje	15
2.2.2.1 Fuselaje tipo armadura (truss).....	16
2.2.2.2 Fuselaje tipo monocasco	16
2.2.2.3 Fuselaje tipo semimonocoque	17
2.2.3 Alas	18
2.2.3.1 Largueros del ala.....	20
2.2.3.2 Costillas del ala	20
2.2.3.3 Piel del ala	21
2.2.4 Empenaje	22
2.2.5 Superficies de control de vuelo.....	24
2.2.6 Alerones	24
2.2.7 Rudder.....	25
2.2.8 Elevador	25
2.3 Tareas de Inspección y mantenimiento	26
2.3.1 Inspección	26
2.3.2 Inspección básica	28
2.3.3 Preparación	28
2.3.4 Bitácora de la aeronave.....	28
2.3.5 Lista de comprobación	29
2.3.6 Manuales de mantenimiento y publicaciones aeronáuticas.....	29
2.3.6.1 Boletines de servicio.....	30
2.3.6.2 Manual de mantenimiento.....	30
2.3.6.3 Manual de reparación mayor (overhaul).....	30
2.3.6.4 Manual de reparación estructural	31
2.3.6.5 Catalogo ilustrado de partes.....	31
2.3.6.6 Directivas de aeronavegabilidad.....	31
2.4 Inspecciones requeridas.....	32
2.4.1 Inspección de pre – vuelo.....	32
2.4.2 Inspección anual de 100 horas.....	33
2.4.3 Inspecciones progresivas	33
2.4.4 Inspecciones continuas.....	33
2.4.5 Inspecciones especiales.....	34

2.5 Inspección mediante ensayos no destructivos	34
2.5.1 Técnicas generales	35
2.5.2 Inspección visual	35
2.5.3 Boroscopio.....	36
2.5.4 Inspección mediante líquidos penetrantes	36
2.5.5 Inspección por Eddy Current	37
2.5.6 Inspección por ultrasonido.....	38
2.5.7 Inspección mediante partículas magnéticas	38
2.5.8 Inspección por rayos X	39
2.6 Limpieza y control de la corrosión en aeronaves.....	39
2.6.1 Definición.....	39
2.6.2 Tipos de corrosión	41
2.6.2.1 Ataque químico directo	42
2.6.2.2 Ataque electroquímico	43
2.6.3 Formas de corrosión.....	44
2.6.3.1 Corrosión superficial.....	44
2.6.3.2 Corrosión filiforme	45
2.6.3.3 Corrosión por materiales disimiles.....	45
2.6.3.4 Corrosión por celdas de concentración	46
2.6.3.5 Corrosión intergranular	47
2.6.3.6 Corrosión por picadura	48
2.6.3.7 Corrosión por tensiones.....	48
2.6.3.8 Corrosión microbiana	49
2.6.4 Causas que afectan la corrosión	50
2.6.4.1 Atmosfera	50
2.6.4.2 Presencia de materiales extraños	51
2.6.5 Prevención de la corrosión	51
2.6.6 Inspección en áreas susceptibles a la corrosión.....	52
2.6.7 Eliminación de la corrosión	54
2.6.8 Corrosión en diferentes materiales	54
2.6.8.1 Metales ferrosos	54
2.6.8.2 Aluminio y aleaciones de aluminio.....	55

2.6.8.3 Corrosión en aleaciones de magnesio	57
2.6.8.4 Corrosión en titanio y aleaciones.....	59
2.6.9 Límites de la corrosión.....	59

CAPÍTULO III

DESARROLLO

3.1 Preliminares.....	60
3.2 Bisagra del elevador.....	62
3.3 Componentes de la bisagra del elevador izquierdo y derecho	62
3.3.1 Soporte de la bisagra del elevador	62
3.3.2 Soporte de la bisagra del estabilizador.....	63
3.3.3 Elementos de sujeción de los soportes	63
3.3.4 Estado actual de las Bisagras del elevador	65
3.4 Inspección general.....	67
3.4.1 Limpieza	67
3.4.1.1 Remoción de tapas de acceso a las bisagras	68
3.4.1.2 Remoción de tuercas y pernos de las bisagras del elevador izq. y dcho.....	73
3.4.1.3 Limpieza de las bisagras	74
3.4.1.4 Ejecución Bisagra 1 izquierda	75
3.4.1.5 Ejecución Bisagra 2 izquierda	79
3.4.1.6 Ejecución Bisagra 1 derecha.....	80
3.4.1.7 Ejecución Bisagra 2 derecha	82
3.4.2 Remoción de la corrosión aleación de aluminio y acero.....	83
3.4.2.1 Bisagra 1 izquierda.....	85
3.4.2.2 Bisagra 2 izquierda.....	87
3.4.2.3 Bisagra 1 derecha	89
3.4.2.4 Bisagra 2 derecha	90
3.4.3 Tratamiento anticorrosivo	90
3.4.4 Inspección visual	92
3.4.4.1 Preparación para la inspección	92
3.4.4.2 Iluminación	92

3.4.4.3	Equipo utilizado en la inspección.....	94
3.4.4.4	Implementación	95
3.5	Instalación	99
3.5.1	Pernos de las bisagras	99
3.5.2	Tapa de revisión.....	99
3.6	Mantenimiento	100

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

4.1	Conclusiones	101
4.2	Recomendaciones.....	102
	GLOSARIO	103
	ABREVIATURAS	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	108
	ANEXOS.....	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Características generales FH – 227.....	10
Tabla 2	Denominación bisagra elevador izquierdo FH-227	69
Tabla 3	Denominación bisagra elevador izquierdo FH-227	69
Tabla 4	Propiedades solventes.....	75
Tabla 5	Papel abrasivo aluminio.....	84
Tabla 6	Procesos de tratamiento anticorrosivo.....	91
Tabla 7	Intensidad de la luz diurna bajo diversas condiciones	93
Tabla 8	Procesos inspección visual bisagra 1 izquierda.....	95
Tabla 9	Procesos inspección visual bisagra 2 izquierda.....	96
Tabla 10	Procesos inspección visual bisagra 1 derecha	97
Tabla 11	Procesos inspección visual bisagra 2 derecha	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Avión Fairchild FH – 227 Northeast Airlines	6
Figura 2	Planta de aviación de Fairchild ubicado en Jamaica 1941	7

Figura 3	Ozark Air Lines FH-227	7
Figura 4	Serie Fairchild Hiller - 227.....	8
Figura 5	Preciosa virada del FH227D FAU 570.....	10
Figura 6	George Cayley, replica voladora de su planeador de 1853	11
Figura 7	El primer mono ala del mundo por Louis Bleriot	12
Figura 8	El Junker J-1 construido todo en metal en 1910.....	12
Figura 9	El Havilland Mosquito	13
Figura 10	Cessna Citation Mustang jet fabricado en materiales compuesto	14
Figura 11	Partes principales de una aeronave	15
Figura 12	Fuselaje tipo truss, principales miembros estructurales.....	16
Figura 13	Construcción de un fuselaje tipo monocoque	17
Figura 14	Estructura semimonocoque	17
Figura 15	Superficie alar aeronave no tripulada	18
Figura 16	Tipos de diedros y tipos de alas	19
Figura 17	Formas de vigas usadas en largueros metálicos.....	20
Figura 18	Ejemplos de construcciones de costillas en madera	21
Figura 19	Borde de ataque forma de materiales compuestos y de aluminio	22
Figura 20	Estructura del empenaje	22
Figura 21	Componentes del empenaje	23
Figura 22	Estructura estabilizador vertical	23
Figura 23	Ejes de movimiento de una aeronave.....	24
Figura 24	Ubicación típicas de alerones	25
Figura 25	Elevador despues de ser removido avión Fairchild FH-227J.....	26
Figura 26	Inspección visual con herramientas de ayudas	27
Figura 27	Hidroavión.....	40
Figura 28	Ataque electroquímico	41
Figura 29	Corrosión superficial	44
Figura 30	Corrosión Filiforme.....	45
Figura 31	Corrosión por materiales disimiles	46
Figura 32	Corrosión por celdas de concentración.....	47
Figura 33	Corrosión por exfoliación	47
Figura 34	Corrosión por picadura	48

Figura 35 Corrosión por desgaste.....	49
Figura 36 Corrosión microbiana.....	50
Figura 37 Oxido	55
Figura 38 Comportamiento a la corrosión en aleación de Mg (AM50)	58
Figura 39 Dibujo conceptual del soporte de la bisagra del elevador.....	62
Figura 40 Dibujo conceptual del soporte de la bisagra del estabilizador	63
Figura 41 Dibujo conceptual elementos perno.....	64
Figura 42 Dibujo conceptual elementos de ajuste tuerca, cotter pin, arandela	64
Figura 43 Corrosión por oxidación perno, y tornillos de tapa de revisión....	65
Figura 44 Posible presencia de corrosión superficie, filiforme	66
Figura 45 Limpieza de las bisagras del elevador horizontal	68
Figura 46 Protección personal herramientas y equipo de apoyo	69
Figura 48 Bisagras elevador derecho	70
Figura 49 Bisagras del Elevador izquierdo y derecho.....	70
Figura 50 Control del elevador.....	71
Figura 51 Bisagras del elevador derecho	71
Figura 52 Tapas de revisión bisagras elevador derecho	72
Figura 53 Bisagras del elevador izquierdo y derecho	72
Figura 54 Bisagra 1 elevador izquierdo luego de ser removida el perno de sujeción.....	73
Figura 55 Perno de sujeción de la bisagra del elevador izquierdo.....	74
Figura 56 Bisagra 1 izq luego de limpieza con solvente no abrasivo.....	76
Figura 57 Área superior de la bisagra 1 izq. presencia de corrosión superficial.	76
Figura 58 Removedor de pintura	77
Figura 59 Área superior bisagra 1 izq., después de la aplicación del removedor de pintura.....	77
Figura 60 Soporte de la bisagra 1 izq. del estabilizador	78
Figura 61 Bisagra 2 izq., enmascarada	79
Figura 62 bisagra 2 izq después de la limpieza	80
Figura 63 Bisagra 1 derecha, antes de la limpieza y remoción de pintura..	80

Figura 64	Solvente de limpieza Orange	81
Figura 65	Bisagra 2 derecha antes de la limpieza y remoción de la pintura	82
Figura 66	Fibra y cepillo para limpieza	82
Figura 67	Bisagra 2 derecha después de la limpieza	83
Figura 68	Papel abrasivo grano 180 – 400	84
Figura 69	Atomizador conteniendo MEK	85
Figura 70	Tapa de revisión bisagra 1 izquierda	85
Figura 71	Tapa de revisión bisagra 1 izquierda	85
Figura 72	Perno bisagra 1 antes y después de la limpieza de oxidación....	86
Figura 73	Tapa de revisión bisagra 2 izquierda	87
Figura 74	Tapa de revisión bisagra 1 izquierda	88
Figura 75	Perno de sujeción de la bisagra 2 izquierda	88
Figura 76	Tapa de revisión Bisagra 1 derecha	89
Figura 77	Tapa de revisión bisagra 1 derecha.....	89
Figura 78	Tapa de la bisagra 2 derecha antes y después	90
Figura 79	Aplicación de alodine 1200 a la superficie de aluminio.....	91
Figura 80	Tapa de acceso aplicación de Alodine 1200.....	92
Figura 81	Espejo y magnificado 5x	94
Figura 82	Bisagra 2 derecha instalación de tapa de acceso completa	99
Figura 83	Lubricante (grasa) MIL-G-23827.....	100

Resumen

El presente proyecto tiene como finalidad, mantener al avión escuela Fairchild FH-227 específicamente al mecanismo de movimiento identificado como “Bisagra del Elevador Horizontal” en un estado de aeronavegabilidad. La realización de los diferentes objetivos del proyecto están sustentados en publicaciones realizadas por el fabricante como el manual de mantenimiento y manual de reparaciones estructurales de la aeronave Fairchild FH-227, así como también en publicaciones emitidas por la Administración Federal de Aviación (FAA), pudiendo utilizar técnicas e instrumentos de manera correcta. Las tareas de inspección, conservación y reparación realizadas en las bisagras del elevador horizontal del avión escuela, son tareas de mantenimiento que permiten a este mecanismo, desempeñar sus funciones en condiciones seguras para los diferentes procedimientos realizados por los estudiantes y docentes de la carrera de Mecánica Aeronáutica. De esta manera, se cumplió con el programa de mantenimiento emitido por el fabricante Fairchild, además de haber aplicado métodos de ensayos no destructivos como una inspección visual de nivel dos, que a través de la recolección de diferentes características del componente se concluye que el elemento de movimiento del elevador se encuentra en buen estado y correcto funcionamiento.

PALABRAS CLAVES:

- **MANTENIMIENTO**
- **INSPECCIÓN**
- **REPARACIÓN**
- **AERONAVEGABILIDAD**

Abstract

The present project has as objective, to keep the school aircraft Fairchild FH-227 specifically to the motion mechanism identified as “Horizontal Elevator Hinge” in a state of airworthiness. The accomplishment of the different aims stipulated in this project are based upon publications made by the manufacturer, such as the aircraft maintenance manual (AMM), the structural repair manual (SRM) of the school aircraft Fairchild FH-227, and the publications issued by the Federal Aviation Administration (FAA), being able to use techniques and instruments correctly. The inspection, jobs conservation and repair accomplished in the Horizontal Elevator Hinges of the school aircraft, maintenance jobs that permit to this mechanism to perform its functions in safe conditions for the different procedures accomplished by students and teachers of the Aeronautical Mechanic career. In this way, the maintenance program issued by the manufacturer Fairchild was fulfilled, besides non-destructive testing methods have been applied, like a visual inspection of second level that through the collection of different characteristics of the component it is concluded that the movement element of the elevator it is in good condition and correct operation.

KEYWORDS:

- **MAINTENANCE**
- **INSPECTION**
- **REPAIR**
- **AIRWORTHINESS**



Checked by: Lic. Yolanda Santos Enríquez

ENGLISH TEACHER UGT

CAPITULO I

EL TEMA

“Trabajos de inspección y mantenimiento de las bisagras (hinge - fittings) del elevador horizontal del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, en el campus de la Unidad de Gestión de Tecnologías - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.

2.1 Antecedentes

Con la misión de obtener una educación de calidad y derecho para todos los Ecuatorianos según la Constitución política del Ecuador basándose en, estándares de gestión educativa, estándares de desempeño profesional, estándares de aprendizajes y estándares de infraestructura, la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE ha priorizado la educación práctica de sus alumnos, esto a través de la infraestructura y el talento humano correcto.

Contando con laboratorios con tecnología de vanguardia para la Industria Aeronáutica, en busca de la excelencia académica además cuenta en sus instalaciones con un avión escuela Fairchild FH-227 que fue donado a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE con fines educativos, dicha aeronave se encontraba en la Base Aérea Ala de Transportes N°11, de la ciudad de Quito el mismo que ha servido para dar la oportunidad al estudiante de adquirir conocimientos tangibles de manera práctica.

A partir de aquella adquisición muchos años han pasado, en el que el avión escuela ha residido en un solo lugar, donde se puede describir como una zona expuesta al clima, como cambio de temperatura, presencia de agua y suciedad. Factores que dan lugar para el deterioro de los materiales expuesto a ellos, por lo que explotadores aéreos optan por dotar de un lugar cerrado como un hangar, que cuentan con todas las medidas de seguridad. Cumpliendo los estándares internacionales con los diferentes programas y trabajos de mantenimiento emitidas por el fabricante o Autoridad Aeronáutica,

este no es el caso del avión Fairchild FH-227 el cual no ha tenido el debido mantenimiento por lo que esto ha contribuido al deterioro de elementos importantes en la estructura, y en mayor parte en las articulaciones de las superficies de control de vuelo.

Los controles de vuelo que son superficies aerodinámicas que con su movimiento permite a la aeronave realizar las maniobras de acuerdo a los requerimientos de vuelo y operación estas partes se encontraría en constante movimiento y lubricación por lo cual ayudaría a que la parte se mantenga en un buen estado. Las condiciones cambian para el avión Fairchild FH-227, ya que este no se encuentra en operación, esto debido que se está en una plataforma para el estudio, por la misma razón los controles de vuelo prácticamente se encuentran estáticos y sin las tareas de mantenimiento adecuadas como la lubricación, esto se da por diferentes razones como la falta de equipos e infraestructura adecuada además de los recursos económicos y humanos necesarios para poder realizar estas labores.

Este el caso los diferentes componentes del Elevador Horizontal derecho e izquierdo, como las bisagras (hinges), son afectados por todas las condiciones antes mencionados, y sin los adecuados trabajos de mantenimiento, esto por su ubicación que es de difícil acceso requiriendo equipos de apoyo especiales (escalera móvil) que en la actualidad la UGT-ESPE no cuenta, con estos equipos de apoyo para un correcto proceder cuidando la integridad del personal como de la parte.

Razón suficiente por la que este componente necesita de las siguientes tareas como: limpieza, inspección visual y tareas de mantenimiento preventivo y correctivo. El cumplimiento de estas tareas en un componente debe realizarse para asegurar que la parte se encuentre en buen estado funcional.

Los trabajos de mantenimiento que se le prestara al Elevador Horizontal se la realizasen con el fin de obtener un componente en adecuadas condiciones, para el estudio practico de los estudiantes de Mecánica Aeronáutica de la UGT – ESPE, por lo cual se realizara trabajos tanto

correctivos como preventivos para asegurar un correcto mantenimiento de la parte y funcionalidad, de esta manera tener un material de educación que fortalezca al conocimiento del futuro profesional.

2.2 Planteamiento del problema

Para la formación integral de los estudiantes de la UGT-ESPE, se realizó la donación de un avión escuela Fairchild FH-227. Muchos años han pasado, en el que esta aeronave, ha residido en un solo lugar donde sus diferentes componentes móviles, como los controles de vuelo, específicamente el elevador horizontal, ha permanecido inmóvil, sin un correcto mantenimiento y expuesto a los diferentes cambios climáticos.

El elevador del FH-227, es una parte móvil, que está sometida a la presencia de lluvia, temperaturas altas y bajas, y presencia de suciedad tal como arena, basuras pequeñas o Foreign Object Damage (FOD), sin tener el debido mantenimiento por su ubicación que es de difícil acceso, requiriendo equipos de apoyo especiales (plataforma móvil), lo cual ha aportado al daño de partes importantes, de este control de vuelo, afectan directamente a las zonas expuestas a los diferentes agentes que causan un deterioro progresivo en el material.

Elevador Horizontal continuara con el proceso de deterioro ya iniciado que a corto plazo tendremos una parte con una clasificación de daño de reemplazo de componente, siendo esta una reparación complicada, extensa y de altos recursos económicos, esto podría acontecer si no se procede inmediatamente con las debidas tareas de manutención del elemento.

2.3 Justificación e importancia

Las tareas de inspección y mantenimiento que se lleva a cabo en la aeronave FH – 227 es con el objetivo de dar cumplimiento a los requerimientos mínimos estipulados por el fabricante y publicados en el manual de mantenimiento, tomando en cuenta que al ejecutar esta labor de

manutención de la parte, permitirá tener como prioridad el cuidado de la integridad física de todas las personas que harán uso del avión escuela, además de tener en conjunto una aeronave en correcto funcionamiento, que permitirá a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE, impartir una educación de calidad.

El cumplimiento de las diferentes tareas emitidas por el fabricante hacia el elevador horizontal de la aeronave FH - 227, prevendrá fallas de funcionamiento estas tareas que se prestaran a sus diferentes componentes internos como las bisagras (hinge) se la realizar con el fin de obtener un componente en adecuadas condiciones salvaguardando la integridad tanto del personal (estudiantes, profesores, etc.,) como de la parte, asegurando de esta manera un correcto funcionamiento con las adecuadas medidas de seguridad y equipos de apoyo los cuales contribuirán al conocimiento de los estudiantes de mecánica aeronáutica de la UGT - ESPE.

La UGT-ESPE obtuvo la donación del avión FAIRCHILD FH-227 con el objetivo de beneficiar a los estudiantes quienes adquirieran conocimientos mucho más amplios y claro de la aeronáutica. Para poder seguir impartiendo una educación de calidad y cuidar la integridad física tanto de los estudiantes y docentes, como de la parte, es necesario mantener los equipos de estudio prácticos, como el avión escuela en buenas condiciones, razón suficiente para realizar mantenimiento, a los diferentes elementos que no han recibido los adecuados trabajos preventivos, esto por su ubicación que es de difícil acceso requiriendo equipos de apoyo especiales (plataforma móvil).

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo general

Realizar los trabajos de Inspección, mantenimiento correctivo y preventivo de las bisagras (hinge) del elevador horizontal del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, mediante la recolección de información, herramientas y procesos técnicos, en las instalaciones de la UGT - ESPE.

2.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar información técnica relevante, mediante el uso de los diferentes manuales emitidos por el fabricante como el manual de mantenimiento y manual de overhaul (reemplazo general) y publicaciones aeronáuticas emitidas por La Administración Federal de Aviación (FAA).
- Inspeccionar el estado actual de las cuatro bisagras pertenecientes al elevador izquierdo y derecho de la aeronave Fairchild FH-227, ubicado en la UGT – ESPE, según el manual de mantenimiento y publicaciones emitidas por la autoridad aeronáutica.
- Realizar la implementación de equipos de apoyo (escalera móvil), que nos permitan acceder a áreas ubicados en el elevador horizontal izquierda. y derecha.

2.5 Alcance

El presente trabajo de investigación pretende ofrecer beneficios a la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE para mantener los estándares de calidad de educación para los estudiantes de la Mecánica Aeronáutica, además de tener una parte en un adecuado funcionamiento, con las diferentes tareas preventivas y correctivas en las bisagras del elevador horizontal.

Además manteniendo en general de los controles de vuelo (elevador horizontal), en correcto funcionamiento, salvaguardando la integridad del personal (estudiantes, profesores, etc.), como la aeronave Fairchild FH-227 que sirve como avión escuela para la educación académica a los estudiantes e instructores de la Carrera de Mecánica Aeronáutica tanto en su formación teórica-práctica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción

2.1.1 Descripción de la aeronave Fairchild FH – 227

Fairchild Aircraft Ltd. Fue un constructor de aviones activa en Longueil, Quebec, Canadá, en el período 1920 – 1950. Ofreció como una filial de la Fairchild Aircraft sociedad de los Estados Unidos. El Fairchild Hiller FH-227, eran unos derivados de la aeronave civil holandesa Fokker F-27.



Figura 1 Avión Fairchild FH – 227 Northeast Airlines

Fuente: (edcoatescollection, 2005)

2.1.2 Origen

Fairchild Aircraft Ltd. se constituyó en efecto de las actividades de aviación con la Asociación Protectora del Valle de St. Maurice en 1919 hasta 1929, Fairchild Aircraft Ltd. actuó exclusivamente como una organización de servicio a la cartografía, la topografía, detección de incendios y reforestación. No es hasta abril de 1952 en los Países Bajos que llegaron a la consumación de un acuerdo con Fairchild, para la elaboración del Friendship F-27, en fase de desarrollo en Holanda. Fairchild se convirtió en responsable de la fabricación y comercialización, en Norte América de la serie F-27.

Cuando Fokker desarrolló una versión diferente conocido como el F-27 Mc 500, Fairchild resolvió construir y diseñar su propia versión con un fuselaje diferente de tamaño más alargado y este fue identificado como el Fairchild Hiller FH – 227.



Figura 2 Planta de aviación de Fairchild ubicado en Jamaica 1941

Fuente: (Fairchild Aviation, 2002)

2.1.3 Fabricación del FH-227

En 1964 la Corporación Fairchild Hiller, realizó sus propios estudios para el desarrollo de su nueva aeronave, cambiando el nombre designado para los aviones que serían producidos en el futuro, que vendrían a denominarse FH-227, con una capacidad de mayor rango en lo que se refiere a pasajeros, pero siempre utilizando como cimientos de su desarrollo al Fokker F-27 con una planta motriz Rolls-Royce Dart.



Figura 3 Ozark Air Lines FH-227

Fuente: (planespotters, 2005)

Las tareas con las que se empezó en el diseño y posterior construcción fueron, con un alargamiento de la estructura del fuselaje, aumentando de esta manera una sección delante de la superficie alar, dando un crecimiento longitudinalmente de 1.98 m.

El nuevo diseño de la aeronave FH-227 permitió aumentar su capacidad de 40 a 52 pasajeros. Los cambios que se realizaron eran notorios, tanto interiormente como exteriormente, al aumentar la capacidad de pasajeros, también significaría un cambio en su longitud y en su diseño exterior de la aeronave, modificando de esta manera de diez ventanillas de forma ovalada a doce de las mismas en el nuevo FH-227.

Las primeras aeronaves fueron motorizadas con Dart 532-7, que eran la misma planta motriz del F-27J. La misión y visión de la corporación Fairchild Hiller era desarrollar una aeronave la cual fuera económicamente rentable, fiable y de una sencilla operación para las compañías aéreas de la región. Los diferentes estudios de la situación del mercado que se realizó, le dieron la seguridad que necesitaba para emprender el desarrollo de la aeronave, y fue cuestión de tiempo para que el registro de pedidos, estuviera en 46 aviones completamente nuevos.

El primer sobre vuelo de esta aeronave fue un 27 de enero de 1966, también recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año, ya inicios del mes de julio, se entregaría la primera aeronave a Aerolínea Mohawk.



Figura 4 Serie Fairchild Hiller - 227

Fuente: (aviationphotocompany, 2003)

La mencionada aerolínea había colaborado durante todo el desarrollo del FH-227 teniendo personal técnico en la fábrica de producción de Hagerstown, en 1967 la Aerolínea Piedmont recibió su primer avión el 15 de marzo.

2.1.3.1 FH-227

Este modelo inicialmente, contaba de una planta motorizada Dart 7 Mk 532-7 de 2 250 CV este tipo de motor tenían un engranaje reductor (reduction gear) de 0.093:1 y además con un peso máximo en despegue de 19 730 kg (43 500 lbs).

2.1.3.2 FH-227B

Esta versión fue de mayor peso, pedida por Piedmont Airlines en abril de 1966 y que entrará en servicio en marzo de 1967. Contaba con una planta motriz Dart Mk 532-7L de 2 250 CV, y el avión fue equipado con hélices de mayor diámetro.

2.1.3.3 FH-227D

Este modelo fue de diseñado para pasajeros y también carga. Proveída con frenos mejorados ABS y sistema de flaps con posiciones intermedias para el despegue. Motores Dart 7 532-7C o Dart 7 Mk 532-7L de 2 300 cv y reducción de 0.093:1. Peso máximo al despegue de 20 640 kg (45 500 lbs).

2.1.3.4 FH-227C

Esencialmente un FH-227 con las hélices del FH-227B. Teniendo el mismo peso máximo al despegue y motorización mientras que el FH-227E transformado en FH-227D. Contando con motores Dart 7 Mk 532-7L de 2 300 CV. Y su peso máximo al despegue de 19 730 kg (43 500 lbs).

2.1.4 Especificaciones del fabricante del Fairchild Hiller FH-227 D



Figura 5 Preciosa virada del FH227D FAU 570

Fuente: (Nelson y Jorge Boubeta, 1997)

Tabla 1 Características generales FH – 227

Características generales Fairchild Hiller FH-227 D	
Origen	Fairchild-Hiller Corporation
Planta motriz	Dos turbohélices Rolls-Royce Dart 532-7L de 2 300 CV
Dimensiones	Envergadura 29m, Longitud 25.5 m Altura 8.4m
Peso	Vacío 18 600 kg, Max de despegue 20 640 kg
Prestaciones	V máx. 478km/h, Vc 407 km/h, techo máx. 2 661 km
Tripulación	3
Pasajeros	48 – 52

Fuente: Airliner World, marzo de 2002

2.2 Estructura de aviones

Una rápida reseña de la estructura de una aeronave y la evolución de los diferentes procesos como sus materiales utilizados en la fabricación de una aeronave, dirigen hacia su desarrollo desde los primeros aviones, quienes utilizaban estructuras de madera, hasta llegar a las complejas y sofisticadas maquinas voladoras del día de hoy, conjuntamente con el constante desarrollo de las plantas motrices, han sido pilar fundamental para el desarrollo

Con el descubrimiento de la fuerza de sustentación, así como de peso, empuje y resistencia se dio, pasó al desarrollo y fabricación de aeronaves de ala fija y rotaria, George Cayley fabrico un perfil aerodinámico con una curvatura eficiente a inicios de 1800. Dando paso a los planeadores tripulados, que fueron exitosamente puesto en vuelo en el mismo siglo. Además, fue uno de los pioneros en las superficies de control direccional de las aeronaves al incluir un timón vertical en sus planeadores exitosamente.

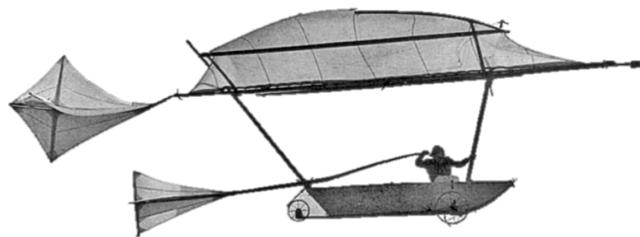


Figura 6 George Cayley, replica voladora de su planeador de 1853

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

El desarrollo de la aviación continuó implementando motores más pesados, del diseño de Wright. Los principales fabricantes e inventores iniciaron su propia construcción, de su en su aeronave, que estaban fabricados con características similares contruidos en tela, puntales de madera y alambres para la unión de los diferentes componentes de la estructura. Louis Bleriot fabrico con éxito una aeronave en 1909, con notables diferencias, esta constaba de una mono ala aunque, estaban sostenidas con cables hacia un mástil, por lo cual permitía elevarse a la aeronave con un solo conjunto de alas.

El desarrollo de motores más potentes obligo a tener estructuras más fuertes, por lo que se fabricó una aeronave con construcción metálica por el alemán Hugo Junkers, en 1910, debido a la disponibilidad de motores más potentes para impulsar a la aeronave hacia el cielo.

Este tipo de fabricación de aeronaves eliminaba el uso de alambres en su exterior, este fue el caso del J-1 que era un monoplano fabricado en metal. En el año de 1920, la construcción de aeronaves de metal iba en un significativo crecimiento, este tipo de fabricación permitía a estas aeronaves transportar carga y pasajeros.



Figura 7 El primer mono ala del mundo por Louis Blériot

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

Los primeros barcos volares los llamaban, por su diseño tipo casco proporcionado por la industria naval los mismos que diseñaron los planos para la construcción de fuselajes semi-monocoque, con esto predominaron los diseños más limpios.



Figura 8 El Junker J-1 construido todo en metal en 1910

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

La década de 1930, llegó y con ella aeronaves completamente construidas en metal incorporadas con motores ligeros y potentes, la Segunda Guerra Mundial, impulso el uso de aviones de metal, que además de una resistencia mayor que la madera, permitía volar a velocidades más altas, con alas más finas, pudiendo contener el combustible en el interior de ellas.

Siendo el primer avión en estructura compuesta el Havilland Mosquito, utilizando una estructura interna tipo sándwich con madera en la fabricación del fuselaje, además del desarrollo y posterior fabricación del radome de fibra de vidrio que también se lo realizó en este periodo.

La Segunda Guerra Mundial había concluido, pero ella había dejado grandes avances con el desarrollo de motores turbina, que permitían un vuelo a altitudes mayores, esto significaba también la necesidad de tener aviones presurizados, lo que conllevaba tener fuselajes resistentes para poder soportar la presurización y despresurización de estos.

La construcción de aviones de gran tamaño y grandes cargas había empezado, y la búsqueda de materiales resistentes, pero con poco peso, para lo cual se utilizó una novedosa estructura de materiales compuestos como lo es el nido de abeja en Boeing, el cual era muy eficiente en el ahorro de peso sin perder resistencia.



Figura 9 El Havilland Mosquito

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

Los diferentes componentes exteriores como ventanas, puertas, etc., fueron diseñados con forma redondeada para evitar grietas en sus esquinas. El exterior del fuselaje fue fabricado con aleaciones de aluminio que tenía alta resistencia con superficies más lisas, teniendo un alto rendimiento en vuelo. En el año de 1960, se desarrolló aviones con grandes dimensiones el cual permitía transportar mayor cantidad de pasajeros, con el avance de la tecnología el jumbo jet fue diseñado, posteriormente construido, este era en su mayoría aluminio, de un fuselaje tipo semimonocoque.

Las técnicas y la utilización de otros materiales más avanzados han resultado en un cambio progresivo del aluminio a la fibra de carbono con otros materiales fuertes y livianos. Los mismos que cumplen con los exigentes requisitos de la aviación actual, por lo que las aeronaves llevan más del 50% de materiales compuestos en su fabricación, con algunos avances como el Cessna Citation Mustang que en su totalidad es de fabricación al 100% de materiales compuestos, el avance de la tecnología y descubrimiento de nuevos materiales, las estructuras de aluminio se están convirtiendo en obsoletas como lo hicieron en su pasado los diferentes métodos de construcción utilizados por Cayley y Lilienthal y los hermanos Wright.



Figura 10 Cessna Citation Mustang jet fabricado en materiales compuesto

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.1 Estructura

La estructura de una aeronave lo conforma seis partes principales como: fuselaje, alas, motores, estabilizadores, superficies de control de vuelo y tren de aterrizaje. Los componentes estructurales de la aeronave en el pasado eran de madera y tela, actualmente esto ha cambiado por aleaciones de aluminio, titanio, acero, etc., también se fabrican componentes de materiales compuestos como de la fibra de aramida, carbono y de vidrio.

Los elementos estructuras del fuselaje son los larguerillo, largueros, mamparas entre otros. El principal elemento del ala es el larguero, mientras que la superficie del fuselaje puede estar fabricada en diferentes materiales desde materiales compuestos hasta aleaciones de aluminio, todos estos miembros estructurales unidos con remaches, pernos, tornillos y otros sujetadores.

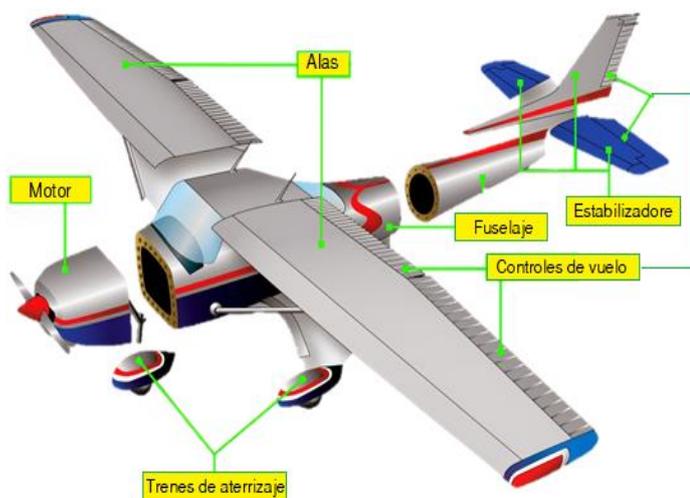


Figura 11 Partes principales de una aeronave

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.2 Fuselaje

Es una estructura principal y de gran dimensión en un avión, diseñado con el objetivo de proporcionar un espacio de alojamiento para pasajeros, tripulación, controles, accesorios, carga entre otros equipos.

Existen diferentes configuraciones de diseño del fuselaje puede alojar el motor como en aviones monomotor, mientras tanto en aeronaves multimotor se aloja en la estructura de las alas, teniendo dos principales diseños de construcción de fuselaje como el monocasco y armadura (truss).

2.2.2.1 Fuselaje tipo armadura (truss)

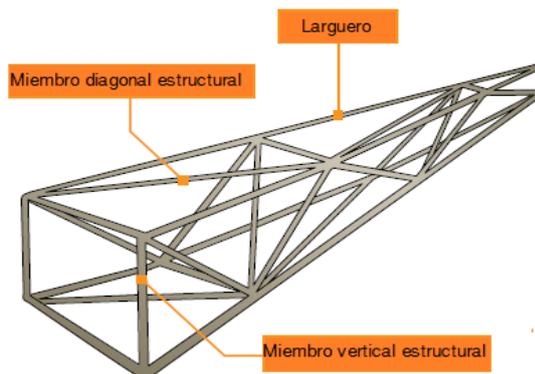


Figura 12 Fuselaje tipo truss, principales miembros estructurales

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

Este tipo de fuselaje se compone de vigas puntales y barras para resistir a las diferentes fuerzas que se aplican sobre este. Estos elementos estructurales están manufacturados en acero y fusionados mediante soldadura, para crear una estructura capaz de resistir las fuerza de tensión y compresión generas en los diferentes ciclos que tiene una aeronave en su operación diaria.

2.2.2.2 Fuselaje tipo monocasco

Este tipo de fuselaje depende en gran parte a su cubierta exterior ya que es de donde proviene su resistencia para resistir las cargas principales generadas en vuelo. Los fuselajes pueden estar divididos en dos clases:

- Monocasco
- Semimonocasco

Diferentes componentes del fuselaje pueden considerarse de cualquiera de los dos diseños, pero en la actualidad se utiliza más el diseño semimonocasco. Este tipo de diseño utiliza en su parte estructural formadores, mamparas, y un conjunto de marcos con el fin de dar su forma clásica redondeada al fuselaje.

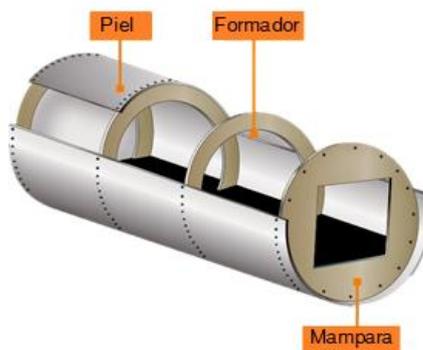


Figura 13 Construcción de un fuselaje tipo monocoque

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.2.3 Fuselaje tipo semimonocoque

El fuselaje monocoque tenía una gran debilidad en su resistencia relacionada directamente con el peso, para dar una solución se desarrolló la construcción de fuselaje tipo semimonocoque, que es similar al fuselaje monocoque teniendo para dar forma a su estructura con formadores, mamparas, marcos, largueros y larguerillos, teniendo como refuerzo en la piel los largueros que por lo general se extiende a través de los marcos ayudando a soportar a la piel

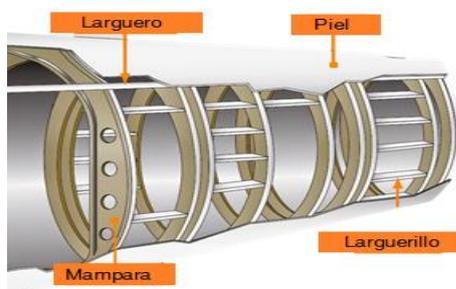


Figura 14 Estructura semimonocoque

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

Las cargas de flexión, básicamente estos miembros estructurales están fabricados en aleaciones de aluminio, los larguerillos también son más numerosos y ligeros que los largueros y están fabricados en aleación de aluminio, estos son utilizados para dar forma y soporte a la piel, mientras que los largueros y larguerillos soportan la tensión y compresión del fuselaje. Este tipo de fuselaje está fabricado principalmente en aleaciones de aluminio y magnesio, con una menor cantidad de elementos en acero y titanio en zonas que puede presentar altas temperaturas,

2.2.3 Alas

Las alas son superficies aerodinámicas que cuando estas se desplazan a través de un fluido como aire, por las diferencias de presiones, estas crean la sustentación y junto al empuje creado por los motores la aeronave puede volar. Las alas están construidas y diseñadas de diferentes formas y dimensiones, esto con el fin de proporcionar las características deseadas según su perfil de misión, siempre teniendo en cuenta la sustentación, estabilidad, y velocidad que son variables que afectan a la forma del ala.

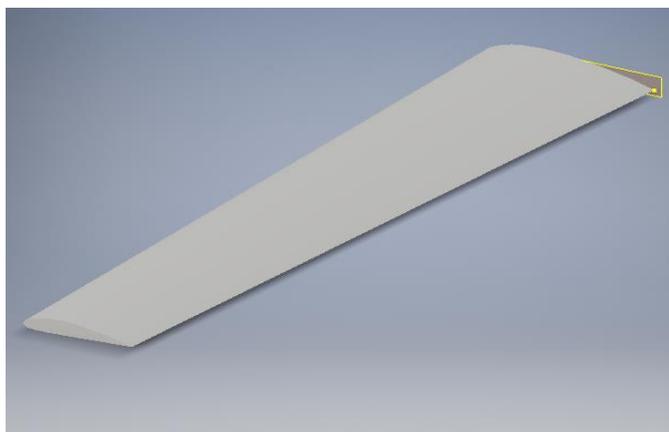


Figura 15 Superficie alar aeronave no tripulada

Tanto el borde de ataque, como el borde de salida pueden ser rectos o curvos, es común que la superficie alar tenga un estrechamiento según el diseño, esto con la finalidad de reducir la resistencia al avance, mientras que su extremo puede terminar en una forma redondeada, cuadrada o en punta.

Las alas pueden estar unidas al fuselaje por la parte inferior o superior, en la mitad del fuselaje, y pueden extenderse perpendicularmente a la llanura horizontal del fuselaje teniendo una inclinación ligera hacia arriba o abajo. Esto se lo conoce como el ángulo de diedro el cual afecta la estabilidad lateral de la aeronave en cada maniobra que esta realice.

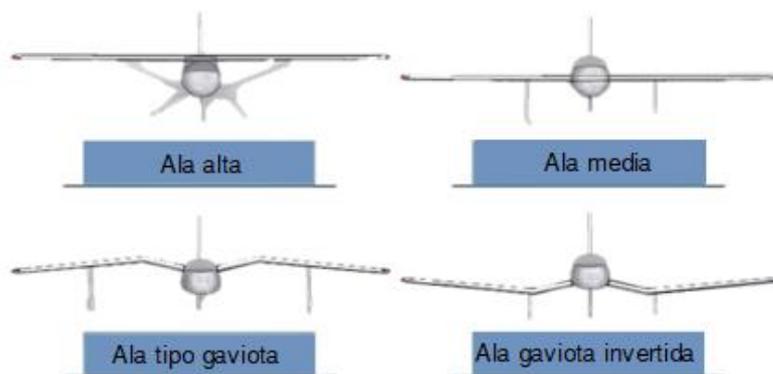


Figura 16 Tipos de diedros y tipos de alas

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

La estructura del ala en su interior, básicamente está compuesta por largueros, larguerillos y costillas, los mismos que se extienden transversalmente por las costillas, paralelos al borde delantero y posterior. Siendo el principal elemento estructural el larguero, los cuales soportan las cargas disipadas por el fuselaje, tren de aterrizaje y los motores, mientras tanto la piel que se encuentra sujeta a la estructura del ala, soporta una parte de las cargas producidas durante el vuelo, además de transferir las tensiones a los componentes próximos del ala, como las costillas, que a su vez transfieren esas fuerzas a los largueros. Básicamente las alas se basan en su estructura en tres diseños básicos como:

- Ala de un solo larguero (monospar)
- Ala de varios largueros (multispar)
- Viga de caja (box beam)

2.2.3.1 Largueros del ala

Estos son miembros principales en la estructura del ala, están dirigidos paralelamente al eje lateral de la aeronave, extendiéndose desde el fuselaje hasta la punta del ala, estos componentes pueden estar hechos de madera, metal o materiales compuestos, pueden variar su forma según sea su aplicación van desde sólidos, con forma de caja, parcialmente huecos o en forma de una viga, la mayoría de largueros son de una forma rectangular con una sección larga o delgada en su mitad. En la mayoría de aeronaves en la actualidad se tienen largueros de aluminio extruidos y unidos con remaches y juntas para formar la estructura del ala.



Figura 17 Formas de vigas usadas en largueros metálicos

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.3.2 Costillas del ala

Estos elementos que en combinación con largueros y larguerillos forma el marco del ala, que también son utilizados en alerones, elevadores, timones y estabilizadores, estos elementos se extienden desde el borde delantero hacia el borde posterior o de salida, sus dos objetivos principales es de dar forma al ala y transferir las fuerzas generadas en de la piel del ala, hacia los largueros de la misma, estos pueden estar fabricados en madera o metal.

Las costillas pueden tener diferentes ubicaciones, como las que se localizan en la parte del borde de ataque que son denominadas costillas

falsas, las cuales proporcionan forma a esta área, además tenemos costillas de mampara o presión que son ubicadas en el extremo de la unión con el fuselaje la cual reforzara y soportara cargas de compresión.

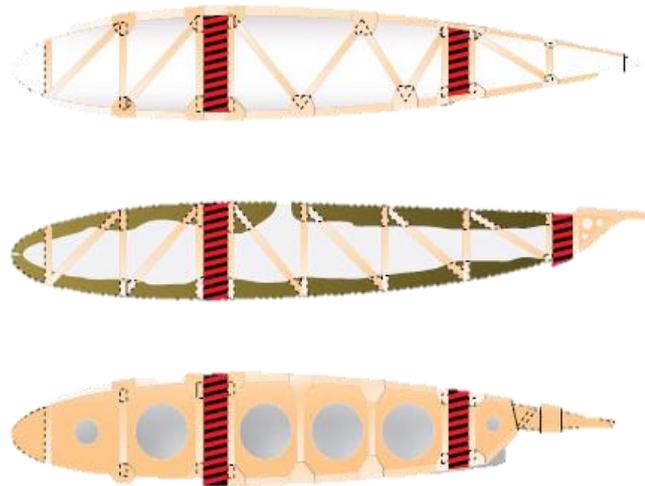


Figura 18 Ejemplos de construcciones de costillas en madera

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.3.3 Piel del ala

La superficie alar es parte primordial en el diseño de una aeronave, ya que esta suele ocupar gran espacio en relación al peso de la aeronave, diferentes métodos se han desarrollado para disminuir tanto el peso como sus dimensiones tales como la implementación de superficies que permitan aprovechar al máximo cada pulgada. Además, este elemento es el que proporciona la forma a la superficie alar y también trasfiere las cargas generadas durante el vuelo a los diferentes componentes del ala, como costillas, largueros, larguerillo, y mamparas.

La piel del ala puede estar fabricada en metal, tela, y madera, pero la más comúnmente utilizada en la industria aeronáutica en nuestros días es la aleación de aluminio, la misma que forma parte de una estructura denominada panal de abeja llamado así por su similitud con este, la misma que proporciona resistencia a bajo peso, además de contener y unirse con los otros miembros estructurales del ala.

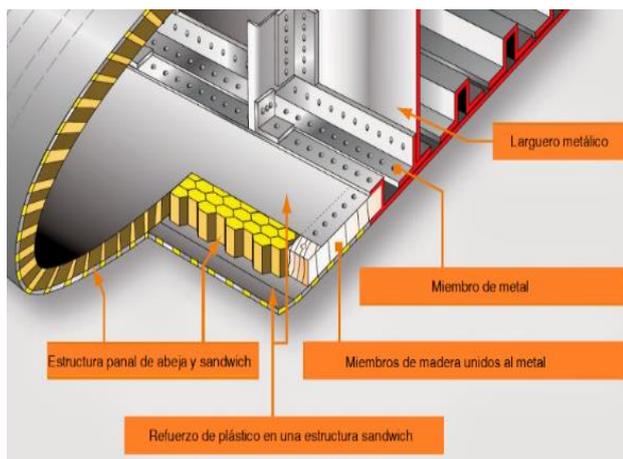


Figura 19 Borde de ataque forma de materiales compuestos y de aluminio

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.4 Empenaje

El empenaje o también denominada cola de la aeronave está ubicada en la parte posterior del avión, esta sección contiene los estabilizadores y superficies de controles de vuelos, su construcción en la parte interna es similar a la del fuselaje, pero con mucho menos peso, ya que esta sección soporta menos cargas que el fuselaje.

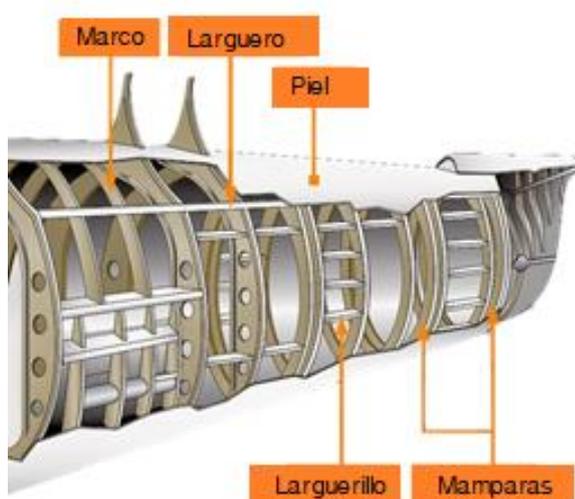


Figura 20 Estructura del empenaje

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

Los miembros que componen el empenaje son el estabilizador horizontal, y estabilizador vertical, los cuales ayudan a la estabilización del avión en el eje transversal como el eje vertical, ayudados de las superficies de controles móviles como el elevador horizontal, que se encuentra en el estabilizador horizontal, y el rudder o timón de dirección que está ubicado en el estabilizador vertical.



Figura 21 Componentes del empenaje

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

La estructura que compone el estabilizador es de similar construcción que una ala, en el cual encontramos costillas, largueros y piel, miembros que tienen la función de transmitir y soportar cargas de flexión, torsión, y cizallamiento creadas durante los diferentes ciclos de vuelo en las que soporta una aeronave en sus operaciones diarias.

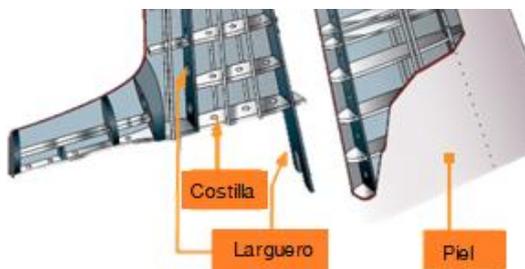


Figura 22 Estructura estabilizador vertical

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.5 Superficies de control de vuelo

Estas son superficies aerodinámicas que realizan su movimiento mediante el eje longitudinal, vertical, y lateral, mediante superficies aerodinámicas de control diseñadas para controlar la actitud de la aeronave durante el despegue, aterrizaje y vuelo, los controles de vuelo primarios son: alerones, rudder, y elevadores.

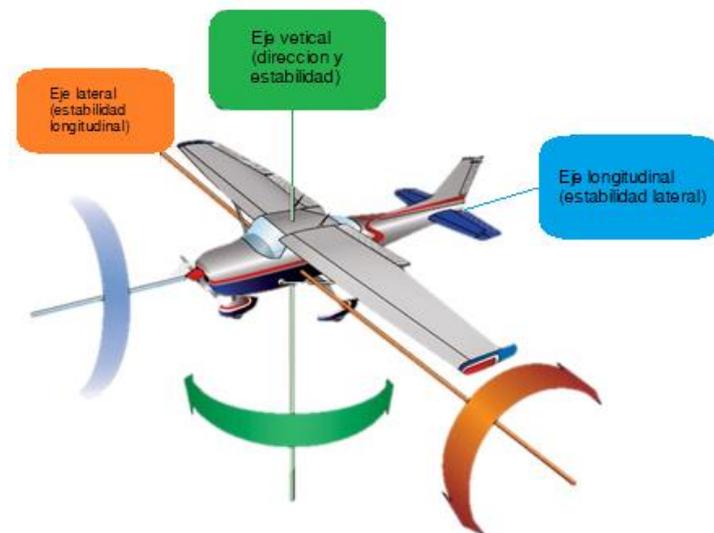


Figura 23 Ejes de movimiento de una aeronave

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.6 Alerones

Son superficies móviles las cuales permiten el alabeo de la aeronave, generalmente se encuentran localizadas en el borde de fuga del ala, y está forma parte del total de la superficie alar. Su control está en la cabina de la aeronave, la misma que contiene los mandos de control del piloto y copiloto como lo es la cabrilla que mediante el movimiento de esta, transmite el movimiento a los alerones mediante cables, poleas, tubos de contrapeso, sistemas hidráulicos o eléctricos.

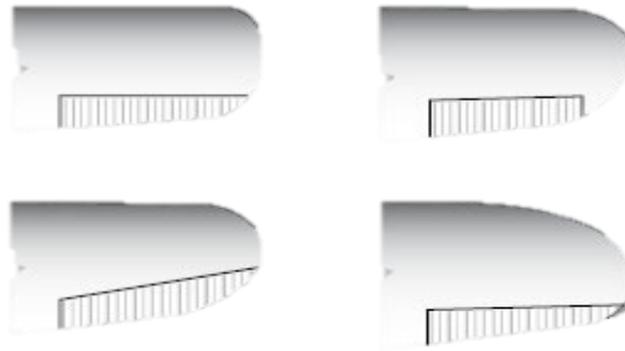


Figura 24 Ubicación típicas de alerones

Fuente: (Handbook Aircraft Structures, 2012)

2.2.7 Rudder

Esta superficie de control realiza el giro o movimiento en el eje vertical de la aeronave, además proporcionar un control sobre la trayectoria de la avión, dirigiendo al morro al punto deseado, generalmente está controlado por un par de pedales ubicados en la cabina los cuales proporcionan movimientos simétricos si se ejerce una fuerza sobre el pedal derecho el morro de la aeronave enrumbara hacia la derecha y es de similar acción con el pedal izquierdo. Su construcción se basa en largueros, larguerillos, costillas, y piel que son elementos que tienen funciones específicas para que conjuntamente puedan soportar las fuerzas generadas en despegue, vuelo y aterrizaje.

2.2.8 Elevador

Es una superficie de control principal que realiza su movimiento en el eje horizontal de la aeronave, mismo movimiento que hace que la nariz de la aeronave suba o baje, este tipo de superficie móvil se encuentra articulado en el estabilizador, el mismo que abarca gran parte de él o su totalidad en ocasiones. Controlado desde cabina con el empuje o tirón de la cabrilla que es transmitido hacia el elevador mediante cables y poleas, aunque en aeronave de gran tamaño puede existir un sistema hidráulico o eléctrico, que sea responsable de trasferir este movimiento.



Figura 25 Elevador despues de ser removido avión Fairchild FH-227J

Fuente: (Javier Pilatásig P, 2012)

2.3 Tareas de Inspección y mantenimiento

2.3.1 Inspección

Esta es una examinación de una parte, componente o superficie, la misma que puede tener ayudas como nuestro sentido de la visión, pero a menudo esta ocupa diferentes herramientas para poder acceder o examinar en lugares donde nuestra vista es limitada, el objetivo principal es de establecer o categorizar a un componente o superficie.

Esto podría ser categorizado como un daño insignificante, reparable o reemplazo de parte. Una inspección de una aeronave puede ir desde una casual caminata alrededor de la misma, hasta una inspección detallada en la cual se desmontará completamente el componente o parte con la ayuda de herramientas.

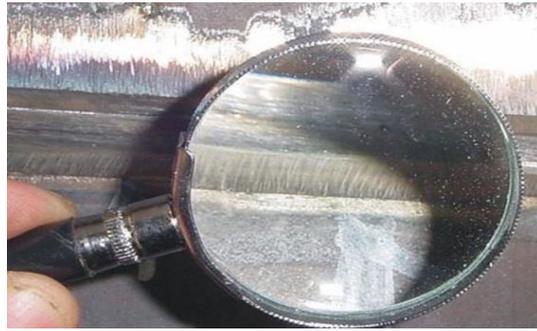


Figura 26 Inspección visual con herramientas de ayudas

Fuente: (Inspección visual, 2015)

Las inspecciones consisten en varios procesos que incluye la revisión de reportes realizados por los técnicos o tripulación de la aeronave, que regularmente las inspecciones son programadas o en caso de existir o presumir averías en la aeronave, con el fin de mantener en las mejores condiciones posibles.

Estas inspecciones pueden estar dentro de programas repetitivos y meticulosos que se realiza en los programas de mantenimiento, debido a las inspecciones de un nivel menor, en las que se encuentran irregularidades de riesgo, que su resultado podría variar en un deterioro gradual pero ciertamente en un deterioro progresivo de la aeronave, a menudo el tiempo de reparación es mayor al de una inspección de prevención, además se aprobado y demostrado con éxito que los programas de inspección regulares y mantenimiento son claves para asegurar la aeronavegabilidad, detectando defectos menores y excesivo desgaste, corrigiendo tempranamente estos defectos, valiéndose del historial creado del componente y al mismo tiempo creando otro.

Las inspecciones tanto en la estructura de la aeronave como de los motores de la misma, pueden variar desde una inspección de pre-vuelo a una inspección detallada, esto se diferencia en intervalos de tiempo entre inspección, las cuales pueden cambiar debido al trabajo de cada aeronave y modelo de avión, haciendo el uso de manuales o instrucciones.

Las inspecciones en las aeronaves pueden utilizar diferentes métodos de guía para saber cuándo tiene que realizarse una inspección, como referencia puede tomarse las horas de vuelo, ciclo o un método por calendario, bajo este sistema se realizan las tareas, antes del vencimiento y en un número de semanas específico. En los diferentes sistemas de tiempo de inspecciones uno de los se puede encontrar el calendario, el mismo, es eficiente desde un punto administrativo, mucho más claro y puntual cuando se necesita realizar una labor de mantenimiento en la aeronave reemplazando componentes y limitando el trabajo. Las aeronaves que utilizan el sistema calendario operan bajo un número de horas de vuelo para ser inspeccionadas cuando este programa así lo mande, realizando las inspecciones y si lo requiere el reemplazo de componentes.

2.3.2 Inspección básica

Esta clase de inspección requiere que antes de empezar cualquier procedimiento se debe abrir o remover todos los paneles, protecciones exteriores, y puertas de acceso además de estar la superficie a inspeccionar totalmente limpia. Cuando se realiza la apertura de cubiertas y paneles se debe tomar nota del estado, con el fin de recolectar información concluyente.

2.3.3 Preparación

Para realizar cualquier clase de inspección efectivamente se debe revisar y estudiar gran cantidad de información y documentación para poder realizar correctamente esta tarea. La bitácora de la aeronave debe ser revisada con anterioridad para proporcionar información o un historial de trabajos de mantenimiento que se realizó a la aeronave.

2.3.4 Bitácora de la aeronave

Este tipo de documento puede variar su tamaño en relación del tipo de la aeronave, para aeronaves pequeños sus dimensiones pueden estar en 5 x 8 in, que para aviones de gran tamaño su bitácora suele ir de un cuaderno hasta

varios, esto por su tiempo de operación. En este registro de cada aeronave se tiene datos concernientes a la misma siendo estos datos decisivos para determinar el estado y fecha de inspecciones de la aeronave, reflejando de esta manera los eventos que ocurrieron, en la aeronave, componente o accesorios. Cuando se realiza una inspección o se da cumplimiento a una, se debe realizar las anotaciones oportunas en la bitácora de la aeronave, certificando que el avión se halla en condiciones de aeronavegabilidad y puede continuar con sus operaciones.

Al realizar el registro en la bitácora se debe ser lo más claro posible, usando una buena caligrafía que se legible con el fin de facilitar la información en un futuro, además de dar más valor a la aeronave en caso de ser vendida esto con una bitácora en buen estado y entendible.

2.3.5 Lista de comprobación

Esta lista es común utilizarla como una guía de verificación cuando se realiza una inspección, puede tener su propio diseño, proporcionada por el fabricante u obtenida de otra fuente, esta debe tener información referente a:

- Fuselaje, motor, alas, empenaje.
- Superficies fijas: daños o defectos, sujetadores sueltos.
- Superficies de control móviles: daños y defectos, sujetadores sueltos.
- Cubiertas: abrasión rajaduras, cortes o defectos, distorsión y deterior.
- Hélices
- Cabina. Navegación y comunicación

2.3.6 Manuales de mantenimiento y publicaciones aeronáuticas

Este tipo de publicaciones aeronáuticas son de gran ayuda para poder guiar al técnico de mantenimiento en las operaciones diarias en las aeronaves, equipos y componentes, con el uso adecuado de estas

publicaciones que serán de gran beneficio para un actuar eficiente en las tareas de mantenimiento y operaciones en aviación. Esta documentación incluye boletines de servicio (SB), manuales de fabricante (MM, SRM, IPC, etc.,) catálogos, regulaciones, directivas de aeronavegabilidad (AD) y circulares de asesoramiento (AC).

2.3.6.1 Boletines de servicio

Este tipo de publicación que son emitidas por los fabricantes y pueden incluir:

- El propósito de la publicación.
- El nombre de la parte aplicable.
- Instrucciones detalladas para el servicio.
- El número estimado horas hombre para realizar una tarea.

2.3.6.2 Manual de mantenimiento

El manual de mantenimiento es una documentación de la aeronave donde podemos encontrar los diferentes componentes de la misma, divididos en ATA's las misma que distribuyen a la aeronave en sección, permitiendo de esta manera facilitar la búsqueda de un capítulo en específico, en las diferentes sección del manual se encontrara información referente a descripción y operación, inspección y chequeo, caza fallas, prácticas de mantenimiento, limpieza y pintura, seviceo, remoción e instalación, pruebas y ajuste y reparaciones aprobadas.

2.3.6.3 Manual de reparación mayor (overhaul)

Este manual es emitido por el fabricante, contiene información e instrucciones detallando, del proceso de una tarea que se la realiza a un componente que ha sido desmontado de la aeronave. Partes menores o simples no se incluyen en este manual.

2.3.6.4 Manual de reparación estructural

Este manual provee información sobre reparaciones estructurales primarias y secundarias como en: mamparas, largueros, larguerillos, costillas y piel. También se puede hallar documentación referente a la sustitución de materiales, sujetadores y técnicas correctas para la reparación.

2.3.6.5 Catalogo ilustrado de partes

Este tipo de documentación provee todos los componentes de la aeronave en vistas explosionadas o ilustradas para la ayuda del desmontaje y pedidos de remplazo.

2.3.6.6 Directivas de aeronavegabilidad

Unas de las funciones que realiza la FAA es la de garantizar la seguridad, y mediante esto se exige la corrección de condiciones inseguras descubiertas en una aeronave, motor, hélice o componente ya que si este defecto existe es posible que se desarrolle en otros productos del mismo diseño. Estas directivas de aeronavegabilidad son publicadas y posteriormente notificadas a los propietarios de las aeronaves y otros acerca de las condiciones inseguras y además de predefinir cuales son las pautas para que esa aeronave pueda seguir operando en condiciones seguras. Las AD's son de carácter obligatorio al menos que se dicte lo contrario, se pueden encontrar dos clases de estas:

- Aquellas de acción inmediata o de emergencia.
- De acción de un periodo relativamente largo preestablecido.
- El contenido de una AD incluye modelo de aeronave, motor, hélice.
- Número de serie de dispositivos afectados, tiempo de cumplimiento.
- Detalle de la acción correctiva.

2.4 Inspecciones requeridas

Con el objetivo de determinar la condición en general, el Código de Regulaciones Federales (CFR) 14 menciona que las aeronaves deben ser inspeccionadas en intervalos específicos, dependiendo del trabajo que realice la aeronave. La primera persona en determinar si un avión está en un buen estado o en un estado seguro es el piloto.

Razón por la cual, es común que las aeronaves sean inspeccionadas antes de cada vuelo, mientras que el mecánico de mantenimiento debe realizar inspecciones más detalladas al menos cada 12 meses calendario, mientras que otros componentes tienen definido su programa que puede ir en un tiempo 100 horas de vuelo u otro distinto, todo esto dependerá de la aeronave.

2.4.1 Inspección de pre – vuelo

Este tipo de inspecciones se realizan antes del vuelo, donde el mecánico como el piloto revisara o verificaran en una lista si la aeronave está en buenas condiciones para realizar el vuelo. Esta lista contiene los elementos que se debe verificar visualmente para poder comprobar el estado mientras se inspecciona la aeronave.

El piloto debe asegurar que el combustible, aceite y otros elementos necesarios para el vuelo este en una cantidad aceptable y que no presenten contaminación, además, también se debe verificar la documentación necesaria que debe ir a bordo de la aeronave tal como:

Certificado de aeronavegabilidad, y seguro del piloto, una vez realizado el vuelo el piloto debe registrar cualquier anomalía presentada durante el vuelo, para que el mecánico pueda actuar y de esta manera tener lista la aeronave para su próximo vuelo.

2.4.2 Inspección anual de 100 horas

Este tipo de inspecciones abarca la RDAC parte 43, que describe las personas autorizadas a llevar a cabo esta inspección como es el caso de un técnico de mantenimiento certificado en fuselaje y centrales podría ejecutar la inspección de 100 horas, mientras que una inspección anual debería ser realizado por un técnico con certificación en fuselaje y centrales eléctricas con autorización de inspección (IA). Las inspecciones son importantes en aviación, pero la inspección anual o de cien horas tiene una importancia superior a las demás, pues se debe realizar tal como lo recomienda la RDAC parte 43.

2.4.3 Inspecciones progresivas

Debido a que las inspecciones anuales de 100 horas son un programa muy extenso, razón por la cual estas aeronaves dejan de prestar servicio durante un periodo largo de tiempo obligatoriamente, es por eso que se provee de programas alternativos que permiten tener a la aeronave operativa mientras esta se realiza su inspección en diferentes aéreas y zonas que puede realizar en la noche, para seguir avanzando con el programa.

Este tipo de programa progresivo permite que la aeronave sea revisada inspeccionada progresivamente en segmentos y en fases a menudo en cuatro o seis. La ventaja de este programa es que el segmento de inspección puede realizarse durante la noche y de esta manera no interrumpirá la labor de la aeronave.

2.4.4 Inspecciones continuas

Esta tarea de inspección tiene características similares al programa progresivo, con una clara excepción, que este programa es aplicable a aeronaves de grandes dimensiones o de turbina, siendo más complicado su aplicación, su aprobación también es similar al programa progresivo se necesita la aprobación de la Administración Federal de Aviación (FAA).

2.4.5 Inspecciones especiales

En el transcurso de los ciclos de vuelo y aterrizaje de una aeronave puede ocurrir eventos que no estaban previstos, razón por la cual es afectada la aeronavegabilidad de esta aeronave, cuando se está enfrente a estas situaciones se debe realiza procesos de inspecciones especiales para determinar si existe no un daño en cualquier componente de la aeronave por las siguientes causas:

- **Aterrizaje fuerte o con sobre peso:** La piel arrugada del ala, fuga de combustible, daños en los largueros y mamparas son características para poder detectar una carga excesiva durante el aterrizaje.
- **Turbulencia severa:** Ocurre cuando la aeronave a través una condición de ráfaga, y por tanto la carga alar es excedida, pudiendo causar daños estructurales, en la inspección se debe verificar si no existe arrugas en la piel del ala, verificar los largueros, y remaches a través de sus tapas de revisión.
- **Alcance por rayos:** la aeronave debe ser inspeccionada meticulosamente, en las aéreas de materiales compuestos en busca de degradación, quemaduras o erosión de la resina.
- **Hidroaviones:** este tipo de aeronaves deben tener un constante cuidado por la corrosión debido al ambiente que es perfecto para este tipo de daños.

2.5 Inspección mediante ensayos no destructivos

Las inspecciones por ensayos no destructivos que se aplican métodos los cuales no es necesario invadir al componente de forma abrasiva o prácticamente dejarlo inservible más bien este tipo de pruebas o inspecciones aseguran cuidar la integridad de la parte o componente para así determinar si el componente se encuentra afectado su integridad física, lo que lo haría inservible.

Antes de proceder con cualquier método de inspecciones no destructivas se debe seguir pasos preparatorios para cada tipo de inspección. En un marco general los componentes que van a ser sometidos a estos métodos deben estar libre de impurezas o pinturas por lo que se recomienda una limpieza a fondo, además de comprobar los equipos de inspección estén correctamente calibrados.

2.5.1 Técnicas generales

Antes de ejecutar cualquier inspección no destructiva, es necesario seguir los pasos preparatorios, que así lo especifica cada método de inspección. Como norma general se necesita que todas las partes a ser inspeccionadas deben tener una exhaustiva limpieza además de ser removidas si el caso así lo amerita, o teniendo acceso a estas partes mediante sus tapas de revisión o al retirar los panel o cubiertas. Y por precaución se debe revisar que los equipos se encuentren en un correcto funcionamiento y con su debida calibración periódica además de tener el conocimiento necesario para manejar los diferentes equipos de inspección.

2.5.2 Inspección visual

Este tipo de inspección utiliza el sentido de la visión como su principal herramienta y también puede tener herramientas de ayudas como un espejo, magnificadores, y luz artificial que ayudaran a la visualización del área inspeccionada, de los defectos que pueden ir desde los más obvios que a simple vista se pueden visualizar hasta otros que no son detectados ni con la ayuda de magnificadores, por lo que la ausencia de defecto no significa que no haga falta una inspección adicional ya que estos pueden estar abajo de la superficie inspeccionada.

2.5.3 Boroscopio

Esta inspección está dentro de la inspección visual ya que en su proceso la principal herramienta será nuestra propia visión con la ayuda de un equipo llamado boroscopio. Este tipo de dispositivo permite al inspector ver superficies o áreas interiores donde es imposible visualizar de forma directa o bien tiene que ser desmontada la parte. Un ejemplo claro de su aplicación es la inspección del interior de un cilindro de un motor reciproco, este dispositivo entraría por un orificio de una bujía, con lo cual detectaremos pistones dañados, paredes de cilindros o válvulas con defectos. Los boroscopios pueden ser de dos tipos diferentes como los rígidos y flexibles, el tipo rígido tiene un eje el cual utiliza un espejo en su extremo para visualizar las esquinas, el tipo flexible utiliza la fibra óptica, el cual es muy flexible y nos proporciona imágenes las mismas que pueden ser mostrar en un computador para posterior su estudio en la inspección o después de ella.

2.5.4 Inspección mediante líquidos penetrantes

Este tipo de prueba aprovecha la característica de los líquidos llamada capilaridad la misma que permite que la tinta penetrante ingrese en pequeñas grietas, las mismas que revelaran un defecto para este tipo de prueba es recomendado hacer en superficies uniformes y no en materiales de aspecto porosos y su utilización es en metales como el aluminio, magnesio, latón cobre, hierro fundido, acero inoxidable y titanio, asimismo puede ser usado en cerámica, plásticos, y vidrio. La inspección por líquidos penetrantes detectara defectos como rajaduras grietas en una superficie o porosidad, estos defectos pueden ser causados por diferentes razones, como fatiga del material, o por cualquier otro esfuerzo, tratamiento térmico, soldadura entre otros.

Una desventaja de esta inspección es que el defecto debe estar abierto hacia la superficie, esto para permitir que el líquido penetre en la abertura, grieta o defecto. El líquido entra en la grieta y permanece allí, siendo de detección fácil para el inspector.

La visibilidad del líquido penetrante se revela con dos tintes, visible o fluorescente. Los elementos que contiene un kit de líquidos entrante consisten en un tinte penetrante, un emulsionante removedor del tinte y un revelador además se necesitara una lámpara de luz oscura de mano que puede ser utilizada casi en cualquier posición, algunos de los pasos básicos que se deben seguir para la inspección en tintas penetrantes:

- Fijación del elemento en una superficie adecuada.
- Limpieza de la parte o elemento a inspeccionar
- Aplicación del líquido penetrante
- Eliminación del penetrante con el removedor o emulsionante
- Secado de la parte
- Aplicación del revelador
- Interpretación de resultados

2.5.5 Inspección por Eddy Current

El electromagnetismo es una característica que tiene los métodos de prueba electrónicos que están en la aplicación de campos magnéticos y corrientes circulatorias, este tipo de inspección generalmente es utilizada para inspeccionar los ejes de la turbina de un motor a reacción, las aletas, las ruedas, los orificios de los pernos y bujías esto en búsqueda de grietas por el excesivo calor.

Esta inspección consiste en generar corriente eléctrica en un elemento o material conductor, a una bobina que está alimentada por una batería mediante un interruptor, la segunda bobina está conectada a un galvanómetro, cerca de un interruptor que causa una corriente en la bobina. Las lecturas producidas en la bobina son proporcionales a la magnitud de la corriente aplicada, y se tomaran en cuenta parámetros físicos como:

- Inductancia.
- Diámetro.
- Longitud.

- Espesor.
- Número de vueltas del alambre.
- Metal de la bobina.
- Calibración de equipo.
- Personal capacitado.

2.5.6 Inspección por ultrasonido

Este tipo de inspección hace posible detectar defectos en casi toda clase de materiales con presencias de grietas, huecos demasiado pequeños, para ser visualizados con métodos sencillos de inspección. Este tipo de equipos para ultrasonido hace uso de un conjunto de ondas de alta frecuencia, las mismas atraviesan los materiales y detectan fallas tanto superficialmente como sub-superficial.

Se puede utilizar diferentes tipos de inspección por ultrasonido, el primer método es la prueba de inmersión, en este tipo de inspección tanto el equipo de búsqueda y el material se encuentra inmerso en un fluido. Un segundo método que se puede mencionar es prueba por contacto, la parte bajo examen y la unidad de búsqueda se acoplan con un material viscoso, líquido o una pasta, que cubre tanto la unidad de búsqueda como la parte bajo examen.

2.5.7 Inspección mediante partículas magnéticas

Este tipo de ensayo consiste en aprovechar las características magnéticas de cada metal para magnetizar el elemento y evaluar las posteriores indicaciones como la agrupación de partículas en un área. Puede ser muy útil en partes que están sometidas a un alto estrés a rotaciones excesivas de la aeronave, son causantes de pequeños defectos, estas producen en su futuro una falla completa de la parte. La inspección mediante partículas magnéticas ha sido un método confiable y de rápida detección de defectos en la superficie. Este método consiste en magnetizar la parte y la aplicación de partículas ferromagnéticas a la superficie a inspeccionar.

2.5.8 Inspección por rayos X

La inspección por radiografía se utiliza para localizar defectos en diferentes áreas del avión como en la estructura y motores ya que algunas de estas zonas son de difícil acceso para el inspector. Comparando con otros métodos que requieren la eliminación de pintura y una extensa limpieza de la parte además de ser desmontado, se necesita una capacitación amplia debido al uso de radiación y los riesgos asociados con este método, se pueden mencionar tres pasos claves para la inspección por radiografía.

- **Exposición a la radiación de la parte** tener en cuenta el grosor, la densidad del material, forma, tamaño, defecto a detectar, características del equipo de rayos x, distancia de la exposición, ángulo de exposición, características de la película, y tipo de pantalla intensificadora.
- **La película procesada** se hace visible con un baño de ácido y un baño de fijación, finalmente con un lavado transparente con agua.
- **Interpretación de la radiografía** este es un punto muy importante, ya que es aquí donde se asegurará la calidad o no de la parte, una lectura errónea puede hacer fracasar todo el proceso e incluso poner en peligro la integridad de la aeronave.

2.6 Limpieza y control de la corrosión en aeronaves

2.6.1 Definición

Las estructuras de las aeronaves son en su mayoría metálicas siendo materiales expuesto a ataques corrosivos indistintamente ya sea el aluminio, el acero, hierro, titanio etc., son elementos metálicos que están propenso a ser atacados por la corrosión, el metal cuando es fundido o se crea puede tener diferentes aleaciones que con el pasar del tiempo y la investigación en los metal se ha podido hacer aleaciones que contribuyan a un material resiten a la corrosión con ayuda de recubrimientos químicos en la superficie.



Figura 27 Hidroaviación

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

La innovación y desarrollo en materiales compuestos ha permitido el uso de estos en diferentes áreas de una aeronave, sin embargo, esto no ha eliminado la necesidad de tener cuidadosas inspecciones regularmente a las aeronaves en busca de corrosión. La corrosión significa un deterioro de un material que podría ser un metal mediante el ataque electroquímico o químico, el deterioro puede ser presentado de manera interna o externa superficial en el elemento, pudiendo modificar la superficie del material de lisa a irregular además de debilitar el elemento frente a las cargas que este pueda soportar o para el propósito que se ha diseñado.

Los diferentes climas atmosféricos proveen de agua, sales además de humedad o vapor de agua y las altas temperaturas que en combinación con el oxígeno producen la corrosión, donde la aeronave es explotada puede operar en ambientes marinos como un hidroaviación que comúnmente opera en lagos o aeronaves que operan en atmosferas con una alta contaminación atmosférica por las industrias, tiene más probabilidades de ser atacadas por la corrosión. Programas de corrosión y las tareas de control anticorrosivo son esenciales en una aeronave ya que puede causar eventos catastróficos porque como se mencionó esta tiende a debilitar el elemento y podría causar a la aeronave una falla estructural desencadenando un evento adverso.

Las evidencias que exista corrosión puede variar con cada material por ejemplo el aluminio y magnesio se puede apreciar en su superficie manchas de picadura y otras formas irregulares que se combina con un polvo gris o blanco.

Mientras que en elementos de cobre la corrosión presenta una película o superficie verdosa, en el acero esta puede presentar como un polvo en la superficie de color rojizo al que se denominaría óxido que es un derivado de la corrosión. Una vez detectada la corrosión por las diferentes tonalidades o deformaciones en su superficie puede ser eliminado y se podrá apreciar defectos erosiones, picaduras hechas por el ataque corrosivo.

Si estas deformaciones no acaban el material en exceso no puede alterar de manera significativa la resistencia del elemento, mientras que habrá otra que debilitara completamente el material teniendo que ser reemplazo, esto dependerá de la tolerancia que el manual del fabricante así lo mande.

2.6.2 Tipos de corrosión

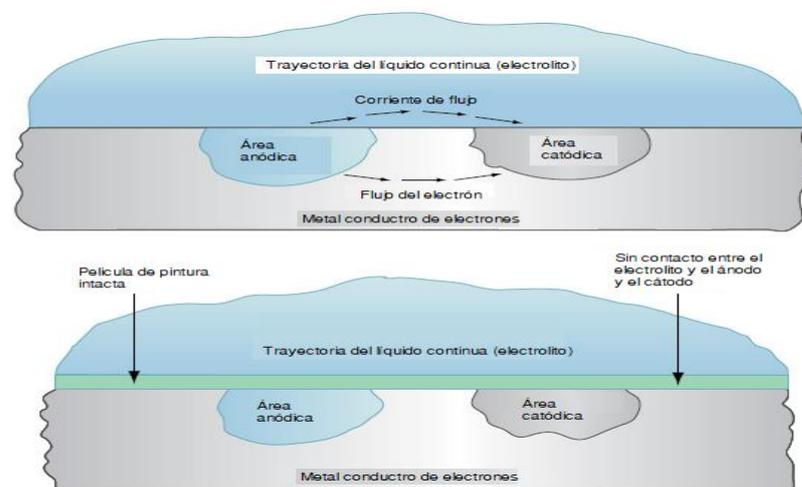


Figura 28 Ataque electroquímico

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

Se puede diferenciar dos tipos de corrosión que en general abarcan la mayoría de formas: ataque químico y ataque electroquímico, en cualquiera de ambos tipos de corrosión el metal se convierte en un óxido, hidróxido o sulfato,

mientras que cambios simultáneos ocurrirán en el metal sufrirá un cambio llamado anódico mientras que el agente agresivo de corrosión sufre un cambio tipo catódico.

2.6.2.1 Ataque químico directo

Este tipo de ataque químico directo, se produce cuando se expone a la superficie del material totalmente sin protección alguna a agentes cáusticos líquidos o gaseosos causantes de corrosión, a diferencia de un ataque electroquímico los cambios anódicos y catódicos se producen en partes diferentes, mientras que un ataque químico directo se produce simultáneamente en un mismo punto.

Algunas de las sustancia más corrosivas que causan un ataque directo químico en una aeronave son: el ácido de las baterías, soluciones de limpieza causticas atrapadas en juntas o lugar que se dificulto el acceso para su limpieza, el uso de batería de plomo selladas, níquel cadmio, el derrame del ácido se ha convertido en un problema de menor frecuencia en las aeronaves ya que el uso de estos sistemas de cerrado reduce los riesgos de derrame y humos de batería escapen de ella y puedan tener contacto superficies adyacentes.

Otro causante de corrosión es las aleaciones que se provocan como efecto de la soldadura, razón por la cual es importante eliminar el residuo de la superficie del metal inmediatamente después que la tarea de soldadura se finalice. Muchas de los solventes utilizados en la limpieza que eliminación de la corrosión son agentes potenciales de corrosión, por tanto, es crucial tener una adecuada limpieza antes del tratamiento anticorrosivo para la eliminación completa de estos agentes ya que el mismo tiende a atraparse en juntas o lugares difíciles de acceder pudiendo ocasionar con el tiempo un daño mayor al que se trató anteriormente.

2.6.2.2 Ataque electroquímico

Este tipo de ataque electroquímico se trata químicamente de una relación electrolítica que tiene lugar en la galvanoplastia, anodizado, generalmente esta corrosión es por la causa de presencia de agua que sirve como una vía para conducir una pequeña cantidad de electricidad. El agente corrosivo puede tener contacto con el metal en primera instancia para luego hacer contacto con el líquido para que fluya la corriente de los electrones, causando en esta zona la presencia de oxidación. El nivel de corrosión está ligado al área en específico ya que toda área tiene diferente potencial eléctrico y pueden estar conectadas con el conductor que es agua salada, misma que completaría los componentes para producir corrosión.

Todos los metales y sus diferentes aleaciones son eléctricamente activos además por ser materiales disimiles o diferentes tienen un potencial eléctrico específico totalmente uno distinto del otro en cada determinado entorno químico, el potencial está directamente ligado con el ataque corrosivo mientras menor potencial en el metal este puede corroerse fácilmente mientras que si ocurre lo contrario tendríamos un metal resistente a los diferentes tipos de corrosión que se puede presentar en las diferentes aleaciones también poseen su propio potencial eléctrico específico.

Los metales utilizados en aviación tienen que tener características específicas como la resistencia, el peso, y resistencia frente a la corrosión, la maleabilidad todo esto con costos económicos bajos. Cuando un área de un metal es expuesta a un medio conductor produce que el metal más activo se vuelva anódico y el metal menos activo se convierta en catódico, como resumen las condiciones para las diferentes reacciones que puede desencadenar en una corrosión son con la presencia de un fluido o conductor en los metales que tienen un potencial eléctrico diferente. Siendo el ataque electroquímico el tipo de ataque corrosivo más encontrado en las estructuras de las aeronaves.

2.6.3 Formas de corrosión

Podemos encontrar diferentes formas, tamaños de la corrosión esto dependerá del área involucrada y del material puede ser aluminio, metal, magnesio todos con sus características diferentes y que tendrán diferente reacción ante un ataque corrosivo, unos tendrán mayor resistencia que otros, teniendo además como variable el medio ambiente que rodea a estos materiales.

2.6.3.1 Corrosión superficial

Esta corrosión es de daño relativamente bajo, no obstante, puede aparecer en sus inicios como una decoloración de la superficie o hinchazón en la capa de la pintura esta corrosión es producido por un ataque tipo electroquímico.

La inspección que se debe realizar para este tipo de corrosión debe ser detallada ya que a simple vista no podrá ser encontrada ni por las rugosidades ni por la concentración de polvo anticorrosivo ya que esta se extiende debajo del revestimiento superficial, podrá ser notado por ampollas en la pintura o el chapado se levantara, este tipo de distorsiones en la pintura se originan por la acumulación del producto anticorrosivo.



Figura 29 Corrosión superficial

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.3.2 Corrosión filiforme

Una característica de la esta corrosión es que presenta de ondulaciones tipo gusano debajo de la pintura, y la causa es una mala aplicación del anticorrosivo.



Figura 30 Corrosión Filiforme

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.3.3 Corrosión por materiales disimiles

También se le conoce como corrosión galvánica, producida por la unión de dos metales disimiles entre sí, siempre y cuando tengan un conductor en las aéreas donde el aislamiento entre materiales se ha roto, o no existe, la mayoría de casos pueden ser graves ya que esta corrosión no es detectada a tiempo, porque se produce en juntas o uniones y para poder inspeccionar se debe desmontar, lo que se hace compleja su detección que a menudo es detectada en inspecciones detalladas en estados avanzados próximas al fallo estructural.

La limpieza indebida de materiales como el aluminio o magnesio, con la utilización de productos de acero como lana de acero o un cepillo de alambre, son detonante ya que pueden dejar pequeñas partículas de acero en el otro material, el cual luego se corroerá causando imperfecciones en su superficie, razón por la cual al momento de limpieza se debe tener cuidado con los materiales que se trabaja y utilizar almohadillas de tipo no abrasivo.



Figura 31 Corrosión por materiales disimiles

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.3.4 Corrosión por celdas de concentración

Este tipo de corrosión se producen con la unión de dos o más superficies de metal con diferentes concentraciones de la misma solución, esta corrosión tiene tres tipos básicos de producirse:

- **Celdas de concentración de iones metálicos:** Cuando el agua entra en contacto con una superficie tendrá una alta concentración de iones metálicos y baja concentración de iones tendrá la zona en contacto. Existirá diferencia de potenciales eléctricos en estas áreas el metal con baja concentraciones de iones será catódica y estará protegida mientras que la superficie del metal de concentraciones altas de iones será anódica y será corroída.
- **Las celdas de concentración oxígeno:** El agua en contacto con la superficie tendrá oxígeno, estas pueden producirse en juntas donde el oxígeno puede atraparse fácilmente, la superficie con una presencia baja de oxígeno será el ánodo y será corroída.
- **Las celdas activo – pasivo:** Esta comienza por celdas de concentración de oxígeno, un potencial eléctrico en un área será el cátodo (película pasiva) y otra área será el ánodo (activo) la cuales generaran la corrosión.



Figura 32 Corrosión por celdas de concentración

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.3.5 Corrosión intergranular

Este tipo de corrosión se producen por la uniformidad que existe en la superficie a menudo se produce en aleaciones y en aceros inoxidable los mismo que tienden a ser débiles a un ataque electroquímico, la uniformidad que se presenta en las alecciones pueden ser causa de la manufacturación como el calentamiento y enfriamiento en etapas de fabricación de cada componente, además los elementos construidos a través de una extrusión como larguero son susceptibles a este tipo de ataque corrosivo.



Figura 33 Corrosión por exfoliación

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

Este tipo de corrosión es de complejidad detectarla en primera instancia ya que esta se produce en el interior del metal y presentar defecto en la superficie como exfoliación o deslaminación cuando el elemento tiene un avanzado grado de corrosión, los métodos para su detección son ultrasónico y por Eddy current que en la actualidad son muy utilizados.

2.6.3.6 Corrosión por picadura

Este tipo de corrosión se produce en metales pasivos, como puede ser el acero inoxidable, esta causará pequeños hoyos en el metal, puede llegar a ser muy destructiva para la estructura si no se da un tratamiento adecuado.



Figura 34 Corrosión por picadura

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.3.7 Corrosión por tensiones

Esta corrosión se produce en elementos que se encuentra sometido o han sido diseñados para soportar grandes tensión o fuerza por encima de los 204 000 psi, pueden ser de aluminio o acero inoxidable por lo general son en tren de aterrizaje en sus amortiguador y elementos de sujeción como tuercas y asadores

Este tipo de desgaste del material puede causar roturas a bajas tensiones debido al gran desgaste que ha ocurrido en el material por causa de la corrosión que actuó en un área específica causando un daño severo.

- **Desgaste o fricción:** Esta corrosión se muestra en materiales o elemento que en su desempeño están sometidos a vibraciones y deslizamiento, se puede presentar como un desgaste y surcos u hoyos rodeados de la corrosión. En el caso de metales se puede observar los elementos con su color rojizo y desgastados por el rozamiento, esto ocurre cuando la corrosión avanzado hasta presentar daños irreversibles en el componente.



Figura 35 Corrosión por desgaste

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.3.8 Corrosión microbiana

La corrosión microbiana es causada por la presencia de microorganismos, en su mayoría se presenta en áreas donde existe presencia de agua, y otras sustancias como el combustible, se puede presentar por ejemplo en los tanques de combustible ya que estos están en un área cerrada que contiene el combustible que con los cambios de temperatura produce vapor de agua el

cual es acumulado en la parte inferior del tanque que provee as condiciones adecuadas para una corrosión microbiana.

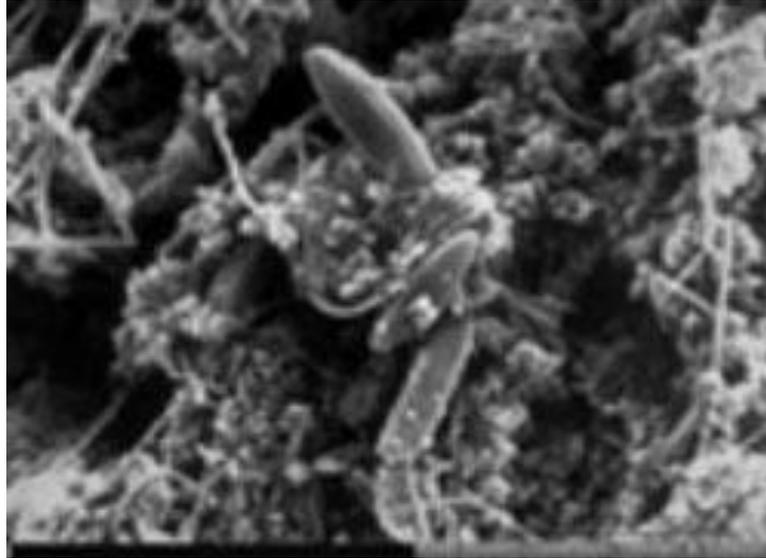


Figura 36 Corrosión microbiana.

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

2.6.4 Causas que afectan la corrosión

- Muchos factores son los que afectan cuando se presenta la corrosión, para que esta actué más rápido o más lento todo dependerá de las características en que ocurrió la corrosión, algunas de ellas se podrán controlarse y otras tal vez por su severidad no se podrá controlar.

2.6.4.1 Atmosfera

Las características de la atmosfera donde el explotador aéreo mantenga las operaciones afectan en gran medida para la presencia de la corrosión. Los ambientes más hostiles para cualquier metal están entre los marinos o de presencia de agua salada y ambientes con presencia de humedad. Son factores perjudiciales para una aeronave pues estaría expuesta a todos los elementos que generan la corrosión.

Además, es importante tomar en cuenta las variaciones de la temperatura ya que a mayor temperatura y humedad el ataque electroquímico aumenta su velocidad de desgaste.

2.6.4.2 Presencia de materiales extraños

Una aeronave puede volar cientos de kilómetros en los cuales puede recoger materiales perjudiciales creando la corrosión, este tipo de materiales se pueden adherir a su superficie tales como:

- Polvo
- Aceite o grasa
- Agua salada
- Ácidos de batería
- Residuos de soldadura

La limpieza es parte primordial de una aeronave ya que puede eliminar gran parte de los materiales antes mencionados además se debe tomar en cuenta las condiciones donde se opera y su frecuencia.

2.6.5 Prevención de la corrosión

A pesar de los adelantos especializados en la investigación de diferentes materiales y aleaciones resistentes a la corrosión, se ha producido también mejoras en los tratamientos anticorrosivos que aíslan la superficie de los materiales de diferentes factores que producen el ataques corrosivos, a pesar de estos avances la corrosión y su control es un problema que requiere mantenimiento preventivo continuamente, algunas de las funciones que debemos hacer para tener un control sobre la corrosión son: Limpieza, lubricación adecuada, inspecciones programadas, drenes libres de obstrucciones.

2.6.6 Inspección en áreas susceptibles a la corrosión

Como se dijo cada área o superficie es diferente una de otra esto debido a diferentes factores que están sometido, razón por la cual encontramos zonas más susceptibles que otra, que requieren una inspección periódica, y aun así no se encuentra libre de la corrosión, algunas de las zonas con más presencia de corrosión son:

- **Compartimientos de baterías:** Este tipo de compartimiento es protegido por pintura y sellantes, pero de igual manera sigue siendo un área altamente atacada por la corrosión ya que los humos de electrolitos de la batería suben y atacan a las áreas adyacentes que no se encuentra protegidas y causan un desgastamiento bastante rápido por el ataque corrosivo, se puede dar control con la limpieza regular de estos compartimientos neutralizando el ácido de la batería.
- **Escape del motor:** Esta área es muy problemática ya que se puede atrapar contaminación en juntas, bisagras y carenados aguas debajo de los tubos de escape, pues los métodos normales de limpieza no pueden alcanzar estas áreas, que además se recomienda inspeccionar otras zonas remotas a esto, como el empenaje que no mostrara indicación de corrosión hasta que tenga un grado avanzado.
- **Lavatorios y drenajes:** Estas áreas son susceptibles por la presencia de agua tanto por su operación diaria como en las zonas de descarga de las mismas, podemos mencionar el área de lavatorios, baños, y de servicio abordo. Además, están incluidos los drenes que cuenta el avión para descargar el vapor agua producido en los tanques de combustible y en motor.
- **Ruedas del tren de aterrizaje:** Este elemento de la aeronave está expuesto a casi toda presencia de factores de riesgo como el barro, agua, sal, grava y restos que se hallan en la pista, además de las

temperaturas de frenada que es expuesto no se puede proteger con aditivos o pinturas anticorrosivas. Este elemento es de una limpieza compleja debido a sus formas y ensamblaje que lo hacen tener las condiciones perfectas para la formación de la corrosión.

- **Áreas del motor y orificios de ventilación:** Estas áreas están siendo atacadas constantemente por polvo, grava, sal, agua u otros agentes contaminantes que ayudan a al avance del ataque corrosivo. La inspección de estas superficies interiores debe ser por los ductos de ventilación o enfriamiento donde se puede acumular estos contaminantes.
- **Alerones:** Estos controles de vuelo son superficies que recogen contaminación en su operación diaria en su zona interior donde se acumulan toda clase de partículas corrosivas además de ser de difícil percepción pues estos están en posición retraídos razón por la cual siempre se debe hacer inspecciones frecuentes en posición completamente desplegados tanto en los alerones como en los spoilers.
- **Superficie de la aeronave:** En estas áreas las inspecciones y limpieza es relativamente no complejo esto por su facilidad de acceso, pero incluso en esta parte se presenta corrosión que ya sea por materiales disímiles, por recorte y remachado que destruyen totalmente la protección contra la corrosión, la presencia de agua, entre otros contaminantes detonante de corrosión, se debe tomar mucho cuidado las bisagras del agua puede tener contacto con el material y producir corrosión.

2.6.7 Eliminación de la corrosión

La remoción de la corrosión implica varios procesos por el cual debe pasar un material corroído lo que implica los siguientes puntos:

- Limpieza
- Eliminación de la corrosión
- Tratamiento anticorrosivo
- Aplicación de la pintura y acabados

La eliminación de cualquier acabado por completo de la superficie, para poder actuar con eficiencia ante el ataque corrosivo, la superficie tiene que estar libre de impurezas como grasa, aceite o conservantes.

Esta limpieza es necesaria para poder evaluar el tamaño del ataque corrosivo y el área a corregir con el tratamiento. Para superficies con acabados de pintura, deben utilizarse mediante removedores de pintura que no sean nocivos para el medio ambiente, y al momento de su aplicación se debe dejar por un tiempo prudente y luego fregar con un cepillo de cerdas saturado de removedor, y cerciorarse antes de tapar toda aérea que no requiera el uso de este.

2.6.8 Corrosión en diferentes materiales

2.6.8.1 Metales ferrosos

Esta corrosión que se origina en los materiales ferrosos son causados por la oxidación en la superficie de acero, presenta óxido o un polvo rojizo que se produce durante el ataque corrosivo, en otros metales este tipo de reacción provee protección, pero este no es caso de la oxidación su presencia promueve el ataque adicional atrayendo humedad y actuando como catalizador para la corrosión. La eliminación del óxido del metal debe ser por completa del elemento, usualmente la presencia de óxido aparece en las cabezas de pernos, tornillos

Otros hardware de la aeronave, en primera instancia su presencia en estos elemento no es de gran riesgo, pero debe ser limpiado lo más pronto posible ya que existe la posibilidad que los elementos atacados contaminen otros elemento estructurales que sufre gran estrés de fuerzas y puede desencadenar en un deterioro grave en la estructura o componente, por lo que se recomienda la limpieza de cualquier presencia de oxidación en cualquier componente.



Figura 37 Oxido

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)

- **Eliminación química del óxido:** Para ejecutar una adecuada limpieza del óxido del metal es necesario aislar este elemento de los elementos adyacentes a este ya que si esta ensamblado va ser de gran complejidad remover todo el óxido, razón por la cual se recomienda remover el elemento a tratar, además que este elemento requerirá una inspección para cerciorarse que tenga las dimensiones adecuadas.

2.6.8.2 Aluminio y aleaciones de aluminio

La presencia de corrosión en metales como el aluminio son más visibles que en otros metales ya que presenta diferentes defectos o modificaciones por causa de la misma, como rugosidades o picaduras en el material. Este

ataque en la superficie del aluminio se realiza con relativa lentitud ya que puede tener un daño de 0.001 a 0.0025 pulgadas, que no se considera un daño mayor para el elemento, pero se puede considerar una corrosión seria en tres casos como:

- La corrosión atraviesa las paredes de los tubos.
- Rajaduras por tensión de un elemento con corrosión.
- **Eliminación de corrosión en aluminio:** Se considera que el aluminio que es puro tiene una resistencia considerable mucho más que las aleaciones del mismo metal. Una propiedad que debe ser aprovechada y para ello se recubre las aleaciones con una capa pura de aluminio proporcionándole la resistencia de este. Esta capa protectora tiene el nombre de "Alclad" que se considera el aluminio en estado puro, para su limpieza hay que ser cuidadoso de no desgastar esta capa protectora para no exponer la parte interior de la aleación que tiende a ser más frágil a los ataques corrosivos, por lo que se debe seguir las siguientes tareas:
 - **Limpieza de la superficie:** Eliminación de impureza con el aceite o grasa con un limpiador que no sea agresivo frente a la superficie del aluminio, ya que muchos productos que se comercializan tienden a ser agentes cáusticos que pueden causar la corrosión por atrapamiento entre juntas del área limpiar.
 - **Pulir manualmente:** El aluminio con papeles no abrasivos o almohadillas que permita limpiar la superficie, pero no desgastar la capa protectora del Alclad, se puede utilizar un solvente y abrillantador para disminuir el tiempo y esfuerzo para obtener una superficie limpia. Utilizar un solvente inhibidor para el tratamiento anti corrosivo, permitiéndole que actúe sobre esta de 5 a 20 minutos. Dar protección cubrir la superficie pulida con una cera impermeable.

- **Para superficies:** Con una capa pintura se tiene que realizar procedimientos de limpieza más severos como: limpiar a fondo las superficies, quitar la pintura y residuales del área a tratar, tratamiento de las áreas corroídas con aplicación de un hisopo o cepillo, limpiar con un paño húmedo, reestablecer los recubrimientos protectores.
- **Tratamiento corrosión intergranular:** Este tipo de corrosión se producen por un mal tratamiento térmico al metal, y las discontinuidades se presentan a lo largo del grano del material, teniendo una corrosión de características severas que tiende a deslaminar la superficie por capas por lo que es necesario una limpieza severa y determinando el desgaste de la superficie y su tolerancia según el fabricante si este no estipula deberá poner los límites por el representante de ingeniería.
- **Tratamiento químico Alonizado:** Este es un tratamiento químico que se realiza a las aleaciones de aluminio para reforzar la resistencia contra la presencia de los ataques corrosivos y prestar adhesión con la pintura. Este proceso inicia con la aplicación de un solvente limpiador ácido o alcalino para luego quitar el exceso con agua dulce una vez realizado la limpieza se aplicación el Alodine 1200 este puede ser aplicado por pulverización, inmersión, o cepillado.

2.6.8.3 Corrosión en aleaciones de magnesio

Este un material químicamente más activo y de compleja protección frente a los demás metales que a menudo son utilizados en la aviación, cuando un área esta desprotegida la corrosión atacara inmediata y los daños pueden ser severos en corto tiempo en el elemento.

La evidencia de existencia de corrosión se presenta con capas y manchas blancas en su superficie su eliminación implica la remoción de cualquier presencia de corrosión y restaurar la protección del material.



Figura 38 Comportamiento a la corrosión en aleación de Mg (AM50)

Fuente: (Aircraft cleaning y corrosion control, 2012)ml

Tratamiento anticorrosivo en magnesio, la corrosión en este material ocurre generalmente en la superficie en las arandelas, por cizallamiento, perforación, abrasión o impacto, si elemento puede ser desmontado es recomendable hacerlo ya que será de gran ayuda para su limpieza, en lo cual se utilizaran cepillo de cerdas plásticas o naturales, almohadillas abrasivas no tejidas, no se debe utilizar elementos de limpieza de acero pues cualquier atrapamiento de partículas de estas puede ocasionar un daño más severo que el inicial, el componente de magnesio puede ser tratado de la siguiente manera:

- Limpieza la superficie, utilizando un cepillo de cerdas naturales o plásticas rígidas.
- Utilice un solvente para limpiar el área corroída con ácido crómico y ácido sulfúrico. Deje que la solución actúe por 5 a 20 minutos.

2.6.8.4 Corrosión en titanio y aleaciones

La corrosión en el titanio no es común, debido a que es un material altamente resistente a los ataques corrosivos por naturaleza, pero en caso que muestre corrosión será por acumulación de sales e impureza metalizas en altas temperatura de trabajo, las recomendaciones generales para metales este no se debe utilizar por ninguna razón lana de acero, raspadores de hierro, o cepillos de acero para remoción y limpieza la corrosión. Su limpieza puede ser manualmente utilizando un abrillantador o un abrasivo suave, se puede también utilizar cepillos de fibra humectando con una solución de dicromato de sodio.

2.6.9 Límites de la corrosión

La corrosión es un efecto adverso que se muestra en el metal, por lo cual este presenta un daño y un desgaste en su integridad. El desgaste o daño en el elemento debe ser clasificado en el tipo de daño que le corresponda como sigue:

- Daño insignificante
- Daño reparable
- Daño reparable por inserción
- Daño reemplazable

Cada tipo de daño tiene una tarea específica para realizar, un daño insignificante no expresa que este no requiera un tratamiento, más bien implica que el ataque corrosivo no es un daño excesivo y que podría ser controlado con los procesos adecuados a este. Otros tipos de corrosión serán de tipo de daño reparable y reparable por inserción que significará que esta área puede ser reparada según el Manual de Reparación Estructural, por ultimo tenemos el reemplazo de parte que será en un caso severo de daño por la corrosión.

CAPÍTULO III

DESARROLLO

3.1 Preliminares

El mantenimiento es un conjunto de tareas o trabajos que aseguran la aeronavegabilidad de las aeronaves, entendiéndose como aeronavegabilidad la operación en condiciones seguras, implicando de esta manera que cumpla con su certificado tipo, además de proveer seguridad o integridad física, de sus componentes, y de llevar un programa de corrosión, rotura, pérdida de fluidos efectivo, que mantenga a la aeronave en una correcta ejecución de sus diferentes sistemas y sub-sistemas. Mientras que una inspección son pruebas visuales con la utilización de diferentes manuales de mantenimiento y documentos informativos o de registro.

La aeronave Fairchild FH-227 tuvo como último explotador aéreo la empresa pública Ecuatoriana Petroecuador, realizando la mayor parte de sus operaciones en el oriente Ecuatoriano, en un clima que se caracteriza por tener temperaturas que pueden variar de 21 Celsius hasta tener un máximo de 34 Celsius, además de tener precipitaciones constantes, siendo un lugar con las características perfectas para reducir la vida útil de los distintos elementos y sistemas de esta aeronave que se exponía diariamente a este clima.

Saliendo de servicio y siendo trasladado al Ala de Transporte N°11, de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE), para finalmente ser donado a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE donde reside en su campus, ubicado en la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi. Toda aeronave necesita de un programa efectivo de mantenimiento, este puede ser calendario o por ciclos de vuelo, indistintamente cual sea deberá poseer uno, en el caso de la aeronave Fairchild FH-227J podemos dirigirnos en busca de la información correspondiente al manual de

mantenimiento (MM). El manual de mantenimiento es emitido por el fabricante y contiene información referente a reparación, sustitución, servicio, ajuste, inspección y verificación de sistemas y componentes. Este tipo de manual está dividido en ATAs que es un sistema de clasificar en capítulos y subcapítulos a todos los sistemas de la aeronave.

En el presente trabajo se utilizó la ATA 27 controles de vuelo (elevador), este sistema de control utiliza una barra rígida que está debajo del piso de la tripulación, la misma que accionara los cables los cuales están conectados y montados sobre un regulador de tensión hacia una varilla, para finalmente transmitir el movimiento hacia el elevador.

El elevador es una superficie aerodinámica de control de vuelo que está conformada de largueros larguerillos y costillas, los mismos componentes que permitirán soportar los diferentes esfuerzos producidos por los ciclos de vuelo de una aeronave. Este tipo de elevador de la aeronave Fairchild FH-227J su piel es de aleación de aluminio 2024 T4 la cual recubre la estructura del elevador.

Tanto el elevador derecho e izquierdo son casi idénticos, excepto que el elevador izquierdo tiene una aleta de compensación, el movimiento se tramite y se produce mediante los distintos elementos como:

- Columna de control.
- Eje intermedio.
- Regulador de tensión.
- Cables de control.
- Bisagras (hinges).

Cada uno de estos elementos que son importantes para poder generar el movimiento de esta superficie, tanto la columna de control, eje intermedio, regulador de tensión, cables de control, y bisagras. Si cualquiera de estos mecanismos de movimiento fallara se tendría un movimiento erróneo o ningún

3.2 Bisagra del elevador

La bisagra es un componente conformado de dos elementos los mismos que tienen un eje en común, el mismo que permite el movimiento en una dirección predeterminada por el diseño. El elevador izquierdo y derecho conjuntamente constan de cuatro bisagras las mismas que permiten un movimiento de 20 grados del elevador, tanto el soporte del elevador como del estabilizador son de aleación de aluminio los mismos que están unidos mediante un perno de aleación de acero, el mismo que permite la articulación del elevador.

3.3 Componentes de la bisagra del elevador izquierdo y derecho

3.3.1 Soporte de la bisagra del elevador

Se puede observar en la Figura 42 diferentes vistas de dibujo del soporte de la bisagra del elevador, la misma que permite la articulación del elevador conjuntamente con el soporte de la bisagra del estabilizador, formando una articulación. Esta estructura que está situada en el elevador es la parte móvil mientras que el elemento instalado en el estabilizador se mantiene fijo.

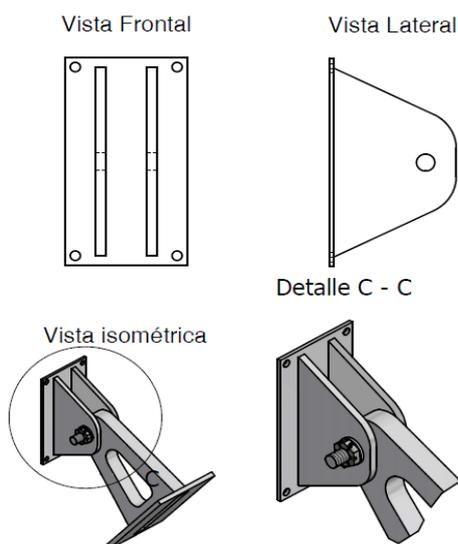


Figura 39 Dibujo conceptual del soporte de la bisagra del elevador

Este tipo de soporte es de una aleación de aluminio, material que se identifica por su peso específico bajo y mediante la aleación provee gran resistencia a esfuerzos cortantes.

3.3.2 Soporte de la bisagra del estabilizador

Se puede observar en la Figura 43 las diferentes vistas de dibujo del soporte de la bisagra del estabilizador, la misma que tiene la función de proporcionar un soporte para realizar el movimiento del elevador realizado por el piloto, que mediante los diferentes componentes hasta llegar al elevador. Además de proporcionar sujeción al elevador para que se mantenga en una posición alineada con el estabilizador. Esta estructura ubicada en el estabilizador es la parte fija mientras que el elemento instalado en el elevador es móvil.

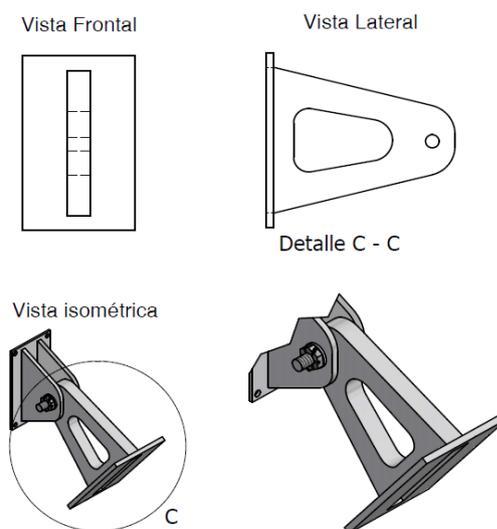


Figura 40 Dibujo conceptual del soporte de la bisagra del estabilizador

3.3.3 Elementos de sujeción de los soportes

Estos son los elementos que proporcionan la unión y articulación de ambos soportes y además permiten transmitir el movimiento hacia el elevador, todo esto a través de un perno ubicado entre el soporte del elevador y del estabilizador.

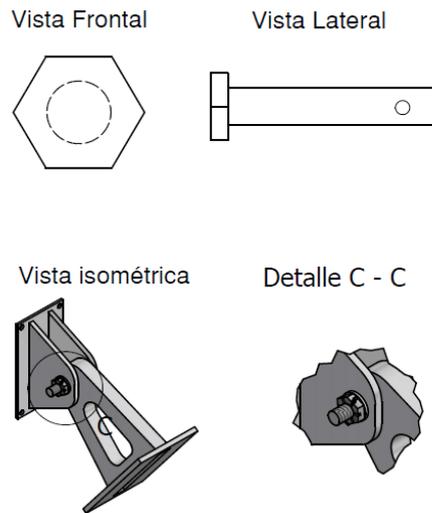


Figura 41 Dibujo conceptual elementos perno

Se puede observar los elementos que completa la unión de las bisagras, con sus debidas seguridad como es el caso del cotter pin elemento utilizado para fijar y además que las partes se mantengan juntas, la tuerca que nos proporciona ajuste necesario y la arandela que soportan la fuerza del ajuste para no daño el material de apoyo.

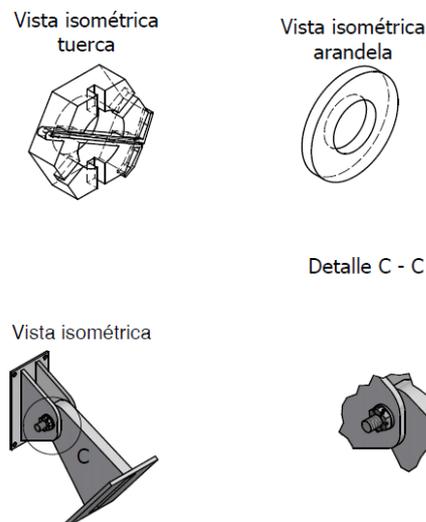


Figura 42 Dibujo conceptual elementos de ajuste tuerca, cotter pin, arandela

3.3.4 Estado actual de las Bisagras del elevador

Las cuatro tapas de las bisagras fueron inspeccionadas mediante una inspección alrededor de las bisagras (Walkaround inspection) donde fue de gran complejidad su acceso hacia el interior de las bisagras, ya que cada una de estas presentaban en sus elementos de sujeción (tornillos, tuercas, pernos, arandelas), oxidación lo que con llevo al atascamiento de estos elementos.

Se pudo observar la presencia de un polvo rojizo en las superficies de los elementos de sujeción de la bisagra y tapas de revisión de las mismas, razón por la cual se determinó la existencia de corrosión galvánica y oxidación. AC Corrosion Control for Aircraft No: 43-4 menciona.

Una de las corrosiones más conocidas es el óxido ferroso (óxido) apareciendo como un polvo de color rojizo en las superficies. Algunos óxidos metálicos protegen el metal base subyacente, pero el óxido no es una capa protectora en ningún sentido. Su presencia en realidad promueve un ataque adicional atrayendo humedad del aire y actuando como un catalizador para la corrosión. El óxido puede aparecer primero en las cabezas de los pernos, tuercas de sujeción u otro hardware de la aeronave no protegida. (1991, p. 16) ver **Anexo C**.



Figura 43 Corrosión por oxidación perno, y tornillos de tapa de revisión

También se pudo observar, la presencia de descamación, hinchazón, surcos en la superficie que contenía pintura además de decoloración en el aluminio mostrando lugares más claros y otros opacos en zonas adyacentes a las bisagras. AC Corrosion Control for Aircraft No: 43-4 menciona.

La corrosión superficial aparece como una rugosidad o descamación en general, por ataque químico o picadura en la superficie de un metal, frecuentemente acompañada por un depósito en polvo producto de la corrosión, esta puede ser causa por un ataque químico directo o electroquímico. Mientras que la corrosión filiforme tendrá la aparición de pequeños gusanos debajo de la superficie de pintura. (1991, p. 20, 14) ver **Anexo C**.



Figura 44 Posible presencia de corrosión superficie, filiforme

En superficies adyacentes a las bisagras también se pudo observar presencia de moho que presentaban un color verde y se extendían a lo largo de varias juntas. AC Corrosion Control for Aircraft No: 43-4 menciona. El ataque microbiano incluye acciones de bacterias, hongo o mohos. Los ataques de microorganismos ocurren en casi todas partes. Los organismos que causan los mayores problemas de corrosión son bacterias y los hongos. Este crecimiento microbiano se debe eliminar por completo para evitar la corrosión, este puede eliminarse a mano o con un cepillo de cerdas gruesas. (1991, p. 27-28) ver **Anexo C**.

Una vez realizado la inspección por alrededor de las bisagras se pudo observar diferentes anomalías en los materiales como el aluminio, el acero que presentaban corrosión superficial, además algunas capas de pintura se encontraban en un estado de deslaminación razón por la cual, fue necesario realizar una inspección de según nivel como la inspección general.

3.4 Inspección general

Se decidió realizar la inspección general, pues en una inspección preliminar como el walkaround inspection, se tuvo resultados de presencia de corrosión en los diferentes componentes de las bisagras del elevador tanto izquierdo como derecho, razón por la cual se sospechó que estas partes pudieran tener algún daño, para la eliminación de cualquier sospecha de daño interior se realizó la inspección general.

Para realizar la inspección general y para tener una correcta lectura de todos los detalles encontrados en la aeronave Fairchild FH-227J, específicamente en las bisagras del elevador, se realizó según las recomendaciones de la Circular de Asesoramiento (AC), titulada inspección visual para aeronaves N°: 43 – 204, además de ser directamente recomendada en el Manual de Técnico de Aviación capítulo 8 Inspección fundamental de la Administración Federal de Aviación (FAA). (1991, p. 27-28) ver **Anexo B**.

3.4.1 Limpieza

Se realizó la limpieza con el desmontaje de las tapas de revisión de las bisagras para prestar las facilidades para la limpieza y posterior inspección, además de la remoción de las impurezas, pintura y corrosión. AC Visual Inspection for Aircraft No: 43-204 menciona. Las áreas o la superficie de las partes que se inspeccionarán deben limpiarse sin dañar ningún tratamiento de superficie que pueda estar presente.

Los contaminantes que pueden dificultar el descubrimiento de las indicaciones de superficie existentes deben eliminarse. Algunos de los materiales y métodos de limpieza típicos utilizados para preparar las piezas para la inspección visual son limpiadores de detergente, limpiadores alcalinos, desengrasado de vapor, limpiadores solventes, limpieza mecánica, removedores de pintura, limpieza con vapor y limpieza ultrasónica. (1997, p. 27-28) ver **Anexo B**.



Figura 45 Limpieza de las bisagras del elevador horizontal

3.4.1.1 Remoción de tapas de acceso a las bisagras

Para realizar la remoción de las tapas de acceso a las cuatro diferentes bisagras en total del elevador izquierdo como derecho, se siguió la ficha técnica de remoción e instalación del elevador del Manual de Mantenimiento General del Avión Fairchild Hiller.

- **Instrucción:** Quite los carenajes o tapas de las bisagras y desconecte la tira o faja (cable) de puesta a masa. (Manual de mantenimiento FH-227J, 1993, p. 201). ver **Anexo H**.
- **Protección personal herramientas y equipo de apoyo:** Destornillador de boca tipo estrella, bolsitas de tela, lubricante, guantes, overol, zapatos de seguridad, escalera.



Figura 46 Protección personal herramientas y equipo de apoyo

- **Ejecución:** Como primer paso se ubicó la escalera en un lugar que permitió alcanzar con facilidad y comodidad el área donde se realizó la tarea para después proceder a retirar las tapas de inspección de cada una de las bisagras del elevador izquierdo como derecho, que desde este momento de denominaran de la siguiente manera:

Tabla 2 Denominación bisagra elevador izquierdo FH-227

Elevador izquierdo	
Denominación	Abreviatura
Uno Izquierda	Uno Izq.
Dos Izquierda	Dos Izq.

Tabla 3 Denominación bisagra elevador izquierdo FH-227

Elevador Derecho	
Denominación	Abreviatura
Uno Derecha	Uno Dcha.
Dos Derecha	Dos Dcha.

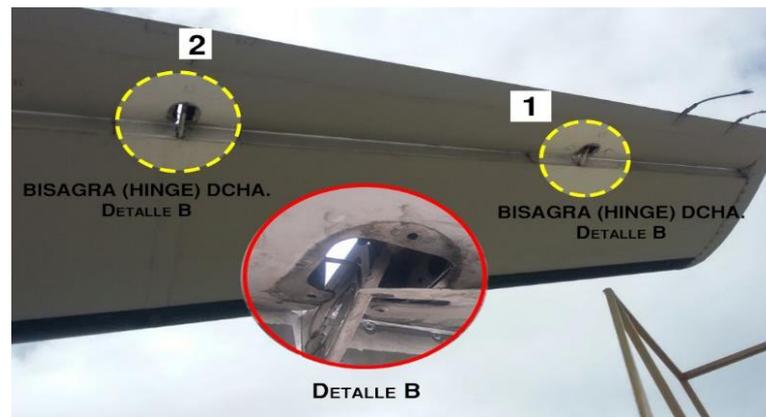


Figura 47 Bisagras elevador derecho

Para realizar esta tarea fue necesario un destornillador de boca tipo estrella de vástago largo por la fuerza adicional que se debió hacer, además de un lubricante que en este caso se utilizó WD-40, para liberar y aflojar los tornillos que estaban bloqueados por la presencia de suciedad y oxidación. El desarmador de vástago largo fue de gran ayuda ya que se disponía de un torque adicional para poder, aflojar los tornillos que presentaban una característica de oxidación en sus cabezas y bloqueo al momento de desmontarlos.

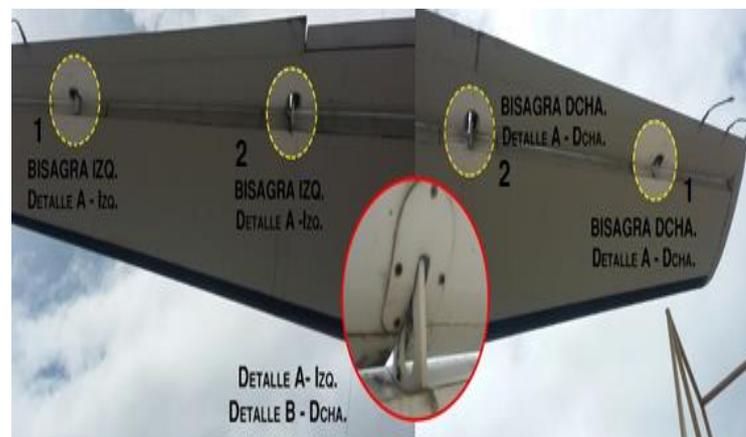


Figura 48 Bisagras del Elevador izquierdo y derecho

El elevador esta acoplado al estabilizador mediante dos bisagras en forma de brazo que se encuentra en el borde delantero sujetando al elevador, mientras tanto las costillas esta equidistantes una con otra de manera lateral, el movimiento de este elemento es trasmitido a través del tubo de control (control tube) y la palanca de control (Control Lever) el mismo que está conectado a una varilla que permite el movimiento.

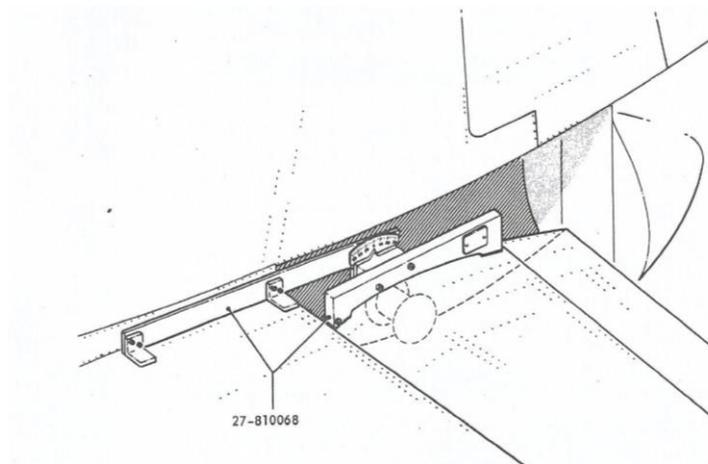


Figura 49 Control del elevador

Fuente: Manual de mantenimiento FH-227

El elevador derecho tiene las mismas características de fabricación que el izquierdo, sujetado por dos bisagras que permiten actuar al estabilizador como soporte, además su piel es de una aleación de aluminio 2024-T4 con la excepción que su aleta compensadora está integrado al cuerpo del elevador.



Figura 50 Bisagras del elevador derecho

Las tapas de acceso a las bisagras de articulación del elevador constan de cinco tornillos en la tapa próxima al fuselaje de la aeronave, mientras la que se encuentra en su parte del extremo del elevador consta de tres tornillos, de tipo Phillips, los mismo que presentaron gran resistencia para ser destornillados razón por la que se hizo el uso de WD – 40 que es un aerosol con características penetrantes y de lubricación, permitiendo de esta manera desbloquear los tornillos que presentaron gran resistencia debido a la existencia de oxidación y suciedad.



Figura 51 Tapas de revisión bisagras elevador derecho

Una vez que se removido las tapas de revisión a las bisagras se pudo tener acceso completo a todos los diferentes componentes de la articulación del elevador.



Figura 52 Bisagras del elevador izquierdo y derecho

3.4.1.2 Remoción de tuercas y pernos de las bisagras del elevador izq. y dcho.

Instrucciones: Remueva las tuercas de los pernos de cada bisagra o articulación. (Manual de mantenimiento FH-227J, 1993, p. 201). ver **Anexo H**.

Protección personal herramientas y equipo de apoyo: Dos llaves mixta 7/16 pulgadas, pinza, bolsitas de tela, lubricante, guantes, overol, zapatos de seguridad, escalera.

Ejecución: Para poder remover de los pernos de cada una de las cuatro bisagras, se hizo uso del equipo de apoyo (escalera) ubicándola en un lugar que permitió el alcance y movilidad correcta para la tarea que se realizó además se utilizó en primera instancia un lubricador tipo WD – 40 con el objetivo de aflojar y lubricar cada perno para que se deslice con facilidad, una vez realizado la lubricación a cada uno de los cuatro pernos se procedió con la remoción.



Figura 53 Bisagra 1 elevador izquierdo luego de ser removida el perno de sujeción

Esta se realizó empezando desde el elevador izquierdo el cual contiene dos bisagras que en su interior son sujetas por un perno, cada una es asegurada con una tuerca y un cotter pin. La remoción empezó con la bisagra denominada uno izquierda, dos izquierda, una derecha y se terminó con dos derecha, se procedió al retiró del cotter pin.

Los pernos utilizando una pinza para posteriormente remover los cuatro pernos ubicando una llave mixta de 7/16" tanto en la cabeza del perno como en la tuerca del mismo, de esta manera se retiró cada una de las cuatro tuercas como sus pernos.



Figura 54 Perno de sujeción de la bisagra del elevador izquierdo

3.4.1.3 Limpieza de las bisagras

Instrucciones: El elemento o superficie a inspeccionarse debe tener una exhaustiva limpieza sin dañar o deformar la superficie a inspeccionar, debido a que existe suciedad o partículas que pueden causar una lectura errónea de los defectos que puedan ser vistos en la superficie por esta razón se debe eliminar cualquier presencia de contaminantes u obstrucción para la inspección.

Para realizar la limpieza se debe ser cuidadoso en el método a aplicar ya muchos métodos o la falta de cuidado puede eliminar indicaciones de defectos por lo que se recomienda dar un tratamiento no agresivo a la superficie para tener una buena limpieza y sin haber eliminado indicaciones de defectos o daños. Los recubrimientos exteriores tales como pintura o protección anticorrosiva (Primer) deben ser removidos, para poder realizar esta limpieza se utilizan materiales o solventes como el detergente, limpiadores alcalinos, desengrasantes, limpiadores mecánicos, removedores de pintura o limpieza

ultrasónica, estos métodos nos proveerán de una limpieza de la parte o superficie en su totalidad, para poder aplicar inspecciones visuales en el método de ensayos no destructivos.

Herramienta necesaria: Guates, overol, mascarilla, solventes de limpieza con PH neutro, fundas plásticas atomizador plástico, wype.

3.4.1.4 Ejecución Bisagra 1 izquierda

Esta labor se ejecutó con el uso del equipo de apoyo que pudiera conectar áreas ubicadas en diferentes alturas como lo es la escalera. Se situó en una superficie que presto el soporte correcto, para los cuatro puntos de apoyo de la escalera sobre la superficie, con esto se proveyó estabilidad en el momento que se la utilizo.

Con la escalera ubicada en un lugar seguro y correcto para acceder al área de trabajo, se procedió a preparar, los atomizadores uno con agua dulce y otro con solvente con un PH neutro. Se accedió a la bisagra uno izq., se roció el solvente diluido con agua y se retiró las impurezas y polvo en primera instancia ya que la limpieza mediante un solvente no abrasivo presento la eliminación de impurezas leves superficiales.

Tabla 4 Propiedades solventes

Propiedades adecuadas para solvente
Fácil solubilidad
No ser corrosivo frente a materiales metálicos
Alta capacidad de humectación
Fácil enjuague
No toxico



Figura 55 Bisagra 1 izq luego de limpieza con solvente no abrasivo.

Se pudo visualizar con la limpieza mediante un solvente suave que era necesario aplicar un solvente abrasivo. El área a realizar la limpieza presentaba un acabado con pintura, todo este acabado fue necesario retirar con un removedor de pintura.

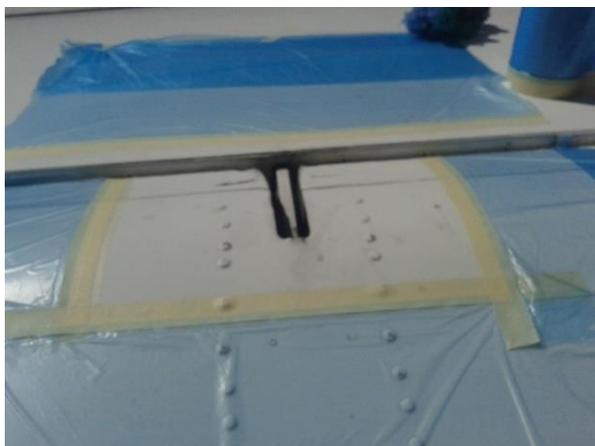


Figura 56 Área superior de la bisagra 1 izq. presencia de corrosión superficial.

El área superior del elevador izquierdo bisagra 1 izq., presentaba corrosión superficial, la misma tenía áreas decoloradas, y descamación de pintura. Razón por la cual se decidió aplicar removedor de pintura para poder visualizar y medir el daño en la superficie afectada por este ataque corrosivo en lo posterior mediante la inspección general que nos dará conclusiones.



Figura 57 Removedor de pintura

Antes de la aplicación del removedor, se protegió las áreas que no se iban a remover la pintura, con una cubierta de plástico, que proporcionaba protección a las áreas contra los químicos que se iban a ser aplicados. La posterior aplicación del removedor se realizó mediante una brocha y un recipiente que contenía el removedor, mediante la utilización de una brocha se unto toda la superficie con el químico para que pueda actuar sobre ella, las especificaciones técnicas recomiendan de 5 a 10 minutos para el buen actuar de químico, una vez transcurrido este tiempo se retiró la capa de pintura mediante una espátula plástica para no dañar de ninguna manera la superficie que se trató.

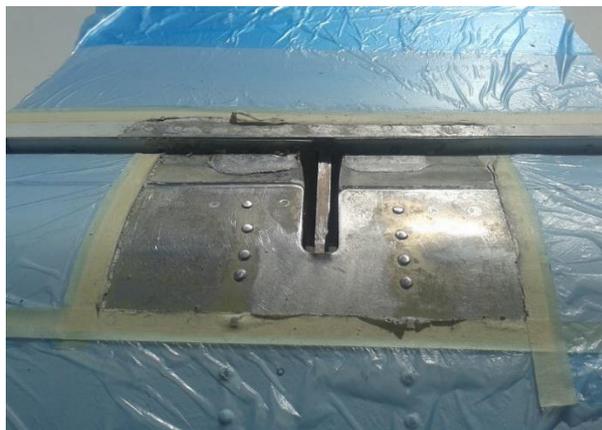


Figura 58 Área superior bisagra 1 izq., después de la aplicación del removedor de pintura.

La remoción de pintura y otros acabados fueron necesarios en esta superficie por la posible presencia de corrosión ya que era una zona adyacente a la bisagra que podía desencadenar en un ataque corrosivo por alcance y para evidenciar el daño en la superficie atacada por la corrosión y categorizarlo.

Una vez que se tuvo la piel del elevador de la zona adyacente a la bisagra libre tanto de impurezas como de pintura se pudo cambiar de ubicación para remover la pintura en otra área con presencia de acabados. En esta ocasión se removió la pintura del soporte de la bisagra del estabilizador.



Figura 59 Soporte de la bisagra 1 izq. del estabilizador

Se dejó actuar el químico durante 10 minutos, y posteriormente se procedió a retirar las capas de pintura, este proceso fue necesario hacer por 2 veces adicionalmente pues esta área presentaba gran adherencia de la pintura al soporte de la bisagra. Una vez que se realizó la limpieza se pudo obtener una parte completamente limpia, libre de impureza y de cualquier otro elemento que impidiera realizar una correcta inspección visual.

3.4.1.5 Ejecución Bisagra 2 izquierda

Este trabajo se realizó con la correcta ubicación del equipo de apoyo en un espacio plano y liso, que permitió tener estabilidad. Con la escalera en una posición correcta se procedió a limpiar las diferentes partes de la bisagra con un solvente suave y agua.

Esta limpieza pudo eliminar la presencia de polvo, aceite y lubricante, no obstante, no pudo eliminar presencia de corrosión y acabados de pintura por lo que fue necesario aplicar otros métodos más agresivos para tener nuestra parte libre de impureza y de pintura.



Figura 60 Bisagra 2 izq., enmascarada

Para proteger el área que no fue necesario remover los acabados de pinturas se procedió a enmascarar estas áreas con plástico aislante. Una vez que estas áreas estaban protegidas se aplicó el removedor, usando una brocha y untando todas las superficies con presencia de pintura. Se dejó que trascurriera 5 a 10 minutos para proceder a remover la pintura con una espátula plástica la cual no causaba ningún daño a la superficie de aluminio.



Figura 61 bisagra 2 izq después de la limpieza

3.4.1.6 Ejecución Bisagra 1 derecha

La bisagra 1 derecha se encontraba en un estado que mediante una inspección visual simple se logró ver gran cantidad de suciedad y manchas que daban a pensar que pudiera existir presencia de corrosión severa. La limpieza de esta parte se inició con los equipos de apoyo ubicándolos correctamente en un lugar que nos dio comodidad y completo acceso a la bisagra.



Figura 62 Bisagra 1 derecha, antes de la limpieza y remoción de pintura

Para poder trabajar en un estado seguro se procedió a insertar en lugar del perno de la articulación un pasador de aleación de aluminio con 2 medidas menos que su original para que sirviera de soporte hasta el momento de completar, tanto la limpieza como la inspección.

Para poder remover la suciedad que permaneció durante un largo de periodo estancada en esa zona Se aplicó Orange que es un limpiador, de acción abrasiva que se aplicó mediante un atomizador para luego ser removido mediante una almohadilla de fibra, siendo un limpiador que sirvió muy bien para dejar libre de suciedad las zonas con presencia de polvo y grasa.



Figura 63 Solvente de limpieza Orange

Una vez retiradas las impurezas se procedió a quitar la pintura con el removedor con la aplicación mediante una brocha en las zonas con presencia de este acabado, para luego esperar 10 minutos y proceder a retirar la pintura con una espátula plástica, cabe decir que este proceso se realizó por 3 veces adicionales pues la pintura se encontraba en varias capas y además en una zona que no debería existe presencia de ella. Esta limpieza fue compleja ya que las impurezas a remover habían estado por un extenso periodo de tiempo mismo que dificultó su remoción.

3.4.1.7 Ejecución Bisagra 2 derecha

Esta bisagra en común presentaba gran desgastamiento debido a la presencia de contaminantes, teniendo una superficie completamente llena de polvo, grasa, partículas de plástico, y metales que se encontraban atrapados en el interior de las bisagras. La limpieza se inició con la aspersion de Orange que sirvió excelentemente en esta situación removiendo las impurezas.



Figura 64 Bisagra 2 derecha antes de la limpieza y remoción de la pintura

Con el uso de fibra y un cepillo de cerdas resistentes se procedió a retirar la mugre del interior superficie que contenía y protegía a la bisagra, estos materiales no abrasivo fueron de gran ayuda ya que realizaban la limpieza de forma agresiva pero no, atacaban a la superficie del aluminio con rajaduras, rasguños o quitando la capa protectora de alclad del aluminio.



Figura 65 Fibra y cepillo para limpieza

Una vez realizados estos procedimientos de limpieza de contaminantes se procedió a remover la pintura el proceso fue el mismo que se aplicó en las bisagras 1, 2 izquierdo y 1 derecha, teniendo como diferencia el tiempo de remoción que en este caso fue relativamente norma ya que se contó solo con una capa de pintura y su remoción fue rápida y de forma efectiva.



Figura 66 Bisagra 2 derecha después de la limpieza

3.4.2 Remoción de la corrosión aleación de aluminio y acero

Posteriormente de haber removida tanto los contaminantes exteriores encontrados como el acabado de pintura, se procedió a remover la corrosión mediante un Scotch-Brite y papel abrasivo. AC Corrosion Control No: 43-4A menciona.

Se debe seleccionar el papel abrasivo correcto para las tareas de remoción de la corrosión, dado que podemos obtener buen resultado con un grano más fino o por el contrario con grano más grueso, todo dependerá del grado de corrosión que se presente y del material que se encuentre esta, en el caso del aluminio o aleaciones de aluminio se seguirá la siguiente tabla. (1991, p. 123) ver **Anexo F**.

Tabla 5 Papel abrasivo aluminio

Metal	Operación	Papel abrasivo
Aleación de aluminio	Remoción de corrosión	Grano 150 y finaliza con 400

Fuente: AC Corrosion Control No: 43-4^a



Figura 67 Papel abrasivo grano 180 – 400

Una vez que se eligió el papel abrasivo a utilizar se procedió a leer las indicaciones del químico que ayudaría a la remoción de la corrosión. AC Corrosion Control No: 43-4A menciona.

Methyl Ethyl Ketone (MEK) también está disponible como un limpiador solvente para superficies metálicas y removedor de pintura para áreas pequeñas. Este es un solvente y limpiador de metales muy activo, con un punto de inflamación de aproximadamente 24 ° F. Es tóxico cuando se inhala, y se deben observar precauciones de seguridad durante su uso. En la mayoría de los casos, ha sido reemplazado por solventes de limpieza más seguros para el manejo más ecológico. (1991, p. 168) ver **Anexo F**.



Figura 68 Atomizador conteniendo MEK

3.4.2.1 Bisagra 1 izquierda

Tapa de revisión: En la superficie de la tapa de revisión se pudo observar diferentes irregularidades tales como: hinchazón de la pintura, descamación de la pintura, formas irregulares de color oscuro.



Figura 69 Tapa de revisión bisagra 1 izquierda

Una vez retirado la pintura se pudo observar un ligero cambio de tonalidad de la superficie de aluminio, razón por la cual fueron limpiadas a través de un papel abrasivo grano 400, y una almohadilla de fibra.



Figura 70 Tapa de revisión bisagra 1 izquierda

Para poder determinar la cantidad máxima permitida de eliminación del material y catalogar como una corrosión ligera se determinó mediante. AC Corrosion Control No: 43-4A menciona “Corrosión ligera, caracterizado por decoloración o picaduras a una profundidad de aproximadamente 0.001 pulgadas como máximo. Este tipo de daño normalmente se elimina con pulido, lijado manual o tratamiento químico” (1991, p. 153). ver **Anexo C**.

El proceso de eliminación de la corrosión se realizó mediante abrasión al material por lo que fue necesario dirigir al Manual de reparaciones estructurales para determinar que la parte se encontraba catalogada como un daño en la piel insignificante. Structural Repair Manual ATA 55 menciona.

Daño insignificante: Los arañazos que no afectan más del diez por ciento del grosor se pueden clasificar como insignificantes cuando se suavizan mediante pulido o bruñido hasta un acabado de 63 limas. Las abolladuras lisas, de no más de 1/16 de pulgada y no más de una pulgada de diámetro, también se pueden considerar insignificantes si se les puede dar forma. No se permiten grietas ni agujeros. (1991, p. 1) ver **Anexo F**.

Perno de sujeción: Este elemento de la bisagra se encontraba en un estado de De, razón por la cual presentaba un polvo rojizo en su superficie y también presencia de picadura en el cuello y cabeza de mismo. La limpieza de la oxidación fue mediante un solvente abrasivo y para ayudar a la remoción lija 400 y almohadilla de fibra que fue suficiente para poder remover esta oxida de carácter ligero.



Figura 71 Perno bisagra 1 antes y después de la limpieza de oxidación.

- **Cubierta interior:** Esta superficie se encontraba, con gran presencia de polvo, grasa y mugre, una vez retirado estos elementos contaminantes mediante procesos abrasivos que utilizaron químicos como MEK y Orange, los mismos que sirvieron para remover la suciedad y el tratamiento anticorrosivo como el Alodine 1200, para poder tener una superficie completamente limpia y libre de impureza para su posterior inspección. Una vez realizado los métodos de limpieza se pudo observar una superficie bastante uniforme tanto en su color como en mostrar una superficie liza al tacto.

3.4.2.2 Bisagra 2 izquierda

- **Tapa de revisión:** Esta superficie de la tapa de revisión se pudo observar anomalías en ella de carácter menor tales como: descamación de la pintura, decoloración.



Figura 72 Tapa de revisión bisagra 2 izquierda

Una vez retirado la pintura se pudo observar una superficie bastante pareja razón por la cual se pudo dar un tratamiento de limpieza al área de una posible corrosión con una almohadilla de fibra y MEK.



Figura 73 Tapa de revisión bisagra 1 izquierda

De igual manera para poder determinar como una corrosión ligera se determinó mediante, AC Corrosion Control No: 43-4^a, en este caso no fue necesario, dirigirse al SRM manual para determinar los límites de re-trabajado ya que en esta parte no se actuó con papeles u otro tipo de ayuda abrasiva para la remoción de la corrosión.

Perno de sujeción: Este perno de sujeción presentaba una oxidación leve conjuntamente con sus tres arandelas, por lo que se aplicó un solvente abrasivo para la eliminación de la oxidación y con la ayuda de una lija 400, una almohadilla de fibra herramientas que permitieron eliminar la oxidación de la superficie del perno no obstante un arandela se encontraba en un etapa avanzada de oxida por lo que se decidió eliminar la parte y reemplazarla.



Figura 74 Perno de sujeción de la bisagra 2 izquierda

3.4.2.3 Bisagra 1 derecha

Tapa de revisión: Esta parte presentaba una característica de daño poco común lo que haría pensar de una corrosión severa, mediante los pasos o procesos que se realizaron hasta obtener una parte completamente libre de cualquier impureza o acabado se pudo dar otra opinión sobre la parte.

Para poder determinar el estado de esta parte se utilizó las recomendaciones de AC Corrosion Control No: 43-4A quien por las características del área que presentaba manchas ligeras se pudo catalogar como una corrosión ligera, para la limpieza de esta se utilizó una almohadilla de fibra razón por la cual no habría tenido desgaste de material según el Structural Repair Manual ATA 55. Ver **Anexo F,D**.



Figura 75 Tapa de revisión Bisagra 1 derecha



Figura 76 Tapa de revisión bisagra 1 derecha

3.4.2.4 Bisagra 2 derecha

Tapa de revisión: Esta parte contenía una superficie bastante uniforme con unos pequeños detalles de daños por el tiempo de uso, su pintura alrededor de los tornillos presentaba descamación por lo que se procedió a la eliminación de pintura, para verificar la presencia de un daño en la superficie del aluminio. Una vez realizado los procesos de limpieza mediante removedor de pintura y Metil Etil Cetona, para dejar una superficie libre de cualquier impureza y acabados como pintura, se pudo observar una superficie uniforme y libre de cualquier imperfección como manchas oscuras o decoloración en la parte producto de la corrosión, determinando una parte libre de corrosión según la AC No: 43-4ª y en un estado seguro según el SRM, ATA 55.



Figura 77 Tapa de la bisagra 2 derecha antes y después

3.4.3 Tratamiento anticorrosivo

El tratamiento anticorrosivo es primordial en cualquier metal, existen varias clases de anticorrosivos en este caso de las pintura se eligió el proceso químico de la superficie aplicando Alodine 1200 y posteriormente de primer para asegurar una parte completamente cubierta contra la corrosión además de proporcionar un buen agarre, el proceso que se siguió es el siguiente:

- Limpieza de la corrosión o de la parte.

- Limpieza con Metil Etil Cetona.
- Aplicación de Alodine 1200.
- Dejar actuar el anticorrosivo por 20 minutos y limpiar el exceso.
- Pintar el área lo más pronto posible.



Figura 78 Aplicación de alodine 1200 a la superficie de aluminio

Fuente: Investigación de campo

Tabla 6 Procesos de tratamiento anticorrosivo

Nombre de parte	Tratamiento	Químico
Tapa bisagra 1 izq.	Químico	Alodine 1200, Primer
Tapa bisagra 2 izq.	Químico	Alodine 1200, Primer
Tapa bisagra 1 dcha.	Químico	Alodine 1200, Primer
Tapa bisagra 2 dcha.	Químico	Alodine 1200, Primer
Parte superior de la cubierta bisagra 1 izq.	Químico	Alodine 1200, Primer
Superficie interior de la bisagras 1 izq., 2 izq., 1 dcha., 2 dcha.	Químico	Alodine 1200, Primer



Figura 79 Tapa de acceso aplicación de Alodine 1200

3.4.4 Inspección visual

3.4.4.1 Preparación para la inspección

Esta inspección se realizó con el objetivo de descartar daños por la presencia de la corrosión y determinar tolerancias de re-trabajado en cada una de las áreas o partes afectadas por el ataque corrosivo. Para realizar esta inspección tuvimos al alcance diferentes ayudas como la de una linterna como una fuente de iluminación hasta un espejo que permitía observar puntos fuera del alcance normal de la visualización. AC Visual Inspection For Aircraft No: 43-204 menciona.

Las dos indispensables ayudas para una inspección visual son la iluminación y las ayudas ópticas de varios tipos, la iluminación es cruciales para todas las pruebas de inspección visual que puede afectar sustancialmente en la determinación de una conclusión del inspector. (1997, p. 63).ver **Anexo E**.

3.4.4.2 Iluminación

Para tener una correcta iluminación sobre el área de las diferentes bisagras, se tuvo que analizar el entorno de la ubicación de las mismas, en la figura 52 podemos observar que la ubicación de las cuatro bisagras, la cual nos muestra un medio ambiente abundante en iluminación natural emitida por

el sol. La iluminación emitida por el sol puede ser cambiante como nos muestra la siguiente tabla.

Tabla 7 Intensidad de la luz diurna bajo diversas condiciones

Iluminancia	Escenarios
12000 lux	Luz diurna más brillante
11000 lux	Luz diurna brillante
20000 lux	Sombra iluminada por un cielo completamente azul, al mediodía.
10000 – 25000 lux	Típico día nublado o al mediodía.
<200 lux	Extremo de las más oscuras nubes tempestuosas y al mediodía.
400 lux	Orto u ocaso en un día claro (iluminación ambiental).
40 lux	Completamente nublado, en el orto/ocaso.
<1 lux	Extremo de las más oscuras nubes tempestuosas, en el orto/ocaso.

Fuente: bhbenenergy.com/2017/04/lumen-lux-candela-vela/

Mediante la tabla 6 podemos definir como la luz orto u ocaso en un día claro (iluminación ambiental).de una cantidad de 400 lux, y la AC 43-204 ver Anexo E, menciona que la iluminación para trabajos de un contraste medio y tareas de tamaño pequeño está en un rango (D) de iluminación de 20-30-50 Footcandles (velas), teniendo en cuenta que un lux es igual a 0.09 velas entonces trasformando 400 lux emitidos por el sol tenemos 36 velas que esta adecuado a las recomendaciones de la AC de inspecciones visuales ubicando en un rango D.

Para tener un entorno adecuado para la inspección se usó una linterna que evitaba sombras en el lugar de la inspección, ya que se tuvo en cuenta las sombras producidas por el entorno donde estas también contribuían en un fondo que permitía un mayor enfoque en el área de inspección y más contraste.

3.4.4.3 Equipo utilizado en la inspección

Como una de las principales ayudas para la inspección visual tuvimos un espejo redondo con una unión de rotula que permitía direccionar en cualquier dirección, además de tener un eje de soporte telescópico que permitía llegar a los lugares de difícil acceso en la bisagra.



Figura 80 Espejo y magnificado 5x

También se hizo el uso de un magnificado o lupa para poder visualizar un área específica con mayor enfoque, el magnificador que se utilizó fue con un aumento de 5X que permitía una distancia de trabajo de 2 pulgadas.

3.4.4.4 Implementación

Tabla 8 Procesos inspección visual bisagra 1 izquierda

Inspección visual, material: Aleación de aluminio			
Defecto	Equipo	Evaluación según SRM y AC 43 - 204	Observaciones
Rasguños	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron defectos de consideración
Grietas	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron grietas
Color del material	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	Ninguna
Otros defectos	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron defectos de consideración

Conclusión: La bisagra 1 izquierda en primera instancia se encontraba con residuos de grasa y otros contaminantes y presentaba una decoloración, lo que así sospechar de un daño por corrosión, una vez removido las impurezas y pintura se obtuvo una superficie completamente limpia y además se observó uniformidad en su color como en la suavidad y uniformidad de su superficie para descartar algún daño se procedió a realizar la inspección visual que concluyó exitosamente, teniendo una parte en buen estado según normas del Manual de Reparaciones Estructurales y La AC 43 – 204.

Tabla 9 Procesos inspección visual bisagra 2 izquierda

Inspección visual, material: Aleación de aluminio			
Defecto	Equipo	Evaluación según SRM y AC 43 - 204	Observaciones
Rasguños	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron defectos de consideración
Grietas	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron grietas
Color del material	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	Ninguna
Otros defectos	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron defectos de consideración

Conclusión: La bisagra 2 izquierda, tenía que ser inspeccionada ya que presentaba pintura en su superficie la cual demostraba estar en un grado deteriorado, razón por la cual se procedió a la limpieza y remoción de la pintura para proceder con la inspección. La inspección visual se realizó y revisando los diferentes parámetros de calidad se concluyó que la parte se encontraba en buen estado esto según normas del Manual de Reparaciones Estructurales y La AC 43 – 204.

Tabla 10 Procesos inspección visual bisagra 1 derecha

Inspección visual, material: Aleación de aluminio			
Defecto	Equipo	Evaluación según SRM y AC 43 - 204	Observaciones
Rasguños	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Acceptable	No se encontraron defectos de consideración
Grietas	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Acceptable	No se encontraron grietas
Color del material	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Acceptable	Ninguna
Otros defectos	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Acceptable	No se encontraron defectos de consideración

Conclusión: La bisagra 1, esta parte presentaba en su superficie gran cantidad de contaminantes por lo que se dificultó su limpieza y se hizo el uso de solvente abrasivos para obtener una superficie libre de impurezas para tener una correcta lectura en la posterior inspección. La inspección visual se realizó con normalidad haciendo uso de las diferentes herramientas de ayuda para la visualización y según los parámetros y datos recolectados podemos concluir que la parte se encuentra en buen estado para continuar con su uso esto según normas del Manual de Reparaciones Estructurales y La AC 43 – 204.

Tabla 11 Procesos inspección visual bisagra 2 derecha

Inspección visual, material: Aleación de aluminio			
Defecto	Equipo	Evaluación según SRM y AC 43 - 204	Observaciones
Rasguños	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron defectos de consideración
Grietas	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron grietas
Color del material	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	Ninguna
Otros defectos	Magnificador 5X, Espejo redondo con eje telescópico, linterna HID	Aceptable	No se encontraron defectos de consideración

Conclusión: La bisagra 2, se encontraba en condiciones aparentemente en un buen estado, el proceso de remoción y limpieza de contaminantes se realizó para proceder con la inspección. La inspección visual se realizó con la ayuda de un magnificador para eliminar sospechas de rajaduras en la parte una vez realizado la inspección completamente a la aparte se pudo recolectar información sobre el estado de la parte la misma que mostraba estar en condiciones aceptables para su uso esto según normas del Manual de Reparaciones Estructurales y La AC 43 – 204.

3.5 Instalación

3.5.1 Pernos de las bisagras

Una vez que se realizó los procesos de limpieza e inspección y además obteniendo una parte en un buen estado se procedió a instalar los cuatro pernos con sus diferentes accesorios como arandelas tuerca y cotter pin, para realizar este proceso nos asesoramos mediante la AC 43.13-1B Aircraft hardware, control (ver Anexo D) cables, and turnbuckles quien nos sirvió para dar el correcto ajuste a los cuatro pernos de con un torque igual a 50 PSI. Esto con el objetivo de que no exista un exceso de ajuste ni falta de ajuste, puesto que ambas condiciones pueden ser dañinas para el correcto funcionamiento de la parte.

3.5.2 Tapa de revisión

Una vez realizado las tareas de limpieza, control de corrosión e inspección se realizó la instalación de las cuatro diferentes tapa de acceso de cada bisagra.

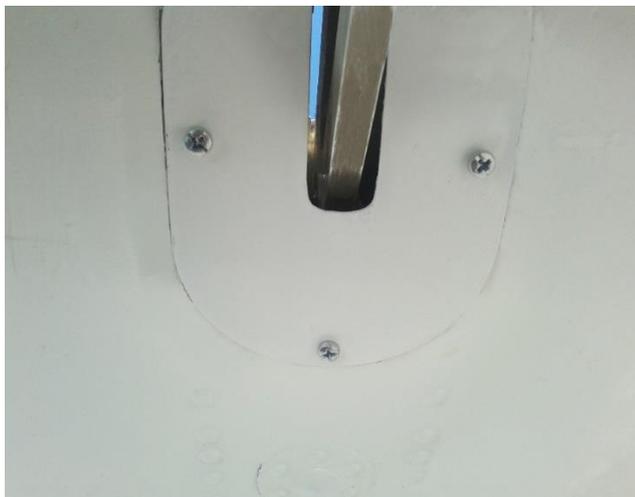


Figura 81 Bisagra 2 derecha instalación de tapa de acceso completa

3.6 Mantenimiento

Una vez realizado todos los procesos de verificación de la parte, para concluir que se encuentra en buen estado, se procedió al mantenimiento según lo recomendado en el manual de mantenimiento de la aeronave Fairchild FH-227J, que recomienda realizar la lubricación con grasa MIL-G-23827 que fue el lubricante que se aplicó en las cuatro bisagras del elevador horizontal para su correcto proceder de movimiento.



Figura 82 Lubricante (grasa) MIL-G-23827

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIÓN

4.1 Conclusiones

- Se encontró las publicaciones aeronáuticas tanto del fabricante Fairchild FH-227 como publicaciones aeronáuticas como las circulares de asesoramiento (AC), emitidas por la Administración Federal de Aviación (FAA). Necesarias para remover los accesos a las bisagras del elevador, además de ser de gran ayuda para realizar la limpieza y evaluación de los diferentes defectos encontrados en las cuatro bisagras del elevador horizontal.
- Los ensayos no destructivos como la inspección visual demostró ser una tarea de gran complejidad debido a su meticuloso método de realizar la misma, teniendo como resultado un componente en buen estado según los límites del fabricante y además el asesoramiento de publicaciones aprobadas por la FAA.
- Las tareas de mantenimiento necesarias en las bisagras del elevador horizontal puesto que estas tienen la misión de proveer un movimiento de este elemento, el mantenimiento de esta parte de una complejidad baja ya que requirió remover las tapas de acceso y proveer de lubricante como es MIL-G-23827 para que nuestra parte pueda realizar un correcto movimiento y además eliminando o repeliendo que ingresen agentes corrosivos como el agua y tomen contacto con la superficie produciendo corrosión.

4.2 Recomendaciones

- La limpieza de una aeronave conlleva la utilización de solvente que son dañinos para la salud, razón por la cual se recomienda siempre utilizar el equipo de protección personal como mascarilla que si nos encontramos en un lugar cerrado evitara la intoxicación mediante las vías respiratorias, además la utilización de guantes, gafas y ropa adecuada que nos protegerá las diferentes partes de nuestro cuerpo que podrían tener contacto con los productos nocivos.
- Es necesario utilizar las herramientas adecuadas para las tareas de remoción de las tapas de las bisagras puesto que con estas se realizara la tarea correctamente cuidando la integridad de la parte.
- Una vez que se pretenda realizar cualquier tarea de mantenimiento en una aeronave es necesario poner letreros de precaución o inmovilizar la parte, para cuidar la integridad

GLOSARIO

A

- **Abrasión:** Es la acción de remover o quitar mediante fricción.
- **Ácido:** Es todo compuesto químico que en disolución, tienen a tener mayor concentración de hidrógenos.
- **Adyacente:** objeto, cosa o lugar que se encuentra próximo o junto a ella.
- **Aeronáutica:** Es el estudio de la fabricación, diseño y producción de los diferentes elementos mecánicos con la capacidad de elevarse y alzar vuelo.
- **Aeronave:** Es un aparato que tiene la capacidad de elevarse en la atmosfera por acción del aire.
- **Aislamiento:** Acción que no permite el paso a un área, superficie, o parte de una sustancia, fluido o gas.
- **Alodine:** Nombre de producto químico utilizado en un tratamiento anticorrosivo.
- **Anódico:** del ánodo o relacionado a él.
- **Ánodo:** es un electrodo que causa la reacción de la oxidación.

B

- **Bisagra:** Elemento mediante dos elementos unidos por un sujetador permite la rotación de un elemento.
- **Boroscopio:** Elemento que permite acceder a lugares inaccesibles por el ser humano en primera persona, utilizado en la industria automotriz, naval y aeronáutica.
- **Bujía:** Componente de un motor q permite el encendido del mismo mediante una chispa la cual causa una reacción de combustión del combustible en el cilindro del motor.

C

- **Cabrilla:** Mando del piloto de una aeronave con el cual se realiza los diferentes movimientos en los controles de vuelo de un avión.
- **Cadmio:** Es un elemento químico que pertenece a grupo de los metal el cual se caracteriza por presenta un color blanco plateado.
- **Cátodo:** Es un electro que sufre una reacción de reducción, razón por la cual el material disminuye su estado de oxidación
- **Cizallamiento:** es una cortadura producida por una fuerza externa lateral.
- **Compresión:** Es una fuerza o de presiones contra un objeto el cual tiende a reducir sus dimensiones en una dirección dada.
- **Contrapeso:** Es una fuerza o peso que ejercida en el sentido contrario.

D

- **Delaminacion:** Ocurre cuando una superficie presenta su masa dividida en láminas extendidas sobre superficie.
- **Despresurización:** En aviación se reviere a la acción de eliminar el aire comprimido de un área como la cabina.

E

- **Electricidad:** Es el movimiento de los electronos que son masa muy pequeñas en están alrededor del átomo.
- **Exhaustiva:** Proceso de agotar la materia existente y dar un proceso muy completo.

F

- **Fluorescente:** Es una sustancia que posee la capacidad de obtener energía en forma de radiación electromagnética para luego poder emitir.
- **Footcandles:** Unidad de medida de la intensidad de la luminosidad.

- **Fuselaje:** Estructura creada para albergar a la tripulación pasajeros, cargar y dispositivos de una aeronave.

G

- **Galvanómetro:** Es un instrumento que determina la intensidad y la dirección de una corriente eléctrica mediante una aguja magnética.

H

- **Hidróxido:** Compuesto químico que tiene una molécula de hidroxilo.
- **Humedad:** Cantidad de agua de vapor que existe en un objeto, lugar o en el aire.

I

- **Impureza:** Sustancias externas a un cuerpo que al estar en el hacen perder su pureza.
- **Inspección:** Acción que permite encontrar características físicas para determinar una conclusión.
- **Isométrica:** Es una proyección grafica de un objeto que permite visualizar en 3 dimensiones.

L

- **Larguerillo:** Barra de metal fina que permite soportar las cuadernas.
- **Largueros:** Principal elemento de un ala de una aeronave que permite soportar las diferentes cargas producidas en vuelo.

M

- **Magnificador:** Elemento visual que permite aumentar un aérea determinada mediante un espejo cóncavo.

- **Mantenimiento:** La acción de conservar una cosa en buen estado evitando su desgaste.
- **Monomotor:** Es una aeronave que posee un solo motor.
- **Multimotor:** Aeronave que posee más de un motor.

P

- **Pre-vuelo:** Acción antes del vuelo de una aeronave.
- **Presurización:** Acción de tener aire comprimido en una área u objeto.
- **Primer:** Producto químico de acción anticorrosiva e adherente para los acabados de pintura.

R

- **Radiografía:** Técnica exploratoria mediante los rayos x.
- **Radiación:** Emisión de partículas producidas por algunos cuerpos en el espacio.
- **Radome:** Cubierta de antena que protege de ondas electromagnéticas.
- **Rayos x:** Radiación electromagnética que atraviesa los cuerpos.
- **Rugosidades:** Cuando una superficie presenta diferentes defectos o irregularidades.

S

- **Solvente:** Sustancia en estado sólido o líquido.
- **Soldadura:** La acción de fijar dos objeto o material a través de la fusión.
- **Sulfato:** Son las sales del ácido sulfúrico.

T

- **Transversalmente:** Que atraviesa un objeto de manera perpendicular a su dimensión longitudinal.
- **Turbulencia:** Movimiento o agitación de las partículas de un fluido.

ABREVIATURAS

Cv.	caballos de vapor.
Ad.	directiva de aeronavegabilidad.
Ac.	circular de asesoramiento.
Cfr.	código de regulaciones federales.
Faa.	administración federal de aviación.
Ndi.	inspecciones no destructivas.
Ndt.	pruebas no destructivas.
T.	tratamiento térmico
Mek.	metil etil cetona
Srm.	manual de reparaciones estructurales
Hid.	alta intensidad de descarga

BIBLIOGRAFÍA

- Academia. Interamericana de las Fuerzas Aéreas. (Mayo de 2001). *Diccionario técnico de aviación*. Obtenido de <https://aerodocentes.wikispaces.com/file/view/diccionario+tecnico+de+aviacion.pdf>
- Flight Standards Service. (25 de Agosto de 1991). *Control de la corrosión para aeronaves*. Obtenido de https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC_43-4a_.pdf
- Flight Standards Service. (14 de Septiembre de 1997). *Inspección visual para aeronaves*. Obtenido de https://www.faa.gov/.../media/Advisory_Circular/43-204.pdf
- Flight Standards Service. (8 de Octubre de 1998). *Inspecciones no destructivas*. Obtenido de https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/AC43.13-1b.pdf
- Javier, P. (25 de Noviembre de 2011). *Desmontaje de los controles de vuelo del estabilizador horizontal del avión Fairchild FH-225J*. Obtenido de <http://studylib.es/doc/4698728/carrera-de-mec%C3%A1nica-aeron%C3%A1utica---repositorio-de-la-unive...>
- Rojas, D. (12 de Junio de 2016). *Procedimientos de inspección para talleres aeronáuticos*. Obtenido de <http://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/968/RojasRodr%C3%ADguezDavidAndr%C3%A9s.pdf?sequence=2>
- Service, Flight Standards. (8 de Septiembre de 1998). *Hardware de aviones, cables de control y tensores*. Obtenido de https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentID/99861
- Willian, F. (21 de Diciembre de 2011). *Reparaciones estructurales*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/87605344/Reparaciones-Estructurales>

Wilmer, P. (20 de Septiembre de 2012). *Tratamiento anticorrosivo para aeronaves*.
Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7301/1/T-ESPE-ITSA-000012.pdf>

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A: Controles de vuelo – Elevador y aleta de compensación
- ANEXO B: Circular de asesoramiento inspección visual para la aeronave No 43-204
- ANEXO C: Circular de asesoramiento control de la corrosión para la aeronave corrosión galvánica
- ANEXO D: Circular de asesoramiento artículos de ferretería para aviones, cables de control y tensores No 43.13 – 1B
- ANEXO E: Circular de asesoramiento métodos y técnicas aceptables para reparación e inspección de la aeronave No 43.13-1B
- ANEXO F: Manual de reparaciones estructurales del Elevador
- ANEXO G: Practicas de mantenimiento inspección del elevador
- ANEXO H: Prácticas de mantenimiento instalación y remoción

ANEXO A

CONTROLES DE VUELO – ELEVADOR Y ALETA DE COMPENSACIÓN

FAIRCHILD HILLER FH-227 SERIES MAINTENANCE MANUAL

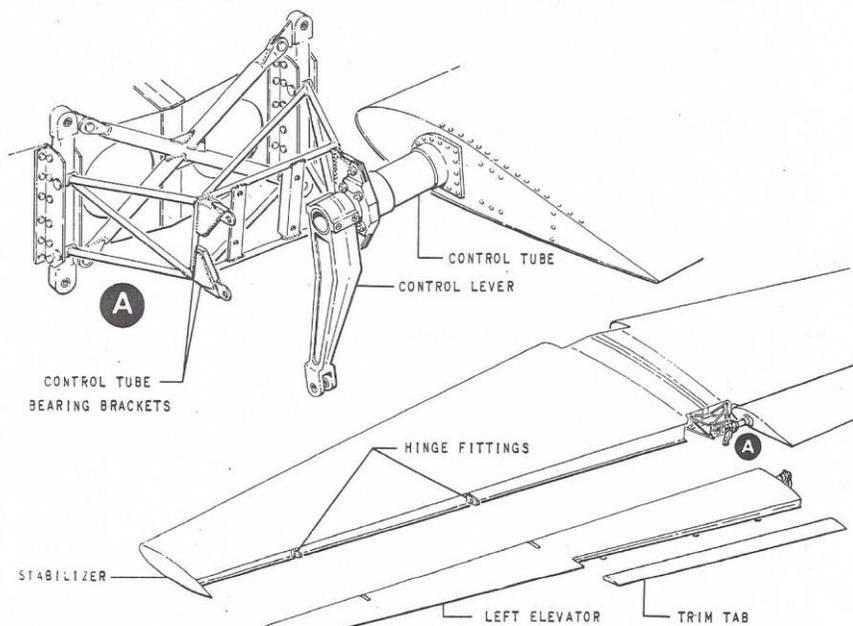
FLIGHT CONTROLS - ELEVATOR AND TAB

The elevator control system consists of two control columns interconnected by a tube below the crew compartment floor, a series of push-pull rods and levers extending aft below the crew compartment floor and upward through the pneumatic compartment, dual cables extending aft from the 122 bulkhead to a tension regulator in the aft fuselage section, two push-pull rods driven by the tension regulator and two elevators. Two interconnected trim control wheels are mounted on the control pedestal and connected by cable to the elevator trim tab mechanism in the left elevator to operate the tab on that surface.

1. COMPONENTS.

A. Elevator. (See Figure 1.)

The elevator is a metal-covered assembly of spars and ribs with a reinforced plastic leading edge. The right and left elevator are identical except that the left elevator has a trim tab attached to the inboard trailing edge. On the right elevator, a permanent trailing edge assem-



Elevator and Tab
Figure 1

Jun 1/67
X-4

FH27013

27-30-0
Page 1

ANEXO B

CIRCULAR DE ASESORAMIENTO INSPECCIÓN VISUAL PARA LA AERONAVE NO 43-204

AC 43-204

8/14/97

TABLE 2-1. TOPICS TO BE CONSIDERED IN PREPARING OR
REVIEWING A VISUAL INSPECTION PROCEDURE

BASIS FOR INSPECTION
Reason for and purpose of the inspection including any relevant background information.
References to controlling documentation, for example: Advisory Circulars, Airworthiness Directives, Manufacturers and general NDT Manuals, Maintenance and other relevant manuals.
Controlling dates: Effective date of the inspection, date before which the inspection should be accomplished, inspection interval, date at which the inspection no longer is necessary.
Effectiveness: aircraft, engine, or part number.
Time and labor required for the inspection.
Conditions under which the inspection is no longer necessary.
PREPARATION
Preparation and cleaning of the item being inspected.
Any special requirements of the inspection such as unusual surface preparation (etching, paint removal) or the temperature range over which the inspection is effective.
Identification of any equipment necessary for the inspection together with provisions for periodic calibration thereof.
Identification of the specific materials approved for the inspection. These may be included in a referenced Qualified Products List.
IMPLEMENTATION
Specific description of the area to be inspected.
Instructions for carrying out the inspection.
Description of the defect to be detected, preferably with an illustration of a sample defect.
Postcleaning instructions if required.
Instructions for disposition of the article if it cannot be returned to service.
EVALUATION
Procedure for establishing inspection reliability.
Accept/reject criteria.
Reporting requirements.

202. ACTIVITIES APPLYING TO ALL VISUAL INSPECTIONS. Some activities which represent good practice may not be specifically called out in the procedures, but should be completed if they are relevant. Examples of such good practice are:

ANEXO C

CIRCULAR DE ASESORAMIENTO CONTROL DE LA CORROSIÓN PARA LA AERONAVE NO. 43-4A CORROSIÓN GALVÁNICA, SUPERFICIAL, MICROBIANA

AC 43-4A

7/25/91

c. Galvanic Corrosion. Galvanic corrosion occurs when two dissimilar metals make electrical contact in the presence of an electrolyte (see Figure 2-5). The rate which corrosion occurs depends on the difference in the activities. The greater the difference in activity, the faster corrosion occurs. For example, magnesium would corrode very quickly when coupled with gold in a humid atmosphere, but aluminum would corrode very slowly in contact with cadmium. The rate of galvanic corrosion also depends on the size of the parts in contact. If the surface area of the corroding metal (the anode) is smaller than the surface area of the less active metal (the cathode), corrosion will be rapid and severe. When the corroding metal is larger than the less active metal, corrosion will be slow and superficial. For example, an aluminum fastener in contact with a relatively inert Monel structure may corrode severely, while a Monel bracket secured to a large aluminum member would result in a relatively superficial attack on the aluminum sheet.

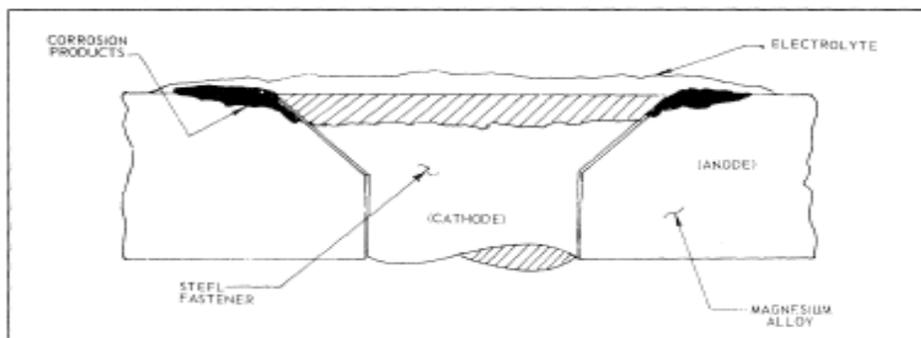


FIGURE 2-5. GALVANIC CORROSION OF MAGNESIUM ADJACENT TO STEEL FASTENER

d. Concentration Cell Corrosion. Concentration cell corrosion is corrosion of metals in a metal-to-metal joint, corrosion at the edge of a joint even though joined metals are identical, or corrosion of a spot on the metal surface covered by a foreign material (see Figure 2-6). Another term for this type of corrosion is crevice corrosion. Metal ion concentration cells, oxygen concentration cells, and active-passive cells are the three general types of concentration cell corrosion.

(1) Metal ion concentration cells. The solution may consist of water and ions of the metal which is in contact with water. A high concentration of the metal ions will normally exist under faying surfaces where

NOTE: The base of the depth gauge should be flat against the undamaged surface on each side of the corrosion. When taking measurements on concave or convex surfaces, place the base perpendicular to the radius of the surface as shown in Figure 6-10.

- c. Take several additional depth readings.
- d. Select deepest reading as being the depth of the corrosion damage.

643. DETERMINING REWORK LIMITS. The maximum allowable amount of material removed from any damaged surface may be determined from criteria contained in the allowable damage limit chart in the manufacturer's repair manual. If no criteria is given, contact the aircraft manufacturer for cleanup limits.

644. DETERMINING MATERIAL THICKNESS REDUCTION AFTER CORROSION CLEANUP. The amount of material which may be removed from a part or panel during corrosion cleanup is usually available in the manufacturer's allowable damage limit charts. To ensure that the allowable limits are not exceeded, an accurate measurement should be made of the material removed or material thickness remaining in the reworked area.

- a. Measurement of panel thickness after rework can be made using an ultrasonic tester. This method requires a qualified NDI operator and suitable test standards for calibration.

- b. Measurement of the depth of blended pits (material removed) can be made using a depth dial gauge (see Figure 6-10). If the depth dial gauge will not work, clay impressions, liquid rubber, or other similar means which will give accurate results may be used to determine material removed. In the event that material removal limits have been exceeded, the area or part should be repaired or replaced. If replacement or repair criteria is not contained in the repair manual, contact the manufacturer or the FAA.

f. Slimes, molds, fungi, and other living organisms (some microscopic) can grow on damp surfaces. Once they are established, the area tends to remain damp, increasing the possibility of corrosion.

g. Manufacturing processes such as machining, forming, welding, or heat treatment can leave stresses in aircraft parts. This residual stress can cause cracking in a corrosive environment when the threshold for stress corrosion is exceeded.

h. Corrosion, in some cases, progresses at the same rate no matter how long the metal has been exposed to the environment. In other cases, corrosion can decrease with time, due to the barrier formed by corrosion products, or increase with time if a barrier to corrosion is being broken down.

204. FORMS OF CORROSION. There are many different types of corrosive attack and these will vary with the metal concerned, corrosive media location, and time exposure. For descriptive purposes, the types are discussed under what is considered the most commonly accepted titles.

a. Uniform Etch Corrosion. Uniform etch corrosion results from a direct chemical attack on a metal surface and involves only the metal surface (see Figure 2-3). On a polished surface, this type of corrosion is first seen as a general dulling of the surface, and if the attack is allowed to continue, the surface becomes rough and possibly frosted in appearance. The discoloration or general dulling of metal created by exposure to elevated temperatures is not to be considered as uniform etch corrosion.

b. Pitting Corrosion. The most common effect of corrosion on aluminum and magnesium alloys is called pitting (see Figure 2-4). It is first noticeable as a white or gray powdery deposit, similar to dust, which blotches the surface. When the deposit is cleaned away, tiny pits or holes can be seen in the surface. Pitting corrosion may also occur in other types of metal alloys. The combination of small active anodes to large passive cathodes causes severe pitting. The principle also applies to metals which have been passivated by chemical treatments, as well as for metals which develop passivation due to environmental condition.

ANEXO D

ASESORAMIENTO ARTÍCULOS DE FERRETERÍA PARA AVIONES, CABLES DE CONTROL Y TENSORES NO 43.13 – 1B

9/8/98

AC 43.13-1B

TABLE 7-1. Recommended torque values (inch-pounds).

CAUTION THE FOLLOWING TORQUE VALUES ARE DERIVED FROM OIL FREE CADMIUM PLATED THREADS.					
		TORQUE LIMITS RECOMMENDED FOR INSTALLATION (BOLTS LOADED PRIMARILY IN SHEAR)		MAXIMUM ALLOWABLE TORQUE LIMITS	TIGHTENING
Thread Size	Tension type nuts MS20365 and AN310 (40,000 psi in bolts)	Shear type nuts MS20364 and AN320 (24,000 psi in bolts)	Nuts MS20365 and AN310 (90,000 psi in bolts)	Nuts MS20364 and AN320 (54,000 psi in bolts)	
FINE THREAD SERIES					
8-36	12-15	7-9	20	12	
10-32	20-25	12-15	40	25	
1/4-28	50-70	30-40	100	60	
5/16-24	100-140	60-85	225	140	
3/8-24	160-190	95-110	390	240	
7/16-20	450-500	270-300	840	500	
1/2-20	480-600	290-410	1100	660	
9/16-18	800-1000	480-600	1600	960	
5/8-18	1100-1300	600-780	2400	1400	
3/4-16	2300-2500	1300-1500	5000	3000	
7/8-14	2500-3000	1500-1800	7000	4200	
1-14	3700-5500	2200-3300*	10,000	6000	
1-1/8-12	5000-7000	3000-4200*	15,000	9000	
1-1/4-12	9000-11,000	5400-6600*	25,000	15,000	
COARSE THREAD SERIES					
8-32	12-15	7-9	20	12	
10-24	20-25	12-15	35	21	
1/4-20	40-50	25-30	75	45	
5/16-18	80-90	48-55	160	100	
3/8-16	160-185	95-100	275	170	
7/16-14	235-255	140-155	475	280	
1/2-13	400-480	240-290	880	520	
9/16-12	500-700	300-420	1100	650	
5/8-11	700-900	420-540	1500	900	
3/4-10	1150-1600	700-950	2500	1500	
7/8-9	2200-3000	1300-1800	4600	2700	
The above torque values may be used for all cadmium-plated steel nuts of the fine or coarse thread series which have approximately equal number of threads and equal face bearing areas. * Estimated corresponding values.					

7-44. CLOSE-TOLERANCE BOLTS.

Close-tolerance, hex head, machine bolts (AN173 through AN186), 100-degree countersunk head, close-tolerance, high-strength bolts (NAS333 through NAS340), hex head, close-tolerance, short thread, titanium alloy bolts (NAS653 through NAS658), 100-degree countersunk flathead, close-tolerance titanium alloy bolts (NAS663 through NAS668), and drilled hex head close-tolerance titanium alloy bolts (NAS673 through NAS678), are used in applications where two parts bolted together are subject to severe load reversals and vibration. Because of the interference fit, this type

of bolt may require light tapping with a mallet to set the bolt shank into the bolt hole.

NOTE: Elimination of friction in interference fit applications may sometimes be attained by placing the bolt in a freezer prior to installation. When this procedure is used, the bolt should be allowed to warm up to ambient temperature before torquing.

CAUTION: Caution must be exercised in the use of close-tolerance bolts for all critical applications, such as

ANEXO E

CIRCULAR DE ASESORAMIENTO MÉTODOS Y TÉCNICAS ACEPTABLES PARA REPARACIÓN E INSPECCIÓN DE LA AERONAVE NO 43.13-1B

8/14/97

AC 43-204

TABLE 3-1. ILLUMINANCE VALUES

ILLUMINANCE CATEGORIES AND ILLUMINANCE VALUES FOR GENERIC TYPES OF ACTIVITIES			
TYPE OF ACTIVITY	ILLUMINANCE CATEGORY	RANGE OF ILLUMINANCES (FOOTCANDLES)	REFERENCE WORK-PLANE
Public spaces with dark surroundings	A	2-3-5	General lighting throughout spaces
Simple orientation for short temporary visits	B	5-7.5-10	
Working spaces where visual tasks are only occasionally performed	C	10-15-20	
Performance of visual tasks of high contrast or small size	D	20-30-50	Illuminance on task
Performance of visual tasks of medium contrast or small size	E	50-75-100	
Performance of visual tasks of low contrast or very small size	F	100-150-200	
Performance of visual tasks of low contrast or very small size over a prolonged period	G	200-300-500	Illumination of task obtained by a combination of general and local (supplementary lighting)
Performance of very prolonged and exacting visual task	H	500-750-1000	
Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size	I	1000-1500-200	

The IES has also established a procedure (range approach) for selecting illuminance values from the ranges listed in Table 3-1 by

ANEXO F

MANUAL DE REPARACIONES ESTRUCTURALES DEL ELEVADOR

**FAIRCHILD
F-27 SERIES
STRUCTURAL REPAIR MANUAL
ELEVATOR**

1. SKIN. (See Figures 1 and 2.)

insigni ficante
A. Negligible Damage.

Rayaduras Scratches, which do not affect more than ten percent of the thickness, may be classified as negligible when smoothed out by polishing or burnishing to a 63 file finish. *dentado* Smooth dents, not more than 1/16 inch deep nor more than one inch in diameter, may also be considered negligible if they can be *golpeado* tapped into shape. *form.* Cracks or holes are not permitted. *grietas*

B. Damage Repairable By Patching.

The affected area *debe ser* must be repaired by patching if any of the above *antes de* limits are exceeded or for any other type of damage not listed. *limites*

C. Damage Necessitating Replacement.

Replacement of an entire skin panel should be undertaken only when repairs would exceed one half of the area of the skin panel. *realizar*

Precaucion CAUTION: CONTROL SURFACE STRUCTURE MUST BE SUPPORTED TO MAINTAIN ALIGNMENT WHEN SKINS ARE REMOVED AND REPLACED. *mitad*

largura 2. STRINGERS. (See Figure 1.)

A. Negligible Damage.

Scratches, cracks or local deformations, especially on *en* turned-up lips *borde* are not allowed on formed bent-up stringers. *no permitido*

Scratches on extruded stringers, which do not exceed 15 percent of the thickness are to be smoothed out by polishing or burnishing. *del lado*

B. Damage Repairable By Insertion.

Locally deformed areas on extruded or formed stringers are to be removed. Replacement is by use of same or equivalent formed stringers. Extruded or formed stringers with damage such that the damage or the repair extends across a rib are to be repaired by the use of a lap joint. Reinforce the lap joint with a nested angle. *junta* *encaja*

C. Damage Necessitating Replacement.

Replacement of an entire stringer should be undertaken only when repairs would exceed one half of the length of the stringer.

ANEXO G

PRACTICAS DE MANTENIMIENTO INSPECCIÓN DEL ELEVADOR

**FAIRCHILD HILLER
FH-227 SERIES
MAINTENANCE MANUAL**

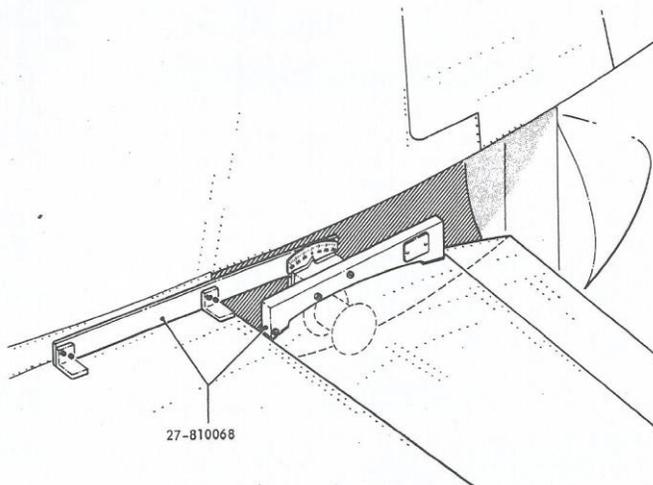
2. INSPECTION - ELEVATOR CONTROL SYSTEM.

A. Obtain Tools.

- (1) Rigging Tool - Fairchild P/N 27-810060.
- (2) Rigging Tool - Fairchild P/N 27-810061.
- (3) Contour Tool - Fairchild P/N 27-810068.
- (4) Protractor.
- (5) Tensiometer.

B. Inspect.

- (1) Open all access panels and remove fairing as necessary to gain access to system components.
- (2) Operate system through full travel to check for unusual noise, restriction of motion and correct travel.
- (3) Control columns, push-pull rods and levers for wear, damage, cracks, corrosion, defective bearings and security of attachment.
- (4) Cables for wear, corrosion, fraying and security of attachment, refer to 27-00.
- (5) Cable pulleys for wear, damage and defective bearings.
- (6) Fairleads for wear, damage and security of attachment.



Elevator Contour Tool
Figure 204

FH27022

ANEXO H

PRÁCTICAS DE MANTENIMIENTO INSTALACIÓN Y REMOCIÓN

**FAIRCHILD HILLER
FH-227
MAINTENANCE MANUAL**

ELEVATOR - MAINTENANCE PRACTICES

1. REMOVAL/INSTALLATION - ELEVATOR.

A. Obtain Tools.

- (1) Rigging Tool - Fairchild P/N 27-810061.
- (2) Contour Tool - Fairchild P/N 27-810068.
- (3) Protractor.
- (4) Tensiometer.

B. Remove. (See Figure 201.)

NOTE: If left elevator is being removed, it will necessary to gain access to the trim tab cables forward of the stabilizer.

- (1) Open rear access panel in dorsal fin and disconnect elevator trim tab cables.
- (2) Remove leading edge fairing on stabilizer and open panel on tail aft of stabilizer.
- (3) Lead trim tab cables out through pulleys. Remove cable guards to remove cables.
- (4) Assure that rigging tool, P/N 27-810061, is installed. (See 27-30-0, figure 203.)
- (5) Remove nuts from control tube bearing bracket bolts and from the bolt securing push-pull rod to lever. Do not remove bolts.
- (6) Remove hinge fitting fairings, and disconnect bonding strips.
- (7) Remove nuts on hinge bolts.
- (8) Support elevator and remove hinge, bearing bracket, and control lever bolts; remove elevator.

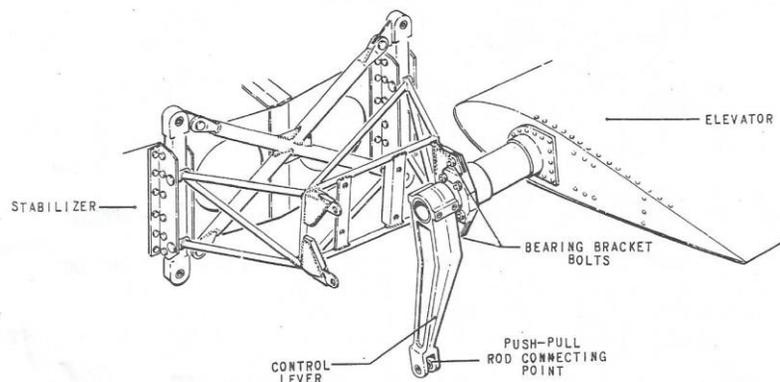
CAUTION: USE THIN WALL SOCKETS AND UNIVERSAL JOINT OR FLEX-TENSION, 1/4-INCH DRIVE SET, TO REMOVE HINGE BRACKET ATTACHMENT BOLTS. DO NOT USE SCREWDRIVERS OR OTHER SHARP INSTRUMENTS TO FORCE BRACKET OUT OF WELL. DO NOT REMOVE COVER PLATE NUTS.

C. Install.

- (1) Hold elevator in position and install bolts on hinges and bearing bracket; temporarily connect control lever to push-pull rod end.

**FAIRCHILD HILLER
FH-227
MAINTENANCE MANUAL**

- (2) Connect bonding strips.
- (3) Install nuts on bearing bracket and hinge bolts.
- (4) If left elevator has been removed, re-rig trim tab cables. Tension cables according to 27-10-10, figure 201.
- (5) Using contour tool, place elevator in neutral and adjust push-pull rod as necessary.
- (6) Install attaching hardware after push-pull rod is properly adjusted.
- (7) Remove rigging tool and adjust regulator stops, if necessary. Refer to 27-30-0, figure 201, for proper movement.
- (8) Close panels and install fairing.



FH27023

Elevator Attachment Points
Figure 201

"END"

HOJA DE VIDA

INFORMACIÓN PERSONAL

NOMBRE: Brando Javier Caiza Freire

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

CÉDULA DE IDENTIDAD: 060590451-5

TELÉFONOS: (03) 2904 – 873 Cel. 0986243288

E-MAIL: brando.caiza@hotmail.com

DIRECCIÓN: Riobamba, Panamericana norte km 5



ESTUDIOS REALIZADOS

ESTUDIOS SUPERIORES: Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE
Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención
Aviones

ESTUDIOS SECUNDARIOS: Academia Militar Gral. “Bernardo Dávalos
León” Bachiller en Ciencias Básicas.

ESTUDIOS PRIMARIOS: Escuela Dr. Cesar Augusto Naveda

IDIOMA EXTRANJERO: Ingles

TÍTULOS OBTENIDOS

Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Bachiller en Ciencias Básicas

Título de primaria

EXPERIENCIA LABORAL

10/2017 – Actual

ALBATROZ Tecnología Aeroespacial

Fundador y Director General

Tareas: Liderar y coordinar las funciones de planificación estratégica.

Logros: Capacidad de comunicación, capacidad de establecer metas y objetivos, capacidad de planeación.

05/2017 – 09/2017

ALVARADO INDUSTRIA CARROCERAS

Jefe del área de Materiales Compuestos

Responsable de coordinar y planificar los procesos del área.

Tareas: Coordinar y planificar producción, y control de calidad de partes de fibra de vidrio.

Logros: Alto nivel de conocimientos en materiales compuestos (fibra de vidrio, carbono), aplicación de la Norma ISO 9001:2015, control y planificación de

producción así como puntualidad y respeto y responsabilidad en las actividad.

01/2016 – 06/2016

FUMIPALMA S.A

Ayudante de Mecánica (PASANTÍAS)

Responsable del mantenimiento preventivo y reconstructivo de los sistemas de la aeronave

Tareas: Reparaciones menores y mayores en la estructura, Mantenimiento de los sistemas de: Combustible y Eléctrico.

Logros: Alto nivel de conocimientos en sistemas de combustible y Eléctrico así como puntualidad y respeto y responsabilidad en las actividad

08/2015 – 10/2015

CEMA – DIAF

Ayudante de Mecánica (PASANTÍAS)

Responsable del mantenimiento preventivo y reconstructivo de la estructura de la aeronave.

Tareas: Limpieza y control de la corrosión, reparación en estructuras metálicas y no metálicas, acabados de pintura.

Logros: Alto nivel de conocimientos en reparación e inspección de estructuras así como puntualidad y respeto y responsabilidad en las actividad

10/2015 – 11/2015

ALA N° 11 FFAA

Ayudante de Mecánica (PASANTÍAS)

Responsable del mantenimiento preventivo y reconstructivo de la estructura de la aeronave

Tareas: Sistema hidráulico y neumático

Logros: Alto nivel de conocimientos en sistemas hidráulicos y neumáticos así como puntualidad y respeto y responsabilidad en las actividad.

08/2011 – 12/2011

CORPCONSUL

Fiscalizador de obras de Ingeniería Civil

Responsable de la inspección y diseño de proyecto Agua potable, Riobamba, 2012

Tareas: Diseño y fiscalización

Logros: Alto nivel de conocimientos en diseño AutoCAD y manejo de personal, además de respeto y responsabilidad en las actividad.

01/2011 – 07/2011

GEO-INGENIERÍA

Dibujante de AutoCAD

Responsable de diseño de proyectos de Ingeniería Civil.

Tareas: Diseño de proyectos de Ingeniería Civil.

Logros: Alto nivel de conocimientos en AutoCAD (2D – 3D) así como puntualidad y respeto y responsabilidad en las actividad.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS
DEL CONTENIDO DE LA PRESENTE INVESTIGACIÓN SE
RESPONSABILIZA AL AUTOR



Caiza Freire Brando Javier

DIRECTOR DE CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA



Ing. Rodrigo Bautista

Latacunga, 09 de marzo del 2018.