



**Reparación del revestimiento del fuselaje, empenaje y alas acorde información
técnica aplicable a la aeronave Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD para la
Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”**

Segovia Vinuesa, Christian Steven

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Mecánica
Aeronáutica

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal

21 de febrero del 2024

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Certificación

Certifico que la monografía: "Reparación estructural del revestimiento de las alas de la aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE." fue realizada por el señor Segovia Vinueza, Christian Steven, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 20 de febrero del 2024

Firma:

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristóbal

C. C. 1720240991



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Segovia Vinueza, Christian Steven**, con cédula de ciudadanía N.º 1754365698, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **"Reparación estructural del revestimiento de las alas de la aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE."** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 20 de febrero del 2024

Firma:

Segovia Vinueza, Christian Steven

C. C. 1754365698



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

Autorización de Publicación

Yo **Segovia Vinueza, Christian Steven** con cédula de ciudadanía N.º 1754365698, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Título: "Reparación estructural del revestimiento de las alas de la aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE."** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 20 de febrero del 2024

Firma:

Segovia Vinueza, Christian Steven

C. C. 1754365698

Dedicatoria

En el presente proyecto de titulación se lo dedico en primer lugar a Dios por darme la sabiduría para no desviarme del camino, la salud para seguir fuerte hacia donde quiero llegar y la fe con la que me ayudo a estar en donde estoy ahora, enfrentando día a día un nuevo obstáculo pero logrando superarlos gracias a Dios, en segundo lugar dedico este logro importante en mi vida a mis padres Christian Segovia e Isabel Vinueza que me han apoyado a lo largo del camino llevándome con éxito hacia la gloria, también dedico este logro a mis abuelos Rosa Minchala y Luis Segovia que han sido parte fundamental en mi vida. Dedico este logro académico a cada una de las personas mencionadas anteriormente consciente de que ha culminado una parte de mi vida estudiantil y ahora seré el orgullo profesional de cada una de estas personas que me apoyaron a lo largo de mi vida.

Agradecimiento

El presente logro académico se lo agradezco a cada uno de los integrantes de mi familia y amigos que me han apoyado a lo largo de este proceso, particularmente agradezco a mis padres por haberme incentivado a cada día ser mejor persona y sacar siempre lo mejor de uno mismo, también agradezco a mis abuelos quienes han sido un pilar importante para lograr cada etapa de mi vida con éxito, también y no menos importante a mis tíos y tías de parte de la familia de mi padre y también de parte de la familia de mi madre, en conclusión agradezco infinitamente a Dios por haberme dado en mi vida a personas tan espectaculares como lo son mi familia y amigos por los que estoy agradecido, ya que sin ellos este día de mi titulación no hubiera sido posible.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Índice de contenidos	8
Índice de figuras	12
Índice de tablas	15
Resumen	16
Abstract	17
Capítulo I: Introducción	18
Antecedentes	18
Planteamiento del problema	19
Justificación	20
Objetivos	20
<i>Objetivo general</i>	20
<i>Objetivos específicos</i>	21
Alcance	21

Capítulo II: Marco teórico.....	22
Historia de la aeronave Fairchild FH-227	22
<i>Versiones.....</i>	23
<i>Tipo de fuselaje</i>	24
<i>Tipo de alas</i>	25
<i>Tipo de empenaje</i>	27
Estructura de una aeronave.....	27
Componentes de una estructura.....	29
<i>Largueros</i>	29
<i>Larguerillos</i>	29
<i>Mamparos.....</i>	29
<i>Costillas.....</i>	29
Sistema de controles de vuelo	30
Sistema de combustible.....	32
Motores.....	36
Corrosión en estructuras	37
<i>Factores que influyen en la corrosión.....</i>	38
<i>Tipos de corrosión</i>	38
Control de corrosión.....	44
<i>Preparativos para antes de realizar el trabajo:.....</i>	46
<i>Método estándar para control de corrosión</i>	46

Inspección visual de daños estructurales	46
Daños estructurales.....	47
Proceso de decapado	48
Proceso de lijado.....	49
Proceso de pintura.....	49
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	51
Preámbulo	51
<i>Consideraciones generales.....</i>	<i>52</i>
Materiales	52
Herramientas	53
Normas generales y básicas de seguridad.....	54
Procedimiento para la reparación estructural	54
<i>Inspección visual anterior a la reparación estructural</i>	<i>54</i>
<i>Descripción de anomalías encontradas en la inspección visual</i>	<i>55</i>
Preparación de materiales para la remoción de paneles	59
Remoción de los paneles	60
<i>Instalación de un plástico en las aberturas de los paneles</i>	<i>69</i>
Mantenimiento a los paneles removidos	72
Instalación de los paneles removidos	84
Proceso de pintura.....	89
<i>Proceso de lijado.....</i>	<i>89</i>

<i>Proceso de aplicación de primer</i>	95
<i>Proceso de pintura</i>	96
Capítulo IV :Conclusiones y Recomendaciones	106
Conclusiones	106
Recomendaciones	107
Glosario	108
Bibliografía	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fairchil-Hiller FH-227</i>	22
Figura 2 <i>Estrcutura de la aeronave Concorde</i>	25
Figura 3 <i>Tres vistas del Fairchild FH-227</i>	26
Fifura 4 <i>Esqueleto monocasco de aeroave</i>	28
Figura 5 <i>Sistema de combustible Fairchild FH-227</i>	35
Figura 6 <i>Motor turbohélice Rolls-Royce Dart 532-71</i>	37
Figura 7 <i>Corrosión general</i>	39
Figura 8 <i>Corrosión por picadura</i>	39
Figura 9 <i>Corrosión filiforme</i>	41
Figura 10 <i>Corrosión intergranular</i>	42
Figura 11 <i>Corrosión galvánica</i>	43
Figura 12 <i>Corrosión por fricción</i>	44
Figura 13 <i>Identificación de los paneles en su posición con vista superior</i>	51
Figura 14 <i>Daño estructural panel central</i>	56
Figura 15 <i>Mal estado de la pintura en el ala derecha</i>	57
Figura 16 <i>Estado de la estructura en el ala derecha</i>	58
Figura 17 <i>Estado de la estructura en el ala izquierda</i>	58
Figura 18 <i>Herramientas para la remoción de paneles</i>	60
Figura 19 <i>Remoción de los paneles</i>	61
Figura 20 <i>Remoción de los paneles (Silicona)</i>	62
Figura 21 <i>Remoción del panel número 1</i>	63

Figura 22 <i>Remoción del panel número 1 en totalidad</i>	64
Figura 23 <i>Remoción del panel número 2</i>	65
Figura 24 <i>Remoción del panel número 3</i>	66
Figura 25 <i>Remoción del panel número 4</i>	67
Figura 26 <i>Vista superior de la aeronave sin los paneles</i>	68
Figura 27 <i>Vista superior de la aeronave sin el panel central delantero</i>	69
Figura 28 <i>Recubrimiento con papel impermeable</i>	70
Figura 29 <i>Recubrimiento</i>	71
Figura 30 <i>Señalación de los daños en los paneles</i>	73
Figura 31 <i>Señalación de daños en paneles</i>	74
Figura 32 <i>Señalación de los daños en los paneles</i>	75
Figura 33 <i>Señalación de los daños en los paneles</i>	76
Figura 34 <i>Lijado de los paneles</i>	77
Figura 35 <i>Aplicación de la resina</i>	79
Figura 36 <i>Acabado final de los paneles</i>	80
Figura 37 <i>Resina en el panel número 1</i>	81
Figura 38 <i>Resina en el panel número 2</i>	82
Figura 39 <i>Resina en el panel número 3</i>	83
Figura 40 <i>Instalación de vinchas</i>	85
Figura 41 <i>Instalación de paneles</i>	86
Figura 42 <i>Instalación de paneles</i>	87

Figura 43 <i>Ajuste de los tornillos</i>	88
Figura 44 <i>Procedimiento para lijar la envergadura de la aeronave</i>	89
Figura 45 <i>proceso de lijado</i>	91
Figura 46 <i>Proceso de lijado</i>	92
Figura 47 <i>Proceso de lijado</i>	93
Figura 48 <i>Proceso de lijado</i>	94
Figura 49 <i>Proceso de lijado</i>	95
Figura 50 <i>Aplicación de primer</i>	96
Figura 51 <i>Enmascarar</i>	98
Figura 52 <i>Proceso de pintura</i>	99
Figura 53 <i>Proceso de pintura</i>	100
Figura 54 <i>Proceso de pintura</i>	101
Figura 55 <i>Proceso de pintado</i>	102
Figura 56 <i>Proceso de pintura</i>	103
Figura 57 <i>Proceso de pintado</i>	104
Figura 58 <i>Proceso de pintura</i>	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Manejo de los mandos de control de vuelo</i>	32
Tabla 2 <i>Resumen de los movimientos de las superficies de control</i>	32
Tabla 3 <i>Características generales del motor</i>	37
Tabla 4 <i>Materiales utilizados</i>	52
Tabla 5 <i>Herramientas utilizadas</i>	53
Tabla 6 <i>Normas generales y básicas de seguridad</i>	54
Tabla 7 <i>Materiales y herramientas para la instalación de paneles</i>	84
Tabla 8 <i>Materiales y herramientas para el proceso de lijado</i>	89
Tabla 9 <i>Materiales y herramientas para el proceso de pintura</i>	97

Resumen

En la presente monografía se mencionará temas específicamente estructurales de la aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sede Latacunga, que dispondrá como finalidad agudizar el desarrollo del mantenimiento estructural de esta aeronave, para brindar conocimiento a los estudiantes de próximas generaciones a cerca de reparaciones estructurales que se pueden realizar a los paneles y fuselaje de la aeronave, en resumen se realizó una inspección en busca de daños estructurales a lo largo de la envergadura de las alas, y así encontrado una falla se procedió a darle un mantenimiento con fines estéticos de la aeronave, por lo que se reparó 4 paneles centrales de las alas y se lijo las alas y en zonas estratégicas de esta se dio un control de corrosión aplicando Primer verde, lo que posteriormente se procedió a pintar de punta a punta la parte superior de estas con color blanco, lo que paso a paso se realizó en este trabajo práctico se especificara detalladamente en el presente documento teórico para titulación. En el capítulo uno de este escrito se mencionará todo lo relacionado al anteproyecto presentado para la aprobación del tema de titulación escogido, en el segundo capítulo se observara generalidades de cada tema relacionado al proyecto en este caso temas relacionados a la aeronave y reparaciones estructurales, en el tercer capítulo se tratara todo el proceso practico que se realizó y por último en el cuarto capítulo se mencionara las recomendaciones y conclusiones que se obtuvieron durante le realización del proyecto práctico.

Palabras clave: Corrosión estructural, Fairchild FH-227, Paneles de fibra de vidrio

Abstract

In this monograph, specifically structural topics of the Fairchild FH-227 training aircraft of the ESPE Armed Forces University, Latacunga headquarters, will be mentioned, the purpose of which will be to sharpen the development of the structural maintenance of this aircraft, to provide knowledge to students of next generations about structural repairs that can be made to the panels and fuselage of the aircraft, in summary, an inspection was carried out in search of structural damage along the span of the wings, and thus a failure was found and we proceeded to give it a maintenance for aesthetic purposes of the aircraft, for which 4 central panels of the wings were repaired and the wings were sanded and in strategic areas of this, a corrosion control was carried out by applying green primer, which was subsequently painted to the point to point the upper part of these with white color, what was done step by step in this practical work will be specified in detail in this theoretical document for titration. In chapter one of this document everything related to the preliminary project presented for the approval of the chosen titling topic will be mentioned, in the second chapter generalities of each topic related to the project will be observed, in this case topics related to the aircraft and structural repairs, in The third chapter will discuss the entire practical process that was carried out and finally, the fourth chapter will mention the recommendations and conclusions that were obtained during the implementation of the practical project.

Keywords: Structural corrosion, Fairchild FH-227, Fiberglass panels

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE ofrece un servicio de educación público a nacionales y extranjeros dentro del territorio ecuatoriano, una de las carreras que se destaca en sus funciones es la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica cuya sede se encuentra ubicada en la ciudad Latacunga bajo la dirección de la Unidad de Gestión de Tecnologías UGT, la cual brinda una educación técnica de excelencia cumpliendo con las normas y los reglamentos establecidos por la Regulación de la Dirección General de Aviación Civil (RDAC) parte 147, del mismo modo con lo estipulado por el Centro de Instrucción Aeronáutica Civil (CIAC) para la capacitación académica de Técnicos Aeronáuticos, siendo una carrera que se oferta de forma exclusiva en esta Universidad a nivel nacional.

La Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica cuenta con laboratorios, áreas designadas y aeronaves escuela como el avión FAIRCHILD FH-227 con matrícula HC-BHD, la cual posee varios componentes estructurales que permite a sus estudiantes el obtener los conocimientos y habilidades indispensables para la correcta formación de profesionales competentes que se desempeñen dentro del campo laboral de una manera óptima y segura las diferentes actividades de aprendizaje que se debe generar durante el transcurso de la carrera.

El mantenimiento de las aeronaves es un procedimiento indispensable y de manera periódica, tomando en cuenta las especificaciones descritas en la documentación técnica

adecuada con la finalidad de mantener en óptimas condiciones la aeronave y sus componentes, evitando el deterioro en la integridad de su estructura y el fallo en sus sistemas permitiendo mantener su aeronavegabilidad y condiciones adecuadas que permitan el desarrollo de las actividades aeronáuticas necesarias.

Planteamiento del problema

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE se caracteriza por desarrollar profesionales altamente capacitados en sus diferentes ramas de conocimientos, generando excelentes técnicos mediante un proceso de educación teórico práctico lo que permite adquirir las habilidades necesarias que permitan desempeñarse adecuadamente dentro de los distintos campos de trabajo. La aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad brinda a los estudiantes material para conocimiento dentro de todos los temas y ámbitos que debe manejar un técnico de mantenimiento ya sea por manejo de manuales o manejo de herramientas, para trabajos específicamente de mantenimiento.

Para la correcta educación de los docentes hacia los estudiantes se necesita que las aeronaves se encuentren en buen estado, por lo que bajo una inspección visual se encontró deterioro en la estructura de las alas del avión Fairchild FH-227, donde se encontró en mal estado ciertos paneles centrales superiores que tenían, mal estado de pintura, degradado del material lo que ocasionaba aberturas entre los paneles y la estructura del fuselaje generando así que la lluvia se filtre hacia los compartimientos del fuselaje, al igual que oxidación en la ferretería. Estos problemas mencionados causarían daños internos y externos donde los externos serían más agravados si no se le da un mantenimiento correctivo a la piel del fuselaje complicando y comprometiendo la integridad estructural de la aeronave, y los daños internos serían agravados porque podría acumular lluvia dentro del compartimiento donde se

ubican los cables de control del sistema de vuelo y también los cables del sistema eléctrico, y esto podría ocasionar un daño permanente en los diferentes sistemas del avión.

Justificación

El presente proyecto técnico beneficiará a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, de manera directa a la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica, así como a todos sus estudiantes y docentes los cuales desarrollan sus labores educativas en el área de estructuras teniendo en cuenta el recubrimiento de la aeronave Fairchild FH-227, con base en la documentación técnica aplicable para la estructura de la aeronave escuela permitiendo identificar la presencia de anomalías en el fuselaje o desgaste de las alas de la aeronave, de esta manera se podrá alargar la vida útil de la aeronave.

El procedimiento de reparación en las alas de la aeronave de forma estructural permitirá generar un reconocimiento al fuselaje de las alas siendo uno de los componentes más importantes como es la piel, así como un análisis del estado general en el que se encuentra y así desarrollar un mantenimiento apropiado según sea necesario a aplicar para mantener en óptimo estado a la aeronave teniendo presente todas las normas de seguridad.

Objetivos

Objetivo general

Realizar una reparación del revestimiento de las alas acorde información técnica aplicable a la aeronave Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD para la universidad de las fuerzas armadas ESPE.

Objetivos específicos

- Recopilar información técnica necesaria para la reparación del revestimiento de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.
- Preparar las herramientas que se utilizaran para la reparación estructural.
- Ejecutar la reparación del revestimiento de las alas de la aeronave escuela Fairchild FH-227 de acuerdo a documentación técnica.
- Realizar una inspección de manera visual para asegurar que la reparación fue realizado con éxito.

Alcance

El actual proyecto tiene como alcance dar mantenimiento a la aeronave escuela de la universidad de modelo Fairchild FH-227, perteneciente a la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica con la finalidad de realizar una reparación de la estructura, de esta manera los procedimientos teóricos prácticos del proyecto fortalecerán los conocimientos generados durante la carrera en las diferentes áreas y materias en las que el estudiante se hizo participé en su meta a ser un técnico profesional aeronáutico, desarrollando un entendimiento más profundo sobre el componente de la aeronave, mediante el desarrollo del mantenimiento necesario para conservar la estructura en óptimas condiciones de acuerdo a la documentación técnica

Capítulo II

Marco teórico

Historia de la aeronave Fairchild FH-227

Figura 1

Un Fairchild- Hiller FH-227



Nota. Imagen de una aeronave modelo Fairchild FH-227. Tomado de *Un Fairchild-Hiller FH-227* [Imagen] colaboradores de Wikipedia, 2024.

Este ejemplar de aeronave es una particularidad para el mundo de la aviación inclusive para su tiempo de creación, cuyo año en 1966 fue construida con un número de serie 551 y su primera matricula fue N7805M, este modelo de aeronave fue basada en aviones anteriores como lo es el Fokker F27 de origen holandés.

Esta aeronave fue creada por una empresa estadounidense denominada Fairchild Hiller que se dedicaba a fabricar aeronaves y sistemas espaciales, al inicio Fairchild era solo una empresa, sin embargo, en el año de 1964 Fairchild se une con el fabricante Hiller para dar creación bajo ciertos estudios a una aeronave de mayor capacidad que la denominaron Fairchild FH-227.

Como es de conocimiento el Fairchild FH-227 fue creado en base a la aeronave Fokker F-27, especificando su mayor capacidad y fiabilidad en aspectos como en el fuselaje donde se agregó en la parte delantera de las alas una sección de 1.98 metros, lo que genera que en el FH-227 exista una capacidad de 52 pasajeros lo que en el F-27 era de 40 pasajeros, también se agrega un total de doce ventanillas ovales por lado en los FH-227 al contrario del F-27 que eran diez por lado, y están motorizados con Dart 532-7, mismos motores de los F-27.

El propósito general de la nueva empresa Fairchild Hiller era obtener una aeronave renovada, que sea un éxito total para clientes satisfechos, esta creación se basó en aspectos tales como su rentabilidad económica, su fiabilidad, y su sencilla operación para aerolíneas regionales, lo que generó un éxito total ya que en 1966 el 27 de enero tuvo su primer vuelo inaugural recibiendo la certificación de la FAA en junio del mismo año y un mes después se entregaría el primer ejemplar al cliente Mohawk Airlines, Piedmont Airlines otro cliente que daba seguimiento a la creación de esta aeronave recibió su avión un 15 de marzo del año de 1967.

Versiones

- FH-227:

Motores Dart 7 Mk 532-7 de 2.250 CV

Motor con una reducción de 0.093:1

Peso del Take off de 19.730 kg.

- FH-227B

Mayor peso

Planta motriz Dart Mk 532-7L de 2.250 CV

Hélices de mayor diámetro

Peso del Take Off de 20.640 kg.

- FH-227C

Hélices del FH-227B

Take Off de 20.640 kg.

Mismo motor del FH-227B

- FH-227D

Frenos mejorados ABS

Flaps con posiciones intermedias para el Take off

Motores Dats 7 532-7c O Dart 7 Mk 532-7L de 2.300 cv y reducción de 0.093:1.

Take off de 20.640 kg.

Tipo de fuselaje

Existen varios tipos de fuselajes para la creación de las diferentes aeronaves que se ha podido ver a lo largo de la historia de la aviación, tales como el fuselaje monocasco, el semimonocasco y el fuselaje reticulado, estos tres son los tipos de fuselajes más importantes que se han usado para la creación de aeronaves.

El **fuselaje monocasco** tiene características tales como que la piel de la aeronave o conocida también como el revestimiento es grueso y sostiene la mayor parte de las cargas a las que es sometida la aeronave, a inicios de su uso en la construcción de aeronaves con este tipo de fuselaje se usaba madera, sin embargo, en la actualidad se usa materiales compuestos. Este tipo de fuselaje ocupa un revestimiento demasiado grueso con la finalidad de soportar las cargas de pandeo.

El **fuselaje reticular** es característico por estar compuesto por una combinación de barras y cables que asumen la totalidad de la carga, de manera análoga a un puente, junto con un revestimiento que únicamente proporciona la forma externa. Este revestimiento suele estar confeccionado mayoritariamente en tela. Cabe mencionar que este tipo de fuselaje ya no está activo en la actualidad.

Y el **fuselaje semimonocasco** es el más común en la actualidad, y este es un tipo de fuselaje que se deriva del fuselaje monocasco, este tipo de fuselaje ocupa un tipo de revestimiento delgado que pandea de manera sencilla y para no ocasionar problemas con esta fuerza de pandeo este fuselaje ocupa elementos adicionales para soportar cargas en la aeronave, estos elementos son los largueros, larguerillos, cuadernas y los mamparos. Este tipo de fuselaje es el que se usó para la fabricación de la aeronave Fairchild FH-227, también se usó en aeronaves reconocidas como el Concorde y el Boeing 787.

Figura 2

Estructura de la aeronave Concorde



Nota. Elementos adicionales en el tipo de fuselaje semimonocasco. Tomado de *Windows of Concorde G-BBDG at Brooklands museum* [Fotografía] William, 2010, www.commons.wikimedia.com

Tipo de alas

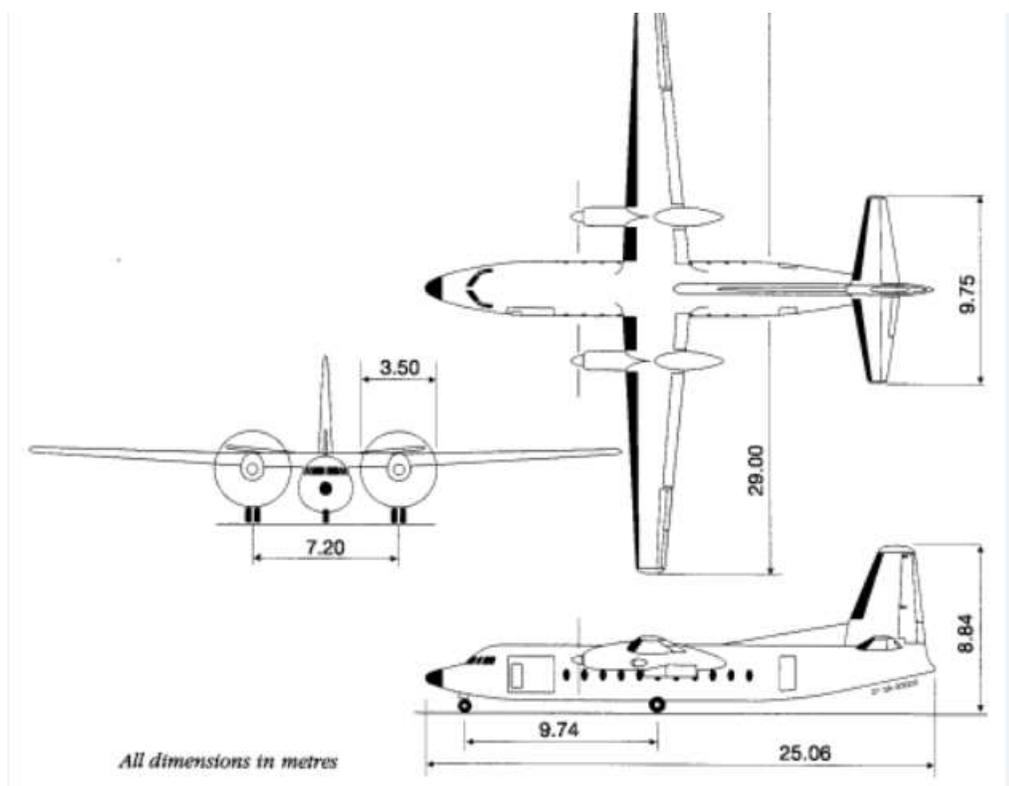
Las alas son estructuras básicas de la aeronave que tienen forma aerodinámica cuya función principal es dar sustentación soportando diferentes fuerzas de tensión manteniendo en vuelo a la aeronave. Existen diferentes tipos de alas en aviación como, por ejemplo, tipo

de ala recta, trapezoidal, elíptica, en flecha, flecha invertida, doble flecha, flecha variable, delta, delta con canard, delta con timones, doble delta y Ojival.

En la aeronave Fairchild FH-227 se rige el tipo de ala trapezoidal esta configuración alar de alto rendimiento se distingue por tener una baja relación de aspecto, donde el borde de ataque presenta una inclinación positiva y el borde de salida muestra una inclinación negativa. La forma trapezoidal guarda similitud con la rectangular, pero presenta las siguientes ventajas: mayor rigidez, menor resistencia al avance (debido a una menor área en las puntas), posibilita velocidades más altas, mejora la maniobrabilidad de la aeronave, asegura una distribución más efectiva de la sustentación en la superficie alar y optimiza las características de pérdida, comenzando desde la raíz hacia las puntas, reduciendo la propensión de la aeronave a entrar en giros no deseados, entre otros beneficios.

Figura 3

Tres vistas del Fairchild FH-227 (Ala trapezoidal)



Nota. Dimensiones del Fairchild en AutoCAD donde se aprecia el tipo de ala trapezoidal de la aeronave. Tomado de CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM FOCO [Imagen] F.J, 2023, www.cienciastecnologiafoco.blogspot.com

Tipo de empenaje

Cualquier tipo de empenaje está constituido por dos estructuras básicas en la aeronave que son los estabilizadores, tanto el vertical como el horizontal, tal como su nombre sugiere, el estabilizador vertical constituye la sección superior del conjunto de la cola de la aeronave. En esta área, se localiza el timón de cola, también conocido como el "rudder". La función principal del timón de cola consiste en contribuir al control de la aeronave en relación con su eje vertical. Este movimiento es reconocido como "guiñada" y resulta esencial para gestionar la aeronave en condiciones de viento o para lograr virajes coordinados. Y el estabilizador horizontal que es donde se sitúan los elevadores, responsables de dirigir el avión en relación con su eje lateral. En otras palabras, los elevadores ubicados en el estabilizador horizontal de la cola controlan el movimiento de inclinación o "cabeceo" de la aeronave. Los elevadores están posicionados en la parte posterior del fuselaje, aprovechando su ubicación en el punto más distante del eje lateral para aumentar su eficacia. (Ra-Da, 2023)

Existen varios tipos de empenajes que se clasifican según la posición de los estabilizadores tales como el estándar, el cruciforme, el doble estabilizador vertical, en "T", en "V", en "H" o doble deriva. El tipo de empenaje utilizado en la aeronave Fairchild FH-227 es el estándar o conocido también como el de cola baja.

Estructura de una aeronave

La configuración de una aeronave constituye un entorno liviano compuesto por armazones redondos, largueros rectos y paneles de recubrimiento, los cuales pueden ser

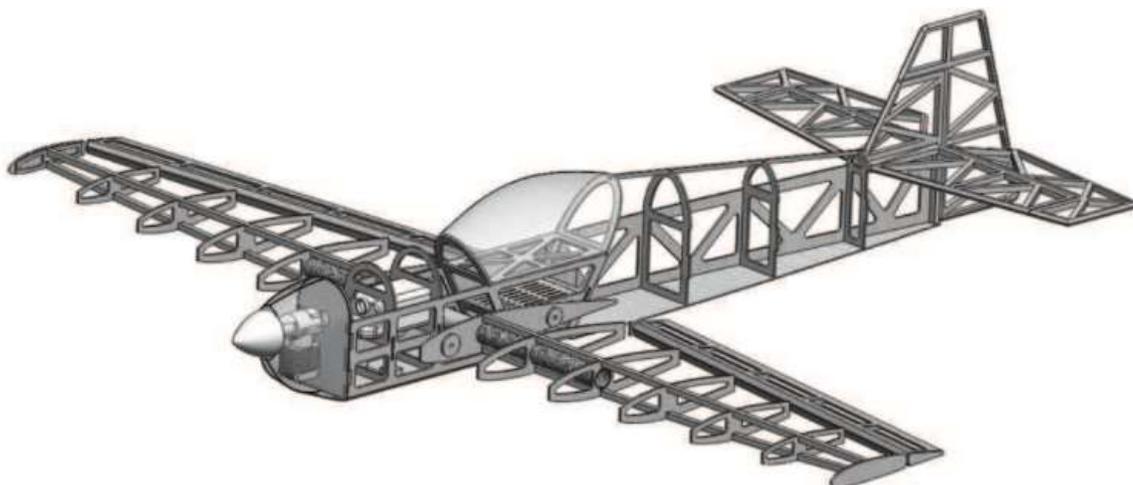
maquinados o elaborados mediante láminas metálicas. Cada elemento estructural requiere una fabricación y ensamblaje precisos para transformarse en la aeronave actual y segura que guardamos en la actualidad.

La estructura de una aeronave engloba aquellos componentes cuya función es transmitir y soportar las cargas aplicadas, ofrecer una configuración aerodinámica, y resguardar a los ocupantes, carga, sistemas, etc., de las condiciones ambientales durante el vuelo. Estos requisitos conllevan, en la mayoría de las aeronaves, a estructuras de carcasa delgada en las que la superficie exterior o revestimiento generalmente se sustenta mediante elementos de refuerzo longitudinales y marcos transversales. Esto permite a la estructura resistir cargas de flexión, compresión y torsión sin experimentar pandeo. Estas estructuras se conocen como semi-monocasco, mientras que aquellas carcasas delgadas que dependen exclusivamente de sus capas exteriores para resistir cargas son denominadas monocasco.

(Libretexts, 2022)

Figura 4

Esqueleto monocasco de aeronave



Nota. Estructura de una aeronave del tipo monocasco. Tomado de *Componentes estructurales de una aeronave* [Imagen] Libretexts, 2022, www.español.libretexts.com

Componentes de una estructura

Los componentes estructurales básicos de una aeronave son los largueros, larguerillos, mamparos, las costillas y la piel o también conocido como el revestimiento de la aeronave, dichas estructuras se detallarán a continuación:

Largueros

Son elementos estructurales que se extienden a lo largo del fuselaje, resistiendo fuerzas de flexión y posibles cargas axiales.

Larguerillos

Consiste en una sucesión de vigas pequeñas que atraviesan el fuselaje en dirección longitudinal. Su función principal es proporcionar respaldo al revestimiento. El incremento en la cantidad de estas vigas y la disminución de la separación entre ellas resultan en un aumento de la resistencia al pandeo. Además, estas vigas son capaces de soportar cargas de compresión y tracción, incluyendo las generadas por la flexión del fuselaje.

Mamparos

Estas estructuras denominadas mamparos se dividen en dos tipos los de presión y los de división y marcos, es decir:

Mamparos de presión: estos tienen la función de que cuando el fuselaje está presurizado, delimitan la presurización posterior y anterior, estas estructuras son similares a un casquete esférico.

Mamparos de división y marcos: estos al contrario de los de presión son planos, ubicados estratégicamente en zonas donde la estructura debe soportar esfuerzos, es decir se ubica en zonas del ala, el apoyo de los motores y en el tren de aterrizaje.

Costillas

Las costillas en una aeronave constituyen elementos estructurales destinados a configurar y brindar soporte a las alas y otras superficies aerodinámicas. Estas costillas

suelen ser estructuras longitudinales que se extienden desde el borde de ataque hasta el borde de salida de las alas, y combinadas están dispuestas de manera regular a lo largo de la envergadura.

La función primordial de las costillas consiste en preservar la forma aerodinámica de las alas y distribuir las cargas aerodinámicas a lo largo de la estructura de la aeronave.

Asimismo, sirven como puntos de conexión para otros componentes, como las cuerdas de control y el recubrimiento externo. Las costillas se pueden encontrar tipos como:

Costillas de compresión: Conectan los largueros entre sí, asegurando la transmisión y distribución equitativa de las cargas a lo largo de los largueros. Se ubican en lugares donde se generan esfuerzos locales. (García, 2018)

Costillas maestras: Mantienen una separación entre los largueros, aportando rigidez al revestimiento y los larguerillos para prevenir el pandeo. (García, 2018)

Costillas comunes: No son tan fuertes en términos de resistencia. Su función consiste en preservar la configuración del perfil y transferir las fuerzas internas a los largueros, distribuyéndolas en distintas secciones de estos. Asimismo, contribuyen a la estabilización contra el pandeo. (García, 2018)

Costillas falsas: Su única función es preservar la configuración del revestimiento, y se sitúan entre el larguero y los extremos del ala, ya sea el borde de ataque o el borde de salida. (García, 2018)

Sistema de controles de vuelo

Los sistemas por los que se controla la aeronave son los que permiten la relación entre el piloto y los mandos de vuelo de diferentes maneras, es decir, pueden ser de manera mecánica o de manera electrónica, este sistema de control de vuelo tiene una función en específico que son la de equilibrar a la aeronave, para una correcta y determinada actitud de vuelo.

Las superficies aerodinámicas son las que permiten una correcta funcionalidad a la aeronave para su sustentación, estas se determinan por primarias y secundarias, las primarias son las que controlan a la aeronave en diferentes ejes de rotación y las secundarias son las que de una u otra forma ayudan a la fuerza de sustentación de la aeronave.

Los ejes de rotación son líneas imaginarias que intersecan a la aeronave en diferentes puntos, cada una controla un movimiento y se divide en tres, los cuales son eje longitudinal, eje transversal o también denominado lateral y por último el eje vertical. El eje longitudinal es un eje imaginario trazado desde un punto de la nariz de la aeronave hasta la cola de esta misma, el movimiento alrededor de este eje se denomina “alabeo” y consiste en que se levanta un ala y sube la otra y viceversa, movimiento generado por los alerones. El eje transversal es un eje imaginario que se traza desde un lado de ala del avión hasta la otra ala generando un movimiento denominado “cabeceo” y este consiste en que el morro de la aeronave sube y baja dependiendo la posición de los elevadores. Y por último el eje vertical que es trazado por una línea imaginaria que atraviesa el centro de la aeronave generando un movimiento denominado “guiñada” que consiste básicamente en que la nariz de la aeronave gire de derecha a izquierda según el control de vuelo llamado rudder ubicado en el estabilizador vertical de la aeronave.

Estos movimientos son controlados por las superficies primarias, estas son los alerones ubicados en las puntas de las alas, los elevadores ubicados en el estabilizador horizontal de la aeronave y por último el rudder ubicado en el estabilizador vertical de la aeronave, cada una de estas superficies primarias son controlados por los mandos de vuelo que interactúan con el piloto en la cabina, estos mandos son: el timón de profundidad y los pedales, el timón controla los movimientos de alabeo y cabeceo, mientras que los pedales controla el movimiento de guiñada. (Navarro, 2018)

Manejo de los mandos de control

Tabla 1*Manejo de los mandos de control de vuelo*

Movimiento de la aeronave	Control de mando
Guiñada a la izquierda	Pedal izquierdo
Guiñada a la derecha	Pedal derecho
Morro arriba	Tirar el volante
Morro abajo	Empujar el volante
Alabeo a la izquierda	Volante a la izquierda
Alabeo a la derecha	Volante a la derecha

Nota. Se detalla resumidamente el manejo de los controles de vuelo de manera intuitiva.

Movimientos de las superficies de control

Tabla 2*Resumen de los movimientos de las superficies de control*

Superficie	Movimiento	Eje de rotación	Estabilidad
Alerón	Alabeo	Longitudinal	Lateral
Timón profundidad	Cabeceo	Transversal	Longitudinal
Timón dirección	Guiñada	Vertical	Direccional

Nota. En la tabla se aprecia el resumen de los movimientos de la aeronave sobre sus ejes y sus controles de mando.

Sistema de combustible

El diseño del sistema de combustible de la aeronave tiene como objetivo asegurar un

suministro constante desde los depósitos hasta el motor. Es esencial que el combustible esté disponible para el motor en diversas condiciones, como diferentes niveles de potencia del motor, altitudes, actitudes y durante todas las maniobras de vuelo permitidas. En las diferentes aeronaves, se suelen categorizar los sistemas de combustible en dos tipos: sistemas de alimentación por gravedad y sistemas con bombeo de combustible.

El sistema de combustible alimentado por gravedad es aquel que aprovecha la fuerza gravitatoria para llevar el combustible desde los tanques hacia el motor. Por ejemplo, en aviones de ala alta, los tanques de combustible se encuentran ubicados en las alas. Esto sitúa los depósitos de combustible por encima del carburador, permitiendo que el combustible fluya por gravedad hacia el carburador. Cuando el diseño de la aeronave no permite el uso de la gravedad para transferir el combustible, se instalan bombas de combustible. En aviones de ala baja, por ejemplo, los depósitos en las alas están posicionados por debajo del carburador. (Redacción, 2021)

El sistema de combustible alimentado por bombeo es aquel que están equipadas con dos bombas de combustible. La bomba principal opera mediante el accionamiento del motor, mientras que se dispone de una bomba eléctrica auxiliar para su uso durante el arranque del motor y en situaciones de fallo de la bomba principal del motor. La bomba auxiliar, también denominada "boost", mejora la confiabilidad del sistema de combustible. El control de la bomba eléctrica auxiliar se realiza a través de un interruptor ubicado en la cabina de vuelo. (Redacción, 2021)

En la aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga utiliza un sistema de combustible alimentado por bombeo, es decir cada uno de sus motores son suministrados por un sistema independiente de alimentación cruzada, este sistema de alimentación cruzada es controlado de forma mecánica, esta aeronave cuenta con tanques integrales localizados en cada extremo de cada ala, aprovechando la fuerza gravitatoria alimenta a un tanque colector en cada nacela, y don

bombas ubicadas dentro de cada tanque refuerzan al colector. También contiene una válvula eléctrica que controlada corta el suministro de combustible, ubicada en la tubería principal que conecta el depósito del ala con el depósito colector. La energía necesaria para su funcionamiento es de 28 voltios de corriente continua (CD) suministrada desde la barra de emergencia de vuelo. (Sarmiento, 2011)

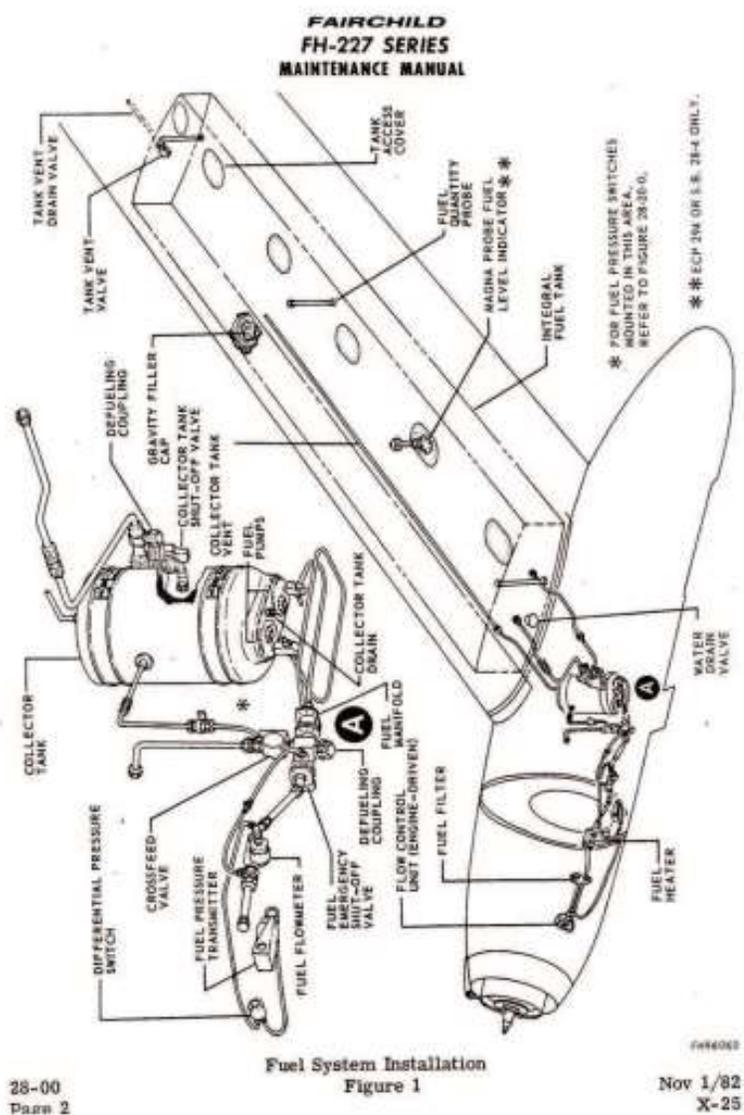
Entre el depósito colector y el punto de entrada al motor en cada nacela se encuentran instalados diversos componentes, que incluyen un interruptor de presión de combustible, una válvula de alimentación cruzada, una válvula de corte de emergencia, un medidor de flujo de combustible, un calentador de combustible, una válvula antirretorno y disposiciones para aliviar la expansión térmica. En la zona que va desde la pared de fuego hasta las conexiones de entrada al motor, las líneas están protegidas a medida que atraviesan la turbina y la cámara de combustión. La válvula de emergencia para cortar el suministro de combustible se controla mecánicamente mediante un sistema de cables, ajuste, poleas y un acople teleflex, culminando con una manija "T". Esta manija se encuentra ubicada en el compartimento de la tripulación sobre el panel de emergencia de vuelo, junto al panel de instrumentos. Los demás componentes eléctricos instalados entre el depósito colector y la conexión de entrada al motor obtienen su alimentación eléctrica de la siguiente manera. (Sarmiento, 2011)

Un medidor de flujo de combustible y un transmisor de presión de combustible, que operan con una fuente de energía de 26 voltios y 400 ciclos de corriente alterna (CA) proveniente del panel eléctrico de CA. Además, un calentador de combustible y un interruptor de presión diferencial que funcionan con una fuente de energía de 28 voltios de corriente continua (CD) suministrada desde la barra de emergencia de vuelo. El combustible se dirige hacia un calentador de combustión en el sistema de combustible de la aeronave, extrayéndose exclusivamente desde un punto en la nacela izquierda. Este punto de extracción se ubica entre la válvula de alimentación cruzada y la válvula de corte,

asegurando que el suministro de combustible a los calentadores no se vea interrumpido por el funcionamiento de ninguna de estas válvulas, siempre y cuando la válvula del calentador de combustible permanezca abierta. (Sarmiento, 2011)

Figura 5

Sistema de combustible Fairchild FH-227



Nota. Diagrama del sistema de combustible de la aeronave Fairchild FH-227. Tomado de

FAIRCHILD FH-227 MAINTENANCE MANUAL ATA28 [Imagen] Fairchild, 1982.

Motores

La aeronave Fairchild FH-227 está equipada con dos motores turbohélice Roll Royce Dart 532-71, este utiliza los gases calientes generados en las cámaras de combustión para dirigirlos hacia la turbina. La potencia generada por las tres etapas de la turbina de flujo axial a lo largo del eje impulsor del motor se transmite tanto a la segunda etapa del compresor centrífugo como a la caja reductora de la hélice. Las dos etapas de la caja reductora disminuyen la alta velocidad de rotación del eje impulsor del motor para lograr una eficiencia mejorada en las revoluciones por minuto (rpm) para el eje de la hélice. La relación de reducción de los engranajes es de 1 a 0.093.

El motor Roll Royce fue concebido como un proyecto de turbohélice para el Reino Unido, y su fabricación por parte de la empresa Roll Royce Limited resultó ser muy conveniente, adecuada y exitosa para la aviación comercial a nivel mundial. Sus componentes principales incluyen un compresor centrífugo de dos etapas, siete cámaras de combustión y una turbina de flujo axial de dos etapas. El compresor está directamente conectado a la turbina mediante un eje, y la hélice se impulsa desde el compresor mediante un reductor compuesto. El proceso operativo sigue un ciclo continuo en el cual el aire se comprime en un compresor de dos etapas. Se agrega combustible en las cámaras de combustión para generar calor, y posteriormente, se permite que los gases calientes se expandan para producir energía. La mayor parte de la energía generada por la expansión de los gases es absorbida por la turbina, la cual impulsa tanto el compresor como la hélice. A pesar de esto, una porción de energía útil permanece en los gases de escape, contribuyendo al impulso del chorro.

Figura 6

Motor Turbohélice Rolls-Royce Dart 532-71



Nota. Motor Rolls-Royce Dart 532-71 de vista lateral de la aeronave Fairchild FH-227.

Tomado de *INSPECCIÓN DE LOS MONTANTES DEL MOTOR ROLLS ROYCE DART 532-71 DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227* [Fotografía] Benavides, 2020,

www.repositorio.espe.edu.ec

Tabla 3

Características generales del motor

Tipo	Turbohélice
Compresor	Centrifugo de dos etapas
Combustión	7 cámaras
Turbina	3 etapas
Combustible	Kerosene

Nota. Tabla de las características generales del motor de la aeronave Fairchild FH-227

Corrosión en estructuras

La corrosión es un fenómeno natural en cuanto a la aviación, este fenómeno ataca al

metal químicamente o de manera electroquímica, es un fenómeno muy común que de todas formas se debe tener ciertas precauciones con este mismo ya que puede ocasionar ciertos accidentes que pueden terminar en una tragedia, el control de corrosión se lo puede realizar bajo indicaciones de los manuales de mantenimiento de la aeronave.

Factores que influyen en la corrosión

En la corrosión pueden influir varios factores como el tipo de metal, el tratamiento térmico que se lo realiza a ese metal, superficies anódicas y catódicas, la temperatura, la disponibilidad de oxígeno, tiempo de exposición a un ambiente hostil, presencia o contacto con otro tipo de metales friccionando entre sí.

La mayoría de los metales puros no son apropiados para la fabricación de aeronaves y se emplean solo en combinación con otros metales para crear aleaciones. La corrosión puede manifestarse en las áreas menos resistentes de la superficie y también en las interfaces entre estas áreas, dando lugar a la formación de picaduras y corrosión intergranular. (Benavides, 2020)

Tipos de corrosión

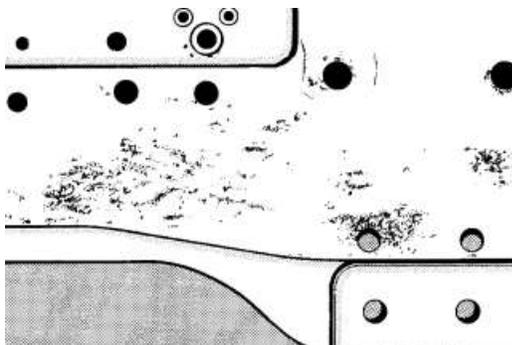
Corrosión general superficial: La corrosión generalizada de la superficie, también denominada corrosión por ataque uniforme o corrosión por grabado uniforme, representa la forma más frecuente de corrosión y se origina a partir de un ataque químico directo a la superficie metálica, afectando únicamente dicha superficie. Este tipo de corrosión suele manifestarse en una extensa área con una distribución más o menos uniforme. En una superficie pulida, se manifiesta inicialmente como una pérdida general de brillo, y si se permite que progrese, la superficie adquiere una textura rugosa y posiblemente muestra un aspecto escarchado. Es importante señalar que la decoloración o pérdida general de brillo en el metal debido a la exposición a altas temperaturas no debe ser considerada como corrosión generalizada superficial.

Figura 7*Corrosión general*

Nota. Visualización de este tipo de corrosión general superficial. Tomado de *ACCERPTABLE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES-AIRCRAF INSPECTION AND REPAIR* [Imagen] FAA, 1998, www.faa.gov

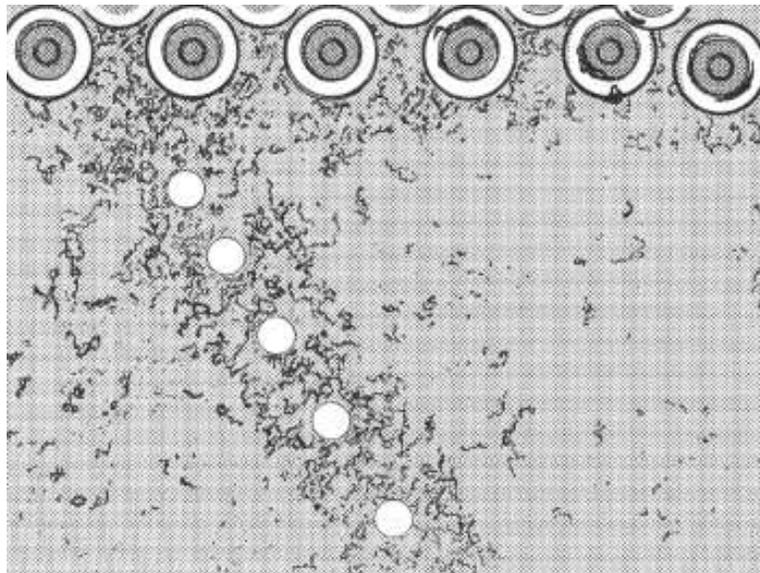
Corrosión por picadura: La corrosión por picaduras representa una de las formas más destructivas e intensas de corrosión. Aunque puede afectar a cualquier metal, es más frecuente en metales que desarrollan películas protectoras de óxido, como las aleaciones de aluminio y magnesio. Inicialmente, se manifiesta como un depósito de polvo blanco o gris, similar al polvo, que se adhiere a la superficie. Al limpiar este depósito, se revelan pequeños agujeros o perforaciones en la superficie. Estas diminutas aperturas superficiales pueden penetrar profundamente en los elementos estructurales y causar daños que son considerablemente desproporcionados en relación con su aspecto superficial.

Figura 8*Corrosión por picadura*



Nota. Visualización externa de la corrosión por picadura en una estructura. Tomado de *ACCERPTABLE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES-AIRCRAF INSPECTION AND REPAIR* [Imagen] FAA, 1998, www.faa.gov

Corrosión Filiforme: La corrosión filiforme se presenta como una forma especial de celda de concentración de oxígeno que ocurre en superficies metálicas recubiertas con un sistema orgánico. Esta corrosión se identifica por el rastro característico en forma de gusano de productos corrosivos que se desarrollan debajo de la capa de pintura. Los recubrimientos de poliuretano son particularmente propensos a experimentar corrosión filiforme. Este fenómeno ocurre en condiciones de humedad relativa del aire entre el setenta y ocho y el noventa por ciento, y cuando la superficie presenta una ligera acidez. Por lo general, afecta las superficies de acero y aluminio. En el acero, las marcas nunca se cruzan, mientras que en el aluminio se cruzan, profundizando y agravando el daño. Si no se aborda la corrosión, no se trata la zona afectada ni se aplica un recubrimiento protector, puede desencadenar corrosión intergranular, especialmente alrededor de los sujetadores y las uniones. La eliminación de la corrosión filiforme puede llevarse a cabo mediante el uso de material de granallado con perlas de vidrio mediante un equipo portátil de granallado abrasivo o lijado. Para prevenir la corrosión filiforme, es recomendable almacenar la aeronave en un entorno con una humedad relativa inferior al setenta por ciento, emplear sistemas de recubrimiento con baja difusión de oxígeno y vapor de agua, y lavar la aeronave para eliminar contaminantes ácidos de la superficie.

Figura 9*Corrosión filiforme*

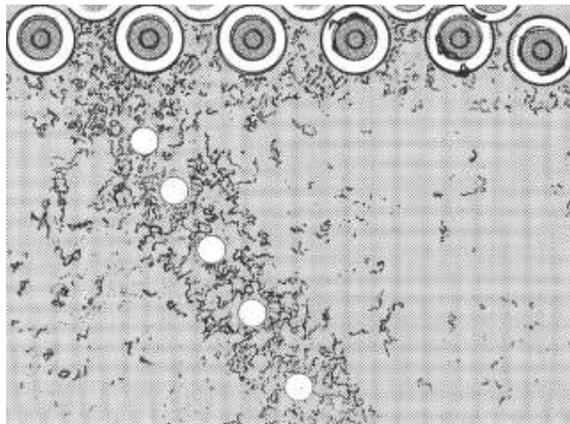
Nota. Visualización externa de la corrosión filiforme. Tomado de *ACCERPTABLE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES-AIRCRAF INSPECTION AND REPAIR* [Imagen] FAA, 1998, www.faa.gov

Corrosión intergranular: La corrosión intergranular se manifiesta como un ataque a los límites entre los granos de un metal. Cuando se observa una sección transversal ampliada de cualquier aleación comercial, se aprecia la estructura granular del metal, compuesta por numerosos granos individuales. Cada uno de estos pequeños granos presenta un límite definido que difiere químicamente del metal contenido en el grano.

Cuando el límite y el centro del grano entran en contacto con un electrolito, pueden reaccionar entre sí como ánodo y cátodo. Esto puede conducir a una corrosión selectiva rápida de los límites de grano. Las aleaciones de aluminio de alta resistencia, como 2014 y 7075, son más propensas a experimentar corrosión intergranular si han sido tratadas térmicamente de manera inadecuada y luego se exponen a un entorno corrosivo.

Figura 10

Corrosión intergranular



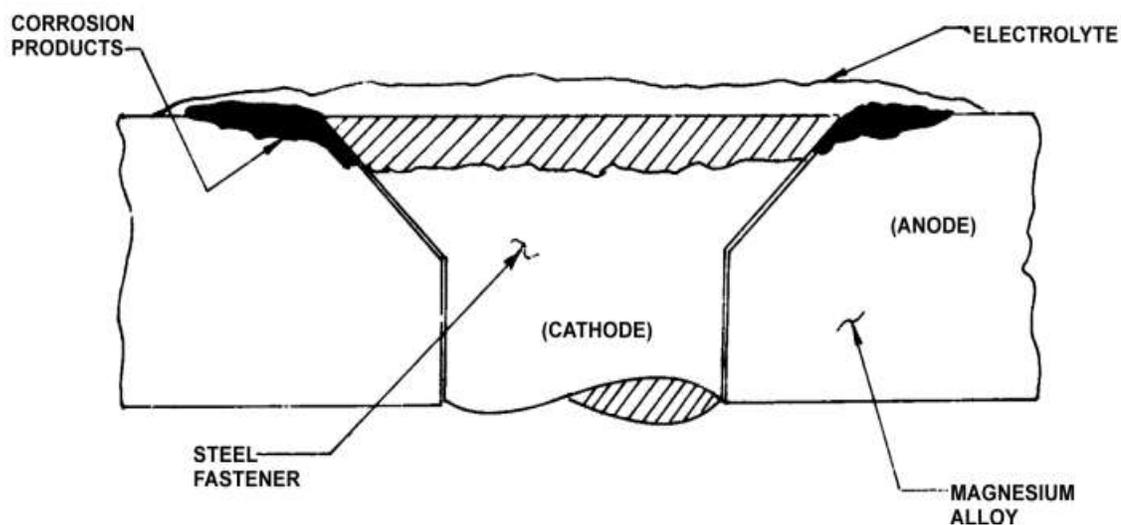
Nota. Visualización de la corrosión intergranular. Tomado de *ACCERPTABLE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES-AIRCRAF INSPECTION AND REPAIR* [Imagen] FAA, 1998, www.faa.gov

Corrosión por exfoliación: La corrosión por exfoliación representa una etapa avanzada de la corrosión intergranular y se caracteriza por la elevación de los granos superficiales de un metal debido a la expansión de los productos de corrosión generados en los límites de los granos justo debajo de la superficie. Esta manifestación visual evidencia la presencia de corrosión intergranular y suele observarse con mayor frecuencia en secciones extruidas, donde el espesor del grano tiende a ser menor en comparación con las formas laminadas.

Corrosión galvánica: La corrosión galvánica se produce cuando dos metales distintos entran en contacto en presencia de un electrolito, y se identifica comúnmente por la acumulación de corrosión en la unión entre dichos metales.

Figura 11

Corrosión galvánica



Nota. Visualización del tipo de corrosión galvánica en una estructura. Tomado de *ACCERPTABLE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES-AIRCRAF INSPECTION AND REPAIR* [Imagen] FAA, 1998, www.faa.gov

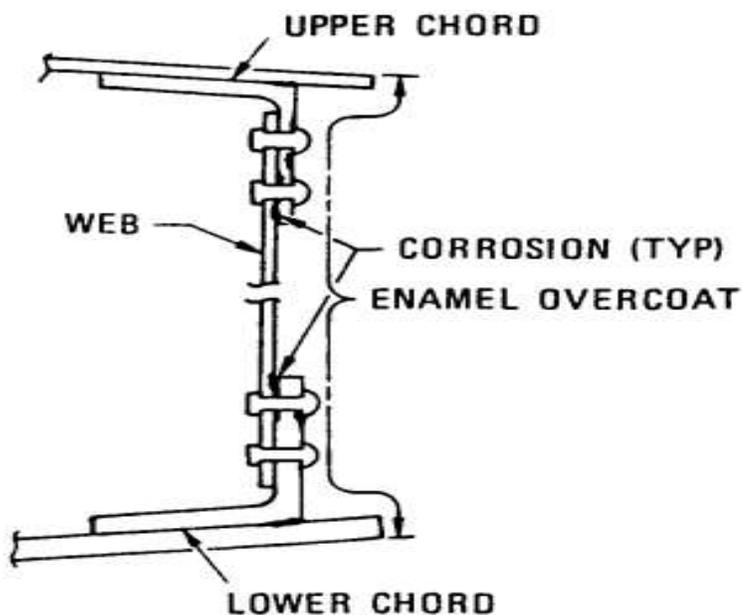
Corrosión por fatiga: La corrosión por fatiga implica la aplicación de tensiones cíclicas en un entorno corrosivo. Los metales pueden soportar tensiones cíclicas durante un número infinito de ciclos siempre y cuando la tensión se mantenga por debajo del límite de resistencia del metal. Una vez que se supera este límite, el metal eventualmente se agrieta y falla debido a la fatiga del material. Sin embargo, cuando la pieza o estructura sometida a

tensiones cíclicas también está expuesta a un ambiente corrosivo, el nivel de tensión de falla puede disminuir significativamente. Por lo tanto, la falla puede ocurrir a niveles de estrés potencialmente bajos, dependiendo del número de ciclos asignados a la vida útil de la pieza.

Corrosión por fricción: La corrosión por fricción, también llamada corrosión por desgaste u oxidación por fricción, puede tener lugar en la interfaz de dos superficies fuertemente cargadas que se espera que no se desplacen entre sí. No obstante, la vibración puede provocar el roce de estas superficies, generando un desgaste abrasivo conocido como fricción.

Figura 12

Corrosión por fricción



Nota. Visualización de la creación de la corrosión por fricción. Tomado de *ACCERPTABLE METHODS, TECHNIQUES, AND PRACTICES-AIRCRAF INSPECTION AND REPAIR*

[Imagen] FAA, 1998, www.faa.gov

Control de corrosión

El éxito en el control de la corrosión se basa en la adecuada implementación de los

procedimientos fundamentales de trabajo. Se sugieren las siguientes prácticas laborales estándar:

- En caso de falta de conocimiento sobre los procedimientos o materiales de retrabajo, es recomendable ponerse en contacto con el fabricante de la aeronave o el Representante de Ingeniería Designado (DER) autorizado por la FAA antes de proceder. Es necesario que las áreas de trabajo, equipos y componentes estén libres de astillas, arena, suciedad y cualquier otro material extraño, manteniéndolos limpios.
- Evitar realizar marcas en superficies metálicas utilizando un lápiz de grafito o cualquier instrumento puntiagudo y afilado. En su lugar, se recomienda el uso de marcas temporales, definidas como aquellas que son solubles en agua o metilcloroformo, para tareas de diseño en metales, o marcas en la aeronave para señalar áreas corroídas.
- La utilización de grafito como lubricante para cualquier componente no está recomendada. Dado que el grafito actúa como un cátodo para todos los metales estructurales, su aplicación, especialmente en forma seca, puede ocasionar corrosión galvánica en presencia de humedad.
- No se recomienda pulir las superficies metálicas revestidas con fines estéticos. El pulido eliminaría la capa protectora, y una superficie pulida brillantemente generalmente no posee la misma resistencia a la corrosión que una superficie no pulida, a menos que esté protegida con cera o pintura.
- La reparación de los daños causados por la corrosión implica la eliminación completa de la corrosión y sus productos. En casos de daño severo por corrosión que supere los límites establecidos por el fabricante de la aeronave o de la pieza, es necesario reemplazar la pieza afectada.

Preparativos para antes de realizar el trabajo:

Es esencial eliminar por completo todos los productos de corrosión al realizar trabajos adicionales en estructuras corroídas. Antes de iniciar la reprocesamiento de áreas corroídas, realice los siguientes pasos:

- a. Documente los daños por la corrosión.
- b. Coloque la aeronave en preparativos para lavado y enjuagado.
- c. Conecte la aeronave a tierra.
- d. Prepare la aeronave para mantenimiento

Retire las baterías, el contenedor del generador de oxígeno en el caso de estar instalado, y la energía externa tanto hidráulica como eléctrica.

Instale toda clase de señalización de seguridad para el mantenimiento.

- e. Cuide los puertos Pitot estáticos, las rejillas, la abertura del motor, las ruedas, las tomas de aire, neumáticos, revestimiento de magnesio, los paneles.
- f. Proteja todas las superficies adyacentes de donde se va a realizar el mantenimiento, es decir proteger de materiales químicos.

Método estándar para control de corrosión

Existen diversos métodos estándar, tanto mecánicos como químicos, para eliminar la corrosión. En cuanto a los métodos mecánicos, se incluyen el lijado manual con estera abrasiva, papel de lija o lana de acero, así como el lijado, esmerilado y pulido mecánico motorizado, que emplea estera abrasiva, muelas abrasivas, discos de lijado y estereras de goma abrasivas. La elección del método depende del tipo de metal y del nivel de corrosión presente.

Inspección visual de daños estructurales

Las inspecciones visuales son un método de mantenimiento preventivo de accidentes en aeronáutica, este método es casi el 80% de los procesos de mantenimiento en una

aeronave, es muy útil para obtener resultados de corrosión, desgaste en la estructura o agrietamientos que pueden resultar en tragedia si no se le da un mantenimiento apropiado. Este método de inspección tiene varios tipos en los que se puede realizar como por ejemplo:

Inspección de recorrido: este lo realiza una persona capacitada, donde su labor es recorrer alrededor de la aeronave como su nombre lo indica, visualizando que la aeronave cumpla con las normas de seguridad y esté en condiciones aeronavegables.

Inspección visual general: en este tipo de visualización requiere ya de materiales externos a la vista humana, como por ejemplo escaleras y recolectores con el fin de localizar cualquier daño estructural o alguna anomalía en la aeronave.

Inspección visual detallada: esta requiere ya de más herramientas como una lupa, linterna, buena iluminación, un espejo para visualizar partes donde no se pueda ver por algún objeto que obstruya la vista e inclusive herramientas de medición, ya que al ser una inspección más profunda ya no solo es general si no se puede crear una orden de trabajo para inspeccionar algún componente en específico.

Daños estructurales

En aviación se debe reconocer los diferentes daños estructurales que se pueden encontrar en la estructura para así darle un correcto mantenimiento según el problema que se encuentre existen varios tipos de daños, pero los más comunes son:

Grietas: una grieta es un rompimiento de la estructura de manera superficial

Corrosión: es el daño más común en los metales se presenta por acción química o electroquímica.

Doblez: Se presenta por un golpe o mala maniobra del piloto en el aterrizaje.

Abolladura: Un abollón generalmente se refiere a un área dañada que se encuentra hundida en comparación con su perfil normal. No hay alteración en la sección transversal del material y los bordes de la zona dañada son suaves.

Agujero: Es una perforación completa del material, en donde, el material a su alrededor está en buenas condiciones sin embargo puede presentarse en formas redondas irregulares.

Rasguño: Es una grieta, pero superficial, donde no traspasa a la estructura, sin embargo se debe corregir.

Proceso de decapado

El decapado es un procedimiento que consta básicamente en la remoción de la pintura, de las impurezas y las diferentes capas de pintura de la superficie del revestimiento, este proceso necesita aplicación ya sea de manera química o mecánica, por lo cual se podría decir que existen dos métodos de decapado, los cuales consisten en:

Decapado por acción química: es un proceso que usa removedores o disolventes para quitar toda la pintura de la aeronave, estos materiales son altamente inflamables y tienen propiedades peligrosas que no deben tener contacto directo con el ser humano ya que puede ocasionar problemas en la salud, por lo que se debe tener cuidado al trabajar con estos materiales.

Decapado por acción mecánica: esta técnica de decapado consiste básicamente en utilizar la abrasión para remover toda la pintura de la aeronave por medio de técnicas como el lijado, cepillado y el granallado.

El decapado de piezas metálicas implica la eliminación de impurezas, manchas, óxidos, restos de soldadura quemada y otras partículas contaminantes que se encuentran en la superficie de los metales. Este proceso se realiza antes de aplicar otros recubrimientos o acabados, como el zincado, fosfatado o pavonado, que son comunes en el proceso de galvanizado. El propósito es asegurar una superficie limpia y uniforme que facilite una mejor adherencia de los materiales. (Decapado de metales, 2013)

El proceso de decapado implica el uso de productos químicos, principalmente ácidos,

para eliminar la capa de óxido que se forma en la superficie de los metales y restaurar su estado original. Los agentes químicos más comunes utilizados en este proceso incluyen ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y ácido fosfórico. Durante el decapado, las piezas metálicas se sumergen en una solución acuosa que contiene estos ácidos, los cuales disuelven la capa de óxido superficial y una pequeña cantidad del metal base. Es esencial utilizar inhibidores para contrarrestar el efecto corrosivo del ácido sobre el óxido y proteger el metal base. Después del proceso de decapado, es necesario realizar un lavado adecuado de las piezas metálicas para eliminar cualquier residuo de sales de hierro que pueda quedar después del tratamiento. Si no se realiza este lavado correctamente, los residuos podrían causar corrosión y afectar negativamente tratamientos posteriores. Para proteger la superficie recién limpiada de la oxidación, es común realizar un proceso de aceitado después del decapado en láminas metálicas. (Proceso de decapado, 2013)

Proceso de lijado

La tarea de lijar demanda habilidad y conocimiento por parte del operador. Se necesita destreza y conciencia del trabajo, ya que aplicar demasiada presión con la lijadora sobre la superficie puede ocasionar un desgaste significativo en el metal. Dado que las láminas utilizadas en la construcción de aeronaves tienen un espesor y contorno específicos, un manejo incorrecto puede comprometer la resistencia de la estructura. (Flores, 2013)

La reducción del espesor compromete la integridad estructural y, en consecuencia, la seguridad de la aeronave. Esto se debe a que la aeronave debe ser capaz de soportar las cargas asociadas con los procesos de presurización y despresurización durante las operaciones comerciales. (Flores, 2013)

Proceso de pintura

Para lograr un acabado de alta calidad, es esencial considerar los siguientes aspectos:

- Condiciones de la temperatura ambiental.

- Temperatura de la estructura a pintar.
- Pretratamiento adecuado de la superficie.
- Inducción, mezcla y tiempo de reposo óptimos antes de la aplicación.
- Tiempo de viscosidad según las especificaciones técnicas.
- Ajuste y regulación adecuados de la presión del aire durante la aplicación
- Habilidad técnica del operador y patrón de aplicación entre capas.

Capítulo III

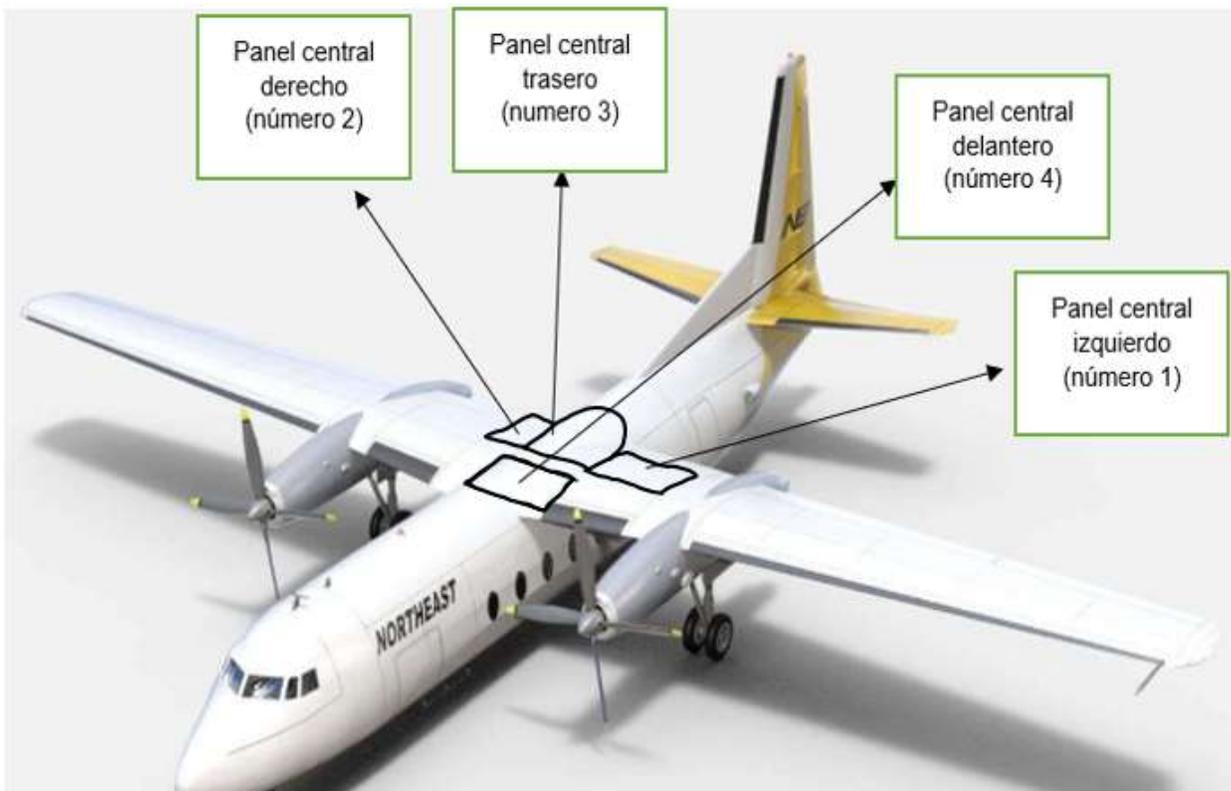
Desarrollo del tema

Preámbulo

En este capítulo se redactará de manera específica el desarrollo práctico del presente proyecto, tomando en cuenta parámetros como las precauciones, consideraciones generales, documentación técnica, entre otros que ayudaron a concluir la reparación estructural de las alas de la aeronave escuela Fairchild FH-227 de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Figura 13

Identificación de los paneles en su posición con vista superior



Nota. Identificación de los paneles que serán removidos para mantenimiento.

Consideraciones generales

Las consideraciones generales que se tomaron en cuenta para la culminación de este proyecto técnico son:

Precauciones: al realizar el proyecto se necesitaron herramientas que ayudarían a llegar a las alas de la aeronave, en este caso de una escalera que facilitaría la vista y el trabajar arriba de las alas de la aeronave, también usar ropa adecuada ya que se trabaja con ciertos elementos que pueden ser irritantes para la piel.

También es importante revisar la documentación técnica de esta aeronave para el mantenimiento específico que se lo va a realizar, los manuales de mantenimiento de esta aeronave no se disponen completos, por ello el trabajo se lo realizó en base a circulares de asesoramiento, en este caso se realizó tomando en cuenta la AC 43-13.1B (Ver anexo A) donde se encuentra procesos reparaciones estructurales, lijado y pintado de la aeronave.

Materiales

Tabla 4

Materiales utilizados

N.º	Materiales
1	Cinta adherente
2	Guaípe
3	Marcador
4	Resina
5	Peróxido cobalto
6	Tiñer de limpieza
7	Cinta de enmascar
8	Lijas orbitales para la amoladora

N.º	Materiales
9	Lija de agua numero 260
10	Llave especial (Berbiquí)
11	Escraper
12	Papel impermeable
13	Tijeras
14	Flexómetro
15	Silicona
16	Paños para limpieza
17	Kit de primer 2 litros
18	Kit de pintura color blanco (3 galones y medio)

Nota. Tabla de los materiales que fueron usados durante el proyecto.

Herramientas

Tabla 5

Herramientas utilizadas

N.º	Herramientas
1	Escaleras
2	Amoladora
3	Extensión eléctrica
4	Pistola de silicona
5	Compresor de la universidad
6	Compresor de mochila

N.º	Herramientas
7	Líneas neumáticas
8	Pistola rociadora de pintura

Nota. Tabla de las herramientas que fueran usadas durante el proyecto práctico.

Normas generales y básicas de seguridad

Tabla 6

Normas generales y básicas de seguridad

N.º	Normas generales y básicas de seguridad
1	Equipo de protección personal
2	Trabajo en escalera
3	Trabajo en alturas
4	Orden y limpieza del sitio de trabajo
5	Correcto uso de sustancias químicas
6	Correcto uso de herramientas y materiales

Nota. Tabla acerca de las normas a seguir durante el proyecto práctico

Procedimiento para la reparación estructural

Inspección visual anterior a la reparación estructural

Se inspecciona de manera detallada de forma visual toda la estructura al largo de la envergadura de la aeronave, en busca de ciertas anomalías como, por ejemplo, corrosión, grietas, deformidades, mala instalación de paneles, o paneles en mal estado. Esto con la finalidad de crear un plan de mantenimiento para corregir esas anomalías para este proyecto.

Descripción de anomalías encontradas en la inspección visual

Esta inspección se realizó acorde a la AC 43.13-1b capítulo 6 que indica la inspección y protección de la corrosión, sección 5 que trata sobre la guía de una inspección visual para una aeronave y más específico al párrafo 6-69 que menciona la inspección de las áreas externas de la estructura. (Ver Anexo 1)

Específicamente se cumple con los literales “a” que manda a inspeccionar las superficies externas de la piel en busca de daños en los acabados y corrosión, literal “b” que indica inspeccionar alrededor de los sujetadores en busca de oxidación y el literal “c” que indica inspeccionar las grietas superficiales y/o cabezas de los tornillos que pueden indicar corrosión en las uniones adheridas.

Se encontró corrosión y desgaste de pintura en la estructura de la aeronave en diferentes zonas que son: la ferretería específicamente la tornillería que sostienen los paneles de la parte superior central, en el borde de salida de las alas por la sección del motor en el lado izquierdo y derecho, por lo que se deduce que la mayor parte de corrosión se lo encuentra en los tornillos, como se visualiza en la figura 15, 16 y 17 de este texto.

Se encuentran paneles en mal estado en la parte central de la aeronave contabilizando y total de 4, donde se observa falta de tornillería, degradado del material, pésimas condiciones de pintura y filtración de agua hacia los compartimientos por el desgaste de la fibra de vidrio de estos paneles, como se visualiza en la figura 14.

Figura 14*Daño estructural panel central*

Nota. Visualización del daño estructural en los paneles centrales de la aeronave escuela Fairchild FH-227.

En la imagen anterior se puede observar el daño significativo en la estructura de estos paneles, en donde el desgaste del material es muy notable, tomando en cuenta también que no existe ferretería que ajuste los paneles a la estructura. Se observa que los paneles están unidos con silicona, sin ningún elemento de fijación.

Figura 15

Mal estado de la pintura del ala derecha



Nota. Ala derecha de la aeronave escuela Fairchild FH-227 inspección visual.

En la figura anterior se puede observar el mal estado de la pintura de la aeronave en el ala derecha, donde se puede ver el desprendimiento de la pintura, junto con un polvo blanquizo resultado del deterioro de la estructura.

Figura 16

Estado de la estructura en el ala derecha (borde de salida)



Nota. Inspección visual del estado de la estructura en el borde de salida del ala derecha en la parte superior del ala alado del motor derecho.

En la figura 16 anterior se puede observar cómo existe degradación de la pintura en la estructura que cubre al motor en la parte superior del ala, y alado de eso se observa tornillos con corrosión y un poco de la piel de la aeronave en mal estado.

Figura 17

Estado de la estructura en el ala izquierda alado del motor izquierdo



Nota. Inspección visual de la ferretería del ala izquierda junto al compartimiento superior del motor izquierdo.

En las figuras 15, 16 y 17 se puede observar los tornillos que se encuentran con corrosión en la estructura del ala en la parte superior izquierda y los daños en los acabados de la estructura cumpliendo así con la inspección acorde a la AC 43.13-1b.

Preparación de materiales para la remoción de paneles

Según lo indica la AC 43.13 1-b capítulo 3 sección 1 antes de realizar la remoción de los paneles se prepara herramientas que se van a utilizar, en este caso se prepara una herramienta especial (berbiquí) conocido también como Twister, junto con un acople para una

punta número 6 en forma estrella para retirar los tornillos, también se prepara un scraper para retirar la silicona alrededor de los paneles.

Figura 18

Herramientas para la remoción de los paneles



Nota. Herramientas que se utilizaron para la remoción de los paneles en la parte central superior de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.

Remoción de los paneles

Primer paso: Durante la inspección previa a la remoción se observó que los paneles no estaban bien sujetos por los tornillos si no que se encontraban pegados con silicona por lo que se debe proceder primero a remover la silicona alrededor de los paneles.

Figura 19

Remoción de la silicona



Nota. Visualización del estado de los paneles en la remoción de estos mismos.

En la figura se observa cómo se va removiendo la silicona de los alrededores de los paneles, también se puede ver que no existe elementos de fijación que sujeten los paneles con el fuselaje. Cabe mencionar el mal estado de la estructura y de la pintura de la piel de la aeronave.

Segundo paso: Una vez ya retirada la silicona se procede a retirar los tornillos que, si se encuentran instalados en los paneles, cabe mencionar que no se encontraron más de 20

tornillos sujetos, y la mayoría de estos no eran los originales ya que los adecuados eran de cabeza avellanada, pero los que estaban instalados eran de cabeza redonda.

Figura 20

Remoción de los paneles (Tornillería)



Nota. Remoción de la tornillería de los paneles

Tercer paso: Al momento de retirar ya toda la silicona y toda la tornillería de los paneles se procede a alzar la estructura removida de los 4 paneles que se llevarían a mantenimiento.

Figura 21

Remoción del panel número 1 (lado central izquierdo)



Nota. Remoción del panel ubicado en el centro izquierdo de la aeronave Fairchild FH-227

En la figura anterior se puede observar cómo el proceso requiere alzar el panel para su total remoción con la silicona en la estructura del fuselaje, este procedimiento se lo repite para los 4 paneles a ser removidos para mantenimiento.

Figura 22

Remoción del panel número 1 en su totalidad



Nota. Panel número 1 removido del lado central izquierdo de la sección de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.

En la figura 22 se puede observar la remoción del panel numero 1 ya desinstalado en su totalidad, donde se visualiza cables de control y cables eléctricos, mismos que no deben ser manipulados, o dañados de alguna forma que impida con el funcionamiento correcto de la aeronave de manera normal.

Figura 23

Remoción del panel número 2 en su totalidad



Nota. Panel número 2 removido del lado central derecho de la sección de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.

En la figura 23 se observa el panel número 2 desinstalado en su totalidad donde el estado de este componente está en condiciones no operativas ya que en la superficie se destaca una serie de agrietamientos y en los filos se encuentran erosionados por la lluvia.

Figura 24

Remoción del panel número 3 en su totalidad



Nota. Panel número 3 removido de la parte trasera central de la sección de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.

En la figura 24 se visualiza el estado del componente removido con agrietamientos, rasguños y pésimas condiciones de pintura previo a su corrección con su debido mantenimiento del panel.

Figura 25

Remoción del panel número 4 en su totalidad



Nota. Panel número 4 removido de la parte central delantera de la sección de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.

Como se puede observar en las figuras anteriores la remoción de los paneles fue realizada con éxito que en resumen se retiró toda la silicona alrededor de cada panel, también se retiró todos los tornillos que ajustaban a los paneles con la estructura del fuselaje, y por

último se procedió a quitar los paneles de su lugar para darles el mantenimiento adecuado.

Figura 26

Vista superior de la aeronave sin los paneles



Nota. Vista superior sin los paneles número 1, 2 y 3 de la sección de las alas de la aeronave Fairchild FH-227.

En la figura 26 se visualiza la vista superior de la ubicación de los paneles después de ser removidos de la estructura de la aeronave, donde se observa cables de control y cables eléctricos de los diferentes sistemas de la aeronave.

Figura 27

Vista superior de la aeronave sin el panel delantero central



Nota. Vista superior sin el panel número 4 de la parte central delantera de la aeronave Fairchild FH-227.

Como se puede observar en las figuras anteriores los paneles ya fueron removidos para así poder trabajar con ellos de una manera más cómoda sin la necesidad de estar en la parte superior de la aeronave.

Instalación de un plástico en las aberturas de los paneles

Al retirar los paneles la estructura queda expuesta al aire libre donde se puede

observar los cables ya sea de control de las superficies de vuelo tanto como los cables eléctricos del sistema, por ellos se prevé colocar un recubrimiento impermeable en la parte superior de estas aberturas para que no exista daño a los sistemas o se filtre agua en estos, el impermeable se lo coloca tomando medidas de largo y ancho para cortar de manera que encaje perfectamente cubriendo todo el compartimiento de los paneles que se removió.

Figura 28

Recubrimiento impermeable



Nota. Recubrimiento con plástico en los paneles centrales número 1, 2 y 3 de la aeronave Fairchild FH-227.

Luego de tomar la medida en donde se colocará el impermeable se corta con unas tijeras y se los coloca en las aberturas de los paneles sujetando con cinta adherente de manera que no dañe a la estructura.

Figura 29

Recubrimiento impermeable



Nota. Recubrimiento con plástico del panel central delantero número 4 de la aeronave Fairchild FH-227.

Mantenimiento a los paneles removidos

Esta sección del proyecto teórico se lo realizó en base a la AC 43.13-1b capítulo 3 que habla sobre la fibra de vidrio y plásticos, de la sección 1 que menciona sobre las reparaciones de laminados, específicamente desde el párrafo 3-2 donde nos indica especificaciones generales.

Nota: para el procedimiento de reparaciones en fibra de vidrio se recomienda no utilizar decapantes químicos, también que estas reparaciones no se deben realizar en componentes compuestos avanzados como el grafito o el Kevlar.

Precaución: Al lijar laminados de fibra de vidrio se desprende un polvo fino que puede causar irritación a la piel o a las vías respiratorias, el lijado también crea cargas estáticas que atrae suciedad u otros contaminantes.

Primer paso: Se lleva los paneles a un área específica donde se pueda trabajar con comodidad sin generar estrés, para darle el mantenimiento adecuado a los paneles.

Segundo paso: Se visualiza los paneles para observar los daños encontrados en estos y se subraya los espacios donde se tenga que realizar correcciones de acuerdo a la AC 43.13 1-B (Ver Anexo 2)

Figura 30

Señalización de daños en los paneles



Nota. Señalización de daños en el panel número 1 de la aeronave Fairchild FH-227

En el AC 43.13-1B en el párrafo 3-2 literal “a” manda a chequear la estructura determinando si hay abolladuras, este rayada, picada o erosionada, y como se visualiza en la figura 30 el panel número 1 tiene rayones y en ciertas secciones esta erosionada, esto pudo haber sido causada por la lluvia, ya que la aeronave se encontraba a la intemperie, luego de chequear superficialmente y determinar el daño específico la circular recomienda lavar el panel con detergente y agua para eliminar la suciedad y residuos que puedan quedar.

Figura 31

Señalización de daños en los paneles

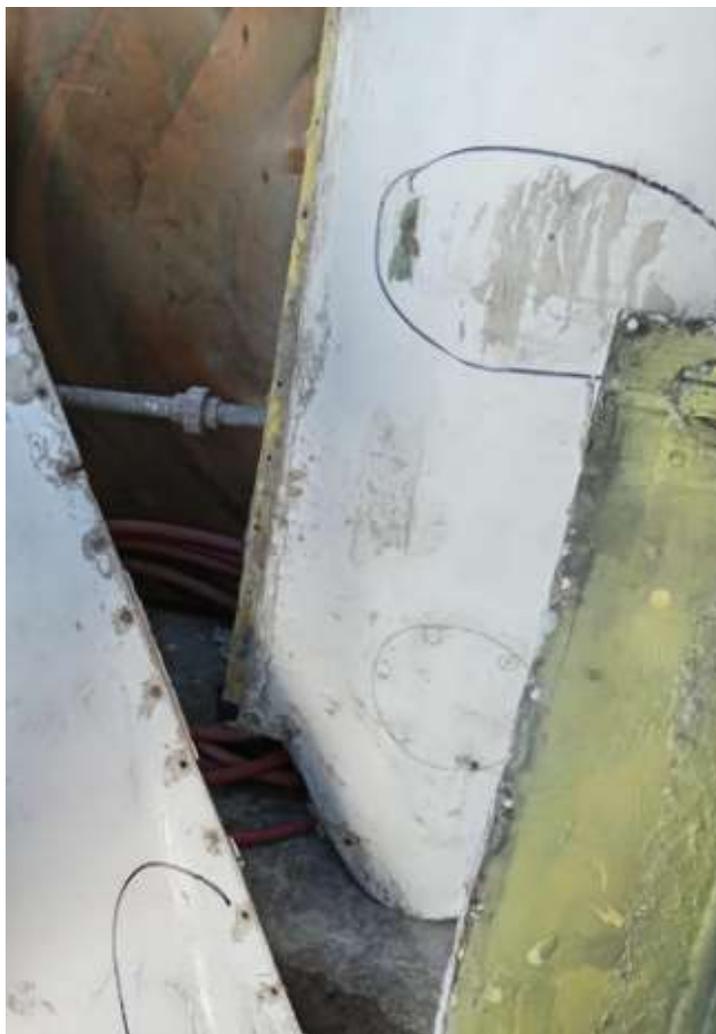


Nota. Señalización de daños en el panel número 2 de la aeronave Fairchild FH-227

De igual forma en la figura 31 se realizó lo que manda la circular de asesoramiento donde determinamos el daño deduciendo la abrasión dentro del área del panel y las grietas que se observan, así después se lava con detergente toda la superficie del panel número 2 para así después corregir según indique la circular de asesoramiento.

Figura 32

Señalización de daños en los paneles



Nota. Señalización de daños en el panel número 3 de la aeronave Fairchild FH-227

En la figura 32 se observa el panel número 3 con un caso avanzado de abrasión en la estructura que pudo haber sido causada por la lluvia, así también como se encuentran rayones, después de determinar el daño se lo procedió a lavar con detergente y agua, limpiando toda la suciedad que se acumuló en el panel.

Figura 33

Señalización de daños en los paneles



Nota. Señalización de daños en el panel número 4 de la aeronave Fairchild FH-227

Como se observa en las figuras anteriores los paneles están en un taller de mantenimiento donde se procedió a señalar con un marcador (de manera que no rasguñe a la estructura o genera alguna deformidad en los paneles) todos los daños que hay que reparar como rayones y erosión, acorde a la AC 43.13 1-b (Anexo 2)

Tercer paso: Preparar los paneles para ser reparados según lo indique la AC 43.13 1-b capítulo 3, sección 1, párrafo 3-2 literal “a” que menciona una vez ya lavados con agua y detergente se debe proceder a lijar la superficie con papel lija número 280 y nuevamente lavar la superficie para eliminar cualquier residuo y humedad.

Figura 34

Lijado de los paneles



Nota. En la fotografía se observa cómo queda el lijado de los paneles en las partes donde existía daños estructurales.

En la figura 34 se puede observar el panel después de ser lavado con agua y detergente y también lijado, eliminando toda la suciedad, quitando así toda la humedad que pudo haberse acumulado en la superficie que pueda dificultar la reparación del panel de fibra de vidrio.

Nota: Según los daños encontrados el proceso será realizado bajo la AC 43.13 1-b capítulo 3, sección 1, párrafo 3-2, literal "a", punto 1 y 2 que indica el punto 1; que los daños que no excedan la primera capa o capa de laminado se puede reparar fácilmente rellenando con masilla, que consiste en resina que fragua a temperatura ambiente, después de ser aplicada la resina se debe lijar los excesos y se debe preparar el área para ser pintada, y el punto 2 menciona que; en los daños más profundos se debe cubrir el área lijada con resina que se endurece a temperatura ambiente y se debe aplicar piezas contorneadas de tela de vidrio empapadas en resina, luego eliminar las burbujas y el exceso de resina. Después que la resina se haya curado se debe lijar el exceso que pueda quedar en la superficie hasta obtener el contorno original. (Anexo 2)

Cuarto paso: Preparar la tela de fibra de vidrio cortando a la medida que se requiere.

Quinto paso: Preparar la resina que se va aplicar en la reparación.

Sexto paso: Aplicar la resina con una brocha en la tela de fibra de vidrio hasta que se embarre o se moje completamente la tela.

Séptimo paso: Dejar secar la resina por al menos una o dos horas según la temperatura ambiente.

Octavo paso: Lijar los excesos de la reparación con lija número 80, con la finalidad de dejar totalmente plano y liso a los paneles sin que exista grietas o raspones en los paneles, que se vea bien estéticamente.

Figura 35*Aplicación de la resina*

Nota. Aplicación de la resina con brocha en los paneles.

La resina se la aplica en cada uno de los paneles tanto en los filos como en el área de la superficie, en los filos se los aplica porque estaban fracturados en ciertas partes y no se podía sujetar bien los tornillos a el fuselaje, por lo que se coloca ahí con la finalidad de rellenar esos vacíos y así poder realizar nuevos agujeros para que se pueda ajustar el tornillo.

Figura 36

Acabado final de los paneles



Nota. Se puede observar cómo se aplica la resina en los vacíos del área de la superficie de los paneles.

Se procura rellenar cada espacio que fue lijado para que no se queden agujeros o grietas en los paneles, teniendo así una superficie lisa y sin espacios vacíos ni en los filos ni en el área del panel. Procedimiento que se lo realiza en cada uno de los paneles removidos.

Figura 37

Resina en el panel número 1



Nota. Panel número 1 reparado con resina.

En la figura 37 se visualiza el panel de fibra de vidrio ya reparado según lo indicado y mencionado en los pasos anteriores bajo la AC 43.13 1-b, donde se puede observar los rayones, las grietas y los vacíos que esta tenía ya rellenado con resina.

Figura 38

Resina en el panel número 2



Nota. Panel número 2 que se reparó con resina.

En la figura 38 se observa al panel número 2 ya reparado según los pasos mencionados anteriormente, donde los rayones, grietas y erosiones están ya rellenadas con resina secada a temperatura ambiente y lijado con lija número 280 eliminando los excesos y obteniendo el contorno original del panel.

Figura 39

Resina en el panel número 3



Nota. Panel número 3 reparado con resina.

En resumen, como se puede observar en las figuras anteriores los paneles fueron reparados con resina bajo la AC 43.13 1b (Anexo 2), poniéndola en los espacios vacíos en donde la estructura estaba dañada con agrietamientos estructurales y así se observa el relleno que se le dio a cada uno de los paneles para que no exista ninguna falla estética, evitando así que se vaya a romper los paneles. La resina ubicada resalta los espacios donde los paneles estaban en degradado y con espacios vacíos, erosionado y grietado.

Cabe mencionar también que se realizaron agujeros en el contorno de los paneles ya que antes no tenían y con la resina se taparon algunos, estos agujeros se realizaron con un taladro y una broca de 5 mm de diámetro.

Instalación de los paneles removidos

Este procedimiento se realizó acorde a la AC 43.13 1-b que indica el procedimiento de instalación del panel removido ya sea para un reemplazo o instalación del mismo anterior. Este procedimiento se encuentra en el capítulo 3, sección 3, párrafo 3-27 del literal “a” hasta el literal “c” que son los que aplican a la estructura. (Anexo 3)

Primer paso: se realiza una limpieza donde se va a colocar los paneles antes de la instalación con un guaipe y tiñer de limpieza.

Segundo paso: se prepara las herramientas y los materiales que se van a utilizar especificada en la siguiente tabla:

Tabla 7

Materiales y herramientas para la instalación de paneles

Componente	característica
Tornillos nuevos con su respectivo sombrero	Se reemplazará los tornillos viejos que se encontraron en la remoción, añadiendo tornillos nuevos en donde no se habían instalado tornillos por que la estructura

Componente	característica
	estaba pegada con silicona.
Vinchas para ajustar tornillos	Se usarán vinchas en donde no se había colocado anclas para el ajuste de los tornillos nuevos que se instalarán
Silicona	Se usará silicona para sellar los paneles, pero no de manera abundante como estaba antes si no solo para evitar el paso de agua hacia los cables de control.
Llave especial (Berbiquí) con acople para punta estrella	Se usará el berbiquí para ajustar los tornillos.

Nota. Tabla de herramientas y materiales para la instalación de los 4 paneles removidos para mantenimiento

Tercer paso: Se coloca las vinchas en donde no exista anclas para que los tornillos ajusten de forma correcta en la estructura.

Figura 40

Instalación de vinchas



Nota. Instalación de vinchas para el correcto ajuste de los tornillos, vinchas que van ajustadas de manera manual a la estructura donde van a ingresar los tornillos para la instalación de

cada panel.

Cuarto paso: Se instala los paneles en el lugar de donde fueron removidos.

Figura 41

Instalación de paneles



Nota. Instalación de los paneles número 1, 2 y 3 en la aeronave Fairchild FH-227

En la figura 41 se observa que encajen perfectamente los paneles reparados sin hacer esfuerzo para ponerlos en su lugar, ya que, en la AC 43.13 1-b capítulo 3, párrafo 3-27 literal “a” menciona que nunca se debe forzar al panel para deformarlo o que encaje en el marco, si este no encaja fácilmente en el montaje es necesario pedir otro a la empresa fabricante o fabricar otro para su instalación. (Anexo 3)

Figura 42*Instalación de los paneles*

Nota. Instalación del panel número 4 en la aeronave Fairchild FH-227

Como se observa en las dos figuras anteriores los paneles solo fueron colocados por encima, sin ajustar aun para poder tener referencia del lugar en donde van para posteriormente continuar con el procedimiento según lo indique la AC 43.13 1-b.

Nota: En la circular de asesoramiento capítulo 3, sección 3, párrafo 3-27 literal "b" y literal "c" menciona que estos tornillos no llevan un torque específico, sino que se deben ajustar hasta que el panel quede sujeto a la estructura de la aeronave, y se debe respetar si el fabricante utilizó algún tipo de arandela o espaciador al momento de ajustar los tornillos, en este caso se debe usar los sombreros y así respetar las indicaciones que da el manual.

(Anexo 3)

Quinto paso: Se utiliza la llave especial (berbiquí) para ajustar en cada agujero los tornillos junto con los sombreros (antes de colocar los tornillos se los pasa por la Grasa MS33 para evitar corrosión).

Figura 43

Ajuste de los tornillos



Nota. Se utiliza la llave especial (berbiquí) para ajustar los tornillos.

Se ajusta los tornillos en cada uno de los 4 paneles antes removidos con ayuda de la llave especial (berbiquí), poniendo cierta presión para que no se desajuste fácilmente como lo indica el Anexo 3 al final de este escrito.

Proceso de pintura

Para realizar el proceso para pintar las alas es importante mantener limpia el área de trabajo por lo que se procede a limpiar toda la envergadura de la aeronave con un guaipe y tiñer de limpieza.

Este procedimiento se realizó en base a la AC 43.13 1-b capítulo 2, sección 2, párrafo 2-20 donde indica el procedimiento para la aplicación de la pintura, dando unos tips para realizar el procedimiento adecuadamente. (Anexo 4)

Nota: Los consejos de seguridad que dice el manual son conectar el avión a tierra mientras se lija y se pinta, no utilizar un taladro para mezclar la pintura, contar con un sistema de ventilación adecuado, utilizar ropa de algodón cuando se realiza el pintado y usar una mascarilla con un respirador aprobado.

Proceso de lijado

Figura 44

Procedimiento para lijar la envergadura de la aeronave



Nota. Estudiante realizando el procedimiento de lijado en la punta del ala derecha de la aeronave Fairchild FH-227.

Tabla 8*Materiales y herramientas para el proceso de lijado*

Material / herramienta	Descripción
Lijas orbitales número 320, 260 y 180	Se utilizarán para lijar diferentes capas de la pintura en la estructura de la aeronave
Lija de agua número 180	Se usa para lijar las partes más abrasivas de la aeronave donde exista inicios de corrosión
Guaípe	Para ir limpiando después de cada zona lijada
Amoladora con disco de lijado	Se usa para lijar las partes donde esté acabada la pintura y sea necesario despintar en su totalidad
Extensión eléctrica	Para conectar la amoladora

Nota. Materiales y herramientas usadas para el proceso de lijado de la envergadura de la aeronave Fairchild FH-227

El lijado se lo realiza a lo largo de toda el área de la envergadura de la aeronave para que así la pintura que se pondrá después asiente y agarre de mejor manera a la piel de la aeronave, y así se va lijando las zonas unas más que otras según las imperfecciones que se encuentren. El daño ubicado en la punta del ala derecha donde la pintura estaba acabada y haciéndose polvo se utiliza la amoladora con la lija 180 dándole un paso a toda el área inclusive en el alerón de la aeronave, luego se pasa la lija número 260, sacando así toda la pintura y por último se pasa la lija 320 para un acabado final, en las zonas de tornillerías donde se encuentran tornillos oxidados se pasa la lija de agua número 180 para así quitar la corrosión de los tornillos ya que por especificaciones mayores en esa parte de la aeronave no se puede quitar la ferretería.

Figura 45

Proceso de lijado



Nota. Lijado completo en la punta del ala derecha casi en el borde de salida de la aeronave Fairchild FH-227

Se puede observar el lijado realizado en la punta de la aeronave con una amoladora con un disco acoplado para lija orbital número 180 y 240 quitando así toda la pintura anterior para posteriormente darle un nuevo acabado de pintura.

Figura 46

Proceso de lijado



Nota. Lijado completo casi en el borde de ataque de la aeronave Fairchild FH-227

En la figura 46 se observa el lijado del ala derecha completo hasta dejar color metal a la estructura, cabe mencionar que es importante utilizar mascarilla en todo momento ya que el polvo que alza la pintura puede causar inflamaciones en la piel o en la garganta según se lo respire, como se puede ver en el enmascarado donde el polvo es muy notable.

Figura 47

Proceso de lijado



Nota. Estructura metálica de las alas con tornillería antes de la lijada donde se observa corrosión en los tornillos

Para el proceso de control de corrosión se lo realiza con un método estándar acorde al AC 43.13 1-b capítulo 6, sección 7, párrafo 6-118 que menciona las practicas estándar sobre el eliminado de corrosión mediante lijado, el método depende del grado de corrosión que se encuentre y en este caso se puede observar que no es muy abrasivo el tipo de corrosión que

se visualiza, por lo que se procede a lijar la cabeza de esos tornillos eliminando así la corrosión. (Anexo 5)

Figura 48

Proceso de lijado



Nota. Estructura metálica de las alas con tornillería después de la lijada donde se observa la corrosión de los tornillos controlada de cierta forma.

Para eliminar la corrosión de los tornillos se lijo exteriormente a mano con lija de agua eliminando el óxido alrededor de la cabeza de los tornillos y para eliminar el desgaste que está

dentro de la cabeza de estos se usó un cepillo con cerdas de metal fino para quitar por dentro y dejarlo limpio, para después corregirlo con un poco de aplicación de primer.

Figura 49

Proceso de lijado



Nota. Lijado completo de toda la aeronave

Proceso de aplicación de primer

Para aplicar el primer se lo debe preparar, por lo que se procede a realizar una relación de mezcla de 1 a 2 de primer y tiñer, y aplicarlo con la pistola de pintura.

En las zonas donde se dejó totalmente libre de pintura se procederá a colocar primer ya que este protegerá a la estructura de que se pueda llegar a formar corrosión, de existir el caso en que en una zona exista corrosión en la estructura se le daría un tratamiento anticorrosivo, pero a lo largo de la envergadura no se encontró corrosión por lo que solo se colocara primer en zonas donde se dejó totalmente sin pintura.

Figura 50

Aplicación de primer



Nota. Aplicación de primer verde

Proceso de pintura

Tabla 9*Materiales y herramientas para el proceso de pintura*

Herramienta / material	Descripción
Extensión eléctrica	Se utilizará para conectar el compresor
Compresor de mochila	Es un compresor de 110v que ayudara a darle potencia neumática a la pistola de pintura
Pistola de pintura	Se utilizará para pintar las alas de la aeronave
Kit de pintura de poliuretano	Es la pintura que se va a poner en la estructura, que es 3 galones de pintura blanca de poliuretano, endurecedor 2/1 MS, y diluyente.

Nota. Materiales y herramientas utilizadas que se usaran para el proceso de pintura de la aeronave Fairchild FH-227.

Primer paso: Limpiar el área que se va a pintar quitando la grasa y polvo que exista en toda el área de las alas para que así la pintura no se levante y quede todo de manera correcta. También preparar los materiales y herramientas que se van a utilizar para este procedimiento.

Segundo paso: enmascarar las partes en donde no se vaya a pintar las alas.

Figura 51*Enmascarar*

Nota. Enmascarado de las alas en las zonas donde no se va a realizar el proceso de pintura.

Se enmascara las partes negras del borde de ataque de las alas, así como también la matrícula de la aeronave.

Tercer paso: Preparar la pintura, que en este caso la empresa “Pintulac” manda ya preparada la mezcla para solo poner en la pintura y así ahorrar el tiempo de mezclar.

Cuarto paso: Se conecta el compresor a la extensión y se verifica en el manómetro que de una constante presión de 60 psi para el correcto funcionamiento de la pistola rociadora, luego se inserta la mezcla de la pintura en el vaso de la pistola, para luego rociar el área de las alas empezando desde la punta hasta el centro de la envergadura. Se pasa de 1 a dos manos de pintura para que el acabado quede de manera correcta.

Figura 52

Proceso de pintura



Nota. Pintado de las alas desde la punta hacia el centro de la aeronave.

En la figura 52 se puede observar cómo se va realizando el proceso de pintura según lo mencionado por la circular de asesoramiento, teniendo en cuenta los tips para pintar, ya que se

observa el preparado del área de trabajo enmascarado y el uso adecuado de ropa de algodón para pintar, en este caso el overol.

Figura 53

Proceso de pintura



Nota. Pintado del ala izquierda de la aeronave Fairchild FH-227

En la figura se detalla de mejor manera el uso adecuado de las protecciones personales al momento de pintar ya que la pintura puede causar daño en la salud personal por lo que se debe usar tanta ropa de algodón, en este caso el overol, y una mascarilla aplicable para no respirar los residuos de pintura expulsados por la presión de aire de la pistola de pintar.

Figura 54

Proceso de pintura



Nota. Pintado del ala derecha de la aeronave Fairchild FH-227

En la figura anterior se observa el proceso de pintado con la pistola utilizando zapatos adecuados y una manera correcta del uso de la herramienta para expandir de forma eficaz la pintura a lo largo de la envergadura de la aeronave.

Figura 55

Proceso de pintado



Nota. Pintado del panel número 4 removido e instalado de la aeronave Fairchild FH.227

En la figura anterior se observa el acabado de la pintura en el panel número 4 ya dado previo mantenimiento con relleno de resina secado y pintado, teniendo un resultado formidable y sin complicaciones externas, lo que se generara también con los demás paneles de fibra de vidrio.

Figura 56*Proceso de pintura*

Nota. Pintado de los paneles número 1, 2 y 3 removidos e instalados de la aeronave Fairchild FH-227

Proceso de pintado en los paneles faltantes: Después de la reparación estructural del material de fibra de vidrio con resina, donde una vez ya seco y lijado los excesos se procede a pintar con el uso adecuado de los materiales ya descritos en este texto.

Figura 57

Proceso de pintado



Nota. Visualización del ala izquierda luego del proceso de reparación, de lijado y de pintado de la aeronave Fairchild FH-227

En la figura anterior se muestra el resultado del proceso completo de reparación y lijado en la envergadura de la aeronave en el ala izquierda, donde ya se implementó las

recomendaciones que daba la AC 43.13 1-b para terminar de manera exitosa con el proyecto de titulación.

Figura 58

Proceso de pintura



Nota. Visualización del ala derecha luego del proceso de reparación, lijado y pintado de la aeronave Fairchild FH-227

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Para este proyecto se usó la circular de asesoramiento 43.13-1b y de acuerdo a esta se completó con satisfacción el proceso de pintado de la aeronave FAIRCHILD FH-227
- Se utilizó adecuadamente las herramientas para la reparación estructural de las alas.
- Se realizó con éxito la reparación estructural de 4 paneles centrales de la aeronave con ayuda profesional de un técnico certificado de la DIAF.

Recomendaciones

- Es importante el uso de equipamiento de seguridad en cuanto al manejo de químicos como la pintura, el primer, removedores, entre otros que se usan para pintar o despintar la aeronave.
- Asegurarse de obtener manuales completos donde se pueda observar los procesos detallados para el mantenimiento de cada aeronave, ya que sin esos documentos se imposibilita de cierta forma realizar el mantenimiento con éxito.
- Tener cuidado con los trabajos en alturas, ya que la superficie del suelo donde se encuentran las aeronaves no es muy seguro, por los diferentes desniveles del piso, así que se recomienda usar responsablemente las escaleras que ayudan a trabajar en alturas para no tener problemas que puedan causar un accidente en la integridad del personal.

Glosario

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

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

Ala: cuerpo aerodinámico formado por una estructura muy fuerte estructuralmente, compuesta por un perfil aerodinámico o perfil alar envolviendo a uno o más largueros y que es capaz de generar una diferencia de presiones entre su cara superior y su cara inferior al desplazarse por el aire lo que produce la fuerza ascendente de sustentación que mantiene al avión en vuelo.

Corrosión: Daño que es el resultado de una compleja acción electroquímica. Este tipo de daño ocurre en las superficies, orificios o bordes de elementos estructurales.

Primer: Revestimiento aplicado sobre una superficie, antes de la aplicación de un adhesivo, laca, esmalte, etc., para mejorar el rendimiento de adherencia o la capacidad de carga. Algunos primer contienen un inhibidor de la corrosión.

Bibliografía

Admiistraton, F. A. (1998). Acceptable methods, Techniques, and practices-aircraft inspection and repair. *AC 43.13 1-b*.

Airplanes, F. (2018). *Blueprints*. Obtenido de https://www.the-blueprints.com/blueprints/modernplanes/fairchild/85189/view/fairchild-hiller_fh-227_friendship/

Anónimo. (2013). *Blog aeronáutico*. Obtenido de <https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/decapado-de-metales.html>

Benavides, B. (2020). Inspección de los montantes del motor Rolls Royce Dart 532-71 de la aeronave Fairchild FH-227. *Respositorio ESPE*.

Carreres, G. (2018). *Arquitectura general de aeronaves*. Obtenido de <https://www.lavionnaire.fr/EspAlas.php#:~:text=Ala%20trapezoidal%20%3A%20esta%200ala%20de,y%20g%C3%B3ndolas%2C%20etc.>

Concorde, F. (30 de 11 de 2010). *Wikimedia Commons*. Obtenido de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Concorde_G-BBDG_Windows.JPG

F, J. (22 de 07 de 2023). *Ciencia y Tecnología Fairchild* . Obtenido de <https://cienciatecnologiafoco.blogspot.com/2019/11/fairchild-fh-227.html>

Flores, J. (2013). *Ingeniería Aeronáutica*. Obtenido de <https://pinturaingenieriaaeronautica.blogspot.com/2013/11/proceso-de-lijado.html>

Gonzáles. (2011). Técnicas de inspección en sistemas de aeronaves. *Respositorio ESPE*, 1-71.

Libretexts. (02 de 11 de 2022). *Libretexts*. Obtenido de

[https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Aeroespacial/Fundamentos_de_Ingenier%C3%ADa_Aeroespacial_\(Arnedo\)/04%3A_Estructuras_de_aeronaves/4.04%3A_Componentes_estructurales_de_una_aeronave](https://espanol.libretexts.org/Ingenieria/Ingenier%C3%ADa_Aeroespacial/Fundamentos_de_Ingenier%C3%ADa_Aeroespacial_(Arnedo)/04%3A_Estructuras_de_aeronaves/4.04%3A_Componentes_estructurales_de_una_aeronave)

Navarro, M. (2018). *Manual de Vuelo*. Obtenido de

https://www.manualvuelo.es/1pbav/15_supma.html

Ra-da. (19 de 06 de 2023). *One air*. Obtenido de https://www.oneair.es/empenaje-de-cola-aviones/#tipos_de_empenaje_de_cola

Redacción. (2021). *ASOC. PASION POR VOLAR*. Obtenido de

<https://www.pasionporvolar.com/sistema-de-combustible-del-avion/>

Sarmiento. (2011). Vaciado de combustible del avión Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD para su traslado del ala de transporte N° 11 hasta el compues del instituto Tecnológico Superior Aeornáutico. *Repositorio ESPE*, 1-100.

Wikipedia, C. d. (01 de 25 de 2024). *La enciclopedia*. Obtenido de

https://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_Hiller_FH-227#/media/Archivo:Mohawk_N7823M.png

ANEXOS