



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Preservación estructural del empenaje de la aeronave Fairchild FH-227 de
la Unidad de Gestión de Tecnologías mediante tratamiento anticorrosivo
según la información técnica del AC 20-82.**

Insuasti Mendoza, Kevin Santiago

Departamento de ciencias de la energía y mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

Monografía, previa a la obtención del título en Tecnólogo en Mecánica
Aeronáutica Mención Aviones

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

27 de octubre de 2020

Latacunga



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

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“PRESERVACIÓN ESTRUCTURAL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE TRATAMIENTO ANTICORROSIVO SEGÚN LA INFORMACIÓN TÉCNICA DEL AC 20-82”** fue realizado por el señor **INSUASTI MENDOZA, KEVIN SANTIAGO** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de Octubre del 2020

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

C. C 1723064513

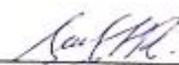


Document Information

Analyzed document	TESIS INSUASTI MENDOZA KEVIN SANTIAGO.pdf (DB2459924)
Submitted	10/22/2020 10:54:00 PM
Submitted by	
Submitter email	ksinsuasti@espe.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	maarellano3.espe@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS ANASI SEBASTIAN.pdf Document TESIS ANASI SEBASTIAN.pdf (D80211877) Submitted by: sfanasi@espe.edu.ec Receiver: maarellano3.espe@analysis.orkund.com		5
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / CADENA ALEJANDRO.pdf Document CADENA ALEJANDRO.pdf (D80454615) Submitted by: eacadena2@espe.edu.ec Receiver: maarellano3.espe@analysis.orkund.com		2
SA	CHUQUIANA CHICAIZA ITALO EFRAIN.pdf Document CHUQUIANA CHICAIZA ITALO EFRAIN.pdf (D63152629)		2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / tesis final.pdf Document tesis final.pdf (D40202540) Submitted by: jdaucapina@espe.edu.ec Receiver: jfvalencia2.espe@analysis.orkund.com		1
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7301/1/T-ESPE-ITSA-000012.pdf Fetched: 11/19/2019 10:13:04 PM		1
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / REVISIÓN URKUND . LONDOÑO.pdf Document REVISIÓN URKUND . LONDOÑO.pdf (D81772166) Submitted by: kjlondono@espe.edu.ec Receiver: maarellano3.espe@analysis.orkund.com		1


 Tigo Arellano Reyes, Milton Andrés
 DIRECTOR DEL PROYECTO



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

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **INSUASTI MENDOZA KEVIN SANTIAGO**, con cédula de ciudadanía n° 1725011785 declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“PRESERVACIÓN ESTRUCTURAL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE TRATAMIENTO ANTICORROSIVO SEGÚN LA INFORMACIÓN TÉCNICA DEL AC 20-82”** 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, 23 de Octubre del 2020

Insuasti Mendoza Kevin Santiago

C.C: 1725011785



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

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **INSUASTI MENDOZA, KEVIN SANTIAGO**, con cédula de ciudadanía n° 1725011785, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“PRESERVACIÓN ESTRUCTURAL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE TRATAMIENTO ANTICORROSIVO SEGÚN LA INFORMACIÓN TÉCNICA DEL AC 20-82”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 23 de Octubre del 2020

Insuasti Mendoza Kevin Santiago

C.C: 1725011785

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres que siempre están para guiarme y aconsejarme en todos los momentos de mi vida para ser una persona llena de valores y principios y que me han permitido educarme hasta un nivel superior, a mi hermana Camila ya que es la persona más importante en mi vida y quiero ser un ejemplo para ella, a mi hermano Alejandro que me ha apoyado en todo momento que lo he necesitado, además de ser un gran profesional y una excelente persona.

INSUASTI MENDOZA KEVIN SANTIAGO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que me otorgaron su tiempo al compartir sus conocimientos adquiridos por toda su experiencia, a los docentes universitarios quienes me permitieron alcanzar un nivel superior de formación, a los técnicos aeronáuticos en mis pasantías que me acogieron e inculcaron en todo momento y gracias a ellos pude mejorar mi habilidad en el ambiente laboral y ahora los considero más que profesionales unos amigos más, a los tutores que me apoyaron durante la elaboración de este proyecto con consejos y recomendaciones.

INSUASTI MENDOZA KEVIN SANTIAGO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	1
CERTIFICACIÓN	2
URKUND	3
RESPONSABILIDAD DE AUTORIA	4
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTOS	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE TABLAS	17
RESUMEN	18
ABSTRACT	19
CAPÍTULO I	
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	20
1.1 Antecedentes	20
1.2 Planteamiento del Problema	21
1.3 Justificación	22
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo General	23
1.4.2 Objetivos Específicos	23
1.5 Alcance	23
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	24
2.1 Historia Fairchild FH-227	24

2.2	Fairchild FH-22.....	25
2.3	Especificaciones.....	25
2.4	Dimensiones de la aeronave.	26
2.4.1	Vista superior.....	26
2.4.2	Vista lateral.....	26
2.4.3	Vista Frontal.....	27
2.5	Empenaje.....	28
2.6	Partes del empenaje.....	28
2.6.1	Estabilizador horizontal	29
2.6.2	Estabilizador vertical.....	30
2.7	Tipos de empenajes.....	30
2.7.1	Empenaje en V.....	30
2.7.2	Empenaje en H.....	31
2.7.3	Empenaje en T	31
2.7.4	Empenaje Convencional	32
2.7.5	Empenaje Canard.....	32
2.8	Tipo de empenaje de la aeronave FAIRCHILD FH-227.....	33
2.9	Preservación estructural	33
2.9.1	Procesos para evitar deterioro	34
2.9.2	Cada que tiempo debe realizar.....	35
2.10	Corrosión	36
2.11	Causas de la corrosión.....	37
2.12	Composición Química de la corrosión.....	37
2.13	Átomo.....	37
2.14	Iones.....	37
2.15	Electrolito.....	37

2.16	Condiciones para la producción de corrosión.	38
2.17	Corrosión en Aeronaves.	39
2.18	Factores que influyen en la corrosión.	40
2.18.1	Temperatura	40
2.18.2	Humedad.	40
2.18.3	Contaminantes.....	41
2.18.4	Radiaciones solares.....	42
2.18.5	Microorganismos.	43
2.19	Tipos de corrosión:	45
2.19.1	Corrosión en superficie general.....	45
2.19.2	Corrosión galvánica.....	46
2.19.3	Corrosión por picadura (pitting)	46
2.19.4	Corrosión filiforme.....	47
2.19.5	Corrosión por exfoliación.....	48
2.19.6	Corrosión por esfuerzo	49
2.19.7	Corrosión microbial.	49
2.19.8	Corrosión por fricción.	50
2.19.9	Corrosión por erosión.	51
2.19.10	Corrosión por ataque químico.	52
2.20	Indicación de corrosión.	52
2.21	Niveles de corrosión.	53
2.21.1	Corrosión N° 1.....	53
2.21.2	Corrosión N° 2.....	53
2.21.3	Corrosión N°3.....	54
2.22	Control de la corrosión.	54
2.23	Detección de corrosión.	54

2.23.1	Inspecciones de rutina:.....	55
2.23.2	Inspección especial:.....	55
2.23.1	Inspecciones visuales:.....	56
2.23.2	Inspecciones por corrientes magnéticas.	56
2.24	Remoción de la corrosión en general.....	57
2.25	Programa de Prevención y Control de la Corrosión	58
2.26	Áreas de un avión susceptible a sufrir corrosión.	59
2.26.1	Cocinas y baños.....	59
2.26.2	Bahías y trenes de aterrizaje.....	60
2.26.3	Tanques de combustible.....	61
2.26.4	Limpieza de la zona con corrosión.....	62
2.27	Agentes limpiadores.....	62
2.28	Remoción de las capas protectoras.....	63
2.29	Remoción mecánica:	63
2.30	Remoción química:	63
2.31	Remoción de la corrosión localizada	64
2.32	Tratamiento químico.....	64
CAPÍTULO III		
3.	DESARROLLO DEL TEMA	65
3.1	Preliminares.....	65
3.2	Prácticas de Mantenimiento	65
3.2.1	Charla de seguridad y manejo de equipos en tierra.....	65
3.2.2	Revisión de materiales.....	66
3.3	Equipos de protección personal.....	67
3.3.1	Reconocimiento del área para trabajar	68
3.4	Preparación del área	69

3.4.1	Delimitación del área y enmascaramiento de componentes	70
3.5	Lijado de la superficie	71
3.5.1	Lijado de fuselaje.	71
3.5.2	Lijado de las alas.	72
3.5.3	Lijado del empenaje.....	72
3.6	Inspección de la zona a trabajar	73
3.7	Detección de zonas con corrosión.....	74
3.8	Limpieza de la zona con corrosión	75
3.9	Delimitación del área.....	76
3.10	Enmascaramiento del área	77
3.11	Aplicación de decapante	77
3.12	Remoción del decapante con residuos	79
3.13	Aplicación de elementos anticorrosivos.....	80
3.14	Trabajos de aplicación de fondo y recubrimiento orgánico	81
3.14.1	Utilización de equipos de protección personal.	81
3.15	Aplicación de fondo.....	82
3.16	Pintado de la superficie.	83
3.17	Pintado del empenaje de la aeronave.....	84
3.18	Diagrama de flujo de inspección de corrosión.	86
3.19	Costos del proyecto.....	87
3.19.1	Gastos primarios.....	87
3.19.2	Gastos secundarios.....	88
3.19.3	Costos totales del proyecto.	88
CAPÍTULO IV		
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
4.1	Conclusiones:.....	89

4.2 Recomendaciones:	89
BIBLIOGRAFÍA	90
GLOSARIO.....	95
ANÉXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Fairchild Hiller FH-227</i>	24
Figura 2 <i>Fairchild Hiller FH-227 HC-BHD</i>	25
Figura 3 <i>Dimensiones de aeronave Fairchild FH-227</i>	27
Figura 4 <i>Dimensiones de aeronave Fairchild Hiller HC-BHD</i>	27
Figura 5 <i>Empenaje de distintas aeronaves</i>	28
Figura 6 <i>Partes del empenaje</i>	29
Figura 7 <i>Elevadores arriba</i>	29
Figura 8 <i>Rudder posición izquierda</i>	30
Figura 9 <i>Empenaje en V</i>	30
Figura 10 <i>Empenaje en H</i>	31
Figura 11 <i>Empenaje en T</i>	31
Figura 12 <i>Empenaje convencional</i>	32
Figura 13 <i>Empenaje canard</i>	32
Figura 14 <i>Aeronave Fairchild FH-227</i>	33
Figura 15 <i>Preservación estructural</i>	34
Figura 16 <i>Mantenimiento en hangar</i>	35
Figura 17 <i>Inspección planificada</i>	36
Figura 18 <i>Corrosión en ferretería</i>	36
Figura 19 <i>Composición química de corrosión</i>	38
Figura 20 <i>Corrosión en unión de superficies</i>	38
Figura 21 <i>Corrosión en aeronaves</i>	39
Figura 22 <i>Temperatura atmosférica</i>	40
Figura 23 <i>Humedad en aeronaves</i>	41
Figura 24 <i>Agentes contaminantes</i>	42
Figura 25 <i>Radiación solar</i>	43
Figura 26 <i>Corrosión en tanques de combustible</i>	44
Figura 27 <i>Corrosión superficial</i>	45
Figura 28 <i>Corrosión galvánica</i>	46
Figura 29 <i>Corrosión por picadura</i>	47
Figura 30 <i>Corrosión filiforme</i>	48

Figura 31 <i>Corrosión por exfoliación</i>	48
Figura 32 <i>Corrosión por esfuerzo</i>	49
Figura 33 <i>Corrosión microbial</i>	50
Figura 34 <i>Corrosión por fricción</i>	51
Figura 35 <i>Corrosión por erosión</i>	51
Figura 36 <i>Corrosión por ataque químico</i>	52
Figura 37 <i>Acumulación de corrosión</i>	53
Figura 38 <i>Inspección de rutina</i>	55
Figura 39 <i>Inspección visual</i>	56
Figura 40 <i>Inspección corrientes magnéticas</i>	57
Figura 41 <i>Corrosión en superficie</i>	58
Figura 42 <i>Programa de control y prevención de corrosión</i>	59
Figura 43 <i>Diagrama de los baños</i>	60
Figura 44 <i>Bahía de los trenes de aterrizaje</i>	61
Figura 45 <i>Tanque de combustible</i>	61
Figura 46 <i>Limpieza de una aeronave</i>	62
Figura 47 <i>Protección con químico anticorrosivo</i>	64
Figura 48 <i>Reunión principal</i>	66
Figura 49 <i>Revisión del material</i>	67
Figura 50 <i>Utilización de equipos de seguridad</i>	68
Figura 51 <i>Reunión con el personal médico</i>	69
Figura 52 <i>Limpieza de polvos</i>	70
Figura 53 <i>Enmascaramiento de componentes</i>	71
Figura 54 <i>Lijado del empenaje</i>	72
Figura 55 <i>Inspección del empenaje</i>	73
Figura 56 <i>Detección de áreas con corrosión</i>	74
Figura 57 <i>Limpieza del empenaje</i>	75
Figura 58 <i>Delimitación de las zonas con corrosión</i>	76
Figura 59 <i>Protección del área</i>	77
Figura 60 <i>Aplicación de removedor</i>	78
Figura 61 <i>Residuos del decapante</i>	79
Figura 62 <i>Aplicación de Alodine 1201</i>	80

Figura 63 <i>Utilización de equipos de protección personal</i>	82
Figura 64 <i>Aplicación de fondo</i>	83
Figura 65 <i>Recubrimiento orgánico del empenaje</i>	84
Figura 66 <i>Pintado del empenaje</i>	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Materiales y equipos de protección utilizados</i>	81
Tabla 2 <i>Gastos del proyecto sección empenaje</i>	87
Tabla 3 <i>Tabla de costos secundarios</i>	88
Tabla 4 <i>Gastos totales</i>	88

RESUMEN

En el siguiente capítulo se analiza cómo controlar y prevenir la corrosión en los aviones, específicamente en el avión FAIRCHILD FH-227 ubicado en el parque aeronáutico de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" ubicado en la ciudad de Latacunga-Ecuador. Para llevar a cabo este proyecto técnico, se utilizaron los conocimientos que nos proporcionaron los profesores a lo largo de los 3 años de estudio, uniendo también las experiencias con las prácticas de mantenimiento en empresas ajenas a la universidad. El tema se centrará específicamente en la parte posterior de la aeronave, esto se conoce en el campo aeronáutico como empenaje donde con la ayuda de una inspección previa se detectará la presencia de corrosión se buscará en la superficie de la cola, con equipos de apoyo a tierra como escaleras, plataformas y brazo hidráulico que permitirá una inspección cuidadosa de las señales de corrosión y una vez encontrado debe ser eliminado de la zona, esto se logrará con la ayuda de elementos químicos que eliminarán la corrosión permitiendo alargar la vida útil del material. Todos estos procedimientos permitirán que el metal vuelva a un estado saludable y la aeronave se pueda mantener en buenas condiciones para que los estudiantes puedan seguir adquiriendo nuevos conocimientos, brindando un mejor espacio donde se realizaran prácticas estudiantiles en la universidad.

PALABRAS CLAVE:

- **CORROSIÓN EN AVIONES**
- **PARQUE AERONÁUTICO**
- **PROYECTO TÉCNICO**
- **INSPECCIÓN DE CORROSIÓN**
- **ELIMINACIÓN DE CORROSIÓN**

ABSTRACT

The next chapter will discuss how to control and prevent corrosion in aircraft, specifically on the FAIRCHILD FH-227 aircraft located in the aeronautical park of the University of the Armed Forces "ESPE" located in the city of Latacunga- Ecuador. To carry out this technical project, the knowledge provided to us by the professors over the 3 years of study was used, also joining the experiences with the maintenance practices in companies outside the university. The topic will specifically focus on the back of the aircraft, this is known in the aeronautical field as empennage where with the help of a previous inspection will detect presence of corrosion will be sought in the surface of the tail, with ground support equipment such as stairs, platforms and hydraulic arm which will allow careful inspection of corrosion signals and once found should be removed from the area, this will be achieved with the help of chemical elements that will remove corrosion allowing the life of the material to be extended. All these procedures will allow the metal to return to a healthy state and the aircraft can be kept in good condition so that students can continue to acquire new knowledges providing a better space for student internships at the university.

KEYWORDS:

- **CORROSION ON THE AIRCRAFT**
- **AERONAUTICAL PARK**
- **TECHNICAL PROJECT**
- **CORROSION INSPECTION**
- **CORROSION REMOVAL**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

La Unidad de Gestión de Tecnologías es caracterizada por la continua innovación de las diferentes áreas de estudio para los estudiantes, lo cual ha servido para mantenerse a la vanguardia de las diferentes áreas tecnológicas existentes, la aviación es una ciencia que se encuentra en constante desarrollo, por este motivo es importante ampliar los conocimientos, para mejorar el nivel de aprendizaje de los estudiantes y brindarles una mejor oportunidad laboral.

Las empresas aeronáuticas buscan obtener técnicos que posean un buen desempeño en áreas para la preservación y mantenimiento estructural de las aeronaves y ha hecho que los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías necesiten de una mayor práctica en métodos de conservación de las aeronaves, las cuales son necesarias en el día a día de las empresas.

Las inspecciones estructurales dentro de la industria aeronáutica es una las prácticas de mantenimiento más utilizadas, ya que permiten prevenir y solucionar los problemas existentes de una forma adecuada y segura, esto acompañado del correcto uso de documentación técnica la cual provee información detallada de los procedimientos a ser realizados y las limitaciones que existen en las mismas, esto siendo muy importante para poder mantener a la aeronave en condiciones de aeronavegabilidad y evitando daños mayores en un futuro.

1.2 Planteamiento del Problema

Las inspecciones visuales en las diferentes zonas y componentes que posee una aeronave consiste en un proceso el cual como su nombre lo indica se utiliza la visión humana, con la finalidad de encontrar daños en la estructura de un avión, en este caso problemas relacionados a la corrosión esto permite mantener a la aeronave en condiciones óptimas de funcionamiento de acuerdo a lo estipulado en los manuales de mantenimiento de la aeronave para así mantener la aeronavegabilidad.

Actualmente en la Unidad de Gestión de Tecnologías existen varios aviones escuela los cuales necesitan de diversas inspecciones debido a su permanencia al aire libre, el deterioro de sus superficies por el contacto con los diferentes agentes externos los cuales pueden causar que estas aeronaves no puedan ser utilizadas por los estudiantes por lo tanto es necesario realizar una evaluación de su estado actual.

El continuo deterioro de la capa de pintura de la aeronave se debe a los agentes externos del ambiente que provocan que la superficie externa del empenaje se extienda la corrosión, provocando daños a las superficies de control como lo son elevadores y rudder. El deterioro de los mismos puede ser evitado con una acción correctiva de manteniendo a la aeronave para lograr dejarla en condiciones óptimas para el aprovechamiento de los estudiantes y profesores al momento de desarrollar las diferentes prácticas en los aviones escuela como método de formación técnica.

El no prestar la atención adecuada a los daños existentes en las aeronaves de la Unidad de Gestión de Tecnologías y no tomar las acciones correctivas necesarias provocan daños severos que afectan las condiciones óptimas de la aeronave, ocasionando que los alumnos no puedan desarrollar sus aptitudes técnicas en lo concerniente a inspecciones y prácticas de mantenimiento para esto es necesario realizar este proyecto que beneficiara a los futuros y actuales estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica en su formación como profesionales.

1.3 Justificación

Con la implementación de este proyecto permitirá la preservación de la aeronave y controlar la corrosión que se ha acumulado con el transcurso del tiempo, la aplicación de agentes químicos permitirá que la estructura del avión Fairchild FH-22 se restaure por medio de la aplicación de sustancias químicas que darán la protección para el futuro, logrando alargar la vida útil de toda la estructura y con esto permitir que puedan seguir realizando prácticas de mantenimiento y en especial en la estructura del mismo.

El desarrollo del proyecto, permitirá que los estudiantes de la Unidad de Gestión de Tecnologías sigan con el desarrollo de sus habilidades y adquiriendo nuevos conocimientos prácticos en la aeronave, además que permitirá que los profesores se trasladen a las aeronave y compartan sus conocimientos y experiencia por medio de clases y así continuar con una nueva generación de técnicos aeronáuticos.

La importancia del proyecto es de mantener la estructura de una aeronave, eliminando y controlando la corrosión que se ha acumulado por diversas causas, esto además permitirá que los estudiantes puedan realizar prácticas de mantenimiento en una aeronave en óptimas condiciones y continuar con el desarrollo de sus técnicas y habilidades. Todo esto en general lograra que la Unidad de Gestión de Tecnologías siga con el objetivo de formar profesionales dentro del campo de la aeronáutica.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Preservar la estructura del empenaje del avión FAIRCHILD FH-227 de la Unidad de Gestión de Tecnologías mediante la aplicación de protección anticorrosiva y procesos de mantenimiento según la información técnica aprobada

1.4.2 Objetivos Específicos

- Examinar la superficie externa del empenaje del avión escuela FAIRCHILD FH-227 en busca de corrosión utilizando información técnica del AC 20-82.
- Eliminar la corrosión acumulada en la superficie externa de la estructura del empenaje de la aeronave FAIRCHILD FH-227
- Aplicar agente químico a la superficie del empenaje del avión FAIRCHILD FH-227 proporcionando protección estructural.

1.5 Alcance

El presente proyecto permitirá controlar y eliminar la corrosión acumulada en la parte interna del empenaje de la aeronave Fairchild FH-22 con la aplicación de procesos de mantenimiento y restauración según la información técnica de la aeronave, esto permitirá alargar la vida útil de la estructura beneficiando a maestros y estudiantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Historia Fairchild FH-227

“En 1964 Fairchild se fusiono con Hiller, creando así la Fairchild Hiller Corporation y comienzan los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, siempre utilizando como base de desarrollo el Fokker F-27 y su planta motriz Rolls-Royce Dart. Los aviones producidos en el futuro se llamarán FH-227.

Los trabajos iniciales consisten en un alargamiento de la estructura del fuselaje, agregando una sección delante de las alas que aumenta su longitud en 1.98 m. Esto permite pasar de una capacidad de 40 pasajeros en los F.27 a 52 en los FH-227. Exteriormente.

El objetivo básico de la Fairchild Hiller era lograr un avión que fuera económicamente rentable, fiable y de fácil operación para las aerolíneas regionales. El primer aparato realizó su vuelo inaugural el 27 de enero de 1966, recibió la certificación de la FAA en junio del mismo año y a principios de julio se entrega el primer ejemplar a la Mohawk Airlines.” (Wikipedia, 2020).

Figura 1

Fairchild Hiller FH-227



Nota: En esta imagen se puede identificar al avión de la fuerza aérea Uruguaya Fairchild Hiller 227 obtenido de Wikipedia. (Wikipedia, 2020).

2.2 Fairchild FH-22

Años atrás el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA) realizó varias gestiones para la obtención de aeronaves que ayuden a desarrollar habilidades a estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica por lo cual se tomó la oportunidad que brindaba la Fuerza Aérea Ecuatoriana (FAE) con la donación de aeronaves en estado inoperativo y que ya no contaban con su aeronavegabilidad, pero permiten realizar tareas de mantenimiento y obtener nuevos conocimientos sobre el trabajo de mantenimiento en aeronaves.

Esta aeronave se trasladó desde el Ala de transporte N° 11 que se encontraba ubicada en la ciudad de Quito hacia la ciudad de Latacunga a la sede del (ITSA) y sería utilizado como avión escuela para las nuevas generaciones de técnicos aeronáuticos.

Figura 2

Fairchild Hiller FH-227 HC-BHD



Nota: en esta imagen se puede reconocer al avión Fairchild FH-227 perteneciente a PetroEcuador de matrículas HC-BHD. (Rota, 2020).

2.3 Especificaciones

- Tripulación: 3 (piloto, copiloto y sobrecargo)
- Capacidad: 48 a 52 pasajeros.
- Longitud: 25,5 m (83,7 ft)
- Envergadura: 29 m (95,1 ft)
- Altura: 8,4 m (27,6 ft)
- Peso vacío: 18 600 kg (40 994,4 lb)

- Peso útil: 6 180 kg (13 620,7 lb)
- Peso máximo al despegue: 20 640 kg (45 490,6 lb). Máximo al aterrizar: 20.410 kg
- Planta motriz: 2x turbohélice Rolls-Royce Dart 532-7L.
- Potencia: 1 692 kW (2 268 HP; 2 300 CV) cada uno.
- Hélices: Cuadripala Rotol. Régimen máximo: 16.500 rpm,
- Diámetro de la hélice: 3,81 m (12,5 ft) (Wikipedia, 2020)

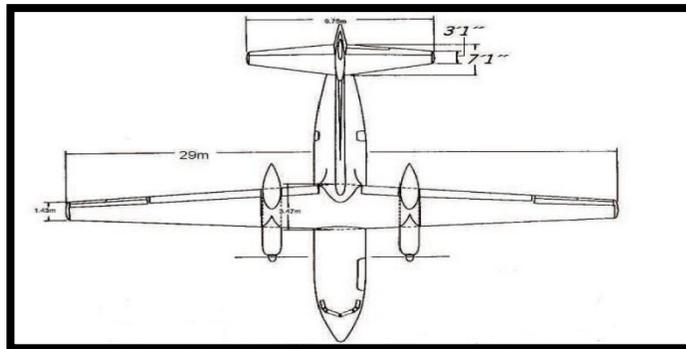
2.4 Dimensiones de la aeronave.

2.4.1 Vista superior.

Las diferentes vistas de una aeronave nos permiten obtener las dimensiones correctas, representadas en un diagrama, además estas especificaciones son realizadas previamente por el fabricante y publicadas en el manual de mantenimiento respectivo.

Figura 3

Dimensiones de aeronave Fairchild Hiller



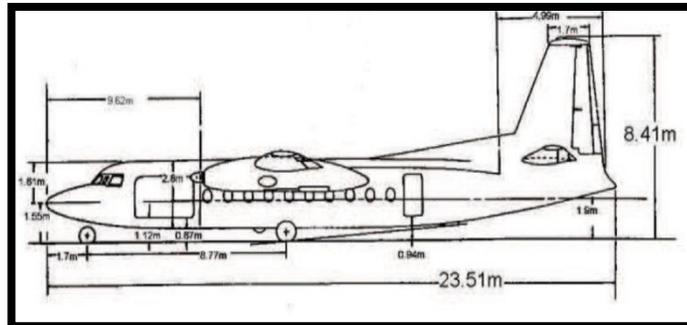
Nota: en esta imagen se aprecia la vista superior de la aeronave Fairchild FH-227 con dimensiones. (Torres, 2020).

2.4.2 Vista lateral.

La vista lateral permite observar las medidas que están presentes por toda la aeronave, una de las principales es el largo total de la aeronave, siendo este de 23,51 metros de distancia, otra de las dimensiones a considerar es la altura de la cola del avión, esta tiene un total de 8,41 metros hasta el suelo donde se ubica, otra distancia que es de las primordiales es la medida entre el tren principal y el de nariz para lo cual se especifica una distancia de 8,77 metros. Siendo estas medidas de las principales a considerar.

Figura 3

Dimensiones de aeronave Fairchild FH-227



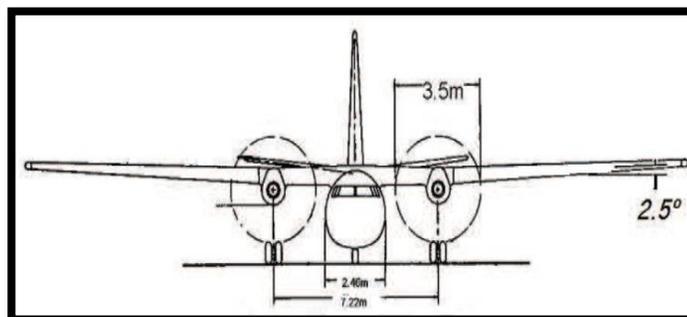
Nota: En esta imagen observamos la vista lateral de la aeronave con sus dimensiones. (Torres, 2020).

2.4.3 Vista Frontal.

La vista frontal de la aeronave permite obtener las dimensiones del diámetro total de las hélices del avión con 3,5 metros respectivamente, además de la medida del ancho del fuselaje que corresponde a 2,40 metros, la distancia entre el tren de aterrizaje izquierdo y derecho que en el diagrama nos indica una distancia de 7,20 metros. Un dato a considerarse es que también se indica el ángulo que poseen las alas del modelo FH-227 siendo este de 2.5° grados.

Figura 4

Dimensiones de aeronave Fairchild Hiller HC-BHD



Nota: En esta imagen se puede identificar la vista frontal del avión HC-BHD con sus dimensiones. (Torres, 2020).

2.5 Empenaje

El empenaje hace referencia a la zona posterior de un avión, donde normalmente se encuentran ubicados el estabilizador horizontal, el cual se encarga del cabeceo (PITCH) en un avión, también se encuentra el estabilizador vertical, el cual es utilizado para dirigir al avión hacia la derecha o izquierda, a este movimiento se lo conoce como (YAW).

La configuración de cada empenaje dependerá del fabricante, ya que este lo colocara para mejorar el rendimiento que pueda alcanzar el avión.

Figura 5

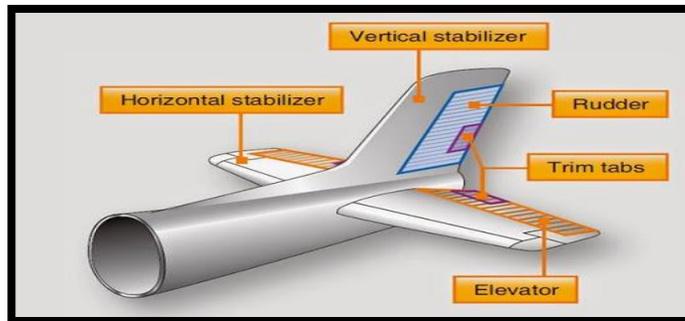
Empenajes de distintas aeronaves



Nota: En esta imagen se aprecia un conjunto de aeronaves estacionadas en un aeropuerto. (Alberto, 2020).

2.6 Partes del empenaje

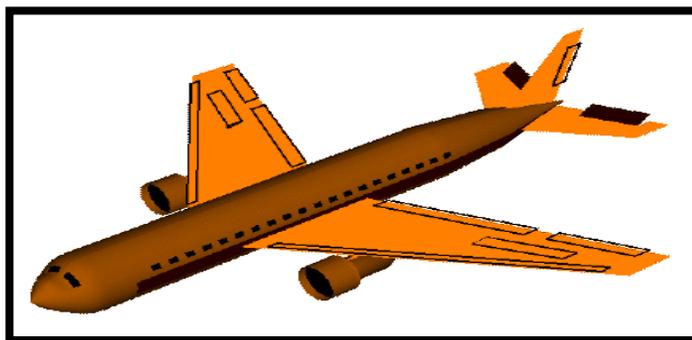
En el empenaje podemos encontrar al conjunto de estabilizadores que se refiere, de una manera muy general, a la zona trasera de una aeronave, el término se refiere concretamente a una estructura formada por el estabilizador vertical, donde podemos observar al rudder, una superficie de control encargada de dirigir a la aeronave en dirección izquierda o derecha cuando está en el aire y el estabilizador horizontal los cuales permiten que la aeronave suba o baje cuando esta vuela, además de trim tabs los cuales están encargados de que el piloto tenga una mejor maniobrabilidad de la aeronave y poder disminuir el esfuerzo.

Figura 6*Partes del empenaje*

Nota: En esta imagen se observan los elementos y superficies de control del empenaje señalados con sus respectivos nombres y posiciones. (ITMEXICALI, 2020).

2.6.1 Estabilizador horizontal

El eje lateral o transversal es un eje imaginario que se extiende de punta a punta de las alas del avión. El movimiento que realiza el avión alrededor de este eje se denomina cabeceo. El piloto, desde la cabina de vuelo, es capaz de modificar la orientación respecto a este eje a través del timón de profundidad. Al tirar de la palanca de mando hacia atrás (hacia el piloto) se produce una elevación del morro (nariz hacia arriba) del avión y, al empujarlo hacia adelante, se produce una bajada del mismo.

Figura 7*Elevadores arriba*

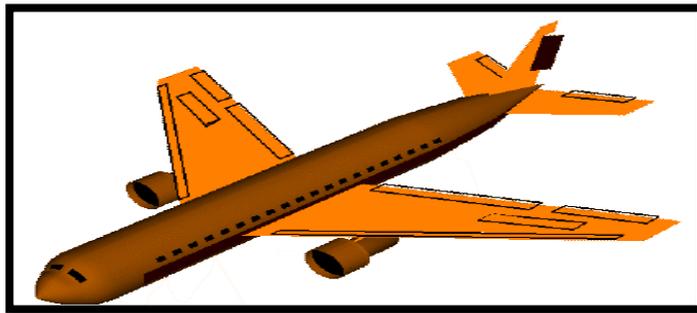
Nota: En esta imagen se observa la posición de elevadores arriba los cuales permiten que la aeronave ascienda. (NASA, 2020).

2.6.2 Estabilizador vertical

El eje vertical es un eje imaginario que, pasando por el centro de gravedad del avión, es perpendicular a los ejes transversal y longitudinal. Este eje está contenido en un plano que pasa por el centro de gravedad desde arriba hacia abajo. El movimiento se lo denomina guiñada.

Figura 8

Rudder posición izquierda



Nota: se observa que la aeronave tiene el Rudder en posición izquierda. (NASA, 2020).

2.7 Tipos de empenajes

2.7.1 Empenaje en V

La cola en V o a veces llamada cola de mariposa, es una configuración no convencional de las superficies de control traseras. Esta configuración reemplaza los tradicionales estabilizadores horizontales y verticales con dos superficies en forma de V.

Figura 9

Empenaje en V



Nota: Se observa en esta imagen la configuración tipo "V" en un avión. (Wikiwand, 2020).

2.7.2 *Empenaje en H*

La cola H fue la del Lockheed Constellation es la reducción de altura del empenaje vertical para que el avión quepa dentro de un hangar convencional. Por lo general es utilizado cuando el motor del avión se encuentra ubicado en la parte de atrás.

Figura 10

Empenaje en H



Nota: en esta imagen se puede identificar una configuración tipo “H” del avión LockHeed. (Wikipedia, 2020).

2.7.3 *Empenaje en T*

Un empenaje en T es en el que las superficies horizontales del empenaje (timón de cola y timón de dirección) se montan en la parte superior del estabilizador vertical.

Figura 11

Empenaje en T



Nota: La imagen identifica una configuración de un empenaje tipo T del avión BAE 146. (Wikimedia Commons, 2020).

2.7.4 *Empenaje Convencional*

Tradicionalmente, las superficies de control horizontal se montan en el fuselaje en la base del estabilizador vertical.

Figura 12

Empenaje convencional.



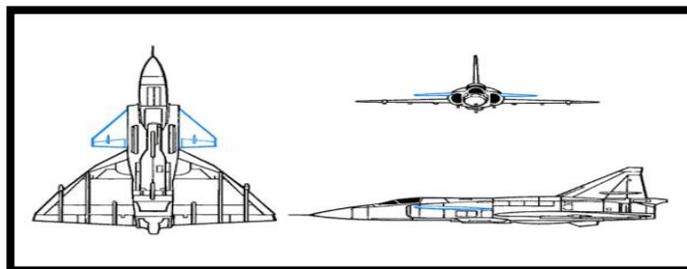
Nota: Aeronaves de la compañía KLM con una configuración de cola convencional. (Adkins, 2020).

2.7.5 *Empenaje Canard*

El empenaje canard es una configuración de aeronave de ala fija en la que el estabilizador horizontal está en una posición adelantada frente a las alas, en contraposición a un avión convencional donde está por detrás de estas. Este tipo de configuración es utilizado en aeronaves de ámbito militar donde se necesita tener una mejor maniobrabilidad por las altas velocidades que pueden llegar a alcanzar además de que su ubicación es por el diseño.

Figura 13

Empenaje canard



Nota: Se observa un empenaje tipo canard de una aeronave militar. (Henrickson, 2020).

2.8 Tipo de empenaje de la aeronave FAIRCHILD FH-227

La aeronave FAIRCHILD FH-227 tiene una configuración de empenaje tipo cruciforme. En aeronáutica, se denomina cola en cruz o cola cruciforme a un tipo de configuración de la cola de un avión que vista desde la parte delantera o trasera del avión, recuerda a la forma de una cruz. La disposición habitual consiste en hacer que el estabilizador horizontal interseque la deriva vertical en algún lugar cerca del centro, y por encima de la parte superior del fuselaje. El diseño se usa a menudo para ubicar el estabilizador horizontal lejos del escape del reactor, de la hélice o de la estela del ala, así como para proporcionar un flujo de aire sin perturbaciones al timón, este tipo de configuración permite al piloto tener un mejor control en todo momento además fue una de las más utilizadas tiempo atrás.

Figura 14

Aeronave Fairchild FH-227



Nota: en la siguiente imagen podemos observar la configuración del empenaje de la aeronave HC-BHD perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías ESPE. (Hofina, 2020).

2.9 Preservación estructural

Por muy diversos motivos un avión puede quedar inactivo en un largo periodo de tiempo en el cual va a requerir una serie de tareas de mantenimiento que garanticen la preservación de todos sus elementos y aseguren su correcto funcionamiento una vez vuelva a ponerse en marcha. Estas tareas van a depender tanto del lugar físico en el que vaya a estar estacionado, si es un lugar cerrado o al aire libre, como de la climatología, ya que no son las mismas necesidades de conservación y prevención si se trata de un lugar excesivamente seco como si es uno muy húmedo. Garantizar un buen funcionamiento de la aeronave una vez se vuelva a precisar su uso. (Manzano, 2020).

Figura 15

Preservación estructural de una aeronave



Nota: En la imagen se puede identificar a una aeronave en proceso de mantenimiento en hangares de su compañía AVIANCA. (Larenas, 2020).

2.9.1 Procesos para evitar deterioro

Para evitar el deterioro, se lubrican aquellos elementos abatibles o movibles tales como puertas, carenas, trenes de aterrizaje, rampa o controles y se aplican inhibidores de corrosión en aquellas zonas que lo necesiten. Dependiendo del departamento de mantenimiento a cargo estos deberán llevar a cabo las indicaciones del manual creado por el fabricante y en caso de que este no lo haya producido deberá ser creado con los conocimientos de un CPCP auspiciado por la autoridad aeronáutica.

Muchas de las empresas internacionales tienen prohibido llevar elementos corrosivos, un claro ejemplo de esto es el mercurio, estrictamente negado por la autoridad aeronáutica, ya que en caso de realizarse un derrame, la zona donde se producirá empezará a corroerse de forma inmediata y la aeronave tendrá que salir de circulación hasta realizar el mantenimiento correspondiente. Cuando es estrictamente necesario transportar este tipo de elementos existe un conjunto de normas que deben llevarse a cabo para evitar inconvenientes en cualquier zona a atravesar. Basándose en hechos posteriores muchas de las aerolíneas han decidido prohibir su transportación dejando a ciertos grupos autorizados y capacitados con la supervisión de realizar estos envíos.

El acceso de agua de lluvia, polvo, aves, insectos u otros animales que puedan entrar o anidar en los conductos del avión, podrían causar importantes daños en el funcionamiento del avión y desperfectos, por lo que esto se evita colocando plásticos adhesivos que cubran las aberturas. (Manzano, 2020).

Figura 16

Hangar de mantenimiento



Nota: Se observa una aeronave dentro de un hangar recibiendo el respectivo mantenimiento planificado para la preservación estructural creada por el grupo de mantenimiento de la compañía. (ITAérea, 2020).

2.9.2 Cada que tiempo debe realizar

Dependiendo del periodo en el que el avión vaya a estar fuera de servicio, las tareas de mantenimiento se repiten periódicamente, de manera semanal, quincenal o mensual. Para devolver el avión a su estado original para que vuelva a su uso normal se realizarán unas tareas de des-preservado que dejarán la aeronave lista para su funcionamiento, manteniendo y asegurando así la calidad y la seguridad en todo momento. (Manzano, 2020).

El trabajo de mantenimiento siempre está a cargo de los trabajadores de la empresa quienes dependiendo de la seriedad del problema, para esto también se desarrolla un programa para verificar los tipos de inconvenientes que puedan suscitarse en algunos aviones existen errores recurrentes, esto hace referencia que ya pueden tener la forma de resolverlos de manera inmediata o de diferirlos hasta una próxima revisión, para los trabajos de recubrimiento orgánico, no existen manuales elaborados, trata de la necesidad del operador para poder hacer un nuevo trabajo o remover el existente.

Figura 17

Inspección planificada.



Nota: En la imagen se observa la realización de una inspección planificada acorde al manual de mantenimiento en la zona de los motores de una aeronave. (PORTAFOLIO, 2020).

2.10 Corrosión

Se conoce como corrosión al proceso de descomposición o de degradación de materiales por consecuencia de una reacción electroquímica conocida como (oxido reducción), y puede ocurrir por la unión de materiales disimiles o el contacto con el entorno.

Figura 18

Corrosion en ferreteria



Nota: En la siguiente ilustración se observa una acumulación de corrosión (manchas negras) en un conjunto de tornillos, esto se ha producido por la falta de mantenimiento previo. (Atehortúa, 2020).

2.11 Causas de la corrosión.

Este fenómeno afecta en mayor cantidad a los metales y su velocidad de avance dependerá de la temperatura en la que se encuentra la aeronave que, a mayor temperatura, más rápido ocurrirá esta acción, además dependerá también de la salinidad de los elementos. El inicio de la corrosión se produce siempre en la superficie, esto quiere decir que en un metal primero se observan pequeñas manchas negras en la superficie del mismo, esto pueden ser claras señales de que se necesita realizar una inspección de manera minuciosa para encontrar las causas que provocaron corrosión. La constante exposición a un ambiente contaminante provocara que se acumulen partículas de polvo que afectan a la aeronave.

2.12 Composición Química de la corrosión.

Para determinar cómo afecta la corrosión en primer lugar se deberá tener un conocimiento previo de la estructura química de la cual está compuesta la corrosión. En conocimiento existen más de 100 elementos químicos conocidos, pero la corrosión afecta principalmente a los metales, esto quiere decir que son más susceptibles a sufrir daños por corrosión, algunos ejemplos de estos son el aluminio, hierro, acero, titanio entre otros.

2.13 Átomo.

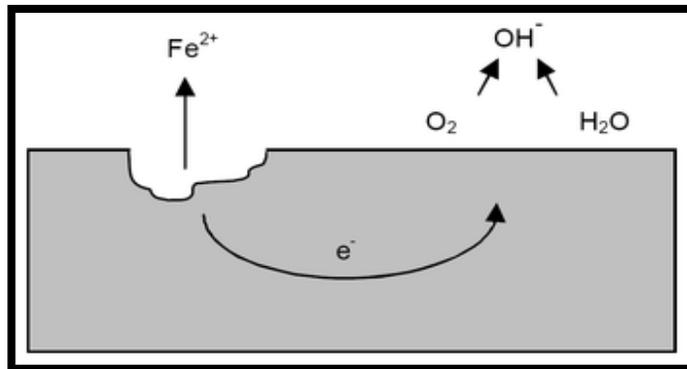
Todo en el universo está formado por átomos, el átomo es la unidad más diminuta de un elemento, está compuesta por 3 partes principales. El electrón que posee carga negativa, el neutrón que no posee carga y protón que tiene carga positiva.

2.14 Iones.

Los iones no tienen la capacidad de trasladarse a través de metales, esto quiere decir que mientras no exista un conductor estos no podrán moverse. Los iones son la agrupación de átomos que pueden tener carga negativa o carga positiva, cuando estos se mueven a través de agua ocurre un fenómeno químico el cual produce corriente eléctrica.

2.15 Electrolito.

Se le denomina un electrolito a toda sustancia líquida que está compuesta por iones pueden darse la disolución del material por degradación o fundición del mismo en caso de que se aplique una fuerza de calor.

Figura 19*Composicion quimica de corrosion*

Nota: En la siguiente imagen se detalla la composición química que involucra la corrosión, en este caso es óxido de hierro, además del movimiento de electrones. (Wikipedia.org, 2020).

2.16 Condiciones para la producción de corrosión.

- Presencia de un metal con capacidad de corroerse, todo material que comienza con su proceso de corroerse se lo conoce como ánodo.
- Presencia de un material conductor y que no tiene tendencias a corroerse, a este tipo de material se lo conoce como cátodo.

Figura 20*Corrosion en unión de superficies*

Nota: En esta imagen se puede observar la formación de corrosión por las manchas grises en la raíz del ala, esto se produjo por el continuo desgaste por la operación en zonas de alta salinidad y descuido. (BMWFAQCLUB, 2020).

2.17 Corrosión en Aeronaves.

En años anteriores las aeronaves estaban constituidas por un solo tipo de material, esto hacía que la corrosión a producirse empezara por circunstancias como el desgaste natural por su operación en climas serios, rayaduras o golpes causado. En la actualidad una aeronave está elaborada por distintos tipos de materiales los cuales con su constante explotación se someten a diversas condiciones ambientales, con los constantes viajes, la exposición al clima, la explotación por parte de la empresa e inclusive el proceso de repintado. Todo este conjunto de acciones ocasionan que la conductividad eléctrica aumente en la estructura del avión.

La uniones ocasionadas por soldadura pueden ser una de las principales fuentes donde puede iniciar la corrosión, la unión de pieles también puede ser una de las principales donde la humedad penetra de forma constante. Por este motivo se debe realizar siempre inspecciones por toda la piel del fuselaje en busca de pequeñas señales que nos ayuden a detectar posibles daños.

En años posteriores se sabía que se producía corrosión porque la industria aeronáutica utilizaba metales que tendían a producir corrosión, para lo cual con el avanzar del tiempo se tenía en claro que esto debía cambiar, aunque se seguía produciendo pero a una menor velocidad, se llevaba un control constante. Cuando se realizaba una reparación o un cambio de lámina se colocaban metales disimiles los cuales provocaban una reacción química

Figura 21

Corrosion en aeronaves.



Nota: En la imagen se puede identificar una capa de corrosión que se extiende por la parte delantera del fuselaje de la aeronave. (THE AVIATION CONSUMER, 2020).

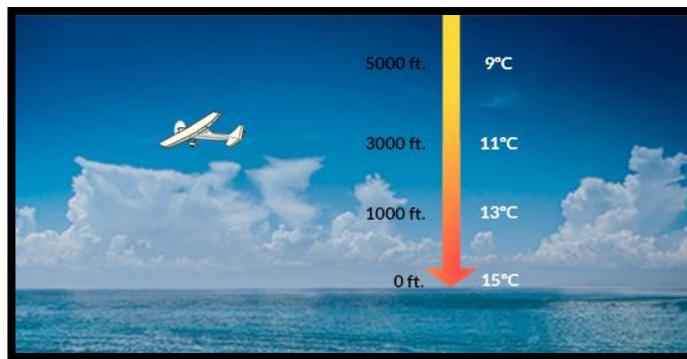
2.18 Factores que influyen en la corrosión.

2.18.1 Temperatura

Cuando un material se expone a altas temperaturas este tiende a deformarse, o en ocasiones empieza con la degradación del metal. En aviación ciertos equipos y componentes producen un aumento en su nivel de temperatura ocasionando que los materiales metálicos poco a poco se desgasten. El operar en condiciones adversas o con grandes cantidades de calor ocasiona que el vapor de agua acumulado en ciertas áreas produzca corrosión, este es el caso de los drenajes que tienden a sufrir este efecto porque se acumula agua producida por la presurización dentro del avión. El volar a ciertas alturas también puede llegar a afectar a una aeronave, pasar de un clima frío a uno cálido y húmedo en cuestión de minutos puede llegar a desgastar el material de formas rápidas.

Figura 22

Temperatura atmosferica



Nota: En esta imagen se detalla la temperatura a la cual una aeronave se encuentra constantemente involucrada, esto corresponderá según la altura de vuelo que pueda llegar a alcanzar cierta aeronave. (Muñoz, 2020).

2.18.2 Humedad.

La atmosfera es una de las principales fuentes de humedad ya que en esta se encuentra el vapor de agua en grandes cantidades, o en presencia de bruma o niebla. La humedad es un elemento el cual puede ingresar hacia todas las aéreas de una aeronave, ya que cuando se realiza los cambios de presiones esta puede ingresas con la ayuda del aire.

La humedad en zonas tropicales es abundante y esta llega a entrar a la aeronave cuando en la cabina se activa el aire acondicionado y comienza el ingreso del mismo a los conductos. Además de cuando se presuriza una aeronave en tierra, tiene una cierta cantidad de aire en su interior a medida que esta va ascendiendo el aire al interior ira cambiando produciendo un enfriamiento del mismo, esto hace que no se pueda retener la humedad y se adhiera a la estructura, la operación constante de un avión en diferentes climas y condiciones provocan que se produzca corrosión con el avance del tiempo.

En zonas con climas lluviosos una aeronave debe ser constantemente revisada para que la acumulación de humedad sea eliminada, en este caso las compañías deberán darse el tiempo necesario para realizar un mantenimiento efectivo, hay que recordar que no se puede agregar constantemente químicos que eviten la corrosión en el fuselaje de una aeronave, ya que con el abuso del uso de este producto llegara a ocasionar algún daño con el tiempo.

Figura 23

Humedad en aeronaves



Nota: en la imagen se puede observar que existe una acumulación de humedad adherida a la estructura de una aeronave que opera en climas lluviosos. (PXfuel, 2020).

2.18.3 Contaminantes.

La industria aeronáutica a través de los años ha sido una de las principales fuentes de contaminación por el uso constante de combustibles fósiles, esto no solo afectaba al medio ambiente, ya que mientras la fabricación de aviones se expandía por el mundo se buscaba que con el desarrollo fueran más efectivos consumiendo menor combustible y la misma eficiencia,

Al seguir avanzando con esto también entendieron que los daños que se producían eran externos de otras industrias en crecimiento. La continua contaminación a la que está expuesta la atmosfera provoca que esta se vuelva un almacén de los mismos donde los químicos se mezclan ayudando al deterioro de todos los metates y no metales que posee una aeronave.

Estos contaminantes pueden ser el dióxido de carbono de la industria automotriz, sobrantes de los fertilizantes agrícolas a gran escala entre otros. La combinación de todos los contaminantes provoca que en la atmosfera se cree una película de químicos que al entrar en contacto con el metal de las aeronaves llegar a causar daños a la superficie de estos.

Algunos daños dependerán del tiempo en el cual se opera el avión, esto quiere decir que mientras más en contacto este con estos contaminantes y no se realice un cuidado exhaustivo, la superficie de la aeronave empezara a deteriorarse, algunas zonas con abundantes contaminantes han sido prohibidos de sobrevolar ya que pueden llegar a adherirse en la estructura y en uniones del avión.

Figura 24

Agentes contaminantes



Nota: se observa la emanación de agentes contaminantes a la atmosfera donde se lleva la mayor parte del desarrollo de la aviación. (Agencia EFE, 2020).

2.18.4 Radiaciones solares.

Las radiaciones solares han sido un impedimento en el desarrollo de la aviación ya que mientras esta se desarrollaba las radiaciones que producía la estrella, interfería con las comunicaciones de la aviación, por este motivo se han desarrollado varios métodos para disminuir su efecto y continuar con las operaciones de forma normal.

La presencia de radiación solar a mayor escala es la que podemos encontrar en ambientes tropicales y por toda la región ecuatorial, cuando un material se expone de forma extensa a la radiación solar estos empiezan a oscurecerse y en otros casos a deformarse, en el caso de las pinturas estas empiezan a perder sus propiedades reduciendo la resistencia dando como resultado que la pintura se vuelva opaca. Hay que recordar que una aeronave siempre estará en contacto con radiaciones solares.

Las dos radiaciones que causan más daño a un elemento de una avión son la ultravioleta e infrarroja, la primera es la que más daños puede llegar a causar ya que esta puede llegar a causar quemaduras por su continua exposición, y la luz infrarroja hace que la luz del sol se caliente en gran cantidad. Todos estos elementos conjugados y una exposición constante provocan que la estructura superficial del mismo se deteriore continuamente.

Figura 25

Radiacion solar



Nota: En la siguiente ilustración se observa que una aeronave esta en continuo contacto con radiaciones solares (EnElAire, 2020).

2.18.5 Microorganismos.

A esto se lo conoce como la interacción de bacterias, hongos y todo microorganismo que puedan producirse en cualquier parte de la aeronave. Algunos lugares donde más afecta la corrosión son los tanques de combustible ya que en estos la humedad producida se acumula y provoca la creación de bacterias que poco a poco van expandiéndose por los mismos. Estos pueden ocasionar los siguientes daños:

- El almacenamiento de humedad producido por hongo o bacterias
- Retención de humedad por acumulación de agua o líquidos.
- La descomposición del material para alimentación de las bacterias.
- Formación de corrosión por el constante avance de crecimiento de microorganismos u hongos.

Se recomienda realizar constantemente inspecciones en el caso de una contaminación ya haya afectado a los tanques de combustible de una aeronave, ya que no pueden ser eliminados sino serán controlados con la constante aplicación de agentes anticorrosivos, en caso de que no hayan afectado ningún microorganismo el grupo de mantenimiento realizara inspecciones rutinarias las cuales se harán cada cierto tiempo donde deberán ingresar una persona o una cámara a constatar que no exista corrosión, esta también puede producirse en los trenes de aterrizaje.

Figura 26

Corrosion en tanques de combustible



Nota: En esta ilustración se puede identificar la existencia de corrosión en un depósito de combustible. (Atehortua, Jose, 2020).

La corrosión puede ser ocasionada por algunos factores como por ejemplo:

- Climas severos.
- Transporte de cargas con líquidos.
- Malformaciones de componentes.
- Fatiga por explotación de la aeronave.

Los principales materiales de la industria aeronáutica que están expuestos a sufrir corrosión son (aluminio, magnesio y acero). Cuando ocurre corrosión en un material como el acero, esta se presentara con un polvo rojizo sobre el componente o área que la está sufriendo, mientras que en materiales como el aluminio y magnesio se presentara con un polvo blanco ubicado en su superficie.

2.19 Tipos de corrosión:

2.19.1 Corrosión en superficie general

Este tipo de corrosión se presenta en la parte superficial de las aeronaves, es una de las primeras etapas donde se puede evidenciar la corrosión, empieza a notarse cuando la pintura va decolorándose poco a poco y existe la presencia de un polvo negro o gris, que también puede encontrarse alrededor de tornillos y remaches. En una superficie pulida se ve un área opaca, y cuando no se detiene su avance se vuelve áspera. También se puede encontrar picadura con una profundidad de 0,001” milímetros. Otra de las causas principales es cuando la pintura de una aeronave empieza a desprenderse, esto añadido a la contaminación de la atmosfera ocasiona que agentes contaminantes como polvo, químicos, entre otros, se incrusten en estas zonas dando pie a la corrosión.

Figura 27

Corrosion superficial



Nota: En esta imagen se observa polvo de color gris el cual se extiende por toda la superficie de la lámina además de desprendimientos de pintura. (WeaponNews, 2020).

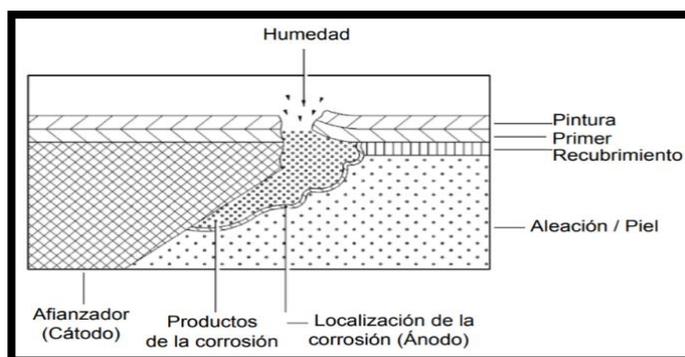
2.19.2 Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión es de las más comunes, esta puede ocurrir cuando metales disimiles entran en contacto eléctricamente mediante la presencia de un electrolito, creando áreas anódicas y catódicas consumiendo el material que haga las veces de ánodo por lo general se encuentra en las uniones de láminas y puede ser severa cuando las capas protectoras son eliminadas. Este tipo de corrosión puede llegar a ser severa cuando no se realiza un control continuo del mismo, o se elimina por completo, existen algunos revestimientos de metales que pueden ser inicio para este tipo de corrosión.

Por ejemplo el aluminio de una lámina del fuselaje de una aeronave unida con remaches de magnesio, son potencialmente una cadena para empezar con la formación de la corrosión, con la ayuda de la humedad empezaran a crear un contacto de metales disimiles los cuales provocaran un ataque galvánico que puede extenderse por toda la superficie.

Figura 28

Corrosion Galvánica.



Nota: En esta Ilustración se aprecia el proceso que se produce cuando existe la unión de dos metales disimiles, además de la acción de la humedad para avanzar continuar con la degradación. (Romero & Meléndez, 2020).

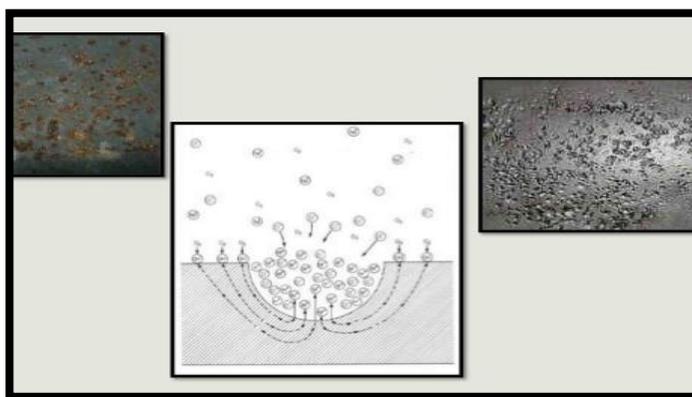
2.19.3 Corrosión por picadura (pitting)

Es una de las más comunes cuando se habla de aluminio y magnesio, este tipo de corrosión ocurre cuando al formar un elemento o componente, la distribución no se hace en forma correcta, por ejemplo si en una lámina encontramos un porcentaje de aluminio y otro de magnesio.

Si no se equipara las mismas proporciones que se indican para su elaboración, este componente tendrá la tendencia a producir corrosión. Se la llega a detectar con puntos pequeños y no tan profundos, pero se pueden extender y hacerse más profundos si no se realiza el cuidado respectivo, se lo puede detectar en primera instancia por la formación de polvo blanco o gris. Al remover estos, quedan pequeños puntos en la superficie, los cuales se deberán ser eliminados de forma inmediata, ya que de no hacerlo estos pueden llegar a provocar roturas por fatiga.

Figura 29

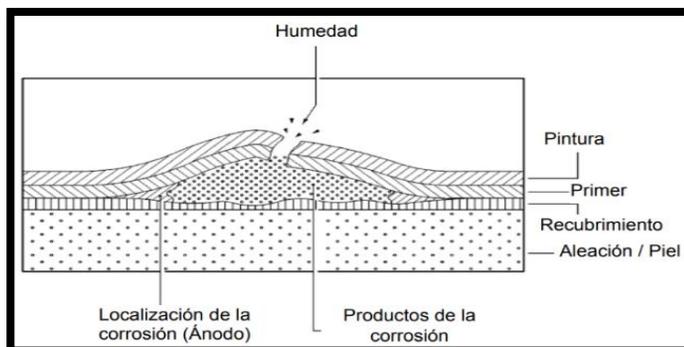
Corrosion por picadura



Nota: En esta imagen se observa la acción de la corrosión por picadura y los puntos que deja cuando ya ha ocurrido su proceso. (Cortés, 2020).

2.19.4 Corrosión filiforme

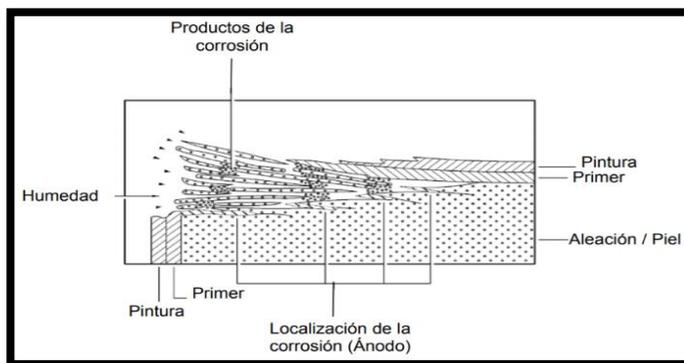
Este tipo de corrosión se da por la formación de filamentos por la parte inferior de la pintura y se puede propagar cuando se encuentra en un ambiente húmedo, su presencia inicial es superficial y con deformación de apariencia de pintura. Se la puede reconocer porque en la superficie de la zona afectada se empiezan a producir levantamientos del recubrimiento orgánico en forma de gusano, esta corrosión se produce por una alta concentración de humedad en el aire que puede llegar a 90%. Se llega a formar cuando existen rayaduras o grietas que desprenden la pintura ocasionando que el oxígeno ingrese y se vaya acumulando poco a poco, este tipo de corrosión se puede producir en cualquier material, no posee ninguna preferencia y de no darse el control puede dar paso a otros tipos de corrosiones.

Figura 30*Corrosion filiforme*

Nota: En esta ilustración se puede observar el proceso de formación de la corrosión filiforme bajo una capa de pintura. (Gallardo, y otros, 2020).

2.19.5 Corrosión por exfoliación

Este tipo de corrosión se produce por procesos de manufactura en los cuales se ven involucrados rolado, forjado o estiramientos a los cuales se someten los materiales. Esta corrosión se encuentra en los empalmes de la piel de una aeronave y por lo general producen abombamientos y deformaciones en la cabeza de los sujetadores, esto provoca señales de corrosión.

Figura 31*Corrosion por exfoliación*

Nota: En esta imagen se observa la degradación del material tras haber realizado un proceso de rolado. (Gallardo, y otros, 2020).

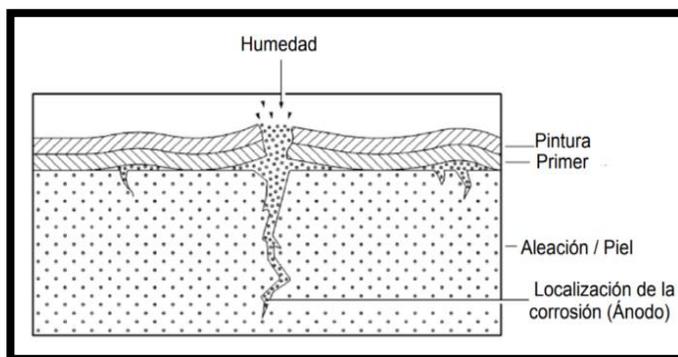
2.19.6 Corrosión por esfuerzo

Esta corrosión se ve presente cuando las aleaciones son propensas a esfuerzos de tensión y en medios corrosivos, un indicativo de que esta acción se está produciendo es cuando se ve la presencia de picadura sobre una superficie que está en continuo esfuerzo, y una vez que ocurre una rotura esta corrosión empieza a propagarse de forma rápida. Esta corrosión empieza como una picadura que no llama la atención, se expande por el material de manera intergranular, puede llegar a ser muy delicada ya que el material al que afecta puede quebrarse incluso con una carga de tensión muy pequeña.

La acumulación de sal en el aire de la atmosfera, el vapor de agua de mar la humedad condensada son ambientes propicios para que se llegue a debilitar el material, esto con el continuo uso o exposición a esfuerzos provocara que el metal se llegue a debilitar, para esto es recomendable usar elementos químicos que protejan la superficie total de todos estos malos elementos y así puedan llegar a alargar la vida útil del metal.

Figura 32

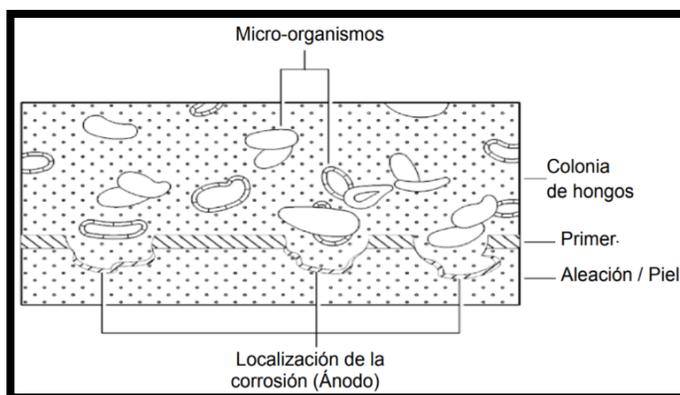
Corrosion por esfuerzo



Nota: se observa la deformación del material tras la debilitación del mismo por acumulación de esfuerzo y agentes contaminantes. (Gallardo, y otros, 2020).

2.19.7 Corrosión microbial.

Este tipo de corrosión es causada por microorganismos los cuales pueden alojarse en los tanques de combustible, estos organismos se propagan en el combustible contaminado pero también se han encontrado en los sistemas de ventilación de las aeronaves. El hongo puede crecer rápidamente cuando se almacena agua a altas temperaturas.

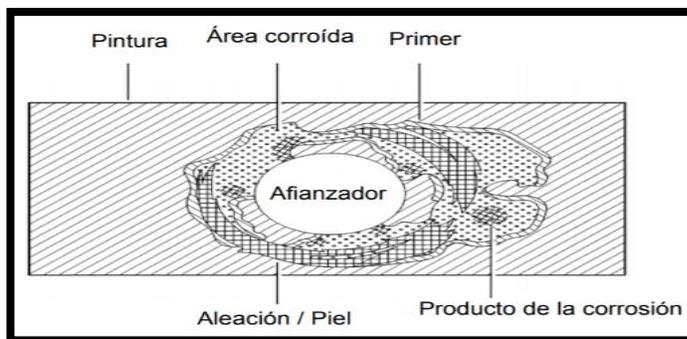
Figura 33*Corrosion microbial*

Nota: En esta imagen se puede observar la acción de los microorganismos para debilitar el material, este se puede llegar a expandir rápidamente si no se realiza un tratamiento para tenerlos bajo control a la corrosión. (Gallardo, y otros, 2020).

2.19.8 Corrosión por fricción.

Este tipo de corrosión se presenta por los movimientos en diferentes zonas donde algunos metales entran en contacto uno con otro, cuando se realiza la instalación de una nueva lamina y no se corrigen los residuos de una corrosión anterior, provocara que la misma acorte su vida útil, ocasionando que el desgaste sea más rápido y la unión empiece a aflojarse. Esta corrosión puede producirse en superficies de empalmes que poseen poca tolerancia y en otras ocasiones en componentes que están bajo mucha presión, cuando existe mucha presencia de corrosión y existe presencia de vibraciones que causan movimientos bruscos de los elementos.

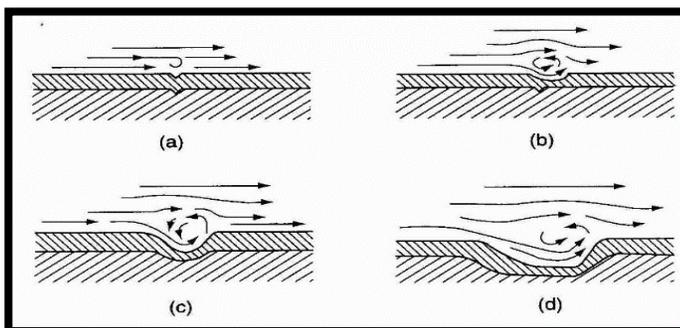
La corrosión puede ocasionarse en zonas con poco movimiento pero cuando otro componente entra en contacto este la desgasta poco a poco, por lo general esta se ve presente en sujetadores, bujes y pernos que están en constante movimiento. Una de las áreas en el fuselaje donde se puede hallar corrosión por fricción es en las raíces del ala ya que estas están sometidas a grandes cantidades de esfuerzo por esta razón es necesario si existió la presencia de corrosión se deberá llevar detallado un control rutinario para evitar incidentes esto se lo almacenara en un manual de mantenimiento correspondiente.

Figura 34*Corrosion por fricción*

Nota: En esta imagen se observa el desarrollo de la corrosión por fricción dentro de un metal. (Gallardo, y otros, 2020).

2.19.9 Corrosión por erosión.

Este tipo de corrosión es el desgaste de las capas que protegen la lámina principal ya sea por factores ambientales tales como la lluvia o partículas de polvo, arena, ceniza entre otro. Por lo general se ve presente en los bordes de ataque en las aeronaves y en la parte baja del fuselaje. Este tipo de corrosión afecta a aeronaves que están en operación continua dentro de un ambiente severo, como por ejemplo aquellas que sobrevuelan las costas donde hay gran concentración de salinidad.

Figura 35*Corrosión por erosión*

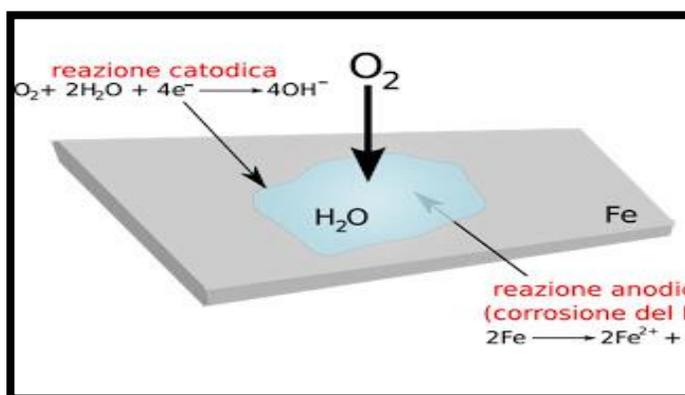
Nota: se observa el desgaste de las capas protectoras de la lámina por contacto con el ambiente. (Gallardo, y otros, 2020).

2.19.10 Corrosión por ataque químico.

Esta se ve presente por la exposición a la que se enfrenta una aeronave con la aplicación de líquidos o entrar en contacto con vapores agresivos. Un ejemplo de esto son los derrames de ácido de materiales cuando se realiza una inspección, en otras ocasiones puede producirse por derrames de los materiales de mantenimiento, para lo cual debe tenerse mucho cuidado. El uso de químicos para remover el hielo también puede ser causante de corrosión en la parte externa de la aeronave.

Figura 36

Corrosion por ataque quimico



Nota: en esta imagen se puede observar la actuación de un elemento líquido ocasionando desgaste en el material hasta el punto de deteriorarlo, esto sucede cuando se encuentran dos placas con aleaciones de diferente equivalencia con la ayuda de un conductor, un electrolito esto provocará que exista una conexión y cause corrosión. (Borneo, 2020).

2.20 Indicación de corrosión.

Las señales que se presentan cuando empieza a producirse corrosión pueden ser las siguientes:

- Fractura de las superficies lisas como pintura
- Perdida de la cabeza de sujetadores como remaches por roturas o fracturas.
- Polvo blanco en caso de aluminio, polvo rojo o café en caso de acero.
- Decoloración o escamas que se producen en la piel.
- Acumulación de contaminante y suciedad en los componentes.

Figura 37

Acumulacion de corrosión.



Nota: se observa cómo se empieza a acumular la corrosión poco a poco en las uniones de capas de las láminas del fuselaje de una aeronave. (DreamsTime, 2020).

2.21 Niveles de corrosión.

2.21.1 Corrosión N° 1

En este nivel, la corrosión será controlada por medios establecidos por el fabricante como (SRM, boletines de servicio, y manuales de mantenimiento). También puede encontrarse entre inspecciones ya que puede haber ocurrido por problemas anteriores como acumulación de líquido o un derrame químico, se detecta la presencia de la misma con la acumulación de un polvo blanco a gris en el área, en el caso de existir aleaciones de acero o componentes formados por el mismo se observara un líquido anaranjado que es comúnmente visible, no tiene una afectación severa si se encuentra dentro de los límites establecidos, profundidad de 0,001" milímetros.

2.21.2 Corrosión N° 2

En este nivel se ha detectado anteriormente la corrosión por lo cual se está en constante control pero esta excede los límites establecidos, lo cual ocasiona que se realice un trabajo o re trabajo de mantenimiento y puede llegar a necesitar un reemplazo de componente o área afectada para evitar su propagación, se la puede detectar por la presencia de descascaramiento de la capa de revestimiento como es la pintura además de observar ampollas en el área afectada y posee una profundidad de 0,010" milímetros.

2.21.3 Corrosión N°3

En este nivel, la corrosión que se ha detectado esta fuera de los límites y puede llegar a ser un riesgo potencial para la aeronave, se observara la presencia de ampollas corrosión intergranular severa, oxidación y descascamiento en gran cantidad de la capa protectora del metal. Por lo cual exige una acción correctiva inmediata, por lo cual se realizara el remplazo del área o componente según el fabricante lo establezca. Se considerara una corrosión de nivel 3 cuando esta supere los 0,010" milímetros de profundidad, en caso de detectar deberá darse aviso al jefe de mantenimiento quien tendrá la obligación de dejar en tierra a la aeronave porque la integridad de la misma puede verse inmerso y se deberá corregir de manera inmediata.

2.22 Control de la corrosión.

Cuando tengamos la presencia de una corrosión de nivel 1 o también llamada leve, se debe realizar una limpieza con la ayuda de una lija, con movimientos leves se deberá retirar la acumulación de polvo o residuos de la corrosión. En el caso de la corrosión moderada se deberá limpiar la zona afectada con la ayuda de lijado mecánico pero de manera leve, removiendo toda la corrosión pero sin quitar material del elemento que se vea afectado. Cuando se trabaja para eliminar la corrosión severa se lo debe hacer de manera extensa con lijado mecánico, todo este proceso se lo debe hacer bajo en control de especialistas o de un programa de control de la corrosión establecido por el fabricante o por el grupo de mantenimiento a cargo del avión.

Cuando se realiza la remoción de todo tipo de corrosión hay que recordar que solo se puede llegar a eliminar el 0,002" de profundidad del elemento que está afectado con corrosión, esta medida se la utiliza para decir que la corrosión se ha erradicado casi por completo, aunque siempre tiene que estar bajo control ya que la corrosión no se eliminara en totalidad mientras no se haga el reemplazo del componente.

2.23 Detección de corrosión.

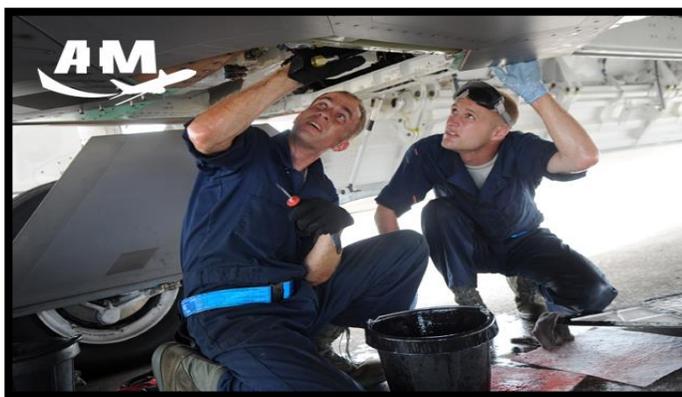
La detección de corrosión en forma temprana ayuda a mantener la aeronavegabilidad del avión y para esto es necesario que existan inspecciones de forma regular y según lo indican los fabricantes o el personal entrenado. Algunas compañías realizan un programa de control de la propagación de la corrosión y en esto se basan para llevar a cabo sus inspecciones planificadas en áreas susceptibles.

2.23.1 Inspecciones de rutina:

El personal de mantenimiento encargado de realizar las tareas para verificar la aeronavegabilidad de la aeronave deberá realizar las inspecciones de rutina de forma continua y en algunos casos se crea un programa de prevención y control de corrosión lo cual ayuda a mitigar algunos problemas si se diera el caso, para esto es necesario realizar una inspección visual con buena iluminación para identificar cualquier inconveniente, se debe remover sellante, tableros, o equipos si es necesario. Se lo establecerá dependiendo el área y tiempo de operación, esto quiere decir que las tareas son repetitivas y ya están establecidas, por ejemplo después de cada día de operación se deberá chequear los motores, mientras que si se da el reporte de un incidente este se atenderá de forma inmediata para corregirlo y dar una solución para continuar con su labor.

Figura 38

Inspeccion de rutina.



Nota: se observa la inspección de las bahías del tren de aterrizaje en búsqueda de algún elemento extraño o que ocasionen algún percance, además de la limpieza del mismo. (U.S. Air Force, 2020).

2.23.2 Inspección especial:

Este tipo de inspecciones son todas las que cumplen con las directivas de aeronavegabilidad y que aportan a reparaciones realizadas en superficies o componentes reemplazados. Esto se lo realiza cumpliendo las publicaciones de los boletines de servicio, cartas del fabricante, manuales de mantenimiento o programas ya establecidos por la empresa como el CPCP (programa de prevención y control de corrosión) algunos ejemplos como:

- Corrientes magnéticas.
- Tintas penetrantes.
- Visuales, una vez que ya se realizó el trabajo, es por control.

2.23.1 Inspecciones visuales:

Este método de detección se lo realiza para identificar corrosión en lugares de fácil acceso o en los cuales se requiere un control rutinario, para esto es vital utilizar una herramienta adecuada y contar con la iluminación necesaria, para no dejar nada de sobranes. Las inspecciones visuales son siempre el primer método de detección en cualquier inspección.

Figura 39

Inspección visual.



Nota: En esta imagen se observa al personal realizando una inspección visual en un panel del fuselaje por medio del acceso de la bahía del tren de aterrizaje en la parte inferior de actuadores hidráulicos en caso de que exista corrosión. (Atehortua, CRITERIOS PARA LA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS; INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS, 2020)

2.23.2 Inspecciones por corrientes magnéticas.

Las inspecciones por corriente magnética es un procedimiento no destructivo consiste en un procedimiento el cual con la ayuda de un equipo se aplica pequeñas ondas eléctricas a la zona donde se quiera analizar, las mediciones realizadas pasan hacia el aparato donde lo analizara y detallara por completo todo el análisis del daño, esto se lo puede realizar en cualquier parte de la aeronave donde sea necesario y para esto la zona deberá estar por completo limpia, en caso de existir falsas lecturas se repite el proceso.

Figura 40

Inspeccion de corrientes magnéticas.



Nota: En esta imagen se observa al personal realizando una inspección con la ayuda del equipo de corrientes magnéticas en la zona establecida previamente. (Graham, 2020).

2.24 Remoción de la corrosión en general

Cuando el área con corrosión ya ha sido detectada, se debe delimitar la zona para evitar que se siga propagando. Cuando se realiza un trabajo de remoción de corrosión hay que controlar la cantidad de material retirado, dependiendo si vamos a cumplir con una reparación simple o una extensa.

Antes de entrar al trabajo se debe realizar una valoración en la zona detectada con corrosión, ya que si excede los límites establecidos por el fabricante se deberá practicar un reemplazo total del área y en caso de que no sobrepase los límites se trabajara según las normas que se han establecido por el fabricante o el programa de mantenimiento.

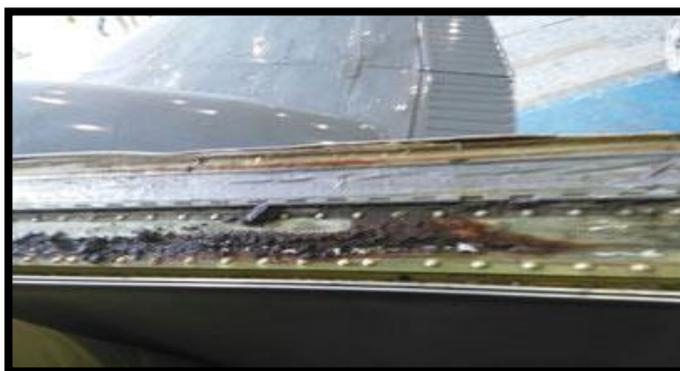
Cuando se va a despintar una aeronave se lo puede realizar por medios mecánicos o químicos según lo requiera. Cuando se trabaje con elementos químicos (líquidos o polvos) deben ser utilizados bajo un ambiente controlado y removidos con abundante enjuague ya que hay que evitar que penetren uniones o puede llegar a causar un daño adicional. La remoción mecánica es la más recomendada a utilizarse ya que no se corren con tantos riesgos y se utilizan varias herramientas y técnicas, siempre debe estar con la presencia de personal experimentado en estos trabajos, donde se verifique y controle los parámetros de aplicación y uso.

Dependiendo del tipo de material en el que se va a trabajar. Se lo debe realizar con lija a mano o con maquinaria pero bajo constante supervisión, no se puede eliminar gran cantidad del elemento, esto quiere decir que no mientras más profundo se vaya a lijar más rápido eliminaremos la corrosión

Hay que tener en cuenta que la corrosión no se va a retirar por completo, esto es solo una forma de tenerla bajo control y con el pasar del tiempo se deberá seguir haciendo inspecciones al área afectada para verificar que no exista un rebrote o avance del mismo.

Figura 41

Corrosión en superficie.



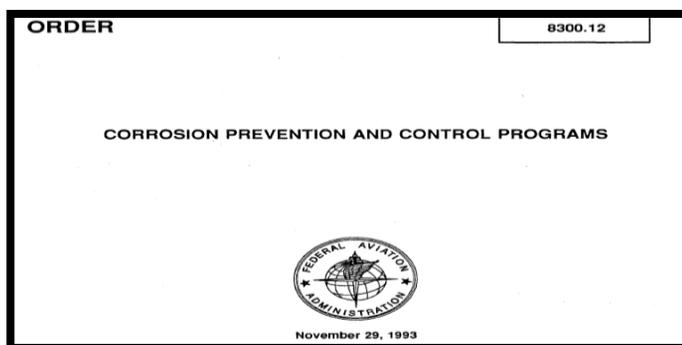
Nota: en esta ilustración se puede observar la acumulación de la corrosión en la parte interna de la entrada de una puerta, este proceso se produjo por el descuido al momento de realizar el mantenimiento ya que existe un avance claro de corrosión. (Atehortua, Control y Prevención de la Corrosión; INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS, 2020).

2.25 Programa de Prevención y Control de la Corrosión

Este programa se basa en tener un mantenimiento pre establecido para controlar la corrosión en aeronaves. También permite al explotador operar su aeronave sin depender de las condiciones ambientales, ya que la corrosión si no puede ser evitada permitirá controlarla y mantenerla en un nivel muy bajo. Este programa se lo estableció por los continuos incidentes que se generaron a través de los años, las Administración de Aviación Federal, este programa posee distintas técnicas y guías de cómo actuar ante la presencia de corrosión en distintas zonas, esto quiere decir que basándose en incidentes posteriores se ha creado una especie de parámetros en los cuales se nombran las zonas más propensas a sufrir corrosión.

Figura 42

Programa de control y prevención de corrosión



Nota: en esta imagen se identifica el Programa de control y prevención de la corrosión establecido por la Administración Federal de Aviación donde se lleva un conjunto de normas basadas en hechos posteriores los cuales ayudaran a prevenir y controlar la corrosión en un avión. (Aviation, 2020).

2.26 Áreas de un avión susceptible a sufrir corrosión.

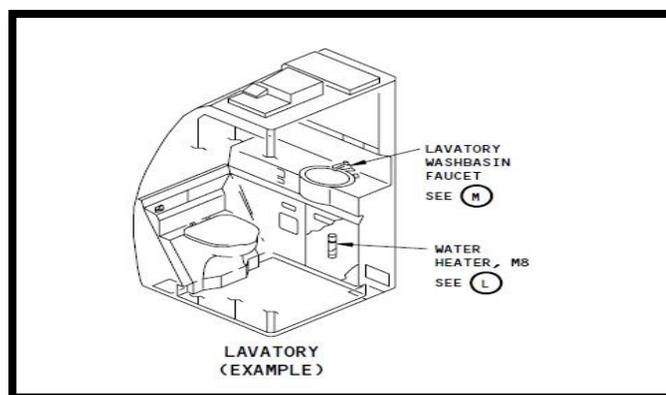
2.26.1 Cocinas y baños.

Todos los desechos que se producen en estas zonas, pueden llegar a producir corrosión, en el caso de los baños se debe realizar inspecciones detalladas en la parte del suelo del mismo, si existiese un derrame de algún líquido, se debe informar de forma inmediata para realizar el proceso de cuidado respectivo del área. En el caso de la comida se debe revisar las zonas que se ubican por detrás de las mismas ya que si algún elemento se llega a derramar se podría causar corrosión y sería de difícil control ya que no se puede remover la cocina de manera inmediata.

En los baños se debe tener cuidado especial ya que no se puede dejar pasar por alto algún derrame o riego de los desechos, estos tienen gran cantidad de ácidos los cuales son perfectos para ocasionar corrosión en los metales, por lo general existe especial cuidado a las tuberías de los desechos, se realizan inspecciones periódicas en busca de algún inconveniente. Cuando se realiza la remoción de los desechos debe conectarse de forma correcta evitando derrames alrededor del acople, en caso de que así fuese se debe eliminar el derrame de forma inmediata con un lavado de abundante agua y no dejar que se acumule la misma, esto se lo realiza con los equipos apropiados.

Figura 43

Diagrama de los baños



Nota: En esta ilustración se observa la estructura que posee los baños de una aeronave Boeing 767 ya que es una de las zonas más susceptibles a sufrir corrosión. (BOEING, 2020).

2.26.2 Bahías y trenes de aterrizaje.

Esta zona en especial esta siempre propensa a sufrir corrosión, ya que el uso continuo de los trenes es demasiado así pues también están en contacto directo con agentes ambientales como agua, polvo, tierra entre otros y también tienen contacto con contaminantes y residuos de los mismos neumáticos, aceite derramado y grasa. Una vez que se guardan los trenes la acumulación de agua en las bahías en un día lluvioso por lo general no tienen desagües por donde se elimine la acumulación de agua, si es un viaje largo se acumulara por eso es necesario tener una constante revisión cuando se da mantenimiento.

Los tornillos, pernos, sujetadores y otras partes móviles de los trenes siempre se revisan en caso de que haya presencia de algún elemento o cuerpo extraño, la corrosión puede causar daños en tuercas que provocarían un desastre en una parte esencial como lo es el tren de aterrizaje. Cuando la aeronave va a aterrizar los trenes de aterrizaje tienden a cambiar bruscamente de temperatura llegando a una intensidad muy alta, estos cambios pueden causar que los metales de vean inmersos y pueden causar una unión disímil, esto con el pasar del tiempo pueden llegar a provocar la concentración de corrosión, pero se debe tener en cuenta que siempre que se haga un chequeo se deberá inspeccionar la zona para evitar incidentes.

Figura 44

Bahía de los trenes de aterrizaje



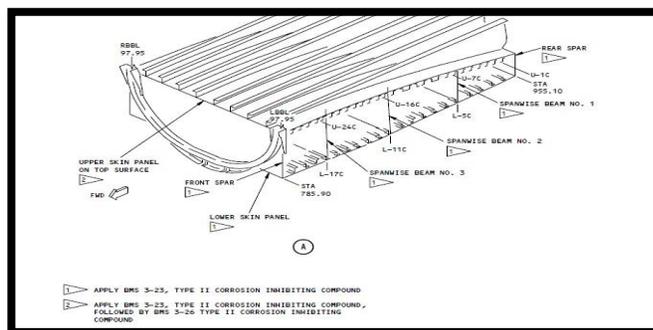
Nota: En esta imagen se puede observar un chequeo de los trenes de aterrizaje de la aeronave HC-CGO realizando la extensión y retracción.

2.26.3 Tanques de combustible.

Uno de los lugares más difíciles de acceder y de inspeccionar son los tanques de combustible en especial cuando se tratan de aeronaves que tienen una configuración de tanque integral, este tipo de áreas son de las más propensas a sufrir ataques de corrosión. La acumulación de combustible desprende ciertas cantidades de agua, la cual se ubica en el fondo del tanque donde con el pasar del tiempo este provocara la formación de hongos y microbios.

Figura 45

Tanque de combustible



Nota: En esta imagen se observa la configuración de un tanque de combustible del Boeing 767. (BOEING, 2020).

2.26.4 Limpieza de la zona con corrosión.

Cuando se va a realizar un tratamiento anticorrosivo se debe constatar que la superficie de la misma se encuentre libre de cualquier agente contaminante, dentro de una aeronave podemos encontrar vario de estos, por ejemplo en las bahías del tren de aterrizaje se puede encontrar restos de líquidos hidráulico, que cuando existe una acumulación del mismo provocara corrosión, en cambio en otras partes del avión se puede encontrar restos de grasa, lo cual dificultara el trabajo de limpieza y para esto se deberá limpiarlo con productos apropiados.

2.27 Agentes limpiadores.

En el mercado aeronáutico existen 3 tipos de limpiadores que son utilizados, disolventes, alcalinos y ácidos y cada uno se usa para diferente opción, además se verá acompañado de fuerza por parte del personal encargado.

- Disolventes: este tipo de agentes son removedores, se utilizan para eliminar la acumulación de grasa en ciertos componentes o elementos.
- Limpiadores alcalinos: remueven las manchas acumuladas como líquido hidráulico con la ayuda de acción del personal.
- Limpiadores ácidos: este tipo de limpiadores poseen químicos que ayudan a remover los residuos además de ser necesaria la utilización de trapos en donde la suciedad se acumulara.

Figura 46

Limpieza de una aeronave



Nota: En esta imagen se observa una limpieza de la superficie de la aeronave fuera de un hangar además de una recarga de combustible. (Condor, 2020).

2.28 Remoción de las capas protectoras.

Para realizar un tratamiento anticorrosivo es necesario eliminar la capa protectora de pintura, esto es necesario para poder tener acceso, para esto se debe en primer lugar identificar las zonas que se desea trabajar, esto se lo realiza tras una inspección con el personal a cargo del programa de mantenimiento, se deberá delimitar el área con un marcador visible que no afecte otras zonas. Para la remoción existen dos métodos conocidos, la remoción mecánica y química. El tipo de remoción que se escoja para realizar el trabajo dependerá de las circunstancias del área identificada, si existe demasiadas capas de protección es recomendable utilizar el químico ya que ayuda de mejor manera a eliminar de forma rápida, mientras que si es en materiales compuestos por lo general se recomienda utilizar la remoción mecánica.

2.29 Remoción mecánica:

En este tipo de remoción se utiliza por lo general un lijado sobre la zona delimitada, para esto se debe utilizar lijadoras neumáticas y con ayuda de leves movimientos se deberá retirar la pintura poco a poco, cuando exista una capa de protección orgánica muy delgada no será necesaria la aplicación de fuerza excesiva, tan solo con leve tiempo estimado será suficiente para poder retirar la pintura, con la ayuda de un trapo seco se deberá remover todos los sobrantes y residuos después de haber terminado el lijado mecánico, la aplicación de fuerza deberá está focalizada hacia el punto de formación de corrosión y luego continuar hacia las partes laterales ya que son las menos afectadas.

2.30 Remoción química:

La remoción química es recomendada cuando se desea eliminar por completo la capa protectora ya que los elementos que se encuentran en este compuesto levantarán el recubrimiento orgánico del área. Cuando se realiza este tipo de remoción hay que delimitar el área correctamente, una vez terminada es recomendable proteger las zonas que están fuera de los límites, se deberá aplicar la solución con la ayuda de una brocha de forma abundante y delicada, se deberá dejar actuar de 15 a 20 minutos y seguidamente se debe retirar los residuos con la ayuda de una espátula de plástico, cuando se haya removido por completo todo el material levantado es necesario que se retire los residuos, en caso de que existan algunas capas de recubrimiento orgánico es recomendable volver a aplicar el removedor hasta que se elimine por completo.

2.31 Remoción de la corrosión localizada.

Cuando existe presencia de corrosión localizada, se debe identificar el punto de inicio, esto es necesario ya que cuando no se retira por completo, después de cierto tiempo esta comenzara nuevamente a atraer humedad y se formara nuevamente series de corrosión. Para verificar que se haya retirado todos los residuos y vestigios de corrosión de deberá realizar un lijado mecánico sobre la superficie corroída, esto se lo debe realizar para verificar el proceso, en caso de que la utilización de un papel abrasivo no haya sido suficiente se debe utilizar cepillos con cerdas de alambres, esto se lo utiliza con extremo cuidado ya que no hay que retirar la protección original.

2.32 Tratamiento químico.

Una vez que la zona se haya limpiado por completo la corrosión, el material queda expuesto a todo tipo de agentes ambientales y contaminantes, la superficie de la lámina queda expuesta ya que no se encuentra con protección, se deberá aplicar Alodine 1201 que formara una película protectora evitando daños en la superficie. Para la aplicación de este producto, se deberá constatar que ya no existe presencia ni residuos de corrosión, se deberá enjuagar la superficie del material con abundante agua, se aplicara con la ayuda de una brocha cantidades abundantes de este líquido, cuando se encuentre por completo cubierta toda la superficie hay que dejar actuar en un rango de 5 a 10 minutos, esto depende en gran parte de la temperatura ambiental ya que es recomendable aplicarlo en temperaturas de 18° a 20° grados centígrados.

Figura 47

Protección con químico anticorrosivo



Nota: En esta imagen se puede identificar a una aeronave recibiendo la aplicación de químicos anticorrosivos. (Sopotnicka, 2020).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

“PRESERVACIÓN ESTRUCTURAL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS MEDIANTE TRATAMIENTO ANTICORROSIVO SEGÚN LA INFORMACIÓN TÉCNICA DEL AC 20-82.”

3.1 Preliminares

En el siguiente capítulo se detalla todas las tareas de mantenimiento que se realizaron para cumplir con el proyecto de la aplicación de tratamiento para el control y mitigación de la corrosión encontrada en la parte posterior de la aeronave Fairchild FH-227 de la unidad de gestión de tecnologías, con la ayuda de personal técnico experimentado y de la información certificada además de los conocimientos que se adquirieron a través de los semestres de estudio. El manejo correcto de los equipos de protección personal y de bioseguridad según los reglamentos establecidos previamente por el personal de seguridad de la institución.

3.2 Prácticas de Mantenimiento

3.2.1 Charla de seguridad y manejo de equipos en tierra

Antes de comenzar con el desarrollo del proyecto se realizó una charla de inducción con todo el personal involucrado, autoridades de los departamentos presentes y encargados del área de seguridad se nos indicó a los estudiantes y técnicos algunas normas de cuidado en el área de trabajo así de cómo debería ser el ingreso al mismo, el manejo correcto de equipos de apoyo en tierra, escaleras y andamios, siempre prevaleciendo la seguridad del personal. El área de medicina nos apoyaría en el horario de trabajo con un médico presente en todo momento además de la presencia de una ambulancia por motivo de prevención.

Posteriormente nos dirigimos a la zona designada en donde pudimos constatar que era necesario realizar un cercado de toda la superficie del terreno donde se van a realizar las prácticas de mantenimiento. Se detallaron la serie de procesos que íbamos a tener que cumplir antes, durante y después de entrar a las zonas de trabajo así como al abandonarlas, siempre cuidado la integridad personal y de equipos. Debido a que la plataforma donde se iba a realizar el proyecto era irregular, se nos mencionó que cualquier movimiento de un equipo debería ser entre todo el grupo para evitar incidentes de cualquier tipo o golpes a las demás aeronaves.

Figura 48

Reunión principal.



Nota: En esta imagen se observa a todo el equipo de trabajo realizando una reunión previa al inicio del proyecto donde se expuso todas las indicaciones para su correcta realización.

3.2.2 Revisión de materiales.

Previo al proyecto se realizaron varias visitas al parque aeronáutico de la universidad de las fuerzas armadas ESPE, donde se inspecciono previamente a la aeronave Fairchild FH-227, la cual sería intervenida para el proyecto. En estas visitas se tomaron en cuenta varias observaciones, como por ejemplo el tipo y cantidad de materiales que serían necesarios para realizar el proyecto, todo esto se lo plasmaría en una proforma para adquirir los materiales con varios días de anticipación, siempre tomando en cuenta una cantidad más alta de lo estimado evitando causarnos contratiempos.

Una vez que se nos indicó que el ingreso hacia las instalaciones de la universidad era seguro se procedió a realizar una revisión de todos los materiales que íbamos a utilizar en la práctica con todo el personal presente, por lo cual con la ayuda de un listado se verifico que cada elemento y material que se adquirió conste con la trazabilidad correcta y no se utilicen productos que puedan crear contratiempos. Además de la revisión de componentes y equipos como líneas neumáticas, pistolas, lijás neumáticas, compresores ente otros. Estos equipos serian verificados por técnicos con pequeñas pruebas para ser aprobados.

Figura 49

Revisión del material.



Nota: En esta imagen se puede reconocer al personal realizando la revisión de todos los materiales a utilizar.

3.3 Equipos de protección personal.

Para la elaboración del proyecto era necesario utilizar todos los equipos de protección personal conocidos, ya que se iban a realizar trabajos en altura, movimiento de equipos en tierra y también necesitaríamos de herramientas neumáticas. Para lo cual en las charlas previas con el personal encargado de seguridad se constituyó que para trabajar era necesario el uso de un casco de seguridad que evitaría daños si alguna herramienta se desprende desde una altura considerable, el overol de la institución, además del calzado pertinente con punta de acero para protección de los pies, el uso de guantes tanto de fuerza como quirúrgicos, gafas transparentes para evitar que las partículas ingresen a los ojos y causen daños, la utilización obligatoria de mascarilla de seguridad en todo momento, cuando se realizarían los trabajos de lijado la acumulación de ruido era demasiado así que se debería utilizar tapones auditivos evitando lesiones.

Todos estos elementos de seguridad evitaría que pueda llegar a darse algún inconveniente cuando se esté trabajando, es por este motivo que cada día antes de entrar al área del proyecto, el personal de seguridad encargado revisaría y constataría que todos estemos debidamente equipados, especialmente cuando alguna persona debía subir a una altura superior a 3 metros, deberá llevar correctamente colocado el arnés de seguridad y anclarlo a algún lugar que no tenga movimientos ni se pueda desprender.

Figura 50

Utilización de equipos de seguridad.



Nota: En esta imagen se identifica a los estudiantes del proyecto utilizando los equipos de seguridad personal.

3.3.1 Reconocimiento del área para trabajar

Con el personal a cargo del proyecto nos dirigimos hacia la aeronave en donde con la ayuda de un metro, tomamos las medidas de todas las señaléticas para que sean remplazadas posteriormente por unas nuevas, por lo cual se revisó por completo toda la superficie del avión verificando donde se ubican cada una de estas, además de las nuevas que se colocarían. Seguidamente evaluamos las zonas críticas que se nos indicaba en el Aviso Circula (AC) 20-82, elaborado especialmente para la aeronave Fairchild FH-227, como por ejemplo el exceso de acumulación de corrosión, ubicado especialmente en el empenaje de la aeronave donde por la falta de mantenimiento y la continua exposición a agentes ambientales propios de la zona la acumulación de corrosión era evidente.

Para identificar cuales zonas dentro del empenaje eran las más críticas se realizaría una inspección con equipos apropiados ya que la altura a la que se debía llegar era de 8 metros hasta la punta del estabilizador vertical, para lo cual procedimos a mover las escaleras de la universidad hacia esta zona con el cuidado de no rozar o topar cualquier espacio de la aeronave, igualmente el correcto anclaje de las mismas para impedir movimientos o algún inconveniente. Ya ubicados en la zona de la cola del avión se identificó que la corrosión existente era por acumulación constante de agua de lluvia, en el caso del estabilizador vertical se utilizó arneses de seguridad ancados a una escalera para evitar caídas de una altura considerable.

Figura 51

Reunion con el personal médico.



Nota: En esta imagen se observa la reunión donde se nos indicaba ciertos cuidados que debíamos tomar en consideración cuando trabajábamos con equipos neumáticos o en alturas.

3.4 Preparación del área

Antes de empezar a realizar el proyecto, se estableció que toda la superficie de la aeronave debería estar en condiciones óptimas, por la falta de mantenimiento continuo la acumulación de polvo y tierra era evidente, con la ayuda de trapos impregnados con thinner se procedió a remover toda la suciedad que se encontraba, el grupo de trabajo se dividió de acuerdo al número del personal y la división del avión, para esto dos estudiantes acompañados de un técnico precederían con la limpieza de todo el fuselaje, otro grupo de dos estudiantes y un técnico se encargarían del empenaje, y en caso de zonas de altura se utilizaría las protecciones correspondientes como arneses de seguridad, y por ultimo para las alas solo un estudiante y un técnico llevarían a cabo la remoción de suciedad por motivos de seguridad.

Este tipo de limpieza se la debe realizar porque cuando empieza el trabajo de lijado, algún elemento desconocido puede llegar a causar un daño a las láminas de aluminio, no es permisible realizar rayaduras en la superficie de este, ya que estos pueden ser detonantes potenciales de corrosión. En las superficies de control se debía realizar la limpieza con ciertos cuidados, ya que hay elementos móviles que pueden causar incidentes, para esto se debía utilizar una brocha que elimine la acumulación de suciedad, y en caso de existir residuos de grasa se debería utilizar detergentes especiales.

Figura 52*Limpieza de polvos*

Nota: En esta imagen se puede identificar la limpieza del fuselaje de la aeronave Fairchild FH-227.

3.4.1 Delimitación del área y enmascaramiento de componentes

Para evitar el ingreso y acumulación de personas que no estaban dentro del proyecto era necesario delimitar el área donde se iba a trabajar, para lo cual se utilizó una cinta de seguridad de “Peligro” la cual protegería la zona y además evitaría el tránsito de individuos que podían ocasionar algún inconveniente o provocar el mismo, una vez culminada esta tarea es indispensable proteger todos los componentes, según la información técnica se indicaba que todo tipo de elementos que no poseían una capa de pintura deberían ser protegidos de las partículas que se desprenden cuando se realiza un trabajo de lijado, para esto con la ayuda de plástico 3M de un ancho de 5 metros, se procedió a proteger trenes de aterrizaje, en especial zonas móviles, actuadores hidráulicos y los neumáticos, botas de la aeronave que están ubicadas tanto en alas como en estabilizador vertical y horizontal, ambos motores, en especial las zonas de ingreso y drenajes, cañerías y elementos internos.

Todas las ventanas del fuselaje así como los paneles de acceso, los parabrisas debían ser cubierto con cuidado ya que tienen zonas de apertura y podía verse afectado con ingreso de polvo, entradas y salidas de ventilación que están expuestos desde su fabricación, puertos estáticos y dinámicos se protegieron con la ayuda de cinta, ya que el ingreso de alguna partícula puede causar fallas de lectura, en las superficies de control móviles existen bujes que ayudan a su movimiento estos debían ser protegidos en todo momento.

Figura 53

Enmascaramiento de componentes.



Nota: En esta imagen se observa el cubrimiento del motor izquierdo de la aeronave Fairchild FH-227.

3.5 Lijado de la superficie

Una vez que se culminó con todo el proceso de enmascaramiento de todos los elementos anteriormente mencionados se continuo con las tareas asignadas, de acuerdo con la información técnica, cuando se vaya a realizar un tratamiento anticorrosivo es necesario eliminar las capas de pintura que han sido colocadas a lo largo del tiempo, para lo cual, con la ayuda de lijadoras neumáticas y eléctricas se procedió a realizar el proceso de eliminación de todos los recubrimientos en toda la aeronave, este proceso tiene que ser controlado por técnicos con experiencia ya que se debe realizar un lijado mecánico pero con delicadeza en especial en las zonas donde existe material compuesto ya que no es necesario eliminar demasiado del elemento y debe quedar una superficie uniforme evitando rayones a la lámina de aluminio ya que de llegar a ser este el caso, es necesario aplicar la protección correspondiente indicada en el manual de mantenimiento.

3.5.1 Lijado de fuselaje.

El proceso se empezó desde las partes más accesibles como son el fuselaje, ya que para esto no era necesario el movimiento de escaleras de manera constante. Para la remoción de la señalética del fuselaje, se debía realizar el lijado con poca fuerza ya que después de poco tiempo se podía retirar las mismas con la ayuda de una espátula de plástico. En la parte baja del fuselaje se encuentran antenas las cuales no entran en el proceso de lijado.

En la parte delantera de la aeronave se encuentra el radome, este está protegido por un elemento especial el cual se encontraba protegido y cuando se realizaba el trabajo alrededor del mismo había que considerar que es un área delicada y que no se puede asentar las lijadoras con demasiada presión.

3.5.2 Lijado de las alas.

Para los trabajos de lijado en el área era necesario la movilización de las escaleras, en la parte inferior de las mismas, para lo cual con la ayuda de todos se procedió a su traslado siempre verificando que no existan rayones o contacto hacia el avión, cuando el trabajo se lo realizaba en la parte superior se debía utilizar el arnés de seguridad donde se anclaba a una línea de vida, solo debían estar ubicadas dos personas, por motivos de seguridad.

3.5.3 Lijado del empenaje.

Para realizar el trabajo en la parte posterior de la aeronave, el proceso de lijado se lo realizo de abajo hacia arriba, para evitar inconvenientes y tener un mejor desempeño. Si existiese corrosión se debe retirar con papel abrasivo o en nuestro caso con la lijadora neumática, con leves presiones en la zona detectada se removía poco a poco, cuando los puntos de corrosión están ubicados entre la unión de láminas, hay que hacer la remoción de forma manual, si se podía acceder a la parte interna se debía eliminar todos los indicios de corrosión, en el caso de ferretería había retirar toda la capa protectora.

Figura 54

Lijado del empenaje.



Nota: se observa el trabajo de lijado para remover capas de cubrimiento orgánico.

3.6 Inspección de la zona a trabajar

Cuando se realiza un tratamiento anticorrosivo es fundamental que toda la zona que va a entrar en proceso esté limpia, esto quiere decir que el lijado debe eliminar gran parte del recubrimiento orgánico de la lámina, según la información técnica este proceso se lo hace solo en áreas detectadas previamente en una inspección, mientras que en otras zonas solo se deberá llegar hasta el fondo, para evitar que el material quede sin protección y pueda causar corrosión después de un tiempo, cuando se realizó los trabajos de lijado en el estabilizador vertical se utilizó una escalera telescópica para que ayudara a llegar a ciertos niveles de difícil acceso, permitiendo retirar la señalética que se encontraba y tener un completo lijado del empenaje.

Una vez culminada con la parte de lijado de toda la superficie era necesario realizar una inspección donde se podría identificar si existiese más zonas con corrosión por lo general esto se lo realiza según el manual de mantenimiento, en mi este caso se lo realizo acorde al AC 20-82 donde se especifica claramente cuales zonas del avión son las más propensas a sufrir corrosión. Se indica que las uniones de los estabilizadores son propensas a sufrir corrosión, además de áreas donde se acumula agua de lluvia, la mayor parte de esta se encontraba en drenajes de la parte posterior, las áreas de la ferretería como remaches, pernos y tornillos son analizados con una inspección visual.

Figura 55

Inspección del empenaje.



Nota: En esta imagen se puede identificar como se realizó una inspección en busca de zonas que se encuentren con corrosión como por ejemplo las uniones de estabilizadores y drenajes del fuselaje posterior.

3.7 Detección de zonas con corrosión

Cuando se realiza una inspección es necesario contar con el apoyo de técnicos experimentados quienes colaboren con un criterio claro y específico de lo que se puede encontrar. En la zona del empenaje se encontró corrosión en la parte izquierda inferior, esta corrosión era de tipo “CORROSION POR EROSION” este tipo hace referencia al desgaste por agentes ambientales, en este caso se produjo por la acumulación de agua de lluvia y la adherencia de elementos como polvo y tierra, por lo general está siempre presente en la parte baja del fuselaje, en donde tiene más contacto.

Cuando se encuentra corrosión debajo de la pintura, esto es un claro indicativo de que la capa de recubrimiento ya no cumple con su trabajo, ahí es necesario eliminar por completo hasta poder tener acceso a la superficie de la lámina, este proceso se lo puede realizar con una remoción mecánica o química. Al detectarse la corrosión hay un procedimiento según la información técnica correspondiente, el cual indica que se debe dejar por completo limpia la zona a trabajar, para este motivo cuando existe una acumulación de agua en gran cantidad, hay que eliminar la misma por medio de drenajes si existe el caso, ya que estos llegan a acumular restos de residuos provocando obstrucciones, se deberá retirar todos estos contaminantes, si el agua se encuentra por la parte interna es recomendable retirar el líquido con un trapo totalmente seco.

Figura 56

Detección de áreas con corrosión.



Nota: En esta imagen se observa la revisión de la zona donde se encontró restos de corrosión ubicados en la parte inferior del empenaje en las zonas del drenaje.

3.8 Limpieza de la zona con corrosión

Seguidamente era necesario limpiar el área encontrada, esto se lo realiza para evitar que partículas de polvo se adhieran aún más en la corrosión, de igual forma se verifica que la lámina alrededor del área manchada no este partida ni desgastada ya que de ser el caso se deberá realizar una reparación, en este caso solo era acumulación de suciedad ya que el aluminio alrededor se encontraba en óptimas condiciones.

Cuando se realiza la limpieza de la zona con corrosión se debe nuevamente realizar el lijado necesario, esto quiere decir que si hay gran cantidad acumulada es recomendable retirarla con la ayuda de un lijado mecánico, se deberá llegar hasta la parte de la lámina por completo, seguidamente con la ayuda de un trapo con thinner se limpia todo el empenaje por completo evitando dejar restos de partículas de polvo y pintura, en caso de llegar a encontrar residuos de líquido hidráulico se deberá retirar por completo con la ayuda de un detergente especial que retirara todo el material adherido. En caso de ser restos de grasa de igual manera se aplicara un lavado del área, con la ayuda de un trapo impregnado en este limpiador, se retira por completo los sobrantes del material y así se puede obtener una zona libre de contaminantes que llegan a afectar el trabajo cuando se realiza la aplicación de líquidos anticorrosivos que protejan al avión.

Figura 57

Limpieza del empenaje.



Nota: En esta imagen se puede divisar los trabajos de limpieza por toda la zona del empenaje en busca de corrosión o acumulación de agentes contaminantes o agua de lluvia que afecte los trabajos a realizar.

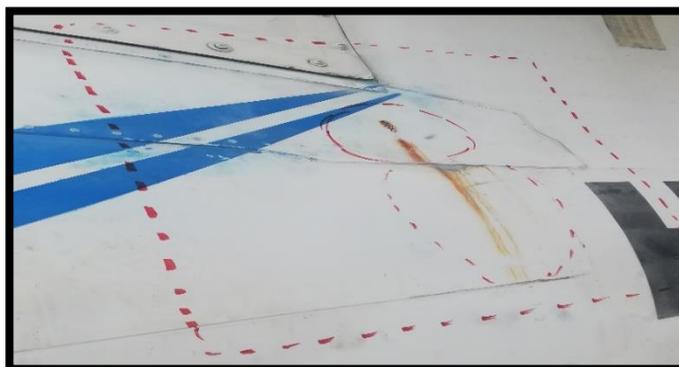
3.9 Delimitación del área.

La tarea a realizarse una vez culminado con la limpieza era la parte de delimitación, esto se lo realiza con la ayuda de un elemento que permita resaltar el perímetro de la zona encontrada y se detecte perfectamente antes de realizar el trabajo, en la información técnica esto se lo realiza para aplicar el líquido decapante solo en esa área, ya que los manuales de mantenimiento especifican que no es necesario realizar el decapado de toda una zona mayor. Este proceso se lo debe practicar una vez que la zona este correctamente limpia y libre de contaminantes, para esto se debe llevar acabo la remoción de todos los residuos de polvo y basura con la ayuda de un trapo impregnado con alcohol para evitar realizar algún daño a la estructura, con las inspecciones previas que se realizaron se tiene conocimiento de donde se encuentran las zonas con corrosión,

El perímetro a tomar en cuenta cuando se realiza la delimitación dependerá del daño a considera, esto quiere decir que mientras más concentración de corrosión exista el área a delimitar será mayor. La localización de las zonas afectadas serán respectivamente marcadas dependiendo donde se las encuentre, en el caso del empenaje se ubicaron la mayor parte en la zona baja del empenaje, donde el líquido de oxidación del metal era evidente. En el caso de los remaches, pernos y tornillos se encontró una corrosión superficial, para lo cual solo fue necesario la remoción con la ayuda de lijado constante.

Figura 58

Delimitación de las zonas con corrosión.



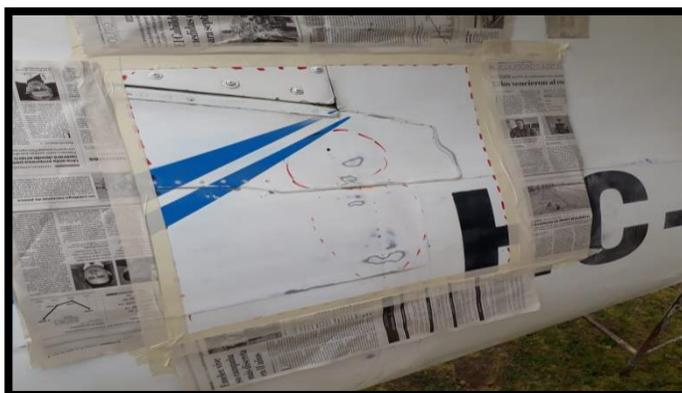
Nota: En esta imagen se observa claramente la acumulación de corrosión, debido a la oxidación del material.

3.10 Enmascaramiento del área.

El enmascaramiento del área se lo realiza con cinta especial previamente se arma un recuadro por donde se delimito por completo, encima de este se procede a colocar papel periódico el cual evita que cuando se aplique el decapante este no se salga de los límites que se han establecido previamente, nuevamente se vuelve a colocar cinta por encima del papel hasta que este quede completamente asegurado y no exista huecos o hendiduras. Cualquier producto que evite que el decapante entre en contacto con la demás superficie puede ser utilizado pero es recomendable un elemento resistente, como existía la acumulación de agua era necesario remover en su totalidad el líquido, ya que para los demás procedimientos no podían entrar en contacto con este contaminante.

Figura 59

Protección del área.



Nota: En esta imagen se detalla cómo se realiza la protección del área antes de aplicar el decapante

3.11 Aplicación de decapante

En la información técnica analizada previamente se indicó que existen dos formas de retirar el recubrimiento orgánico, una de estas es la remoción mecánica la cual consiste en solo la utilización de lijas ya sean neumáticas o eléctricas que permitan eliminar por completo la pintura, la otra forma es la remoción química, la cual consiste de la utilización de un líquido especial el cual permitirá que la capa de recubrimiento y fondo se levanten de la lámina poco a poco con un cuidado del área. Este procedimiento es más recomendable cuando se va a realizar una protección anticorrosiva ya que está dejando a la lámina sin cubrimiento y con una limpieza.

Para la aplicación del decapante primeramente se deben tomar en cuenta las medidas de seguridad del personal que va a llevar a cabo la tarea, como es manejo de químicos que pueden llegar a causar quemaduras al entrar en contacto con la piel es necesario utilizar los siguientes equipos de protección guantes, gafas, mascarilla y protección facial en caso de que se vaya a aplicar en una superficie sobre los técnicos. Si se llega a tener contacto con el material se deberá enjuagar la zona con abundante agua para calmar el ardor.

Con la ayuda de una brocha se iba colocando poco a poco y se esparcía por toda la superficie evitando que se derrame por los bordes, el decapante es inoloro e incoloro, esta es una de las principales características del mismo, la activación va depender de dos factores primordiales, uno es el de la temperatura ambiental, esta debe rondar desde 20 grados centígrados hasta 25 ya que de colocarse en menores temperaturas este tardara más tiempo en actuar o el efecto no será el mismo, y el tiempo de activación en condiciones óptimas será de 5 a 10 minutos aproximadamente.

En caso de que existan varias capas de pintura será necesario volver a repetir el proceso cuantas veces se lo requiera, pero sin olvidar el tiempo de actuación ya que de darse el caso, los residuos del recubrimiento orgánico se volverán pastosos y serán de difícil remoción, no es recomendable dejarlo de un día para otro bajo ninguna circunstancia.

Figura 60

Aplicación de removedor.



Nota: En esta imagen se observa la aplicación del decapante sobre toda el área con corrosión.

3.12 Remoción del decapante con residuos

Una vez que el decapante hizo su trabajo es necesario remover los residuos de pintura levantada con la ayuda de una espátula de plástico para evitar que se hagan daños o rayones a la lámina, e caso de que se encuentre rayas por la superficie de la lámina se deberá indicar a un técnico de forma inmediata, ya que se deberá realizar trabajos de protección del material. Todos estos restos se almacenaron en un lugar específico donde no pueda causar daños o entrar en contacto con una persona, ya que si este fuera el caso se deberá enjuagar con abundante agua ya que este producto químico es capaz de causar quemaduras al entrar en contacto con la piel.

Cuando se retiraron los sobrantes aún faltaban varios puntos de ser retirados, esto se debió a que existían varias capas de pintura aplicadas en la aeronave, para realizar nuevamente este proceso se debe constatar que el material desprendido ya se haya retirado en su totalidad, nuevamente se aplicó el decapante y se dejó actuar durante un tiempo de 15 minutos ya que las condiciones de temperatura no eran las más indicadas para el proceso, con la segunda vez que se realizó la tarea fue suficiente para completar la tarea, es así que ya solo quedaban pequeños puntos que se levantaban fácilmente. Seguidamente a este proceso con la ayuda de scotch brite se limpió por completo toda la superficie, para esto había que realizarlo de manera manual aplicando fuerza en especial en los bordes del área y en zonas que aún se encontraba el recubrimiento llamado fondo.

Figura 61

Residuos del decapante.



Nota: En esta imagen se puede observar el efecto que causó la aplicación del decapante en la zona con corrosión con el levantamiento de la protección orgánica.

3.13 Aplicación de elementos anticorrosivos

Al haber realizado el trabajo de decapamiento en las zonas con corrosión hay que recordar que la lámina queda completamente expuesta, esto quiere decir que todas las protecciones tanto de fabricación como el aklad, protección original, y los recubrimientos orgánicos como fondo y pintura, van a ser retirados totalmente. Una vez que la superficie del área a tratarse del empenaje se encuentre completamente descubierta y limpia, se aplicó una capa del elemento químico llamado ALODINE 1201,

Este elemento que ayudaría a proteger la lámina de aluminio ya que esta se encuentra totalmente desprotegida, el principal objetivo de usar este elemento es dar una película protectora a la superficie del material y evitar futuros rebrotes de corrosión y garantizar el trabajo realizado. Para la aplicación del líquido químico debe usarse guantes en todo momento ya que no debe entrar en contacto con la piel, con la ayuda de una brocha se iba esparciendo suavemente hasta cubrir por completo toda el área.

Se debe dejar actuar en un rango de 12 a 15 minutos dependiente la temperatura ambiental, mientras se tenga un clima seco y cálido es recomendable la aplicación del mismo, no hay que aplicarlo en zonas húmedas o mojadas ya que el efecto que se espera puede verse afectado, seguidamente se deberá lavar con abundante agua y retirar los sobrantes que se acumulen en los bordes, una vez retirado se podrá ver la diferencia de la película protectora ya que el metal adquirirá un leve color café, lo cual indica que el proceso ha finalizado con éxito.

Figura 62

Aplicación de Alodine 1201



Nota: En esta imagen se observa la aplicación del Alodine 1201 sobre la superficie de la lámina.

3.14 Trabajos de aplicación de fondo y recubrimiento orgánico.

3.14.1 Utilización de equipos de protección personal.

Cuando se va a realiza un trabajo de aplicación de fondo o de pintura es necesario cambiar a los equipos de protección apropiados, estos fueron recomendados tanto por el personal de seguridad así como en la información técnica utilizada. Estos materiales y equipos utilizados son los siguientes:

Tabla 1

Materiales y equipos de protección utilizados

Materiales	Equipos de protección personal
Pistolas de pintura.	Overol para trabajos de pintura.
Compresor Neumático	Gafas transparentes protectoras.
Cinta adhesiva	Tapones auditivos.
Plástico protector 3M	Mascarilla de doble filtro 3M
Líneas neumáticas.	Guantes de látex,
Thinner.	

Nota: En esta tabla se detalla los materiales que se van a utilizar cuando se empiece con el trabajo de aplicación de fondo y pintura, además de los equipos de protección personal que deberá manejar el personal a cargo del proyecto.

El uso del overol recomendado es uno especial cuando se realiza este tipo de trabajos, el cual tiene alta resistencia a las partículas de pintura, este es de un solo uso (desechable), además se deberá cambiar por guantes quirúrgicos los cuales permitan tener un mejor manejo de los elementos como las pistolas y demás elementos. El uso correcto de una mascarilla que evite el ingreso de partículas muy pequeñas es necesario.

Se recomienda utilizar la que poseen dos filtros ya que otorgan mayor seguridad al personal. Todos los equipos de protección fueron inspeccionados y avalados por el personal de seguridad que nos acompañaba en el proyecto, los estudiantes no deberán utilizar estos elementos sin la presencia de un técnico a cargo, y cuando cualquier persona esté realizando las tareas debía ser asistido con alguien más en caso de seguridad.

Figura 63

Utilización de equipos de protección personal.



Nota: En esta imagen se divisa el correcto uso de los equipos de protección previos a realizar los trabajos de pintura en la aeronave, estos elementos evitaran que el personal sufran algún incidente o enfermedad por la absorción de partículas de polvo o pintura.

3.15 Aplicación de fondo

Cuando se ha terminado el proceso de aplicación de Alodine 1201 se deberá secar por completo toda esta superficie, es recomendable bajo información técnica, de que el siguiente trabajo que se vaya a realizar, se lo empieza al día siguiente, para que la protección adquiriera todas sus propiedades y sea resistente. Una vez que se dejó actuar el químico de protección de la lámina, se debe comenzar a proteger el área poco a poco con otro tipo de recubrimiento llamado fondo, este consiste de una capa delgada que su principal objetivo será formar una barrera entre la lámina y el recubrimiento orgánico, otorgando una capa más que ayudara a mantener en buenas condiciones al material.

Otra de las propiedades por la cual se la utiliza es que permite que las partículas de pintura tenga una mejor adherencia sobre la superficie del avión, evitando que existan derrames, o que por las corrientes de viento esta se esparza por otros lugares dejando una película irregular de pintura. Este proceso se lo realizara por toda la superficie del empenaje donde fueron realizados los trabajos de decapado, el tiempo de secado es casi inmediato tomando en cuenta siempre la temperatura ambiental. Para su aplicación, el abanico apropiado de la pistola de pintura, esto quiere decir que se debe toma en cuenta la dirección del viento

Figura 64

Aplicación de fondo



Nota: en esta imagen se puede divisar la aplicación de fondo sobre la zona donde se realizó el trabajo de decapado, esto permitirá tener una mayor protección a la lámina y una mayor adherencia de la pintura, este trabajo se lo realiza después de un largo tiempo de haber aplicado la protección anticorrosiva, ya que sus propiedades van a ser mejores.

3.16 Pintado de la superficie.

Para terminar con la tarea de recubrimiento orgánico, es necesario dejar a la superficie del empenaje por completo cubierta, con la ayuda de pintores expertos en el área, se cubrió con el color indicado toda la parte que estuvo afectado con corrosión sobre el fondo aplicado previamente, hay que recordar que cuando se realiza el proceso de decapamiento, se está quitando toda la protección del material, por este motivo siempre se recomienda que se debe aplicar un recubrimiento con pintura para dejar un acabado más estilizado, garantizando el cuidado de agentes medioambientales como son polvos, suciedad, hongos y entre otros.

Hay que finalizar el proceso pintando el área nuevamente hasta dejarla uniformemente con toda la pintura en general. Para la aplicación de la pintura es necesario considerar los factores ambientales como son el clima, la temperatura entre otros, uno de los cuidados a considerarse es que cuando existe la presencia de una corriente de viento no se debe aplicar la pintura ya que las partículas disparadas de la pistola se esparcirían por el aire ocasionando pérdida del material y un acabado desigual, en caso de que llegue a ocurrir esto, es recomendable limpiar la zona pintada con la ayuda de un trapo con alcohol o thinner, ya que estos ayudaran a dar las correcciones necesarias en caso de necesitarlo.

Al existir la presencia de una lluvia leve se deberá suspender el trabajo de pintura ya que en el caso de continuar con el mismo el cubrimiento orgánico tendera a esparcirse en formas de gotas dejando ondas sobre la superficie del avión. Según la información técnica la realización de la tarea debe hacerse con la presencia de personal calificado para no pasar por contratiempos o fallas posteriores.

Figura 65

Recubrimiento orgánico del empenaje



Nota: En esta imagen se puede ver la aplicación de recubrimiento orgánico como lo es la pintura en la parte baja del empenaje en especial en las zonas con corrosión.

3.17 Pintado del empenaje de la aeronave.

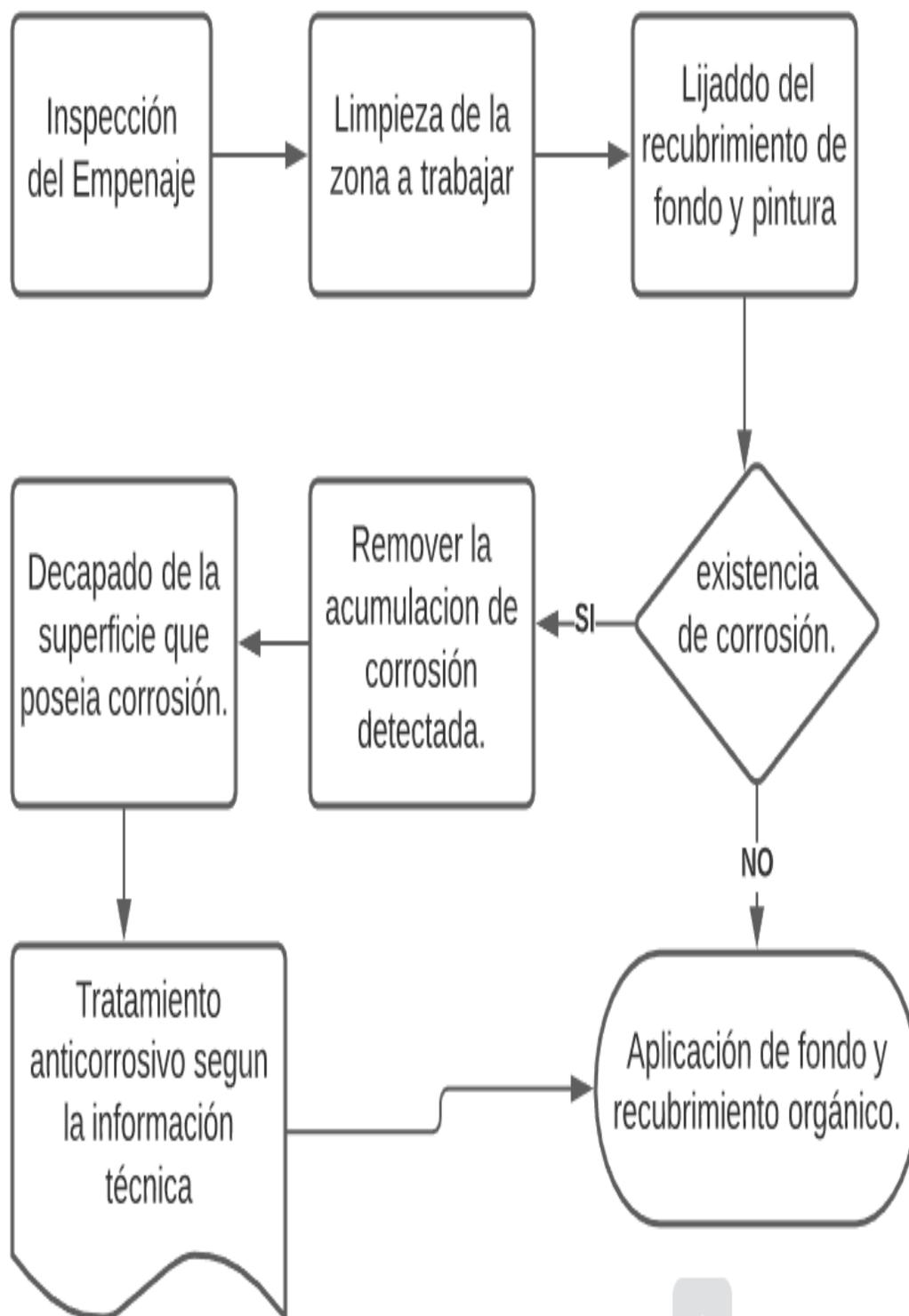
Cuando se realiza trabajos en altura se deberá utilizar el arnés de seguridad sobre el overol de pintura, este se anclara a una superficie estable, el procedimiento se lo realizo desde arriba hacia abajo para ir revisando que no queden fallas al pintar el estabilizador vertical, en el caso de las zonas móviles como el rudder hay que tener especial cuidado de no apoyarse en este para evitar incidentes, e ir pintando incluso en lugares de difícil acceso como son las partes internas donde existe el movimiento de las superficies de control Se debía tener especial cuidado al momento de acercarse hacia las botas tanto del estabilizador horizontal y vertical, ya que estos elementos están compuestos de un material diferente que no puede entrar en contacto con ningún elemento, esto se indica en la información técnica pertinente. Este proceso se lo realizo con la ayuda de una grúa y una canasta que permitieron tener mayor seguridad y facilidades para alcanzar la altura requerida, en este caso era de 8 metros.

Figura 66

Pintado del empenaje.



Nota: En esta imagen se observa la utilización de una grúa y canasta para alcanzar a niveles altos del empenaje, esto permitió optimizar recursos y revisar que la superficie del estabilizador vertical quede en mejores condiciones.

3.18 Diagrama de flujo de inspección de corrosión.

3.19 Costos del proyecto.

3.19.1 Gastos primarios.

Tabla 2

Gastos del proyecto sección empenaje

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR	VALOR
			UNITARIO	TOTAL
1	Cinta de seguridad	1	\$ 4.50	\$ 4.50
2	Lija disco 5° Fandeli velcron #80 hookit	15	\$ 0.30	\$ 4.50
3	Lija disco 5° Fandeli velcron #150 hookit	20	\$ 0.24	\$ 4.80
4	Plástico estática 3.66x1.22 mt mastico	1	\$ 30.56	\$ 30.56
5	Uniprimer gris 3785 cm3 unidas	1	\$ 21.89	\$ 21.89
6	Removedor 3.78 lt wesco	1	\$ 14.55	\$ 14.55
7	Brocha profesional 3° evans	2	\$ 3.89	\$ 7.78
8	Rollo de papel absorbente.	3	\$ 1.40	\$ 4.20
9	Transparente brillo pintura	1	\$ 20.00	\$ 20.00
10	Thinner 18.92 lt	1	\$ 22.94	\$ 22.94
11	Esponja escotch brite	2	\$ 1.00	\$ 2.00
12	Alodine 1201	1	\$ 150.00	\$ 150.00
13	Masking multiuso 24 mm 40yd evans	2	\$ 1.00	\$ 2.00
14	Masking multiuso 48 mm 40yd evans	1	\$ 2.10	\$ 2.10
15	Caja de guantes examinación nitrilo alto riesgo 8 mm	1	\$ 9.53	\$ 9.53
16	Mano de obra	2	\$ 450.00	\$ 900.00
			Valor total:	\$ 1201.35

Nota: En esta tabla muestra los gastos obtenidos en la adquisición del material y mano de obra para desarrollar el proyecto de preservación estructural con tratamiento anticorrosivo.

3.19.2 Gastos secundarios.

Tabla 3

Tabla de costos secundarios

N°	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	Gastos imprevistos	-	\$ 40.00	\$ 40.00
2	Transporte	-	\$ 60.00	\$ 60.00
3	Impresiones	30	\$ 0.15	\$ 4.50
			VALOR TOTAL	\$ 104.50

Nota: En esta tabla se representan los valores correspondientes a costos secundarios adquiridos en el proceso de realización del proyecto.

3.19.3 Costos totales del proyecto.

Tabla 4

Gastos totales

N°	Descripción	Valor Total
1	Gastos Primarios	\$ 1201.35
2	Gastos Secundarios	\$ 104.50
	VALOR TOTAL	\$ 1305.85

Nota: en la tabla se representan los valores totales que se establecieron durante todo el proyecto hasta su finalización.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones:

- Se examinó toda la superficie del empenaje encontrando pequeños puntos de corrosión en la parte baja del mismo, ocasionados por la acumulación de agua de lluvia y partículas contaminantes, para lo cual se delimitó todas las zonas para enfatizar áreas donde se debía empezar a realizar el trabajo anticorrosivo.
- Una vez detectada las áreas de corrosión se procedió a realizar el trabajo de eliminación de la misma con la ayuda de herramientas neumáticas como lijas las cuales permitieron retirar los restos de la superficie de la lámina sin dañar el material original obteniendo un acabado parejo sobre todas las áreas señaladas previamente.
- Para obtener un buen acabado del proyecto es necesario aplicar un producto químico el cual creara una película protectora en la superficie de la lámina, esto permitirá que el empenaje este aislado de cualquier tipo de agente contaminante como polvo o agua de lluvia, evitando nuevamente la formación de corrosión del material aeronáutico.

4.2 Recomendaciones:

- Para obtener un tiempo de duración óptimo es recomendable realizar mantenimiento constante a la superficie del empenaje, en busca de zonas donde el agua de lluvia puede llegar a acumularse, se deberá drenar de manera efectiva para así evitar la oxidación del material, retirar la basura adherida a la pintura del avión con un trapo impregnado en thinner o alcohol.
- Cuando se realicen trabajos de prácticas sobre la superficie del empenaje, es recomendable no realizar rayones o hendiduras en la parte externa del empenaje, ya que esta produciría puntos vulnerables a sufrir corrosión, en caso de que se ocasione alguno de estos, se deberá dar aviso a un docente que identifique el daño, y realice el cubrimiento correcto del área.
- Realizar los trabajos futuros con la ayuda de la documentación técnica correspondiente, revisando los procesos que deben cumplirse, contar con la presencia de un docente a cargo que instruya en los procesos, evitar regar elementos químicos sobre el empenaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Adkins, L. (17 de Febrero de 2020). *KLM Royal Dutch Airlines Boeing 777-206ER tail PH-BQP*; *PINTEREST*. Obtenido de PINTEREST:
<https://www.pinterest.com/pin/559924166142366114/>
- Administration, F. A. (4 de Agosto de 2020). Advisory Circular. *Maintenance Inspection Notes for FAIRCHILD HILLER F-27/FH-227. SERIES AIRCRAFT*. Estados Unidos.
- Agencia EFE. (23 de Marzo de 2020). *China toma la vía capitalista para luchar contra la contaminación*; *Agencia EFE*. Obtenido de Agencia EFE:
<https://www.efe.com/efe/america/portada/china-toma-la-via-capitalista-para-luchar-contr-contaminacion/20000064-2722806>
- Alberto, M. (13 de Febrero de 2020). *Los aviones de Delta Airlines se quedan en tierra por un fallo informático*; *HIPERTEXTUAL*. Obtenido de HIPERTEXTUAL:
<https://hipertextual.com/2016/08/delta-airlines-fallo>
- Atehortua, J. (17 de Junio de 2020). *Control y Prevención de la Corrosión*; *INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS*. Obtenido de INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS: <https://www.josemiguelatehortua.com/lecciones-aprendidas/control-y-prevenci%C3%B3n-corrosion/>
- Atehortua, J. (18 de Mayo de 2020). *CRITERIOS PARA LA INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE DAÑOS*; *INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS*. Obtenido de INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS: <https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/tips-criterios-de-inspecci%C3%B3n/>
- Atehortua, Jose. (6 de Abril de 2020). *CORROSIÓN INFLUENCIADA*; *INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS*. Obtenido de INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS: <https://www.josemiguelatehortua.com/lecciones-aprendidas/crecimiento-microbiano-tanques-de-combustible/>
- Atehortúa, M. (2 de Marzo de 2020). *AERONAVES EN AMBIENTES CORROSIVOS*; *INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS*. Obtenido de INGENIERÍA Y ESTRUCTURAS

AERONÁUTICAS: <https://www.josemiguelatehortua.com/lecciones-aprendidas/aeronaves-en-ambientes-corrosivos/>

Aviation, A. F. (2020). *Corrosion Prevention and Control Programs*. Unites States.

Benitez, G., Jimenéz, V., & Orjuela, J. (7 de Agosto de 2020). *Empenaje Del Avión: Prezi*.
Obtenido de Prezi: <https://prezi.com/dhwwzbcng9j/empenaje-del-avion/>

BMWFAQCLUB. (12 de Marzo de 2020). *Temas de Aviación; BMWFAQCLUB*. Obtenido de
BMWFAQCLUB: <https://www.bmwfaq.org/threads/temas-de-aviacion-el-punto-de-encuentro-de-aficionados-del-bmwfaq.591713/page-39>

BOEING. (2020). *Maintenance Manual Aircraft*. United States.

Borneo, R. (4 de Mayo de 2020). *La corrosion electroquímica; Clases de Química*. Obtenido de
Clases de Química: <http://clasesdequimica.blogspot.com/2010/11/la-corrosion-electroquimica.html>

Condor. (13 de Julio de 2020). *Condor asegura la gestión ordenada de los slots aeroportuarios, maximizando la capacidad operativa del aeropuerto; Condor*. Obtenido de Condor:
<https://www.ikusi.aero/es/condor-slots-aeroportuarios>

Cortés, A. (21 de Abril de 2020). *Corrosión por picaduras; SLIDESHARE*. Obtenido de SLIDESHARE:
<https://es.slideshare.net/Augusto2602/cp-final-42032904>

DreamsTime. (7 de Mayo de 2020). *Viejo detalle de aluminio de un avión militar, corrosión superficial; DreamsTime*. Obtenido de DreamsTime: <https://es.dreamstime.com/viejo-detalle-de-aluminio-un-avi%C3%B3n-militar-corrosi%C3%B3n-superficial-del-fondo-image112418662>

Duber, R. (5 de Julio de 2020). *TIPOS DE CORROSIÓN EN AVIACIÓN: SLIDESHARE.NET*. Obtenido de SLIDESHARE.NET: <https://es.slideshare.net/duberramirez73/tipos-de-corrosion-clase-rapida-dr>

EnElAire. (27 de Marzo de 2020). *¿Cuánta radiación absorbes al volar?; EnElAire*. Obtenido de
EnElAire: <http://enelaire.mx/cuanta-radiacion-absorbes-al-volar/>

- Escuela Politécnica Nacional. (2020). *Tesis "CORROSIÓN Y DEGRADACIÓN DE LOS METALES"*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Gallardo, J., Paniagua, J., Ramírez, C., Reyes, O., Sanchez, J., & Vega, J. (2020). *Corrosión en Aeronaves*. México D.F.: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Profesional de Ticomán.
- Graham, P. (8 de Junio de 2020). *Tres formas de ensayos no destructivos para llevar la seguridad aeronáutica a lo más alto; OLYMPUS*. Obtenido de OLYMPUS: <https://www.olympus-ims.com/es/insight/3-ways-ndt-helps-take-aircraft-safety-to-new-heights/>
- Henrickson, R. (18 de Febrero de 2020). *Canards (azul) del Saab Viggen; Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Canard#/media/Archivo:SaabViggen_Canards.jpg
- Hofina, S. (17 de Febrero de 2020). *HC-BHD; JETPHOTOS*. Obtenido de JETPHOTOS: <https://www.jetphotos.com/photo/8184909>
- ITAérea. (18 de Febrero de 2020). *Mantenimiento Aeronáutico; ITAérea*. Obtenido de ITAérea: <https://www.itaarea.es/mantenimiento-aeronautico>
- ITMEXICALI. (14 de Febrero de 2020). *Empenaje; ITMEXICALI*. Obtenido de ITMEXICALI: <http://www.itmexicali.edu.mx/jlqv/mecatronica/aeronaves/emp/index.htm>
- Larenas, N. (18 de Febrero de 2020). *Recorrido al MRO de Avianca en Rionegro; NLARENAS.COM*. Obtenido de NLARENAS.COM: <https://www.nlarenas.com/2018/05/mro-de-avianca-en-rionegro/>
- Manzano, A. (18 de Febrero de 2020). *Mantenimiento de Aviones Inactivos; AERTEC Solutions Aerospace and Aviation*. Obtenido de AERTEC Solutions Aerospace and Aviation: <https://aertecsolutions.com/2017/06/12/mantenimiento-de-aviones-inactivos/>
- Muñoz, M. (18 de Marzo de 2020). *Principios Básicos Atmosfera; Manual de Vuelo*. Obtenido de Manual de Vuelo: https://www.manualvuelo.es/1pbav/11_atmos.html
- NASA. (18 de Junio de 2020). *Timón de profundidad; WIKIPEDIA*. Obtenido de WIKIPEDIA: https://es.wikipedia.org/wiki/Tim%C3%B3n_de_profundidad

- Paucar, W. (2020). Tesis "“ELABORACIÓN DE UN CD INTERACTIVO DE ENSEÑANZA DEL TRATAMIENTO ANTICORROSIVO QUE SE ENCUENTRA EN LAS AERONAVES”". Latacunga: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ESPE.
- PORTAFOLIO. (18 de Febrero de 2020). *Desde el próximo año Avianca no funcionará más en el Puente Aéreo*; PORTAFOLIO. Obtenido de PORTAFOLIO:
<https://www.portafolio.co/negocios/empresas/avianca-no-funcionara-mas-en-el-puente-aereo-512396>
- PXfuel. (20 de Marzo de 2020). *Lluvia, Avion*; PXfuel. Obtenido de PXfuel:
<https://www.pxfuel.com/es/free-photo-ovjxw>
- Raffino, M. (25 de Agosto de 2020). *¿Que es la Corrosión?: CONCEPTO.de*. Obtenido de CONCEPTO.de: <https://concepto.de/corrosion/>
- Romero, J., & Meléndez, A. (2020). Tesis "DESARROLLO DE RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO TIPO CERAMICO PARA SU USO EN LA INDUSTRIA AERONAUTICA". Guanajuato: Instituto Politecnico Nacional.
- Rota, S. (10 de Febrero de 2020). *HC-BHD; FlickRiver*. Obtenido de FlickRiver:
<https://www.flickriver.com/photos/tags/hcbhd/interesting/>
- Sopotnicka, E. (9 de Agosto de 2020). *Foto de archivo - Restauración de un avión. Molienda y la pintura*; 123RF. Obtenido de 123RF:
https://es.123rf.com/photo_62719325_restauraci%C3%B3n-de-un-avi%C3%B3n-molienda-y-la-pintura-.html
- THE AVIATION CONSUMER. (12 de Marzo de 2020). *Taming Corrosion: Inspect, Treat, Repeat; THE AVIATION CONSUMER*. Obtenido de THE AVIATION CONSUMER:
<https://www.aviationconsumer.com/maintenance/taming-corrosion-inspect-treat-repeat/>
- Torres, C. (2020). Tesis "DESMONTAJE DEL ALA IZQUIERDA DEL AVION FAIRCHILD FH-227 CON MATRICULA HC-BHD PARA SU TRASLADO DE ALA N° 11 HASTA EL CAMPUS DEL INSTITUTO TECNOLOGICO SUPERIOR AERONAUTICO". Latacunga: Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ITSA.

U.S. Air Force. (15 de Mayo de 2020). *Staff Sgt Jeremiah Smith and Senior Airman Theodore Cupp, F-22 crew chiefs from the 525th Expeditionary Aircraft Maintenance*. Obtenido de Alamy: <https://www.alamy.com/stock-photo-staff-sgt-jeremiah-smith-and-senior-airman-theodore-cupp-f-22-crew-75860657.html?pv=1&stamp=2&imageid=DC353F75-D323-46A7-B44E-CAEB7CDCB36E&p=191312&n=0&orientation=0&pn=1&searchtype=0&IsFromSearch=1&srch=foo%3dbar%26st%3d>

WeaponNews. (9 de Abril de 2020). *Mostrando la corrosión y descomposición en la superficie de la F-22; WeapoNews*. Obtenido de WeapoNews: <https://www.weaponews.com/es/news/39109-mostrando-la-corrosi-n-y-descomposicion-en-la-superficie-de-la-f-22-de.html>

Wikimedia Commons. (17 de Febrero de 2020). *Bae146; Wikimedia Commons*. Obtenido de Wikimedia Commons: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bae146.avrorj85.arp.750pix.jpg>

Wikipedia. (14 de Febrero de 2020). *Blackburn B-101 Beverley; Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Blackburn_B-101_Beverley

Wikipedia. (10 de Febrero de 2020). *es.wikipedia.org*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_Hiller_FH-227

Wikipedia. (20 de Junio de 2020). *Fairchild Hiller FH-227*. Obtenido de Wikipedia enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Fairchild_Hiller_FH-227

Wikipedia.org. (10 de Marzo de 2020). *Esquema de oxidación del hierro, ejemplo de corrosión del tipo polarizada; Wikipedia.org*. Obtenido de Wikipedia.org: <https://es.wikipedia.org/wiki/Corrosi%C3%B3n>

Wikiwand. (13 de Febrero de 2020). *Beechcraft Bonanza; Wikiwand*. Obtenido de Wikiwand: https://www.wikiwand.com/es/Beechcraft_Bonanza

GLOSARIO:

- **Empenaje:** Área mayor de la aeronave ubicada en la parte posterior de la misma, que cuenta con superficies de control primarias; estabilizador vertical con rudder como principal y horizontal con los elevadores.
- **Corrosión:** proceso de descomposición o de degradación de materiales por consecuencia de una reacción electroquímica.
- **Electrolito:** toda sustancia líquida que está compuesta por iones.
- **Humedad:** vapor de agua presente en la atmósfera.
- **Inspección:** comprobación de un producto mediante una revisión establecida previamente en un programa creado para el control.
- **Programa de Prevención y Control de la Corrosión:** programa que permite al explotador operar su aeronave sin depender de las condiciones ambientales, posee distintas técnicas y guías de cómo actuar ante la presencia de corrosión.
- **Manual de Mantenimiento Aeronáutico:** conjunto de parámetros y procedimientos establecidos por el fabricante y avalados por la autoridad aeronáutica que permitirán realizar los procesos de mantenimiento a una aeronave en condiciones seguras.

ANÉXOS