



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

**MONOGRAFÍA: PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGA EN: MECÁNICA AERONÁUTICA MENCION MOTORES**

**TEMA: INSPECCIÓN DE LOS MONTANTES DE LAS ALAS Y DE LOS
TANQUES PRINCIPALES DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE
FAIRCHILD F-27 MEDIANTE EL USO DE DOCUMENTACIÓN
TÉCNICA PARA PRESERVAR EL AVIÓN ESCUELA DE LA CARRERA
DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE**

AUTORA: VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN

DIRECTOR: TLGO. DÍAZ PACUSHCA, CRISTIAN EDWAR

LATACUNGA

2020

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES****CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES****CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN DE LOS MONTANTES DE LAS ALAS Y DE LOS TANQUES PRINCIPALES DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE FAIRCHILD F-27 MEDIANTE EL USO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA PRESERVAR EL AVIÓN ESCUELA DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE”**, fue realizado por la señorita **VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 04 Febrero del 2020

Firma:

TLGO. DIAZ PACUSHCA, CRISTIAN EDWAR

DIRECTOR

C.C.: 1600408429

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES****CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES****AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **INSPECCIÓN DE LOS MONTANTES DE LAS ALAS Y DE LOS TANQUES PRINCIPALES DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE FAIRCHILD F-27 MEDIANTE EL USO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA PRESERVAR EL AVIÓN ESCUELA DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, 04 Febrero del 2020

Firma:

VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN

C.C.: 1754339776



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MÉCANICA AERONÁUTICA
MENCION MOTORES**

AUTORIZACIÓN

Yo , **VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **INSPECCIÓN DE LOS MONTANTES DE LAS ALAS Y DE LOS TANQUES PRINCIPALES DE COMBUSTIBLE DE LA AERONAVE FAIRCHILD F-27 MEDIANTE EL USO DE DOCUMENTACIÓN TÉCNICA PARA PRESERVAR EL AVIÓN ESCUELA DE LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA PERTENECIENTE A LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS-ESPE**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 04 Febrero del 2020

Firma:

VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN

C.C.: 1754339776

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas aquellas personas que estuvieron conmigo desde principio a fin en el desarrollo de este trabajo de grado. Quienes me animaron a continuar, cuando sentía que era difícil.

A aquella mujer que me dio la vida y que con su fortaleza a diario me demostraba su amor incondicional, la dueña de mis logros y la inspiración para cumplir cada uno de mis sueños, a ella que sin su apoyo no hubiese sido posible llegar hasta este punto de mi vida, a mi dulce y adorada madre Sandra la poseedora de este proyecto de grado.

A mis abuelos Rosa y Augusto por su amor y apoyo cuando más lo he necesitado, que con su manera de ser me han inculcado sus valores para convertirme en la mujer que soy ahora, porque son quienes me impulsan a ir más allá de mis límites a través de sus sabias palabras y su gran ejemplo de honestidad, grandeza y humildad.

A mis hermanos Adonis, Gissel y Milagros que a pesar de todo han sido mi mano derecha y uno de mis pilares fundamentales para seguir de pie y continuar siempre sabiendo que tengo a quienes enseñar y dar un buen ejemplo para que sigan superando y demostrando que si queremos podemos.

A mis tías Roció y Mónica por ser mis otras madres y amarme tal y como a una hija, y que con sus consejos diarios me han ayudado a fortalecer mi carácter y ser mejor. A mis tíos Polo y Freddy que han sido como mis padres y se han preocupado y deseado siempre lo mejor. A Sofía, Cristina, Evelyn, Carlos, Mauricio, Jair, Edwar, Monserrat y Leo que me demuestran que no solo nos podemos querer como primos si no aún mejor amarnos como hermanos.

MISHEL CAROLIN VILLALBA FLORES

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por cada detalle y momento durante la realización de este proyecto de grado y por cada día en el cual me permitió despertar con salud y fuerza para continuar a diario hasta lograrlo. Gracias nuevamente por mi hermosa familia y por permitirme conocer y convivir con mis abuelos y disfrutar de su compañía que ha sido siempre lo mejor del mundo. Gracias por ser luchadores por su familia y personas dignas de admirar y entregar todo por los que aman.

Agradezco a mi madre por el amor que eh recibido de ella, su dedicación y sobretodo su paciencia con la que a diario se preocupaba por el desarrollo de este trabajo. Por creer en mí y siempre desear y anhelar siempre lo mejor para mi vida, muchas gracias por los consejos y las palabras de aliento que me guiaron durante toda mi vida.

A mis profesores quienes me enseñaron aún más el amor a la carrera, gracias por su manera de enseñar y haberme instruido muy bien compartiendo sus conocimientos con excelencia. A mi tutor Cristian Díaz por cada momento dedicado a aclarar cualquier duda que se presentara y agradecerle por la claridad y exactitud con lo que lo hizo.

A mi madrina que desde muy niña me motivo con su ejemplo a ser grande y lograr todo mis propósitos, a ella que ha estado pendiente de mí y de mi hermano sin necesidad de promesas, simplemente por el hecho de amor a su propia sangre, gracias.

Finalmente quiero agradecer a Andy porque a lo largo del camino a hasta este punto me brindo su compañía, comprensión, paciencia y tiempo, a Andrea que con su lealtad y amistad me enseñó lo que es una verdadera amistad. A mis compañeros y a la familia de Conectados con Cristo que siempre estuvieron presentes haciendo, que cada día lejos de casa sea más acogedor con su presencia, quienes me brindaron otra familia para compartir.

MISHEL CAROLIN VILLALBA FLORES.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA

CERTIFICACIÓN	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación e importancia	3
1.4	Objetivos.....	4

1.4.1	General	4
1.4.2	Específicos.....	4
1.5	Alcance	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Historia de la aviación	5
2.2	Primer vuelo	5
2.3	Aeronave.....	7
2.3.3	Tipos de aeronaves	7
a)	Aeróstatos	7
b)	Aerodinos	9
2.4	Historia de la aeronave Fairchild F-27	19
2.5	Especificaciones técnicas del Fairchild F-27	20
2.6	Sistemas del avión	21
2.6.1	Sistema de Lubricación	21
a)	Componentes	22
2.6.2	Sistema de hidráulico	22
2.6.3	Sistema neumático.....	22

2.6.4	Sistema de combustible	23
a)	Sistema de distribución de combustible	23
2.7	Tanques.....	26
2.7.1	Tanques rígidos	27
2.7.2	Tanques Elásticos o flexibles	28
2.7.3	Tanque Integral.....	28
2.8	Tipos de combustible.....	29
2.8.1	Gasolinas de aviación	30
a)	Grado 80	30
b)	Grado 100	30
c)	Grado 100 LL	30
2.8.2	Combustibles de turbinas de aviación	30
2.9	Mantenimiento.....	31
2.9.1	Tipos de mantenimiento	31
a)	Mantenimiento programado	32
b)	Mantenimiento no programado	34
2.10	Inspección.....	35
2.10.1	Inspección Visual	36
a)	Partículas Magnéticas	37

b)	Inspección por ultrasonidos	37
c)	Boroscopía	38
d)	Líquidos Penetrantes	39
2.11	Ala	42
2.11.1	Superficies de control	43
2.11.2	Estructura de un ala	45

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Preliminares	47
3.2	Estudio técnico	47
3.3	Análisis de factibilidad	48
3.4	Herramientas y Materiales	48
3.5	Equipos de protección personal	49
3.6	Equipos de apoyo	49
3.7	Inspección de los tanques integrales de combustible	50
3.7.1	Inspección de los tanques integrales de combustible	50
3.7.1	Inspección de los montantes de las alas	56
a)	Desmontaje de las alas	57

b)	NDI de los montantes de las alas.....	64
c)	Montaje de las alas	68

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	CONCLUSIONES.....	73
-----	-------------------	----

4.2	RECOMENDACIONES	74
-----	-----------------------	----

	GLOSARIO DE TÉRMINOS	75
--	-----------------------------------	-----------

	ABREVIATURAS	76
--	---------------------------	-----------

	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
--	---	-----------

	ANEXOS	80
--	---------------------	-----------

ANEXO A: TABLA DE ESPECIFICACIÓN DE TORQUES

ANEXO B: ALAS EXTERNAS DE LA AERONAVE FAIRCHILD F-27

ANEXO C: ESTACIONES DE LAS ALAS EXTERNAS DE LA AERONAVE F-27

ANEXO D: INSPECCIÓN DE LOS TANQUES INTEGRALES DE COMBUSTIBLE

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dirigible n°3 de Alberti Santos-Dumont, 1899	6
Figura 2. Hombres Audaces	7
Figura 3. Globo aerostático	8
Figura 4. Dirigible	9
Figura 5. Planeador	11
Figura 6. Parapente.....	12
Figura 7. Avión anfibia Canadair.....	13
Figura 8. Hidroavión DeHavilland single Otter Harbour.....	13
Figura 9. B737	14
Figura 10. Tu-144.....	15
Figura 11. X-15	16
Figura 12. Autogiro	17
Figura 13. Girodino	17
Figura 14. Helicóptero	18
Figura 15. Bell 206 Jet Ranger III.....	18
Figura 16. Ornitóptero Schmid 1942	19
Figura 17. Fairchild F-27	20
Figura 18. Tres vistas de las Dimensiones del Fairchild F-27	21
Figura 19. Partes de un tanque rígido.....	27
Figura 20. Tanque tipo flexible	28
Figura 21. Ala con tanque integral.....	29

<i>Figura 22.</i> Combustibles de aviación	31
<i>Figura 23.</i> Principios básicos de partículas magnéticas	37
<i>Figura 24.</i> Limpieza inicial	40
<i>Figura 25.</i> Aplicación del penetrante	40
<i>Figura 26.</i> Remoción de exceso	40
<i>Figura 27.</i> Revelado	41
<i>Figura 28.</i> Inspección	41
<i>Figura 29.</i> Superficies de control	43
<i>Figura 30.</i> Alerones	44
<i>Figura 31.</i> Formas típicas de los bordes de ataque y de fuga del ala.	46
<i>Figura 32.</i> Tapón del tanque de combustible	51
<i>Figura 33.</i> Tapas de acceso al borde de salida	51
<i>Figura 34.</i> Estructura de tanques externos	52
<i>Figura 35.</i> Drene de combustible	52
<i>Figura 36.</i> Tapas de inspección	53
<i>Figura 37.</i> Válvula de venteo	53
<i>Figura 38.</i> Estructura interna libre de daños	54
<i>Figura 39.</i> Sellador sin burbujas de aire	54
<i>Figura 40.</i> Componentes internos de los tanques	55
<i>Figura 41.</i> Cables en perfecto estado	55
<i>Figura 42.</i> Colocación de las tapas	56
<i>Figura 43.</i> Punto de drenaje	57
<i>Figura 44.</i> Desconexión de cañerías y cables	58

Figura 45. Tornillo sin fin	58
Figura 46. Poleas de los controles de vuelo	59
Figura 47. Tapa de acceso cerrada	59
Figura 48. Desconexión de líneas de combustible	60
Figura 49. Tuercas de las fajas laterales.....	60
Figura 50. Tuercas de las fajas inferiores.....	61
Figura 51. Colocación de ganchos	61
Figura 52. Colocación de grilletes	62
Figura 53. Colocación de la eslinga en la Grúa.....	62
Figura 54. Montantes removidos.....	63
Figura 55. Ala desmontada	63
Figura 56. Limpieza de Shims	64
Figura 57. Limpieza de los montantes	64
Figura 58. Shock Mountings limpio.....	65
Figura 59. Aplicación de líquido penetrante	66
Figura 60. Limpieza de exceso de líquido penetrante	66
Figura 61. Montantes cubiertos de revelador	67
Figura 62. Montantes bajo la luz ultravioleta.....	67
Figura 63. Montantes limpios	68
Figura 64. Montantes engrasados.....	69
Figura 65. Colocación de montantes	69
Figura 66. Aplicación de torque a los montantes	70
Figura 67. Pernos superiores de la faja superior	71

Figura 68. Ajuste del tornillo71

Figura 69. Cables del alerón derecho72

RESUMEN

El presente proyecto describe los pasos y procedimientos a realizarse en una inspección de los montantes de las alas y de los tanques principales de combustible de la aeronave FAIRCHILD F-27 mediante el uso de documentación técnica para preservar el avión escuela de la Universidad de las Fuerzas Armadas ubicada en Belisario Quevedo, dicha inspección comprende de una serie de procedimientos menores que son aplicables para dicha aeronave. Formulando así en un inicio el tema de inspección de los montantes y tanques de las alas y el planteamiento del problema que dio como resultado la necesidad de la realizar este proyecto y los objetivos planteados para poder dar solución a la problemática observada. Para ello se desarrolla el marco teórico con el objetivo de dar a conocer de manera rápida conocimientos básicos de sistemas, componentes que poseen una aeronave y los tipos de mantenimiento e inspecciones a la que una aeronave puede ser sometida, teniendo en cuenta la previa instrucción, explicamos en el desarrollo del tema cada una de las tareas de inspección con sus respectivos pasos emitidos por el fabricante de dicha aeronave. Como último punto se observan las conclusiones de la monografía, las cuales son de gran ayuda para la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento a desarrollarse en el avión escuela de la carrera de Mecánica Aeronáutica.

PALABRAS CLAVE:

- **AERONAVE FAIRCHILD F-27**
- **AERONAVES - COMBUSTIBLE**
- **AERONAVES - MANTENIMIENTO**

ABSTRACT

The present project describes the steps and procedures to be followed in an inspection of the wing posts and main fuel tanks of the FAIRCHILD F-27 aircraft using technical documentation to preserve the school aircraft of the University of the Armed Forces located in Belisario Quevedo. The inspection includes a series of minor procedures that are applicable to the aircraft. The inspection of the wing uprights and tanks was initially formulated and the problem was raised, which resulted in the need to carry out this project and the objectives set to solve the problem observed. For this purpose, the theoretical framework is developed with the aim of quickly providing basic knowledge of systems, components that an aircraft has and the types of maintenance and inspections to which an aircraft can be subjected. Taking into account the previous instruction, we explain in the development of the subject each of the inspection tasks with their respective steps issued by the manufacturer of that aircraft. As a last point, we observe the conclusions of the monograph, which are of great help for the correct execution of the maintenance tasks to be developed in the aircraft school of the Aeronautical Mechanics career.

KEY WORDS

- **FAIRCHILD F-27 AIRCRAFT**
- **AIRCRAFT - FUEL**
- **AIRCRAFT - MAINTENANCE**

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El ámbito aeronáutico a nivel mundial está sujeto en base a la información técnica propiamente emitida por la casa fabricante, es así el caso que las respectivas tareas de mantenimiento de los montantes de las alas y tanques de combustible requieren de un estudio minucioso de la información debidamente prescrita. En Ecuador las inspecciones están fundamentadas principalmente por la respectiva información admitida por los entes reguladores que emiten la certificación de aeronavegabilidad, asegurando así la integridad del personal técnico aeronáutico.

La Unidad de Gestión de Tecnologías perteneciente a la Escuela Superior Politécnica del Ejército ubicada en la ciudad de Latacunga es una institución que ofrece variados campos de estudios que se derivan de la rama de la aeronáutica y promete formar profesionales independientes y capaces de aportar sus conocimientos tanto a este campo como a la sociedad venidera.

La institución cuenta con el material didáctico suficiente para formar profesionales eficientes, de tal manera que tengan la capacidad de realizar tareas de inspección, mantenimiento, remoción e instalación de componentes, permitiendo que los estudiantes de Mecánica Aeronáutica hagan uso de los aviones escuela y adquieran mayores conocimientos mediante la práctica en conjunto con la teoría, lo cual ayuda en el desarrollo profesional de los estudiantes de esta prestigiosa Universidad.

Por lo cual se ha observado las necesidades que poseen los estudiantes para realizar las prácticas de mantenimiento y con el propósito de poder aumentar habilidades y destrezas en la aplicación de conocimientos, se ha visto la posibilidad de realizar una inspección de los montantes de las alas y de los tanques principales de la aeronave Fairchild F-27, aplazando la vida útil de los elementos del avión escuela.

1.2 Planteamiento del problema

Desde la llegada del avión escuela para las prácticas tutoriadas de los estudiantes, no se ha podido contar con los recursos suficientes para realizar el mantenimiento necesario y preservarlo adecuadamente, debido a que mantener una aeronave de la mejor manera requiere de un alto costo de las herramientas e implementos a ser usados.

Haciendo énfasis en lo que son las inspecciones, se ha notado la falta de revisiones periódicas en su debido tiempo y cabe recalcar que al no ejecutar dichas tareas de inspección el avión está expuesto a más daños estructurales por deterioro el cual por consiguiente atraerá daños irreversibles y provocará que con el pasar del tiempo se siga desgastando.

Debido a la falta de recursos y escasa información técnica se ha examinado al avión escuela de la Unidad de Gestión de Tecnologías por lo cual se dedujo que el avión se encuentra en alto grado de deterioro, es por ello que se debe realizar ciertas inspecciones para mantenerlo en buenas condiciones y así este pueda continuar siendo la fuente primordial del crecimiento de la comunidad estudiantil.

1.3 Justificación e importancia

La Unidad de Gestión de Tecnologías es considerada como el primer Centro de Instrucción a nivel nacional aprobado por la Dirección General de Aviación Civil que forma técnicos en mantenimiento de Aeronaves y sus sistemas, siendo esta la fuente principal del nacimiento de nuevos tecnólogos aeronáuticos, es por este motivo que pongo a consideración las inspecciones mencionadas a realizarse en el avión escuela. Nuestra institución ha visto la necesidad de conservación de sus aviones escuela mirado a futuro ya que estos serán materiales de impartición de conocimientos de las nuevas generaciones de estudiantes.

La práctica de inspección de los montantes de las alas y tanques de combustible de la aeronave FAIRCHILD F-27 se plantea con el objetivo de adquirir nuevos conocimientos y práctica del uso de nuevas herramientas y el nuevo aprendizaje. En este proyecto se incluirán a los instructores quienes aportaran su conocimiento y práctica en el del desarrollo de tal manera que se mantendrá su material didáctico en buenas condiciones durante mucho más tiempo y así ellos seguir impartiendo instrucción de calidad a sus estudiantes

En razón de que al realizar la inspección y preservación de dichos componentes, los mayores beneficiados serán los estudiantes de la institución quienes serán los que realizaran tareas de mantenimiento tutoriadas a futuro, y de esta manera mejoraran y ampliaran sus conocimientos para formar profesionales de excelencia.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

Inspeccionar los montantes de las alas y los tanques principales de combustible de la aeronave Fairchild F-27 mediante el uso de documentación técnica para preservar el avión escuela de la Carrera de Mecánica Aeronáutica perteneciente Unidad de Gestión de Tecnologías-ESPE

1.4.2 Específicos

- Constatar el estado actual del vástago de cada uno de los montantes.
- Examinar superficialmente la estructura de los tanques de combustible de las alas externas.
- Realizar la inspección aplicando el manejo de la respectiva información emitida por la casa fabricante Fairchild F-27.

1.5 Alcance

El propósito de la inspección de los montantes de las alas y tanques de combustible de la aeronave FAIRCHILD F-27, es observar el estado en el cual se encuentran los componentes del sistema de combustible, desmontaje y montaje de las alas y la inspección de ensayo no destructivo de los montantes con la intención de preservar el avión, debido a que la aeronave al ser un material didáctico importante es vital priorizar el estado en el que se encuentra su funcionalidad puesto que depende de ello para un fácil aprendizaje de los sistemas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia de la aviación

Durante miles de años, la tercera dimensión, el espacio sobre la superficie terrestre, pareció vedada al hombre. Nacido sin alas, encadenado a la tierra, este extraordinario mamífero, que sabía hacer fuego y caminaba erecto, comprendió, sin embargo, que precisamente esas regiones inalcanzables determinaban su vida: allá arriba en el espacio recorría su ruta el globo ígneo, cuyos rayos entibiaban el aire y hacían brotar la vegetación, allá en aquella región misteriosa habitaba la luna de cambiante forma y resplandecían las estrellas, flotaban las nubes y fulgían los relámpagos. Desde el espacio caían la lluvia, la nieve, el granizo destructor los vivificantes rayos solares. Parecía evidente que esa gran cúpula azul ocultaba un invisible reino poblado por espíritus, demonios, dioses y otros seres que gobernaban el destino humano. El "cielo" de antaño no es más que esa tercera dimensión aún inexplorada que hoy llamamos "espacio". (Patricio & Antonio, Imitar el vuelo de los pájaros, 2001)

2.2 Primer vuelo

El primer ser humano hombre en tomar vuelo a bordo de una aeronave impulsado por un motor aeronáutico fue Alberto Santos Dumont. Aunque se suele considerar a los hermanos Wright como los primeros en realizar esta hazaña, Santos Dumont fue el primero que lo hizo bajo supervisión oficial. El 23 de octubre de 1906 voló cerca de 60 metros con su modelo 14-bis en París. Cerca de un mes después repitió la hazaña frente a una multitud de testigos y recorrió 220 metros a 6 metros de altura. Este fue posiblemente la primera demostración pública de un

vehículo despegando por sus propios medios. Este despegue auto-impulsado es la razón por la que Alberto Santos Dumont es considerado por la comunidad científica y aeronáutica como el «Padre de la aviación». (Vaiu - Cigarrillos Electrónicos SL, 2015)

En los años de sus inicios se centró más lo que es el vuelo aerostático con la idea de mejorar la maniobrabilidad de los globos. Primero creó su globo n° 1, con motor de gasolina y forma alargada como un cigarro puro. El 20 de septiembre de 1898 realizó el primer vuelo de un globo autopropulsado volando sobre París. (Vaiu - Cigarrillos Electrónicos SL, 2015)

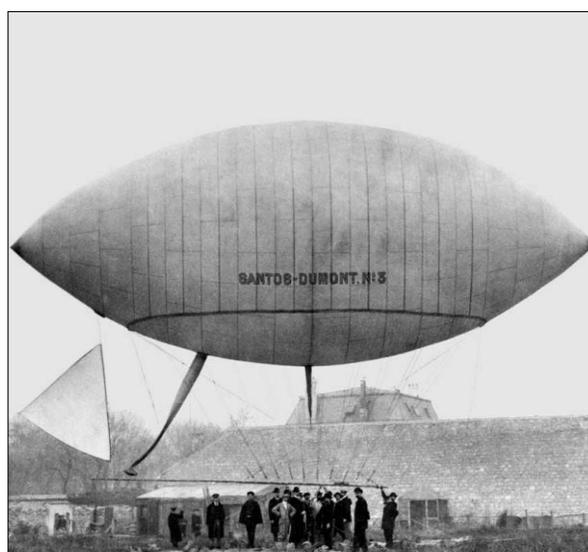


Figura 1. Dirigible n°3 de Alberti Santos-Dumont, 1899
Fuente: (Vaiu - Cigarrillos Electrónicos SL, 2015)

En varios intentos por conseguir alzar el vuelo los hermanos Wright hacen gran parte de la historia y avances para lograrlo, con lo cual detrás de varios experimentos e intentos con planeadores obtuvieron el desarrollo y culminación de su primer avión el cual fue impulsado por un motor de gasolina de 4 cilindros, este fue nombrado El volador “The Flyer”. (Patricio, LA HISTORIA DE LA AVIACION, 2003)



Figura 2. Hombres Audaces

Fuente: (Patricio, *LA HISTORIA DE LA AVIACION*, 2003)

2.3 Aeronave

Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra. Las aeronaves, se pueden tipificar en base a múltiples criterios de clasificación. (OACI, ANEXO 1, 2011)

2.3.3 Tipos de aeronaves

Los tipos de aeronaves se los puede clasificar en dos tipos que vienen a ser los aerostatos y aerodinos.

a) Aeróstatos

Aeronaves más ligeras que el aire, caracterizadas por contener un fluido de menor densidad que el aire, como por ejemplo hidrógeno o helio. En este grupo se engloban los dirigibles y los globos aerostáticos. (OACI, Tipos de aeronaves, 2008)

a.1 Globos

Los primeros vuelos tripulados en globo, que tuvieron lugar en Francia hace 200 años, se inspiraron en la investigación básica sobre la naturaleza de los gases realizada por algunos de los principales químicos de la época. (Scott, 1984)

Los globos aerostáticos son globos de tela ligera e impermeable que, llenos de aire caliente o de gas hidrógeno, se elevan en la atmósfera en virtud de su ligereza relativa. Débese la invención de estos globos a los hermanos Esteban y José Montgolfiers, fabricantes de papel en la pequeña ciudad de Annonay, en donde se efectuó el primer ensayo el día 5 de junio de 1783. Hízose el globo de tela forrada de papel, teniendo 36 metros de circunferencia y pesando 250 kilogramos. Como estaba abierto en su parte inferior, le llenaron de aire caliente, quemando en la inferior papel, lana y paja mojada. (Scott, 1984)



Figura 3. Globo aerostático
Fuente: (Aero21, 2016)

a.2 Dirigibles

Un dirigible es un gran globo de gas de consistencia más ligera que el aire que puede ser navegado por medio del uso de un conjunto de hélices impulsadas por un motor que le da

movimiento. Hay tres diferentes tipos de aeronaves dirigibles: los dirigibles rígidos que tiene un marco de metal interno que sirve para mantener la forma de la envoltura que tiene el dirigible; las semirrígidas en los cuales las barras rígidas pasan a lo largo del sobre para poder mantener adecuadamente su forma; y los no rígidos en los cuales la presión interna del gas de levantamiento, usualmente el helio, logra mantener la forma de la envoltura. (Briceño, 2019)



Figura 4. Dirigible
Fuente: (Briceño, 2019)

b) Aerodinos

Aeronaves más densas o pesadas que el fluido en el que se mueven. Consiguen generar sustentación mediante el desarrollo de fuerzas fluido dinámicas generadas en alas fijas o alas giratorias. (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

Los aerodinos se pueden clasificar en sistemas sin motor y sistemas con motor. (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

b.1 Aerodinos sin sistema propulsor

b.1.1 Planeadores

Un planeador es un tipo especial de avión que no tiene motor. Hay muchos tipos diferentes de planeadores. Los aviones de papel son los planeadores más sencillos de construir y volar. Los planeadores de juguete de madera de balsa o espuma de polietileno son un vehículo económico para que los estudiantes se diviertan mientras aprenden los fundamentos de la aerodinámica. Los alas delta son aviones pilotados que tienen alas de tela y una estructura mínima. Algunas alas delta se parecen a cometas pilotadas, mientras que otras parecen paracaídas maniobrables. Los veleros son planeadores pilotados que tienen partes estándar de la aeronave, construcción y sistemas de control de vuelo, pero no tienen motor. El transbordador espacial regresa a la tierra como un planeador; los motores de los cohetes se usan sólo durante el despegue. Incluso los hermanos Wright adquirieron experiencia en el pilotaje a través de una serie de vuelos en planeador desde 1900 hasta 1903. (NASA, GLIDERS, 2015)

En vuelo, un planeador tiene tres fuerzas que actúan sobre él en comparación con las cuatro fuerzas que actúan sobre un avión motorizado. Ambos tipos de aviones están sujetos a las fuerzas de elevación, resistencia y peso. La aeronave propulsada tiene un motor que genera empuje, mientras que el planeador no tiene empuje. (NASA, GLIDERS, 2015)

Para que un parapente pueda volar, debe generar sustentación para oponerse a su peso. Para generar sustentación, un parapente debe moverse en el aire. El movimiento de un parapente a través del aire también genera resistencia. En una aeronave propulsada, el empuje del motor se opone a la resistencia, pero un parapente no tiene motor para generar empuje. Con la resistencia sin oposición, un parapente se desacelera rápidamente hasta que ya no puede generar suficiente sustentación para oponerse al peso, y luego cae a tierra. (NASA, GLIDERS, 2015)

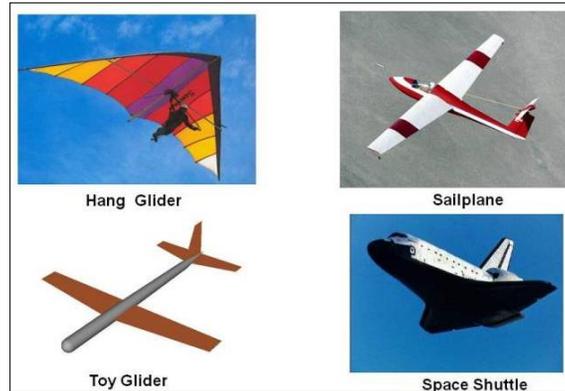


Figura 5. Planeador
Fuente: (NASA, GLIDERS, 2015)

b.1.2 Parapentes

Un parapente es un dosel lanzado con el pie, con aire de ram, con superficie de sustentación, volado y aterrizado sin otra energía que el viento, la gravedad y la potencia muscular del piloto. Se levanta del viento y del sol, proporcionando una forma de elevarse a lo largo de una cresta o elevarse en el aire cálido de las corrientes térmicas invisibles. (Parading, 2015)

Los parapentes son un avión evolutivo avanzado que puede ir a lugares y hacer cosas como ningún otro vehículo. El equipo es una construcción de tela no rígida. Las telas de alto rendimiento junto con una creciente comprensión de nuestra micro-metrología han permitido el desarrollo de este increíble deporte. El conjunto completo de parapente (ala, arnés, casco) pesa menos de veinte kilos y cabe fácilmente en una mochila. (Parading, 2015)



Figura 6. Parapente
Fuente: (Aero21, 2016)

b.2 Aerodinos con sistema propulsor

b.2.1 Ala fija

Las fuerzas sustentadoras se generan mediante la acción dinámica del aire sobre alas fijas. El sistema propulsor es el responsable de la creación del empuje que permite la creación del movimiento relativo al aire. En función del medio en el que realizan el aterrizaje o despegue se tienen: avión, hidroaviones y anfibios. (Praelli, 2015)

1. Anfibio

Una aeronave anfibia es aquella que puede aterrizar tanto en tierra, hierva o en agua. (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)



Figura 7. Avión anfíbio Canadair
Fuente: (Praelli, 2015)

2. Hidroavión

Un hidroavión es un avión que lleva, en lugar de ruedas, uno o varios flotadores para posarse sobre el agua. Esto le hace capaz de despegar desde y aterrizar en el agua (o amerizar). (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)



Figura 8. Hidroavión DeHavilland single Otter Harbour
Fuente: (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

3. Avión

3.1 Aviones subsónicos

A medida que un avión se mueve por el aire, las moléculas de aire cercanas al avión se alteran y se mueven alrededor del avión. La forma exacta en que el aire reacciona a la aeronave depende de la relación entre la velocidad de la aeronave y la velocidad del sonido a través del aire. Debido a la importancia de esta relación de velocidad, los aerodinámicos la han designado con un parámetro especial llamado número de Mach en honor a Ernst Mach, un físico de fines del siglo XIX que estudió la dinámica de los gases. (NASA, Low subsonic, 2015)



Figura 9. B737

Fuente: (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

3.2 Aviones supersónicos

Un avión supersónico, es un avión capaz de pasar la barrera del sonido. Es en 1947 cuando el piloto norteamericano Chuck Yeager rompe por primera vez la velocidad del sonido en su avión-cohete Bell X-1, demostrando que es posible viajar más rápido que el sonido. (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)



Figura 10. Tu-144

Fuente: (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

3.3 Aviones hipersónicos

A medida que un avión se mueve por el aire, las moléculas de aire cercanas al avión son perturbadas y se mueven alrededor del avión. La forma exacta en que el aire reacciona ante la aeronave depende de la relación entre la velocidad de la aeronave y la velocidad del sonido a través del aire. Debido a la importancia de esta relación de velocidad, los aerodinamistas la han designado con un parámetro especial llamado el número Mach en honor a Ernst Mach, un físico de finales del siglo XIX que estudió la dinámica de los gases. (Benson, 2014)

Las únicas aeronaves tripuladas que volaron en este régimen fueron el X-15 y el Transbordador Espacial durante la reentrada. El X-15 se muestra en la figura. El X-15 utilizó un sistema de propulsión de cohetes para lograr el vuelo de Mach seis. Recientemente, el X-43A sin tripulación utilizó un scramjet, o un ramjet de combustión supersónica, para volar a Mach 7. Debido a las pérdidas de presión asociadas con el choque terminal de la entrada, un ramjet tiene un rendimiento muy limitado más allá de Mach 5. Debido a que el levantamiento y la resistencia dependen del cuadrado de la velocidad, la aeronave no requirió de una gran área de ala. Para números Mach mayores de cinco, el calentamiento por fricción del fuselaje por el aire llega a ser

tan alto que se requieren aleaciones de níquel muy especiales para la estructura. Para algunas aeronaves hipersónicas propuestas, la piel se enfría activamente haciendo circular el combustible a través de la piel para absorber el calor. (Benson, 2014)

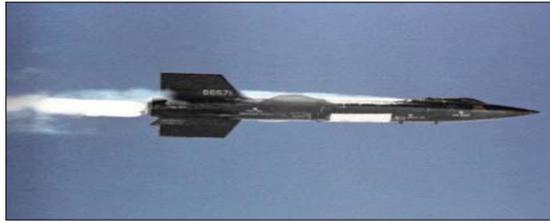


Figura 11. X-15

Fuente: (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

b.2.2 Aeronaves de ala giratoria

Una aeronave de alas giratorias es un aerodino en el que las fuerzas de sustentación se logran mediante el giro de alas (o palas) alrededor de un eje. (Praelli, 2015)

1. Autogiro

El autogiro, también conocido como girocoptero o giroplano, es un tipo de avión que ha existido ya durante varias décadas. Estos fueron los primeros aviones de ala giratoria que lograron volar con éxito y con suficiente control. El diseño tenía seguridad inherente, mejor vuelo a baja velocidad que los aviones, así como la capacidad de despegue vertical y aterrizaje. Pero a pesar de sus ventajas, incluso antes de la introducción de los primeros helicópteros exitosos que superaron su rendimiento, los autogiros nunca fueron aceptados por el público. (Euston96, 2019)



Figura 12. Autogiro
Fuente: (Euston96, 2019)

2. Girodino

Es una aeronave de alas giratorias que puede considerarse mitad girodino mitad autogiro. En el despegue funciona como un girodino y en avance el rotor funciona como un autogiro. Puede tener otros elementos auxiliares de ayuda a la sustentación y al empuje. (Kimerius, 2008)



Figura 13. Girodino
Fuente: (Kimerius, 2008)

3. Helicópteros

Un helicóptero es un tipo de aeronave que utiliza alas giratorias, o giratorias, llamadas palas para volar. A diferencia de un avión o un planeador, un helicóptero tiene alas que se mueven. A diferencia de un globo, un helicóptero es más pesado que el aire y utiliza un motor para volar.

Las palas giratorias de un helicóptero, o un rotor, le permiten hacer cosas que un avión no puede hacer. (Dunbar, 2017)



Figura 14. Helicóptero
Fuente: (Kimerius, 2008)

4. Convertibles

Pueden generar la sustentación mediante alas giratorias o fijas, según la configuración en la que se encuentren. Durante el despegue las alas giratorias proporcionan el empuje en dirección vertical, tracción, colocando las alas giratorias en un plano ligeramente horizontal. En el vuelo en crucero las alas giratorias se reorientan ocupando un plano ligeramente vertical y generando un empuje horizontal y una sustentación. La sustentación en vuelo de crucero proviene del sistema de alas giratorias y de alas fijas. (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)



Figura 15. Bell 206 Jet Ranger III
Fuente: (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

5. Ornitóptero

Aerodino que obtiene su fuerza sustentadora del movimiento batiente de sus alas de forma análoga a como lo hacen las aves (de ahí su nombre). Presentan enormes complejidades mecánicas y estructurales, por lo que se tienen rendimientos muy bajos. (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)



Figura 16. Ornitóptero Schmid 1942

Fuente: (Gavilán Jiménez & Roncero, 2010)

2.4 Historia de la aeronave Fairchild F-27

El Fokker F-27 Friendship es un bimotor de transporte de pasajeros, propulsado por dos turbohélices, construido por la empresa Fokker de los Países Bajos. (F-27, 2020)

Diseñado durante la década de los `50 como reemplazo del venerable Douglas DC-3, el F-27 original podía transportar hasta 28 pasajeros en una cabina presurizada, de ala alta, propulsado por dos turbohélices Rolls Royce Dart. (F-27, 2020)

El prototipo levanto vuelo el 24/11/1955, inmediatamente se inicia su fabricación en serie. Un año después de su primer vuelo, la empresa norteamericana Fairchild adquiere la licencia para

fabricar este aparato en suelo estadounidense, este modelo se lo conoció como FH-227. (F-27, 2020)

La producción del Fokker continuo hasta completarse el ejemplar n°586, en 1987, en total contando los aviones fabricados por Fairchild, se construyeron 793 unidades. (F-27, 2020)



Figura 17. Fairchild F-27

Fuente: (F-27, 2020)

2.5 Especificaciones técnicas del Fairchild F-27

Hélice: 3.5 m (11'6")

Longitud: 23,58 m (77'2")

Envergadura: 29,1 m (95'2")

Altura: 8,49 m (27'7")

Superficie alar: 70 m² (753,5 ft²)

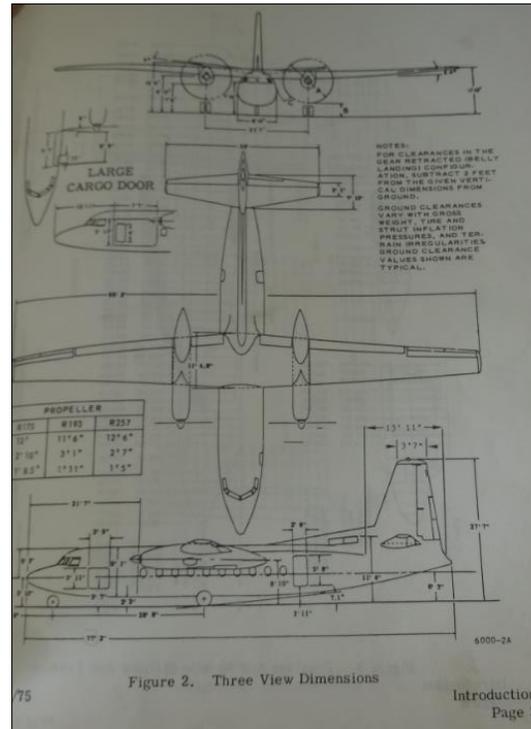


Figura 18. Tres vistas de las Dimensiones del Fairchild F-27

Fuente: (Fairchild, S.R.M-Dimensiones, 1984)

2.6 Sistemas del avión

2.6.1 Sistema de Lubricación

La misión principal del sistema de lubricación es la proporcionar el aceite en cantidad suficiente para cuando las piezas entren en movimiento estas no sufran daños que pueden ser provocados por el rozamiento o fricción previniendo así el desgaste de estas y evitando el calentamiento de estas partes y en segunda instancia sirve como un apoyo de refrigeración para el motor evacuando el calor.

En la aeronave este sistema proporciona lubricación a la caja de reducción de los engranajes de los accesorios, y a los cojinetes. (Fairchild, Manual de mantenimiento del avion Fairchild, 1984)

a) Componentes

El sistema de lubricación consiste de una bomba de aceite, filtro de aceite, válvula de alivio de presión, una válvula de alivio de derivación del filtro, un interruptor de presión de aceite, placas de separación de aceite, conductos de aceite y el cárter de aceite (sumidero). (Fairchild, Manual de mantenimiento del avion Fairchild, 1984)

2.6.2 Sistema de hidráulico

Los sistemas hidráulicos se emplean como medios reforzadores de la acción de mando del piloto, tanto en vuelo, para mover los mecanismos del avión, como de manejo del mismo en tierra. Por esta razón el sistema hidráulico es uno de los llamados sistemas de potencia del avión. (Oñate, 1997)

2.6.3 Sistema neumático

Los sistemas neumáticos del avión cumplen funciones principales y auxiliares. En primer lugar, la neumática se emplea a veces como fuente primaria de potencia para mandos de vuelo. Los sistemas neumáticos de potencia emplean aire a presión, en lugar de fluidos hidráulicos, como medio transmisor de potencia a los martinets (neumáticos) de los mecanismos del avión. (OÑATE, 2007)

Las fuentes de aire a presión disponibles a bordo son el aire obtenido mediante compresores accionados por el motor. Los sistemas neumáticos de potencia se emplean como fuente aire a presión. De forma auxiliar, y en tierra, es posible la conexión a una fuente externa de presión. (OÑATE, 2007)

2.6.4 Sistema de combustible

La función del sistema de combustible de un motor de turbina es suministrar la correcta cantidad de combustible limpio, libre de vapor y a la presión correcta, al control de combustible bajo todas las condiciones de funcionamiento. (Rivas, 2003)

a) Sistema de distribución de combustible

El combustible para los motores es suministrado por dos sistemas de combustible interconectados independientes, uno en cada ala y góndola. Los tanques en las alas almacenan el combustible y reponen constantemente, por flujo de gravedad, un tanque colector en cada góndola. Las bombas de refuerzo en el tanque colector suministran el combustible bajo presión a la línea principal de combustible a través de un par de válvulas de retención. Una línea de alimentación cruzada conecta las líneas de combustible principal izquierda y derecha para que el combustible del otro sistema pueda ser suministrado a uno o ambos motores. Abajo de la conexión de alimentación cruzada, el combustible se transfiere a través de una válvula de cierre de emergencia (en el cortafuegos) al filtro de baja presión en la unidad de control de flujo de combustible del motor. Se instala un calentador de combustible en cada línea principal de combustible para evitar la formación de hielo en los filtros de baja presión. Después de pasar por el filtro, la bomba de combustible de alta presión aumenta la presión de combustible y la unidad

de control de flujo de combustible controla el flujo de combustible. Finalmente, el combustible se entrega a las cámaras de combustión a través de un conjunto de colector que termina en una boquilla de pulverización de combustible (quemador) ubicada en el extremo delantero de cada cámara. (Fairchild, FUEL SYSTEM DISTRIBUTION, 1984)

a.1 Tanque colector de combustible

Dos tanques colectores de combustible, cada uno de 13.2 galones de capacidad, están contruidos de acero inoxidable y están ubicados uno en cada góndola. El acceso se obtiene a través del extremo delantero de la rueda de engranaje principal. Los tanques colectores sirven para asegurar un suministro ininterrumpido de combustible al motor, lo que excluye la posibilidad de inanición de combustible. Cada tanque incorpora dos bombas de refuerzo, que entregan combustible en un colector a través de válvulas de retención con alivio térmico. Las bombas están provistas de drenajes de sellado permanentemente abiertos. Los tanques colectores se ventilan a los tanques integrales del ala. Se proporciona una válvula de drenaje en el fondo de cada tanque para el drenaje del agua. (Fairchild, FUEL SYSTEM DISTRIBUTION, 1984)

a.2 Bombas de refuerzo de combustible

Se incorporan dos bombas de tipo sumergido en la parte inferior de cada tanque colector y funcionan continuamente durante toda la operación del motor. El combustible se bombea desde el tanque colector a través de una válvula de retención para cada bomba y hacia un colector, desde el cual una sola línea suministra el motor. Se proporcionan drenajes de sellado en la parte inferior de cada bomba para el drenaje del agua. Cada bomba incorpora una pantalla para evitar la entrada

de materias extrañas en el sistema de presión. (Fairchild, FUEL SYSTEM DISTRIBUTION, 1984)

a.3 Bombas de refuerzo de combustible

Interruptores de la bomba de refuerzo. Cuatro interruptores de la bomba de refuerzo, dos a la izquierda y dos a la derecha, se encuentran en la parte inferior del panel superior central. Cada interruptor controla el funcionamiento de una bomba de refuerzo en el tanque colector de combustible correspondiente, pero se arma solo cuando el interruptor selector de la válvula del tanque de combustible asociado está encendido (protegido). (Fairchild, FUEL SYSTEM DISTRIBUTION, 1984)

a.4 Interruptor de presión de combustible

Cada bomba de refuerzo de combustible, entre las bombas y las válvulas de retención, se conecta al sistema interruptores de presión de combustible individuales para cada bomba. Estos interruptores cierran los circuitos para las luces indicadoras en el compartimiento de la tripulación en caso de que la bomba falle o que la energía eléctrica llegue a una bomba. El acceso para el mantenimiento se realiza a través del pozo de la rueda dentada principal. (Fairchild, FUEL SYSTEM DISTRIBUTION, 1984)

a.5 Interruptor de presión diferencial

En cada góndola se monta un interruptor de presión diferencial, a popa del cortafuegos. El combustible a la presión de la bomba de refuerzo se toma de la línea de alimentación de combustible en un punto entre la válvula de cierre de emergencia y el medidor de flujo de

combustible y se dirige a un puerto del interruptor de presión diferencial. (Fairchild, FUEL SYSTEM DISTRIBUTION, 1984)

a.6 Indicación de la cantidad de combustible

La indicación de la cantidad de combustible se da por medio de dos sistemas de medidores de combustible de capacidad, uno para cada tanque de ala integral. Cada sistema incluye tres sondas de unidad de tanque, un indicador de cantidad de combustible y una luz de advertencia de tanque localizada en el panel de instrumentos del motor, y un indicador repetidor de cantidad de combustible localizado en el panel de reabastecimiento de un solo punto en la góndola derecha. (Fairchild, Fuel System Indication, 1984)

Las sondas de la unidad del tanque utilizan las propiedades dieléctricas del combustible para obtener mediciones de cantidad en valores de capacidad. Cualquier cambio en la cantidad de combustible produce un cambio correspondiente en la capacidad de las sondas de la unidad del tanque. El indicador que alberga un circuito de puente, un amplificador y un motor de accionamiento, convierte la capacitancia de la unidad del tanque en una presentación (Fairchild, Fuel System Indication, 1984)

2.7 Tanques

Hay tres tipos básicos de depósitos de combustible de avión: depósitos rígidos extraíbles, depósitos elásticos o flexibles y depósitos de combustible integrales. El tipo de aeronave, su diseño y uso previsto, así como la edad de la aeronave determinan qué tanque de combustible se instala en una aeronave. La mayoría de los tanques están contruidos con materiales no

corrosivos. Normalmente están hechos para ser ventilados ya sea a través de un tapón de ventilación o un conducto de ventilación. (FAA, Fuel tanks, 2018)

2.7.1 Tanques rígidos

Muchas aeronaves, especialmente las más antiguas, utilizan una opción obvia para la construcción del tanque de combustible. Un tanque rígido está hecho de varios materiales y está atado a la estructura del fuselaje. Los tanques son a menudo remachados o soldados y pueden incluir así como las otras características del depósito de combustible descritas anteriormente. Típicamente están hechos de aleación de aluminio 3003 o 5052 o acero inoxidable y están remachados y soldados para evitar fugas. Muchos de los primeros tanques estaban hechos de una fina lámina de acero revestido con una aleación de plomo y estaño llamada terneplate. Los tanques de terneplate han doblado y soldado las costuras. (FAA, Fuel tanks, 2018)

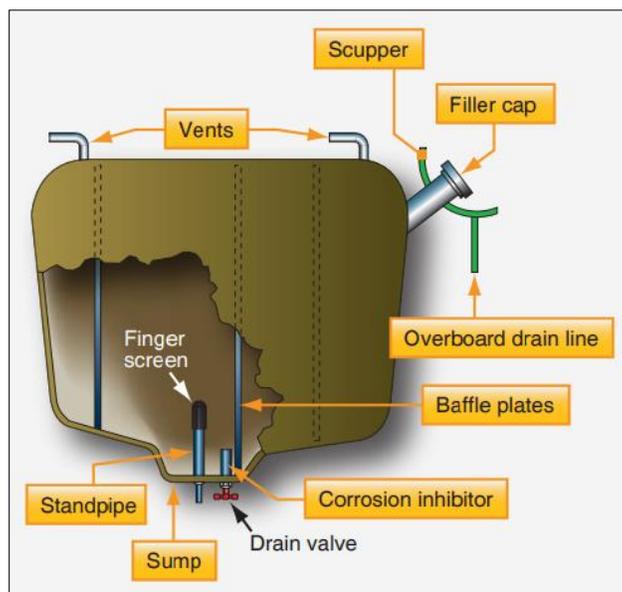


Figura 19. Partes de un tanque rígido

Fuente: (FAA, Fuel tanks, 2018)

2.7.2 Tanques Elásticos o flexibles

En lugar de un tanque rígido se puede utilizar un tanque de combustible hecho de un material flexible reforzado llamado tanque de vejiga. Un tanque tipo "bladder" contiene la mayoría de las características y componentes de un tanque rígido, pero no requiere una abertura tan grande en el revestimiento de la aeronave para su instalación. El tanque, o la celda de combustible, como a veces se le llama, puede ser enrollado y puesto en una bahía o cavidad estructural especialmente preparada a través de una pequeña abertura, como una abertura de inspección. Una vez dentro, puede ser desplegado a su tamaño completo. Los tanques de vejiga deben estar sujetos a la estructura con clips u otros dispositivos de sujeción. Deben permanecer lisos y sin arrugas en la bahía. Es especialmente importante que no existan arrugas en la superficie inferior para no bloquear los contaminantes del combustible. de asentarse en el sumidero del tanque. (FAA, Fuel tanks, 2018)



Figura 20. Tanque tipo flexible

Fuente: (FAA, Fuel tanks, 2018)

2.7.3 Tanque Integral

En muchos aviones, especialmente los de categoría de transporte y los de alto rendimiento, parte de la estructura de las alas o del fuselaje se sella con un sellador de dos partes resistente al

combustible para formar un depósito de combustible. La piel sellada y los miembros estructurales proporcionan el mayor volumen de espacio disponible con el menor peso. Este tipo de tanque se denomina tanque de combustible integral ya que forma un tanque como una unidad dentro de la estructura del fuselaje. (FAA, Fuel tanks, 2018)

Los tanques de la aeronave Fairchild F-27 son de tipo integral, es decir que está incluido dentro de la estructura de las alas, estas a su vez conservan el combustible limpio y en aptas condiciones para ser usado. Cada tanque consta de seis paneles de inspección eso quiere decir que en su totalidad hay doce tapas de inspección.

En cada tanque de combustible integral se instalan tres unidades de tanque, una en cada estación de ala, 167, 311 y 394. (FAIRCHILD, 1984)



Figura 21. Ala con tanque integral

2.8 Tipos de combustible

Los tipos de combustible se clasifican en Gasolinas de aviación (AVGAS) de los motores de combustión interna y los combustibles de turbinas de aviación (JET-FUELS) de motores turbohélices y reactores. (Gutierrez, 2013)

Los combustibles para la aviación se clasifican en grados, de acuerdo con su nivel mínimo antidetonante. Cuando la indicación viene en dos números (ej.: 100/130), el primero de ellos indica el poder antidetonante con mezcla pobre y el segundo al poder antidetonante con mezcla rica. Si el primer número indica por debajo de 100, entonces se refiere a Octanos y no a potencia mecánica. (VOLAR, 2010)

2.8.1 Gasolinas de aviación

Para motores de combustión interna de cuatro tiempos (AVGAS). Las propiedades más importantes de las gasolinas de aviación para motores de combustión interna son las relativas al índice antidetonante y la volatilidad. La volatilidad del combustible tiene influencia en la mezcla y en el arranque en frío del motor. (VOLAR, 2010)

- a) **Grado 80:** Gradación 80/87 Octanos, con un contenido de plomo tetraetilo (TEL) de 1,14 gr/l. Color Rojo. (VOLAR, 2010)
- b) **Grado 100:** Gradación 100/ 130, con un contenido de plomo tetraetilo de 0.85 gr/l. Color Verde. (VOLAR, 2010)
- c) **Grado 100 LL:** Gradación 100/ 130. con un contenido de plomo tetraetilo de 0.56 gr/l. Color Azul. (VOLAR, 2010)

2.8.2 Combustibles de turbinas de aviación

Los combustibles de turbinas de aviación para utilización en turbohélices y reactores (JET-FUELS). En los motores JET-FUELS no es importante el factor antidetonante. (VOLAR, 2010)

Designación	Tipo de combustible de aviación	Aplicación
Jet A-1 (EE. UU.: Jet A)	Queroseno	Aviación civil (motores de reacción, turbohélices)
Jet B	Mezcla queroseno-gasolina	Aviación civil, militar (motores de reacción)
Avgas 100 LL	Gasolina	Aeronaves deportivas (motor de pistón/gasolina)
Mogas	Gasolina súper con aditivos	Aeronaves deportivas (motor de pistón/gasolina)
Bioqueroseno	Mezcla queroseno-biocombustible	Aviación civil, también pruebas para aviación militar

Figura 22. Combustibles de aviación

Fuente: (Oiltanking, 2020)

2.9 Mantenimiento

Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación. (DGAC, 2019)

El plazo para el mantenimiento se basa en una combinación del número de horas de vuelo de la aeronave, el número de despegues y el número de horas de vuelo y aterrizajes (denominados "ciclos") que realiza, más la edad de la aeronave. (AIRLINES, 2011)

2.9.1 Tipos de mantenimiento

Hay dos tipos de mantenimiento: programado y no programado. (Ontiveros, 2012)

a) Mantenimiento programado

El mantenimiento programado, tiene como finalidad mantener el avión en condiciones óptimas de vuelo en base a una programación de carácter preventivo que debe ajustarse a las especificaciones dadas por el fabricante, servirse de la información proporcionada por otras compañías aéreas usuarias de los mismos aviones y por las circulares técnicas y directivas de seguridad que emita la Agencia Estatal de Seguridad Aérea. Se divide en tres categorías, que cubren inspecciones cuyos intervalos y tareas van siendo progresivamente más extensas: mantenimiento en línea, mantenimiento menor y mantenimiento mayor. (Ontiveros, 2012)

a.1 Mantenimiento en línea

Se suele realizar en el mismo aparcamiento y está integrado por tres inspecciones: tránsito, diaria y revisión. (Ontiveros, 2012)

- **Tránsito**

Antes de cada vuelo y lo más cerca posible de la salida, se debe llevar a cabo una inspección exterior con el fin de comprobar de nuevo el estado general del avión: posibles daños en fuselaje, tren de aterrizaje y alas, que pudieran haberse producido durante el vuelo o durante la escala. También se comprueba que los registros y conectores de todos los servicios que se han conectado al avión en la escala, como combustible, aguas residuales, electricidad, etc., están correctos para el vuelo. (Ontiveros, 2012)

- **Diaria**

Antes de la salida del primer vuelo del día, un técnico de mantenimiento lleva cabo una revisión en el mismo aparcamiento para verificar el estado general del avión: posibles daños en fuselaje y alas que pudieran haberse producido durante el tiempo que ha estado aparcado, así como de indicadores, registros, conectores, etc., de todos los servicios que se hayan conectado al avión desde que llegó al aeropuerto. Estado de ruedas y frenos, extensión de los amortiguadores de los trenes de aterrizaje, comprobación de niveles de aceite, hidráulico, presión de oxígeno del sistema auxiliar y revisión del equipo de emergencia de a bordo. (Ontiveros, 2012)

- **Revisión S**

Cada cien horas de vuelo se comprueban todos los aspectos relacionados con la seguridad, se corrigen posibles anomalías y se realiza una puesta a punto completa al avión. (Ontiveros, 2012)

Un técnico de mantenimiento de fuselajes y plantas motrices certificado puede llevar a cabo una inspección de 100 horas, mientras que una inspección anual debe ser realizada por un técnico de mantenimiento de fuselajes y plantas motrices certificado con autorización de inspección (IA). La otra diferencia consiste en el sobrevuelo autorizado del máximo de 100 horas antes de la inspección. Una aeronave puede volar hasta 10 horas más allá del límite de 100 horas si es necesario para volar a un destino donde se va a realizar la inspección. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALS, 2012)

a.2 Mantenimiento menor

- **Revisión A**

Incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su estado. (Ontiveros, 2012)

- **Revisión B**

Desarrolla, de mayor intensidad que la anterior, comprueba la seguridad de sistemas, componentes y estructura, junto con el servicio del avión y la corrección de los elementos que así lo precisen. (PINEDA, 2010)

- **Revisión C**

Se lleva a cabo una inspección completa y extensa, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyendo los sistemas, las instalaciones, las instalaciones y la estructura visible. (PINEDA, 2010)

a.3 Mantenimiento mayor

- **Gran Parada**

Las aeronaves se someten al llamado Mantenimiento Mayor, con el que se cubre completamente el denominado Programa de Inspección Estructural. Este programa define inspecciones interiores y exteriores de todos los elementos estructurales. (PINEDA, 2010)

b) Mantenimiento no programado

Mantenimiento que se realiza en el momento en que se detecta un fallo que pone en peligro la aeronavegabilidad de la aeronave. (Mantenimiento, 2020)

2.10 Inspección

Las inspecciones son exámenes visuales y comprobaciones manuales para determinar el estado de una aeronave o un componente. Una inspección de una aeronave puede variar desde una inspección casual hasta una inspección detallada que implique un desmontaje completo y el uso de ayudas de inspección complejas. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALS, 2012)

Un sistema de inspección consiste en varios procesos, incluyendo los informes realizados por los mecánicos o el piloto o la tripulación que vuela una aeronave y las inspecciones regulares programadas de una aeronave. También está diseñado para mantener una aeronave en las mejores condiciones posibles. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALS, 2012)

Las inspecciones exhaustivas y repetidas deben considerarse la columna vertebral de un buen programa de mantenimiento. Las inspecciones irregulares y aleatorias darán lugar invariablemente a un deterioro gradual y seguro de una aeronave. El tiempo empleado en la reparación de una aeronave maltratada suele ser mucho mayor que el tiempo que se ahorra al apurarse a realizar las inspecciones y el mantenimiento de rutina. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALS, 2012)

Se ha demostrado que las inspecciones regulares y el mantenimiento preventivo aseguran la aeronavegabilidad. Los fallos de funcionamiento y las averías de los equipos se reducen considerablemente si se detecta y corrige a tiempo un desgaste excesivo o defectos menores. Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de las inspecciones y en el uso adecuado de los registros relativos a las mismas. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALS, 2012)

2.10.1 Inspección Visual

Como primera medida tenemos que decir que la inspección visual se puede definir como “el examen de un material, pieza o producto para evaluar su conformidad usando solo la vista, o con ayuda de alguna herramienta”. A veces nos ayudamos de otros sentidos, como son el oído, el olfato e incluso el gusto. (ARENAS, 2020)

La inspección visual es considerada un método de Ensayo No Destructivo, el más común y más básico. Se aplica a una gran variedad de tipos de materiales y productos, las posibilidades de detección de esta técnica se limitan, obviamente, a aquellos defectos que son visibles, tales como grietas, poros, desgaste, decoloraciones, corrosión, etc., así como al control dimensional. (ARENAS, 2020)

Se puede realizar por métodos directos o indirectos durante el proceso de fabricación o después de que el componente en cuestión haya sido puesto en servicio. (ARENAS, 2020)

La inspección visual se define como el proceso de utilización del ojo, solo o en conjunción con diversas ayudas, como el mecanismo sensorial a partir del cual se pueden emitir juicios sobre el estado de una unidad que se va a inspeccionar. Los dispositivos de imagen desempeñan un papel cada vez más importante en el proceso de inspección (por ejemplo, los escáneres C ultrasónicos, las imágenes por Eddy Current y los rayos X en tiempo real). (FAA, ADVISORY CIRCULAR - VISUAL INSPECTION FOR AIRCRAFT, 1997)

a) Partículas Magnéticas

Este método es capaz de detectar defectos abiertos a la superficie y justo debajo de la superficie. En este método, la probeta se magnetiza primero mediante el uso de un electroimán permanente o mediante el paso de corriente eléctrica a través o alrededor de la probeta. El campo magnético así introducido en la probeta está compuesto de líneas de fuerza magnéticas. Cuando se produce un fallo que interrumpe el flujo de las líneas de fuerza magnéticas, algunas de estas líneas deben salir y volver a entrar en la probeta. Estos puntos de salida y reentrada forman polos magnéticos opuestos. Siempre que minúsculas partículas magnéticas son rociadas sobre la superficie de tal muestra, estas partículas son atraídas por estos polos magnéticos para crear una indicación visual que se aproxima al tamaño y forma de la falla. (IAEA, 2011)

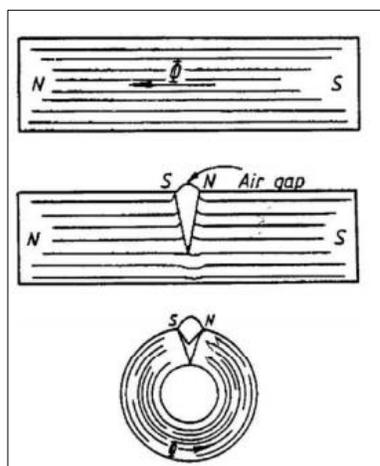


Figura 23. Principios básicos de partículas magnéticas

Fuente: (IAEA, 2011)

b) Inspección por ultrasonidos

Los equipos de detección por ultrasonidos permiten localizar los defectos en todo tipo de materiales. Grietas diminutas, y los vacíos demasiado pequeños para ser vistos por rayos X

pueden ser localizado por inspección ultrasónica. Una prueba de ultrasonidos El instrumento requiere el acceso a una sola superficie del material a inspeccionar y puede ser utilizado con Técnicas de ensayo de haces en línea recta o en ángulo. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALES , 2012)

Para la inspección por ultrasonidos se utilizan dos métodos básicos. El primero de estos métodos es el ensayo por inmersión. En este método de inspección, la parte que se está examinando y la unidad de búsqueda están totalmente sumergidas en un acoplador de líquido, que puede ser agua o cualquier otro fluido adecuado. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALES , 2012)

El segundo método se llama prueba de contacto, que es se adapta fácilmente al uso en el campo y es el método discutido en este capítulo. En este método, la pieza que se examina y la unidad de búsqueda se acoplan con un material, líquido o pasta, que moja tanto la cara de la unidad de búsqueda y el material examinado. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALES , 2012)

c) **Boroscopía**

La inspección mediante el uso de un boroscopio es esencialmente una inspección visual. Un boroscopio es un dispositivo que permite al inspector ver el interior de áreas que de otra manera no podrían ser inspeccionadas sin desmontarlas. Un ejemplo de un área que puede ser inspeccionada con un boroscopio es el interior de un cilindro de motor alternativo. El boroscopio se puede insertar en un orificio abierto de una bujía para detectar pistones, paredes de cilindro o válvulas dañadas. Otro ejemplo sería la sección caliente de un motor de turbina a la que se podría acceder a través del orificio de un encendedor retirado o de las bujías de acceso retiradas

instaladas específicamente para fines de inspección. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALES , 2012)

c.1 Configuración de Boroscopios

Los boroscopios están disponibles en dos configuraciones básicas. La más simple de las dos es un tipo rígido de telescopio de pequeño diámetro con un espejo diminuto en el extremo que permite al usuario ver alrededor de las esquinas. El otro tipo utiliza fibra óptica que permite una mayor flexibilidad. Muchos boroscopios proporcionan imágenes que se pueden visualizar en una computadora o monitor de video para una mejor interpretación de lo que se está viendo y para grabar imágenes para futuros referencia. Los boroscopios también incluyen una luz para iluminar el área siendo visto. (FAA, INSPECTION FUNDAMENTALES , 2012)

d) Líquidos Penetrantes

El análisis no destructivo con Líquidos Penetrantes se emplea generalmente para evidenciar discontinuidades superficiales sobre casi todo los materiales no porosos (o con excesiva rugosidad o escamado) como metales, cerámicos, vidrios, plásticos, etc., característica que lo hace utilizable en innumerables campos de aplicación. (Echeverría, 2003).

d.1 Método de aplicación

1) Limpieza inicial y secado: Consiste en limpiar perfectamente la zona de interés a ser ensayada de tal forma de dejar, las posibles discontinuidades, libres de suciedad o materiales extraños y su posterior secado. (Echeverría, 2003)



Figura 24. Limpieza inicial

Fuente: (Echeverría, 2003)

2) Aplicación del Líquido Penetrante y Tiempo de penetración: Cubrir la superficie de interés con el LP y dejar transcurrir el tiempo necesario para permitir que el LP se introduzca por capilaridad en las discontinuidades. (Echeverría, 2003)

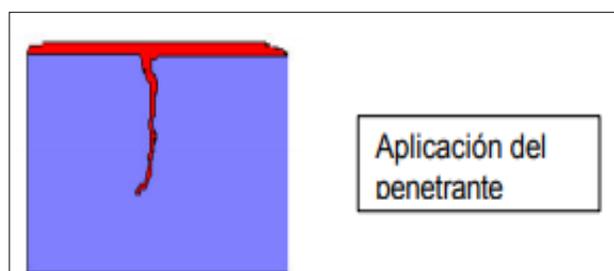


Figura 25. Aplicación del penetrante

Fuente: (Echeverría, 2003)

3) Limpieza intermedia: Se removerá el exceso de LP de la superficie, evitando extraer aquel que se encuentra dentro de las fallas. Esta remoción, podrá hacerse, según la técnica empleada, mediante: a) lavado con agua, b) aplicando un emulsionante y posterior lavado con agua, o c) mediante solvente. (Echeverría, 2003)



Figura 26. Remoción de exceso

Fuente: (Echeverría, 2003)

4) Secado (según la técnica): Se secará la pieza del agente limpiador. Este paso puede ser obviado según la técnica utilizada (Echeverría, 2003)

5) Aplicación del revelador: Sobre la superficie ya preparada se colocará el revelador en forma seca o finamente pulverizada en una suspensión acuosa o alcohólica, que una vez evaporada, deja una fina capa de polvo. (Echeverría, 2003)

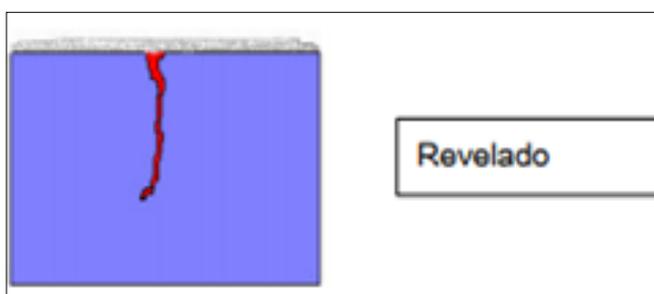


Figura 27. Revelado

Fuente: (Echeverría, 2003)

6) Inspección y evaluación: Esta fina capa de revelador absorberá el LP retenido en las discontinuidades, llevándolo a la superficie para hacerlo visible, ya sea por contraste o por fluorescencia (según la técnica empleada) las indicaciones podrán registrarse y evaluarse. (Echeverría, 2003)

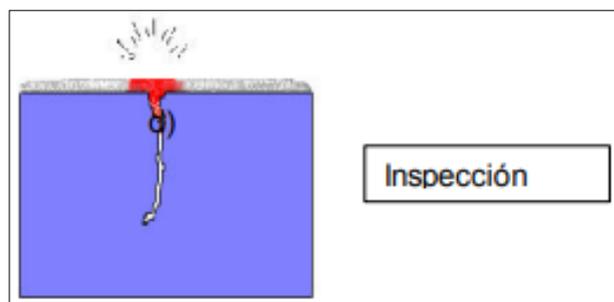


Figura 28. Inspección

Fuente: (Echeverría, 2003)

7) Limpieza final: Aunque los agentes químicos utilizados no deberían ser corrosivos de los materiales ensayados, se eliminarán sus restos para prevenir posteriores ataques. (Echeverría, 2003)

2.11 Ala

Las alas de una aeronave son superficies que están diseñadas para producir elevación cuando se mueven rápidamente por el aire. El diseño particular de cualquier aeronave depende de un número de factores, tales como tamaño, peso, uso de la aeronave, velocidad deseada en vuelo y en aterrizaje, y tasa de ascenso deseada. Las alas de una aeronave de ala fija se designan a la izquierda y a la derecha, correspondiendo a los lados izquierdo y derecho del operador cuando está sentado en la cabina. (FAA, Airframe & Powerplant AC65-15A, 1972)

El ala es una superficie aerodinámica que le brinda sustentación al avión debido al efecto aerodinámico, provocado por la curvatura de la parte superior del ala (extradós) que hace que el aire que fluye por encima de esta se acelere y por lo tanto baje su presión (creando un efecto de succión), mientras que el aire que circula por debajo del ala (que en la mayoría de los casos es plana o con una curvatura menor y a la cual llamaremos intradós) mantiene la misma velocidad y presión del aire relativo, pero al mismo tiempo aumenta la sustentación ya que cuando este golpea la parte inferior del ala la impulsa hacia arriba manteniendo sustentado en el aire al avión y contrarrestando la acción de la gravedad. En determinadas partes de un vuelo la forma del ala puede variar debido al uso de las superficies de control que se encuentran en las alas: los flaps, los alerones, los spoilers y los slats. Todas ellas son partes móviles que provocan distintos efectos en el curso del vuelo. (Frabricacion, 2015)

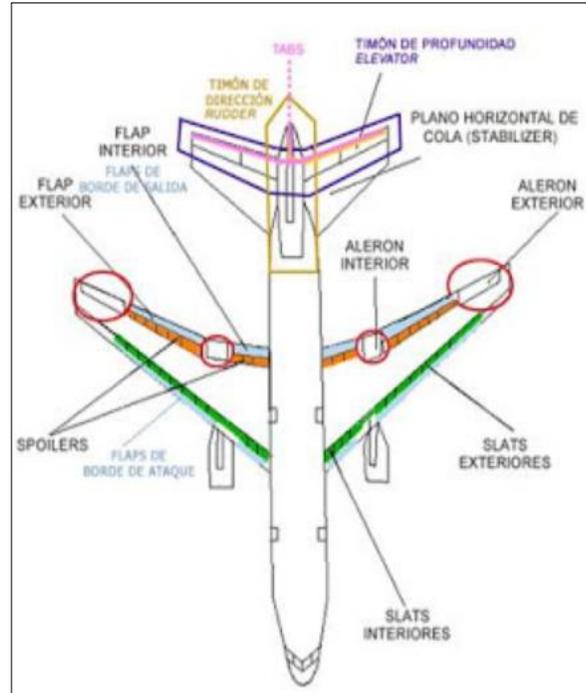


Figura 29. Superficies de control

Fuente: (Justamechanic, 2019)

2.11.1 Superficies de control

Son superficies aerodinámicas móviles que son accionadas por el piloto a través de los mandos de la cabina, modificando así la aerodinámica del avión y provocando el desplazamiento de este sobre sus ejes para conseguir seguir así la trayectoria de vuelo deseada. (Justamechanic, 2019)

a) Spoilers

Se emplean sobre todo para frenar el avión en vuelo, perder velocidad y facilitar el aterrizaje, ayudar a frenar en tierra, y en algunos aviones como complemento de los alerones para el control lateral y los virajes en vuelo. (Justamechanic, 2019)

b) Slats

Son superficies hipersustentadoras que actúan de modo similar a los flaps. Situadas en la parte delantera del ala, al deflectarse canalizan hacia el extradós una corriente de aire de alta velocidad que aumenta la sustentación permitiendo alcanzar mayores ángulos de ataque sin entrar en pérdida. Se emplean generalmente en grandes aviones para aumentar la sustentación en operaciones a baja velocidad (aterrizajes y despegues), aunque también hay modelos de aeroplanos ligeros que disponen de ellos. En muchos casos su despliegue y repliegue se realiza de forma automática por diferencia de presiones. (Justamechanic, 2019)

c) Alerones

Los alerones tienen un movimiento asimétrico. Al girar el volante hacia un lado, el alerón del ala de ese lado sube y el del ala contraria baja, ambos en un ángulo de deflexión proporcional a la cantidad de giro dado al volante. El alerón arriba en el ala hacia donde se mueve el volante implica menor curvatura en esa parte del ala y por tanto menor sustentación, lo cual provoca que esa ala baje; el alerón abajo del ala contraria supone mayor curvatura y sustentación lo que hace que esa ala suba. Esta combinación de efectos contrarios es lo que produce el movimiento de alabeo hacia el ala que desciende. (Justamechanic, 2019)

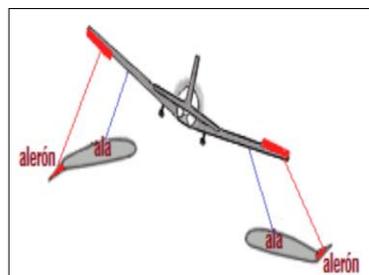


Figura 30. Alerones
Fuente: (Justamechanic, 2019)

d) Flaps

Los flaps son dispositivos hipersustentadores, cuya función es la de aumentar la sustentación del avión cuando este vuela a velocidades inferiores a aquellas para las cuales se ha diseñado el ala. Situados en la parte interior trasera de las alas, se deflecan hacia abajo de forma simétrica (ambos a la vez), en uno o más ángulos, con lo cual cambian la curvatura del perfil del ala, la superficie alar y el ángulo de incidencia, todo lo cual aumenta la sustentación aunque conlleva asociado también un aumento de la resistencia. (Justamechanic, 2019)

2.11.2 Estructura de un ala

El ala, al igual que el fuselaje, puede ser construida en secciones. Un tipo comúnmente utilizado está compuesto por una sección central con paneles exteriores y puntas de ala. Otro arreglo puede tener trozos de ala como parte integral del fuselaje en lugar de la sección central. (FAA, Airframe & Powerplant AC65-15A, 1972)

Se proporcionan aperturas de inspección y puertas de acceso, normalmente en las superficies inferiores del ala. También se colocan orificios de drenaje en la superficie inferior para permitir el drenaje de la humedad o los fluidos acumulados. En algunas aeronaves se proporcionan pasillos incorporados en las áreas donde es seguro caminar o pisar. En algunas aeronaves se proporcionan puntos de elevación en la parte inferior de cada ala. (FAA, Airframe & Powerplant AC65-15A, 1972)

Varios puntos en el ala están localizados por el número de estación. La estación del ala 0 (cero) está ubicada en la línea central del fuselaje, y todas las estaciones del ala se miden desde ese punto, en pulgadas. (FAA, Airframe & Powerplant AC65-15A, 1972)

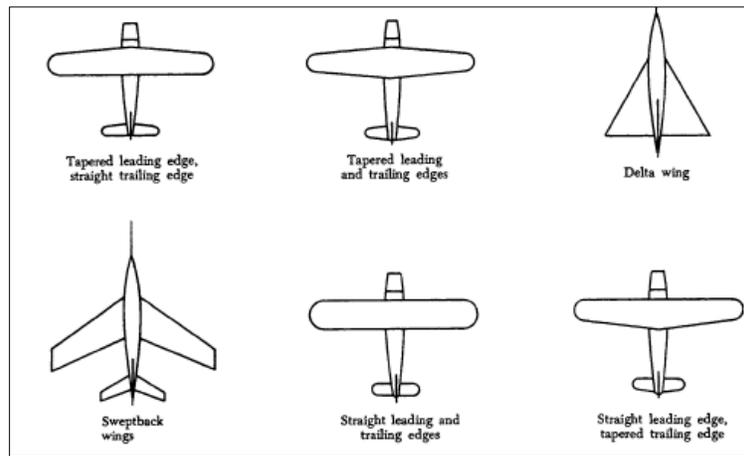


Figura 31. Formas típicas de los bordes de ataque y de fuga del ala.
Fuente: (FAA, Airframe & Powerplant AC65-15A, 1972)

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares

En este capítulo se detallan los procedimientos que se realizarán en el desmontaje de las alas, inspección de los montantes de las alas y además la inspección de los tanques de combustible de la aeronave FAIRCHILD F-27 de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Las inspecciones se realizaron a los montantes de las alas como a los tanques de combustible siguiendo los procedimientos de los manuales de mantenimiento, de los cuales se utilizaron el Aircraft Maintenance Manual (AMM) y el Structural Repair Manual (SRM) para el correcto desenvolvimiento en este tipo de trabajos.

El presente proyecto de titulación se realiza con el objetivo de mantener a la aeronave en buenas condiciones y esta pueda ser como un elemento educativo para los estudiantes y docentes en el aprendizaje teórico y práctico.

3.2 Estudio técnico

En este estudio técnico se verificará la factibilidad de los montantes de las alas para comprobar su buen estado aplicando pruebas de ensayos no destructivos (NDI), al igual que los tanques de combustible mediante la limpieza e inspección técnica según los manuales de la aeronave y puedan seguir siendo un apoyo didáctico muy importante para la Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE.

3.3 Análisis de factibilidad

En esta instancia del proyecto se analiza que contrae realizar las inspecciones, es decir que si es una buena opción o de seguro no traería aporte, por lo cual se dedujo que el realizar las respectivas inspecciones de los montantes de las alas y la inspección de los tanques de combustibles generaran beneficios a largo plazo ya que estos se podrán tratar de haber alguna anomalía por los estudiantes y docentes para utilizar como elemento educativo para generar prácticas y brindar un aprendizaje más completo.

3.4 Herramientas y Materiales

- Destornilladores (Planos y estrella)

- Berbiquí

- Guaípe

- WD40

- Pistola neumática

- Compresor de aire

- Juego de puntas

- Lupa

- Linterna

- Pasta esmerilada
- Juego de llaves
- Juego de copas
- Puntas
- Alicata de presión

3.5 Equipos de protección personal

- Guantes
- Anteojos protectores
- Overol
- Zapatos punta de acero
- Mascarilla
- Tapones

3.6 Equipos de apoyo

- Grúa
- Escaleras
- Plataforma

3.7 Inspección de los tanques integrales de combustible

Según el manual de mantenimiento (AMM) del FAIRCHILD F-27 capítulo 28 para la inspección de los tanques hay que tener en cuenta que el combustible utilizado en este avión es incoloro, por lo tanto, la detección de fugas es más difícil. Esto es especialmente cierto en la detección de fugas menores. Las fugas se dividen en tres clases: Las fugas por goteo y funcionamiento requieren una reparación inmediata, mientras que las fugas por filtraciones, si ocurren en áreas bien ventiladas, no necesitan ser reparadas inmediatamente, sino que deben ser revisadas de cerca para ver si hay recurrencia o aumento en la cantidad de fugas. Generalmente, la fuente más común de fugas de combustible en los tanques integrales serán los remaches, tornillos y pernos sueltos.

Se procede a la inspección de los tanques según el manual de mantenimiento de la aeronave capítulo 28 (sistemas de combustible), que describe los siguientes pasos.

3.7.1 Inspección de los tanques integrales de combustible

Se procede a la inspección de los tanques según el manual de mantenimiento de la aeronave capítulo 28 (sistemas de combustible), que describe los siguientes pasos.

1. Llenado de combustible en los tanques integrales e inspección

- Para el desarrollo de dicha tarea prescrita en el manual se debe obtener el combustible (JP1), ya que las especificaciones según el capítulo 12 lo designa para llenarlo con una capacidad máxima de 5.150 | (1364 galones) y al no contar con el equipo para recargar el

combustible se procede a ejecutar las tareas de inspección de la estructura externa de los tanques.

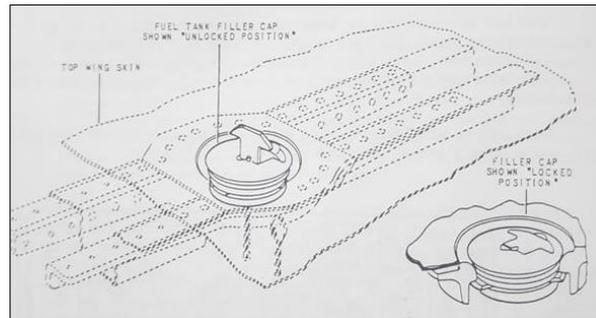


Figura 32. Tapón del tanque de combustible
Fuente: Manual de mantenimiento F27

- Según el ítem dos del manual de inspección, se remueve las tapas de acceso del borde de salida y de la cavidad de rueda, esto se realiza con la ayuda de un destornillador plano.



Figura 33. Tapas de acceso al borde de salida

- Después de remover los paneles de inspección según el numeral tres del manual, se verifica que no exista presencia de rastros de combustible en dichas partes, y debido a que los tanques de almacenamiento se encuentran vacíos, se verifica que no exista ningún tipo de rajaduras o daños estructurales en la superficie externa de los tanques con la ayuda de una linterna y una lupa.



Figura 34. Estructura de tanques externos

2. Purga de los tanques de combustible

- Para realizar esta tarea es necesario que los tanques integrales estén cubiertos de combustible, porque la aeronave no ejecuta operaciones aéreas, se observará que no existan vapores ni residuos de combustible.



Figura 35. Drene de combustible

3. Inspección de los componentes del sistema de combustible

- Remover cada una de las tapas de los paneles de inspección con el apoyo de un berbiquí, un acople de 1/4 y una punta de estrella.



Figura 36. Tapas de inspección

- Después de retirar cada uno de los paneles de inspección se debe revisar el estado en el que se encuentran los componentes del sistema de combustible, para verificar que la estructura de cada componente se encuentre libre de presencia de daños, rajaduras o deterioro y mantener estos en estado óptimo.



Figura 37. Válvula de venteo

4. Inspección visual

- En base al manual se inspecciona visualmente la estructura interna del tanque para detectar el desarrollo de sustancias blanquecinas en forma de polvo que indiquen la presencia de deterioro en esta zona, y revisar si existe sellador en malas condiciones por mezcla incorrecta que provoque que este no tenga buena adhesión a la estructura.



Figura 38. Estructura interna libre de daños

- Observar el sellador que se coloca en la estructura interna de los tanques de combustible y verificar que este no contenga burbujas de aire.



Figura 39. Sellador sin burbujas de aire

5. Inspección de las válvulas, cañerías y líneas de combustible

- Por seguridad de prevención de daños y corrosión inspeccionar de forma visual el estado en que se encuentran las válvulas y líneas de venteo del tanque de combustible.



Figura 40. Componentes internos de los tanques

- En el cableado eléctrico y las sondas de cantidad de combustible observar que no existe ningún tipo de daños.

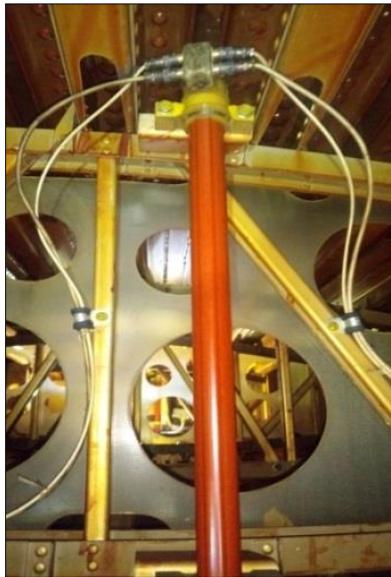


Figura 41. Cables en perfecto estado

6) Inspección de las tapas de acceso a los tanques

- Una vez removidas las tapas de acceso verificar el estado de las tapas y las tuercas de tope de acceso y confirmar que el estado de dichos elementos se encuentren en perfectas condiciones.

7) Instalación de las tapas de acceso

- Al haber cumplido con las tareas de inspección según el manual de mantenimiento, instalar las tapas de inspección de los tanques.



Figura 42. Colocación de las tapas

3.7.1 Inspección de los montantes de las alas

Según el manual de mantenimiento capítulo 57 Alas desarrollar la inspección.

a) **Desmontaje de las alas**

1. Drenar el combustible de los tanques integrales

- Confirmar que no exista vapor o residuos de combustible en los tanques, por medio del punto de drenaje de los tanques, presionar con un drenador y con ayuda de un recipiente confirmar la ausencia de residuos de combustible.



Figura 43. Punto de drenaje

2. Retiro de cubiertas y desconexión cañerías que unen al ala central con las alas externas

- Como segundo punto retirar las tapas de acceso que protegen las cañerías que se encuentran en el borde de ataque cerca al motor. Para desconectar las cañerías y cables eléctricos, retirar las tapas únicamente con un destornillador estrella y señalar cada elemento desconectado para prevenir confusiones al momento de volver conectar.



Figura 44. Desconexión de cañerías y cables

3. Desconectar el tubo de torsión

- Remover los tornillos del panel exterior de las alas con el apoyo de un destornillador estrella y remover las uniones que sujetan al tornillo sin fin contra la estructura.



Figura 45. Tornillo sin fin

4. Desconexión de poleas

- Abrir las cubiertas del borde de salida con el apoyo de un destornillador plano para desconectar los turnbuckles de las poleas de los controles de vuelo con la ayuda de una

llave hexagonal que se introduce en el orificio del turnbuckle para desajustar y retirar el cable.



Figura 46. Poleas de los controles de vuelo

5. Desconexión de las línea de combustible

- Es necesario que para desconectar las líneas de combustible se ingrese a través del compartimiento del tren de aterrizaje para acceder a las líneas de combustible y tener la facilidad de desconectarlas. Retirar los tornillos de la placa de acceso del compartimiento del tren con una llave 1/2.



Figura 47. Tapa de acceso cerrada

- Después de haber retirado la tapa de acceso al compartimiento del tren se prosigue a introducirse en el compartimiento y desconectar las líneas de combustible manualmente.



Figura 48. Desconexión de líneas de combustible

6. Remoción de fajas laterales, superiores e inferiores

- Para retirar las fajas se necesita ingresar al compartimiento del tren y atravesar el acceso al compartimiento del motor y remover las tuercas de los pernos pequeños. Retirar las 13 tuercas de los pernos de las fajas laterales con una racha 1/2, extensión 1/2 y dado 7/16, para remover la placa y empujar levemente con ayuda de un martillo.



Figura 49. Tuercas de las fajas laterales

- Después de haber removido las fajas laterales realizar el mismo proceso con las fajas superiores e inferiores.



Figura 50. Tuerkas de las fajas inferiores

7. Instalación de eslingas

- Instalar la eslinga de tres ramales para el desmontaje de las alas, esta herramienta se nos fue proporcionada por la universidad ya que a esta se la mantiene en el pañol para ser utilizada en las prácticas de estudiantes y docentes. Para la instalación retirar los 3 tapones de los puntos de sujeción del ala ubicados en la superficie de esta con ayuda de un destornillador plano, y en su lugar colocar los ganchos de sujeción.



Figura 51. Colocación de ganchos

- Como segundo paso colocar con mucho cuidado en los grilletes de cada punta de la eslinga en los tres ganchos respectivamente.



Figura 52. Colocación de grilletes

- Como tercer y último paso colocar la eslinga en el gancho de la Grúa de 10 toneladas y templar la eslinga hasta que esté completamente alzada y remover los pernos montantes.



Figura 53. Colocación de la eslinga en la Grúa

8. Remoción de los montantes de las alas

- Con la ayuda de un destornillador estrella y una copa de profundidad 3/4 desajustar cada uno de los montantes y con ayuda de un martillo realizar pequeños golpes para remover los 9 montantes de las dos alas.

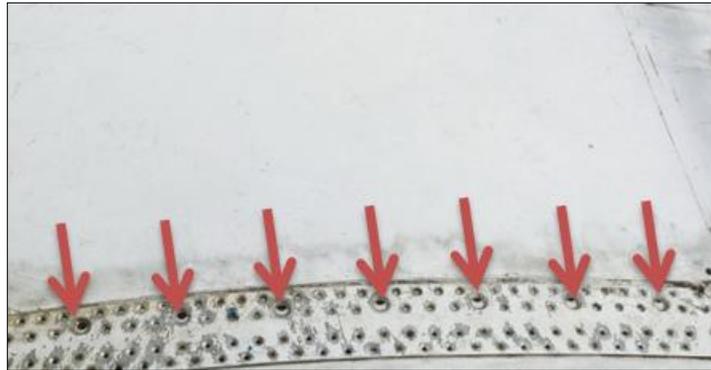


Figura 54. Montantes removidos

9. Desmontaje del ala

- Al haber removido los montantes, el ala queda sostenida por la grúa asegurando así que esta se mantenga alzada, proceder a remover el ala con mucha precaución al momento de bajar el brazo de la grúa con cuidado hasta dejar el ala en una plataforma.



Figura 55. Ala desmontada

- Después de haber removido las alas limpiar las costillas y paneles en las que se encuentran las cañerías, cables eléctricos y los calzos (shims) que aseguran el tanque central con las alas externas, realizar la limpieza con ayuda de una escalera, guaípe, scotch brite y alcohol industrial para remover el polvo, residuos de grasas y corrosión.



Figura 56. Limpieza de Shims

b) NDI de los montantes de las alas

1. Preparación y limpieza de los montantes

- Después de haber removido los 18 pernos montantes de las alas realizar una limpieza exhaustiva a cada uno de ellos. Previo a ejecutar el ensayo no destructivo colocar los montantes en combustible entre diez y 15 minutos para que se remueva la corrosión de las cabezas de los pernos la misma que se formó por el tiempo de exposición a varios cambios de climas, y para una mejor limpieza utilizar un Scotch Brite y un agente no corrosivo WD40 para remover los residuos de corrosión existentes en la estructura de los pernos.

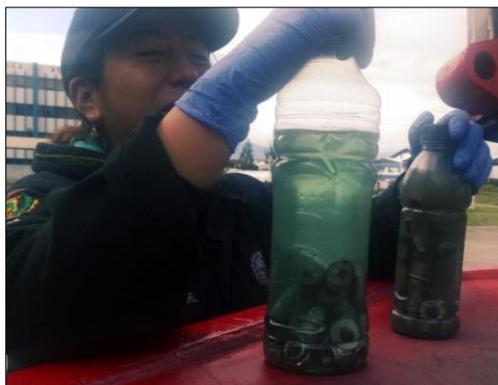


Figura 57. Limpieza de los montantes

- Después de la respectiva limpieza secar el líquido con el que se realizó el lavado con un guaipe, y por consiguiente dejar secar al ambiente, para no dejar rastro de los líquidos que se utilizó en su limpieza y estos no afecten el resultado en el desarrollo del ensayo.



Figura 58. Shock Mountings limpio

2. Aplicación del líquido penetrante

- A continuación de la previa limpieza de los pernos montantes, ingresar al laboratorio de ensayos no destructivos con los respectivos equipos de protección personal y aplicar el líquido penetrante que en este caso fue en aerosol y fluorescente. Al rociar el líquido en los montantes dejar reposar entre 5 y 7 minutos como tiempo de penetración es decir que el penetrante llegue hasta la grieta más fina o delgada.



Figura 59. Aplicación de líquido penetrante

- Pasado el tiempo de penetración eliminar el exceso de líquido de los montantes con un guaipe para prevenir que el resultado del ensayo no indique información errónea.



Figura 60. Limpieza de exceso de líquido penetrante

3. Aplicación del revelador

- Aplicar el revelador en aerosol de tal manera que se forme una capa fina y uniforme sobre los montantes, aplicar y esperar un tiempo de entre 5 a 8 minutos para que el revelador extraiga el líquido de los posibles defectos de los pernos y ampliar la visibilidad de los resultados.



Figura 61. Montantes cubiertos de revelador

4. Inspección

- Para la interpretación de las indicaciones del ensayo se requiere de una luz adecuada (luz ultravioleta). Utilizar la luz ultravioleta sobre cada uno de los 18 montantes de las alas y verificar que se encuentren en buenas condiciones, libres de fisuras o superficies porosas, es decir aptos para seguir siendo usados.



Figura 62. Montantes bajo la luz ultravioleta

5. Limpieza concluyente

- Como último paso realizar una limpieza final de los pernos montantes del ala para volverlos a su estado físico original por medio de un lavado con alcohol industrial. De tal manera que los montantes deben ser inspeccionados y corroborar que estén aptos para seguir en servicio.



Figura 63. Montantes limpios

c) Montaje de las alas

1. Instalación de eslingas y levantamiento de las alas

- Una vez realizada la inspección de los shock mountings retirar los 3 tapones de los puntos de sujeción de las alas y colocar en su lugar los ganchos de sujeción en conjunto con los grilletes y la eslinga, de manera que la Grúa levante ala hasta colocarla al mismo nivel del ala central.

2. Colocación de montantes

- Una vez nivelada el ala externa con el ala central proceder a engrasar de uno en uno el vástago de los pernos para conseguir su fácil colocación y evitar que los hilos de los montantes puedan friccionarse contra la estructura.



Figura 64. Montantes engrasados

- Después engrasar cada perno e instalar de manera intercalada en la unión del ala central y el ala exterior, y con un destornillador estrella y una copa 3/4 proceder a ajustar previamente de haber colocado las respectivas arandelas y tuercas de los montantes.



Figura 65. Colocación de montantes

- Para asegurar los pernos montantes del ala, revisar el adecuado ajuste para cada uno ellos, y colocar un torque de 150 lb/ft a cada uno de los montantes con la herramienta especial denominada torquímetro. (ANEXO A)



Figura 66. Aplicación de torque a los montantes

3. Colocación de pernos en las fajas

- Al tener ya asegurada las alas con los montantes colocar los pernos de las fajas superiores, inferiores y laterales con una racha de 1/2 con su respectiva extensión, un dado y llave 7/16. Colocar en cada una de las cabezas de los pernos pequeños primer para prevenir futuros daños o deterioro de los mismos por la exposición a los cambios de ambiente. Y por último instalar las tapas de acceso a las celdas de los trenes de aterrizajes con una llave 1/2.



Figura 67. Pernos superiores de la faja superior

4. Conexión de los mecanismos del flap y alerones

- Una vez aseguradas las alas colocar el pasador del tornillo sin fin el cual debe estar por debajo del capó del motor alado del flap, girar el tornillo para conseguir que el pasador entre recto hasta alcanzar el flap, después asegurar la placa y sus dos respectivos tornillos contra la estructura de la aeronave.



Figura 68. Ajuste del tornillo

- Conectar los cables de los controles de vuelo (aleros) los mismos que deben estar correctamente identificados, esto ayudara a la fácil instalación de cada cable que controla los aleros.



Figura 69. Cables del alerón derecho

5. Conexión de cañerías y cables eléctricos del borde ataque

- Conectar nuevamente las cañerías de combustible y eléctrico de la celda de acceso ubicada en el borde de ataque, las mismas que previamente al desmontaje se debe identificar para conseguir una fácil instalación.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Los montantes de las alas al encontrarse instalados entre el ala central y el ala externa se encuentran sometidos a altas cargas que pueden afectar la vida útil de los pernos de sujeción, por lo que por medio de la inspección se pudo verificar el correcto funcionamiento al momento de la instalación de las alas.
- El tanque de combustible forma parte del ala de la aeronave el mismo que se encuentra cubierto por su estructura en el cual se visualizó la parte exterior e interior, logrando observar el correcto mantenimiento ejecutado anteriormente por los estudiantes de la carrera bajo la pericia de los docentes de la institución.
- Las inspecciones constan de parámetros y pasos mandatorios los cuales fueron analizados previamente por la casa fabricante las mismas que son un apoyo primordial para la ejecución de tareas de mantenimiento.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para la extracción de dichos montantes es primordial utilizar las herramientas adecuadas para evitar que existan daños en la estructura de los pernos de sujeción, procurando el mantenimiento de su estructura en perfectas condiciones.
- Durante la inspección de los tanques de combustible es esencial la correcta utilización de los equipos de protección personal, y equipos de apoyo que facilitan la correcta ejecución de las tareas de mantenimiento.
- Es necesario que los manuales con los que se van a realizar las tareas de mantenimiento o inspección estén actualizados para realizar los procesos adecuados y evitar realizar pasos innecesarios.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Aeronave:** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.
- **Avión:** Aerodino propulsado por motor, más pesado que el aire, que debe su sustentación en vuelo principalmente a reacciones aerodinámicas ejercidas sobre superficies que permanecen fijas en determinadas condiciones de vuelo.
- **Globo:** Aeróstato no propulsado por motor, más liviano que el aire.
- **Helicóptero:** Aerodino más pesado que el aire, que se mantiene en vuelo principalmente en virtud de la reacción del aire sobre uno o más rotores propulsados por motor, que giran alrededor de ejes verticales o casi verticales.
- **Plan de vuelo:** Información especificada que, respecto a un vuelo proyectado o a parte de un vuelo de una aeronave, se proporciona a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo.

ABREVIATURAS

DGAC: Dirección general de aviación civil

FAA: Administración Federal de Aviación de los EEUU

FT: Pies

PLN: Plan de vuelo

GLD: Planeador

SST: Avión supersónico de transporte

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aero21. (08 de 09 de 2016). *Aero21*. Recuperado el 02 de 12 de 2019, de <http://www.aero21.com/2016/09/que-es-un-aerostato/>
- AIRLINES, A. (12 de 2011). *Aircraft Maintenance Procedures*. Recuperado el 12 de 01 de 2020, de MAINTENANCE PROCEDURES: https://web.archive.org/web/20140611110121/http://www.aa.com/content/images/aboutUs/newsroom/fs_aircraft_maintenance_procedures.pdf
- ARENAS, J. M. (03 de 02 de 2020). *INGENIERIAS Y ESTUCTURAS AERONAUTICAS*. Recuperado el 06 de 02 de 2020, de INSPECCION VISUAL: <https://www.josemiguelatehortua.com/practicas-estandar/tips-criterios-de-inspecci%C3%B3n/>
- Benson, T. (12 de Jun de 2014). *NASA*. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de NASA: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/BGP/lowhyper.html>
- Briceño, G. (2019). *Euston96*. Recuperado el 02 de 12 de 2019, de Euston96: <https://www.euston96.com/dirigible/>
- DGAC. (02 de AGOSTO de 2019). *DGAC*. Recuperado el 09 de ENERO de 2020, de DGAC: <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/08/8-RDAC-145-Nueva-Edicio%CC%81n-Enmienda-4-02-ago-2019.pdf>
- Dunbar, B. (07 de Ago de 2017). *NASA*. Recuperado el 23 de Dic de 2019, de NASA: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-a-helicopter-58.html>
- Echeverría, R. (2003). *Líquidos Penetrantes*. Neuquén.
- Euston96. (2019). *Autogiro | Qué es, características, cómo funciona, usos, historia, inventor*. Recuperado el 20 de 12 de 2019, de <https://www.euston96.com/autogiro/>
- F-27, F. (2020). *Web.archive.org*. Recuperado el 06 de 01 de 2020, de Web.archive.org: <https://web.archive.org/web/20170812173857/http://www.amilarg.com.ar/fokker-f-27.html>
- FAA. (1972). *Airframe & Powerplant AC65-15A*. Washington D. C: U.S DEPARTMENT OF TRANSPORTATION.
- FAA. (1997). *ADVISORY CIRCULAR - VISUAL INSPECTION FOR AIRCRAFT*. Washington D.C: U.S. Department Transportacion.
- FAA. (2012). INSPECTION FUNDAMENTALES . En *CHAPTER 8* (págs. 8-21). EE.UU.
- FAA. (2012). INSPECTION FUNDAMENTALS. En FAA, *INSPECTION FUNDAMENTALS CHAPTER 8* (págs. 8-5). Oklahoma: United States Department.
- FAA. (2018). Fuel tanks. En FAA, *Aviation Maintenance Handbook-Airframe, Volume 2* (págs. 14-19). Washington D.C: U.S. Department of Transportation.
- Fairchild. (1984). FUEL SYSTEM DISTRIBUTION. En FAIRCHILD, *MAINTENANCE MANUAL FAIRCHILD F-27* (págs. 28-20-0 PAGE 1). California.
- Fairchild. (1984). Fuel System Indication. En Fairchild, *MAINTENANCE MANUAL Fairchild FH-227 Series* (págs. 28-40-00). California.
- FAIRCHILD. (1984). FUEL TANKS UNIT- MAINTENANCE PRACTICE. En F. HILLER, *MAINTENANCE MANUAL FAIRCHIL HILLER FH-227* (págs. 28-40-3, PAGE 201). California.

- Fairchild. (1984). *Maual de mantenimiento del avion Fairchild*. En Fairchild, *Maual de mantenimiento del avion Fairchild* (págs. 1,3). California.
- Fairchild. (1984). *S.R.M-Dimensiones*. California.
- Frabricacion, c. f. (2015). *ING. AERONAUTICA*. Recuperado el 25 de 01 de 2020, de ING. AERONAUTICA: <https://ingaeronautica.wordpress.com/2010/10/09/44/>
- Gavilán Jiménez , F., & Roncero, S. E. (2010). *Aeronaves y Vehiculos Espaciales*. Sevilla.
- Gutierrez, M. (13 de 04 de 2013). *familiarización con las aeronaves Dp 02*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de Es.slideshare.net: <https://es.slideshare.net/martinboliva/dp-02-familiarizacin-con-las-aeronaves-18755183>
- IAEA. (2011). *Training Guidelines For Non Destructive Techniques*. VIENNA: TRAINING COURSE SERIES. Obtenido de IAESA.
- Justamechanic. (domingo 27 de 01 de 2019). *Quiero ser LMA*. Recuperado el 27 de 01 de 2020, de Superficies primarias y secundarias, descripción y funcionamiento.: <https://quieroserlma.blogspot.com/2019/01/superficies-primarias-y-secundarias.html>
- Kimerius. (2008). *Kimerius*. Chicago.
- Mantenimiento. (03 de 02 de 2020). *Mantenimiento aeronautico - Mantenimiento*. Recuperado el 06 de 02 de 2020, de Mantenimiento: <https://mantenimiento.win/mantenimiento-aeronautico/>
- NASA. (2015). *GLIDERS*. Washington D. C, EE.UU: FIRSTGOV. Recuperado el 04 de 12 de 2020
- NASA. (05 de Mayo de 2015). *Low subsonic*. Recuperado el 12 de 12 de 2019, de NASA: <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/lowsub.html>
- OACI. (2008). *Tipos de aeronaves*. Chicago: OACI.
- OACI. (2011). *ANEXO I*. Chicago.
- Oiltankng. (2020). *Combustibles de aviación | Glosario | Oiltanking*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de Combustibles de aviación | Glosario | Oiltanking: <https://www.oiltanking.com/es/publicaciones/glosario/detalles/term/combustibles-de-aviacion-jet-fuel-gasolina-de-aviacion-avgas-jet-b-bioqueroseno.html>
- Ontiveros, J. (2012). *Hispanoaviacion*. Recuperado el 12 de 01 de 2020, de EL AVION: DISEÑO, FABRICACION Y MANTENIMIENTO - Hispaviación: <http://www.hispaviacion.es/el-avion-diseno-fabricacion-y-mantenimiento-2/>
- Oñate, A. E. (1997). *Constitucion del Sistema hidráulico*. En A. E. Oñate, *Conocimientos del AVIÓN* (pág. 575). Madrid: HOMSON-PARANINFO.
- OÑATE, A. E. (2007). *SISTEMAS NEUMÁTICOS*. En A. E. OÑATE, *CONOCIMIENTOS DEL AVIÓN* (pág. 781). Madrid: PARANINFO.
- Parading, S. (2015). *Flynirvana.com*. Recuperado el 04 de 12 de 2019, de Paragliding School - Fly Nirvana- Paragliding in India, Paragliding holiday packages, Group adventures, Tandem Paragliding, Adventures in Kamshet.: <https://www.flynirvana.com/paragliding-school.html>
- Patricio, B. (2003). *LA HISTORIA DE LA AVIACION*. En B. Patricio, *LA HISTORIA DE LA AVIACION* (pág. 29). Madrid: libros maravillosos.
- Patricio, B., & Antonio, B. (2001). *Imitar el vuelo de los pájaros*. (Libros maravillosos) Recuperado el 02 de 12 de 2019, de Librosmaravillosos.com: <http://www.librosmaravillosos.com/lahistoriadelaaviacion/index.html>

- PINEDA, A. A. (2010). MANTENIMIENTO MENOR. En A. A. PINEDA, *MANTENIMIENTO AERONÁUTICO*. Bogotá.
- Praelli, J. L. (10 de Febrero de 2015). *Slideshare*. Recuperado el 04 de 12 de 2019, de <https://es.slideshare.net/JoseLuisTejedaPraell/clase-02-02iiacclasificacion-de-las-aeronaves-vs-final>
- Rivas, A. (2003). SISTEMAS DE COMBUSTIBLE . En A. Rivas, *MOTORES DE TURBINA DE GAS* (pág. 114).
- Scott, A. F. (01 de 04 de 1984). *Globo Aerostático*. (Prensa Científica, S.A.) Recuperado el 02 de 12 de 2019, de <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/protenas-de-membranas-celulares-155/la-invincin-del-globo-aerosttico-y-el-nacimiento-de-la-qumica-2291>
- Vaiu - Cigarrillos Electrónicos SL. (12 de 09 de 2015). Recuperado el 02 de 12 de 2019, de <https://vaiu.es/pioneros-de-la-aviacion-historia-de-la-aviacion-hermanos-wright/#prettyphoto/1/>
- VOLAR, P. P. (14 de Febrero de 2010). *Pasionporvolar.com*. Recuperado el 07 de 01 de 2020, de Combustibles para la aviación – ASOC. PASIÓN POR VOLAR: <http://www.pasionporvolar.com/combustibles-para-la-aviacion/>

ANEXOS



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN

MOTORES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por la señorita **VILLALBA FLORES, MISHEL CAROLIN.**

En la ciudad de Latacunga a los 04 días del mes de febrero del 2020.

Aprobado por:


Tlgo. Díaz Pacushca Cristian Edwar
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Rodrigo Bautista
DIRECTOR DE LA CARRERA



Abg. Sarita Plaza
SECRETARIA ACADÉMICA