



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

**MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES**

**TEMA: INSPECCIÓN VISUAL DE HUNDIMIENTOS Y RAJADURAS EN
LA PIEL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 CON
MATRÍCULA HC-BHD DE ACUERDO AL SRM ATA 55 MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA GOPRO HERO 7 EN EL
CUADRICÓPTERO CFLM PARA LA UGT-ESPE**

AUTOR:

FRANCO LÓPEZ, CARLOS WILFRIDO

DIRECTOR:

ING. COELLO TAPIA, LUIS ANGEL

LATACUNGA 2019



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, **“INSPECCIÓN VISUAL DE HUNDIMIENTOS Y RAJADURAS EN LA PIEL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 CON MATRÍCULA HC-BHD DE ACUERDO AL SRM ATA 55 MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA GOPRO HERO 7 EN EL CUADRICÓPTERO CFLM PARA LA UGT-ESPE.”** fue realizado por el señor **FRANCO LÓPEZ, CARLOS WILFRIDO**, ha sido revisado en su totalidad y 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, diciembre del 2019

ING. COELLO TAPIA, LUIS ANGEL
C.C.: 0503128662



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **FRANCO LÓPEZ, CARLOS WILFRIDO** declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía : **“INSPECCIÓN VISUAL DE HUNDIMIENTOS Y RAJADURAS EN LA PIEL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 CON MATRÍCULA HC-BHD DE ACUERDO AL SRM ATA 55 MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA GOPRO HERO 7 EN EL CUADRICÓPTERO CFLM PARA LA UGT-ESPE.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Latacunga, Diciembre del 2019

FRANCO LÓPEZ, CARLOS WILFRIDO
C.C.: 1805233051



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

AUTORIZACIÓN

Yo, **FRANCO LÓPEZ CARLOS WILFRIDO** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar ***“INSPECCIÓN VISUAL DE HUNDIMIENTOS Y RAJADURAS EN LA PIEL DEL EMPENAJE DE LA AERONAVE FAIRCHILD FH-227 CON MATRÍCULA HC-BHD, DE ACUERDO AL SRM ATA 55 MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CÁMARA GOPRO HERO 7 EN EL CUADRICÓPTERO CFLM, PARA LA UGT-ESPE.”*** en el Repositorio Institucional: el registro bibliográfico, el resumen y la dirección web indexada a la revista del artículo académico.

Latacunga, diciembre del 2019



FRANCO LÓPEZ, CARLOS WILFRIDO
C.C.: 1805233051

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mi abuelita y a mis hermanos que han logrado cultivar en mí los valores de la humildad y la perseverancia, por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos de mi vida, y han sabido educarme de la mejor manera. Toda mi vida estaré agradecido con toda mi familia, por ser el pilar fundamental de mis logros realizados, gracias a todas esas personas que me apoyaron para hacer realidad mi sueño de ser un profesional.

A mi novia Erika Maribel Casa Oyasa, por ser un apoyo incondicional para poder superarme y ser mejor persona cada día, gracias por darme su amor, ternura y apoyo para superar mis metas.

A mis amigos verdaderos y compañeros, con los cuales he compartido grandes experiencias dentro y fuera de mi vida estudiantil, por ser esa alegría de la vida que se la lleva hasta el último día de nuestra existencia.

AGRADECIMIENTO

A mi abuelita por su determinación, entrega y humildad, que me han ayudado a cumplir todas mis metas, por ser el más perfecto ejemplo de un amor eterno, y por ese cariño sincero que me alienta a no rendirme jamás.

De una manera muy especial a mis tres hermanos, Omar, Rolando y Carmita, por ser mi ejemplo de superación y esa fuerza que me ayuda a vencer todos los obstáculos en mi vida.

A todos mis profesores que me enseñaron lo valioso que es el estudio, que, por medio de sus conocimientos impartidos, lograron convertirme en un gran profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD.....	II
AUTORIZACIÓN.....	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Justificación	3
1.4	Objetivos.....	4
1.4.1	Objetivo general.....	4
1.4.2	Objetivos específicos	4
1.5	Alcance	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Drones	6
2.1.1	¿Qué es un Drone?	6
2.1.2	De los primeros aviones no tripulados a los drones actuales	7
2.1.3	Partes básicas de un Drone.....	8
2.1.4	Drones Profesionales.....	18
2.1.5	Uso de los drones Profesionales	25
a	Uso militar de los drones	28
b	Uso de los drones en la Agricultura.....	29

c	Uso de los drones en Entretenimiento.....	30
d	Uso de los drones en Aviación	31
2.1.6	Características de los Cuadricóptero	33
a	Nivel de autonomía de un drone.....	33
b	Dimensiones y peso de un drone	34
2.1.7	Baterías utilizadas para drones.....	35
2.1.8	Normativa de Operación de drones en el Ecuador	37
a	Dirección general de aviación civil, resolución n° 251/2015	37
2.2	GoPro HERO	41
2.2.1	Características	41
2.2.2	Categorías de la cámara GoPro HERO	42
a	Accesorios Adicionales.....	44
2.2.3	Cámara GoPro Hero 7 Black	45
a	Especificaciones técnicas de la cámara GoPro Hero 7 Black	46
b	Aplicaciones digitales para las cámaras	50
2.3	Aeronave Fairchild FH-227	51
2.3.1	Dimensiones y Áreas	52
a	Dimensiones de la Aeronave.....	52
2.3.2	Empenaje convencional de la aeronave Fairchild.....	55
2.3.3	Componentes del Empenaje de la Aeronave Fairchild FH-227	55
2.3.4	Estabilizadores.....	56
2.3.5	Partes del Empenaje de la aeronave Fairchild.	56
2.3.6	Estructura y construcción del Empenaje.....	58
2.3.7	Piel del Empenaje de la aeronave Fairchild.....	58
2.4	Programas de Mantenimiento	59
2.4.1	Tipos de inspecciones	61
a	Inspecciones Programadas	61
2.4.2	Inspecciones de Rutina (a tiempo fijo)	62
2.4.3	Inspecciones de No Rutina (ante eventos especiales)	64
2.4.4	Inspecciones por fallas	65

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1	Consideraciones generales	66
3.1.1	Situación actual de la aeronave	66
3.1.2	Descripción general	68
3.2	Implementación de la cámara GoPro HERO 7 Black.....	69
3.2.1	Estudio de alternativas.....	70
a	SJCAM SJ8 Pro.....	70
b	FITFORT	72
c	GoPro Hero 7 Black.....	74
3.2.2	Matriz de decisión	76

a	Criterios de evaluación	76
b	Alternativa seleccionada.....	79
3.2.3	Funcionamiento de la Cámara GoPro HERO 7 Black	80
a	Componentes de la cámara GoPro Hero 7 Black.....	82
3.2.4	Sistema de alimentación del Cuadricóptero	83
3.2.5	Interacción de componentes del sistema de inspección visual.....	86
3.2.6	Proceso de ensamblaje de la cámara en el Cuadricóptero.....	89
3.3	Proceso de ensamblaje del Cuadricóptero	91
3.3.1	Descripción de procedimientos, calibración y mantenimiento.....	93
3.3.2	Procedimientos para realizar la inspección visual.....	95
3.4	Proceso de inspecciones	99
3.4.1	Reparaciones estructurales	99
3.4.2	Rajaduras	99
3.4.3	Hundimientos	100
3.4.4	Discrepancias adicionales	101
3.5	Resultados de la inspección visual del empenaje.....	106
3.5.1	Reparaciones estructurales	106
3.5.2	Rajaduras	114
3.5.3	Hundimientos	122
3.5.4	Discrepancias adicionales	132

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1	Conclusiones	145
4.2	Recomendaciones	146

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS.....

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. MQ 9 Reaper Drone.	7
Figura 2. Estructura completa del dron.	9
Figura 3. Dron (estructura y sistemas completos).	17
Figura 4. Phantom 3.	18
Figura 5. Parrot Bebop Skycontroller.	19
Figura 6. Walkera TALI H500.	20
Figura 7. Yuneec Q500 4K.	21
Figura 8. 3DR Solo.	22
Figura 9. Hubsan X4 Pro.	23
Figura 10. Blade Chroma Camera Drone.	24
Figura 11. Dron militar de combate.	28
Figura 12. Dron fumigador.	29
Figura 13. Entrenamiento con drones.	30
Figura 14. Inspección con drones en el A320.	32
Figura 15. Cuadricóptero.	33
Figura 16. Baterías de Ni-Cd.	35
Figura 17. Baterías de Ni-MH.	35
Figura 18. Baterías de Ion-Litio.	36
Figura 19. Baterías de Li-Po.	36
Figura 20. Cámara GoPro Hero 7 Black.	46
Figura 21. Tipos de cámaras GoPro Hero 7.	46
Figura 22. Cámara Hero 7 Black Edition.	48
Figura 23. Filmación de deportes extremos.	50
Figura 24. Aeronave Fairchild FH – 227.	51
Figura 25. Dimensiones del avión FH-227.	52
Figura 26. Empenaje convencional.	55
Figura 27. Empenaje Convencional.	57
Figura 28. Aeronave Fairchild FH – 227.	67

Figura 29. Cuadricóptero CFLM.	69
Figura 30. Cámara SJCAM.	71
Figura 31. Cámara FITFORT.	73
Figura 32. Cámara GoPro Hero 7 Black.	75
Figura 33. Sistema de recepción y transferencia de imágenes.	79
Figura 34. Sistema de recepción y transferencia de imágenes.	81
Figura 35. Componentes de la cámara.	83
Figura 36. Fuentes de energía del Cuadricóptero.	85
Figura 37. Implementación de los componentes del Cuadricóptero CFLM.	87
Figura 38. Cuadricóptero CFLM.	88
Figura 39. Proceso de ensamblaje de la cámara GoPro Hero 7 Black.	90
Figura 40. Proceso de ensamble del Cuadricóptero CFLM.	92
Figura 41. Inspección visual de hundimientos y rajaduras.	94
Figura 42. Procedimientos para realizar la inspección visual.	98
Figura 43. Proceso de inspección de reparaciones estructurales.	102
Figura 44. Proceso de inspección de rajaduras.	103
Figura 45. Proceso de inspección de hundimientos.	104
Figura 46. Proceso de inspección de discrepancias adicionales.	105
Figura 47. Reparación estructural # 1.	106
Figura 48. Reparación estructural # 2.	107
Figura 49. Reparación estructural # 3.	108
Figura 50. Reparación estructural # 4.	109
Figura 51. Reparación estructural # 5 de la inspección visual.	110
Figura 52. Reparación estructural # 6.	111
Figura 53. Reparación estructural # 7.	112
Figura 54. Reparación estructural # 8.	113
Figura 55. Rajadura # 1 de la inspección visual.	114
Figura 56. Rajadura # 2 de la inspección visual.	115
Figura 57. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).	116
Figura 58. Rajadura # 3 de la inspección visual.	116

Figura 59. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	117
Figura 60. Rajadura # 4 de la inspección visual.	117
Figura 61. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	118
Figura 62. Rajadura # 5 de la inspección visual.	118
Figura 63. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	119
Figura 64. Rajadura # 6 de la inspección visual.	119
Figura 65. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	120
Figura 66. Rajadura # 7 de la inspección visual.	120
Figura 67. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	121
Figura 68. Rajadura # 8 de la inspección visual.	121
Figura 69. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	121
Figura 70. Hundimiento # 1 de la inspección.	122
Figura 71. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	123
Figura 72. Hundimiento # 2 de la inspección.	123
Figura 73. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	124
Figura 74. Hundimiento # 3 de la inspección.	124
Figura 75. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	125
Figura 76. Hundimiento # 4 de la inspección.	125
Figura 77. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	126
Figura 78. Hundimiento # 5 de la inspección.	126
Figura 79. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	127
Figura 80. Hundimiento # 6 de la inspección.	127
Figura 81. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	128
Figura 82. Hundimiento # 7 de la inspección.	128
Figura 83. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	129
Figura 84. Hundimiento # 8 de la inspección.	129
Figura 85. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	130
Figura 86. Hundimiento # 9 de la inspección.	130
Figura 87. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).....	131
Figura 88. Discrepancia Adicional # 1.	132

Figura 89. Discrepancia Adicional # 2.	133
Figura 90. AC 43-206 Remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie.	134
Figura 91. Discrepancia Adicional # 3.	135
Figura 92. Discrepancia Adicional # 4.	136
Figura 93. Discrepancia Adicional # 5.	137
Figura 94. Discrepancia Adicional # 6.	138
Figura 95. Discrepancia Adicional # 7.	139
Figura 96. Discrepancia Adicional # 8.	140
Figura 97. Discrepancia Adicional # 9.	141
Figura 98. Discrepancia Adicional # 10.	142
Figura 99. Discrepancia Adicional # 11.	143
Figura 100. Discrepancia Adicional # 12.	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Dimensiones y Peso de un drone.....</i>	34
Tabla 2	<i>Especificaciones técnicas de las GoPro Hero 7.....</i>	49
Tabla 3	<i>Dimensiones y pesos de la aeronave Fairchild FH-227</i>	53
Tabla 4	<i>Características técnicas de la cámara SJCAM SJ8 Pro.....</i>	70
Tabla 5	<i>Características técnicas de la cámara FITFORT</i>	72
Tabla 6	<i>Características técnicas de la cámara GoPro Hero 7 Black.....</i>	74
Tabla 7	<i>Matriz de decisión para la selección de la cámara</i>	78

RESUMEN

La finalidad de la presente investigación es proporcionar los conocimientos necesarios destinados a prácticas más eficientes de la ejecución de las inspecciones visuales en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, con el objetivo de reducir el tiempo, el equipo y los accidentes que pueden surgir en la ejecución de la inspección. Con la funcionalidad del Cuadricóptero CFLM, se coloca la cámara GoPro HERO 7 Black, que permite obtener imágenes de alta definición y así identificar cualquier tipo de daño como las reparaciones estructurales, hundimientos, rajaduras y discrepancias adicionales por el cual está enfocado este Proyecto. Así, el proyecto incentiva la construcción, diseño, implementación y creación de otros tipos de drones para ayudar con unas mejores técnicas de inspección en aeronaves. De manera que la información sobre el funcionamiento de la cámara se emplea como una guía básica para un uso adecuado en las inspecciones. Con las imágenes obtenidas de la inspección con el drone, se lleva a cabo el mapeo, este proceso es documentando la información técnica del SRM ATA 55, que respalda si el daño es permisible o no permisible, detallando la acción correctiva que se debe realizar cuando se completó la inspección con el drone.

PALABRAS CLAVE:

- **AERONAVE FAIRCHILD FH-227**
- **CUADRICOPTERO CFLM**
- **INSPECCIÓN VISUAL**
- **CÁMARA GOPRO HERO 7**

ABSTRACT

The purpose of this research is to provide the necessary knowledge aimed at more efficient practices of carrying out visual inspections on the skin of the Fairchild FH – 227 aircraft company, with the aim of reducing the time, accidents that may arise in the execution of the inspection. With the functionality of the CFLM Quadcopter, the GoPro HERO 7 Black camera is placed, which allows to obtain high definition images and thus identify any type of damage such as structural repairs, sinking, cracks and additional discrepancies by which this Project is focused on. Thus, the project encourages the construction, design, implementation and creation of other types of drones to help with better aircraft inspection techniques. So information on camera operation is used as a basic guide for proper use in inspections. With the images obtained from the inspection with the drone, the mapping is carried out, this process is documenting the technical information of the SRM ATA 55, which supports whether the damage is permissible or non-permissible, detailing the corrective action to be taken when it is completed the inspection with the drone.

KEYWORDS:

- **FAIRCHILD FH-227 AERONAVE**
- **CFLM CUADRICOPTER**
- **VISUAL INSPECTION**
- **GOPRO HERO 7 CAMERA**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes

Desde cuándo fue la creación del ex Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico – ITSA, el 08 de noviembre de 1999 y reconocido por el CONESUP, el 22 de septiembre del año 2000, hasta el 13 de enero de 2014, donde el Honorable Consejo Universitario Provisional de la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE, aprueba la creación de la Unidad de Gestión de Tecnologías–UGT, consolidando así la integración del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico–ITSA, a la Universidad de las Fuerzas Armadas–ESPE. Se crea la carrera de mecánica aeronáutica mención aviones y motores, basados en la necesidad de aportar con la industria aeronáutica en el Ecuador, para proporcionar técnicos altamente capacitados para realizar el mantenimiento de aeronaves, ofreciendo nuevos campos laborales en la industria aeronáutica.

La Unidad de Gestión de Tecnologías – ESPE, cuenta con varios laboratorios totalmente equipados, un simulador de vuelo, bibliotecas técnicas y aviones escuela, con los cuales los estudiantes pueden adquirir mayores conocimientos prácticos realizando tareas de inspección, remoción, mantenimiento de componentes mediante la ayuda de los manuales de mantenimiento en los cuales se debe basar este proyecto, lo cual ayuda en el desarrollo profesional de los estudiantes de esta prestigiosa Universidad.

Aprovechando las necesidades existentes para los estudiantes de realizar sus prácticas de mantenimiento como inspecciones y chequeos visuales de la estructura exterior de las aeronaves tanto en zonas inferiores como superiores, la cual se requiere de mucho tiempo, estructuras metálicas , y varios mecánicos que contribuyan con la inspección por cada zona de la aeronave, con la ayuda de una cámara GoPro HERO 7 Black en el Cuadricóptero CFLM, que facilita los procedimientos de inspección visual para detectar hundimientos y rajaduras.

1.2 Planteamiento del problema

Gracias a la gestión de las autoridades que se encuentran al frente de la carrera de Mecánica Aeronáutica, se cuenta actualmente con distintas aeronaves y laboratorios, en los cuales los estudiantes desarrollan su aprendizaje de manera teórica y práctica, ya que de esta manera se desarrolla las habilidades de resolver problemas en una aeronave, siguiendo los procedimientos de los manuales de mantenimiento, y también se adquiere mayor experiencia en la formación como futuros profesionales capaces de resolver problemas en la aeronave.

La creación de este proyecto se debió, a que dentro de las instalaciones del departamento de Mecánica Aeronáutica no existe un DRONE, con la tecnología adecuada para realizar inspecciones visuales, y pueda identificar cualquier tipo de daño estructural como hundimientos y rajaduras en la aeronave Fairchild FH-227, sin perder

demasiado tiempo, y por la falta de equipo, como escaleras grandes para realizar las inspecciones en las aeronaves. Al instalar una cámara GoPro HERO 7 en el Cuadricóptero CFLM se logra inspecciones de hundimientos y rajaduras en full HD y tiempo real, para que los técnicos puedan efectuar de una manera más fácil y eficaz las tareas de inspección en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227.

1.3 Justificación

El desarrollo del presente proyecto tiene como objetivo principal facilitar las inspecciones estructurales de la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227, como ayuda para todos los estudiantes que desarrollarán de mejor manera la identificación de hundimientos y rajaduras del Empenaje. Para efectuar de manera sencilla las tareas de mantenimiento del área afectada y proceder a hacer las acciones correctivas necesarias siguiendo las especificaciones de los manuales de mantenimiento de la aeronave. Para la implementación de la cámara GoPro HERO 7 Black, se realiza el manual de funcionamiento que permita a los estudiantes practicar y experimentar de una manera sencilla con los procesos de inspección y la detección de hundimientos y rajaduras facilitando así el aprendizaje de las habilidades técnicas e identificar cualquier tipo de fallas estructurales en el Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227. Los estudiantes podrán trabajar en un ambiente más cómodo de una mejor manera y poder aplicar todo el conocimiento adquirido y que permita el desarrollo práctico de los manuales de mantenimiento y así tener una visión real del desarrollo de la misma, esto se lo logrará

con prácticas en las cuales el estudiante podrá resolver sus dudas y dominar el manejo del DRONE para las inspecciones, lo cual sería el objetivo principal de este proyecto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Realizar una inspección visual de hundimientos y rajaduras en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, de acuerdo al SRM ATA 55, mediante la implementación de la cámara GoPro Hero 7 en el Cuadricóptero CFLM, para la UGT-ESPE”.

1.4.2 Objetivos específicos

- Recopilar información técnica necesaria para realizar una inspección visual de hundimientos y rajaduras en el Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227.
- Implementar la cámara GoPro HERO 7 Black para realizar la inspección de hundimientos y rajaduras mediante el procesamiento de imágenes obtenidas por el Cuadricóptero CFLM, en el Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227.
- Determinar los límites permisibles de rajaduras y hundimientos, mediante el procesamiento de imágenes obtenidas en la inspección visual del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227.

1.5 Alcance

Este proyecto tecnológico está enfocado en realizar inspecciones visuales mediante una cámara GoPro HERO 7, permite identificar hundimientos y rajaduras en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227, con el Cuadricóptero CFLM. Está dirigido a los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE, y todo el grupo de docentes técnicos aeronáuticos como material de apoyo en el desarrollo de sus prácticas de inspecciones con los estudiantes, el cual permitirá un mejor aprendizaje y desarrollo de los conocimientos teóricos y prácticos, y de esta manera se ayudará a un mejor desempeño de los estudiantes en su vida estudiantil y profesional.

La institución podrá implementar en sus laboratorios un equipo sofisticado y de alta tecnología, capaz de permitir a los docentes y/o estudiantes, realizar inspecciones en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227, y culminar las mismas de una forma rápida, concisa y con datos reales, que permitan corregir cualquier tipo de fallas de hundimientos o rajaduras en la piel de la aeronave.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Drones

2.1.1 ¿Qué es un Drone?

Drone es un tipo de aparato volador no tripulado y que puede ser controlado en forma remota; un drone puede ser usado en infinidad de tareas que el humano no puede o no quiere realizar, o simplemente son demasiado peligrosas, como, por ejemplo, la exploración o la limpieza de residuos tóxicos, y como no podía ser de otro modo, para fines bélicos. (Hernando, 2016)

Se ha originado el crecimiento del drone como una tecnología potente a desarrollar también en el sector civil, la idea del avión no tripulado es antigua. Una de las ventajas primordiales del drone es que aísla a la persona que lo opera del riesgo de la operación. Afortunadamente la guerra, aun siendo el motivo de su éxito y desarrollo, no es el único uso que podemos dar a los drones ya que existen un sin fin de buenas y positivas aplicaciones para investigación, conservación, salvamento, infraestructuras, rescate y búsqueda de víctimas entre otras muchas.



Figura 1. MQ 9 Reaper Drone.
Fuente: (Delgado, 2016).

2.1.2 De los primeros aviones no tripulados a los drones actuales

Para entender el cómo han llegado a ser lo que son hoy en día los drones, en el tiempo en que los europeos fueron los primeros en desarrollar lo que se conoce como el principio de la aeronáutica, y al tratar de aplicarlos a aeronaves viables, volaron modelos no tripulados que podrían ser considerados los primeros vehículos aéreos no tripulados de la historia. Durante la Primera Guerra Mundial, el progreso de la aviación convencional progresó rápidamente. Sin embargo, la aviación no tripulada se veía frenada en aquella época por la falta de un desarrollo tecnológico específico.

Los primeros sistemas fueron desarrollados como armamentos de largo alcance, no fue hasta finales del siglo XX cuando los “drones” comenzaron a ser operados mediante radiocontrol, obteniendo todas las características de autonomía. Durante la primera mitad del siglo XX, Estados Unidos era líder en el mercado de aviones no tripulados, En las décadas siguientes, comenzaron a utilizar los drones para la vigilancia.

Durante la década de los 60 y con la llegada de los aviones militares incorporados con sistemas de propulsión a reacción, se desarrollaron blancos más rápidos y de mayor alcance. Además, muchos de los UAV¹ existentes fueron equipados con cámaras para emisiones de reconocimiento en territorio enemigo, así como para misiones de vigilancia y espionaje. Los sistemas se fueron haciendo más sofisticados tanto en los requisitos de misión como en la seguridad de sus comunicaciones. Una década después, comienza a crear los primeros aviones no tripulados armados con misiles. (Abreu, 2015)

2.1.3 Partes básicas de un Drone

Los drones son utilizados en muchas cosas, además de servir como arma letal, también para vigilancia, reconocimiento, se usan en cosas un poco más simples en ámbitos recreacionales. Es por esto que se debe conocer cómo se encuentra conformado este aparato, cada componente y pieza del dron es esencial para su perfecto funcionamiento. (CANGURO, 2017).

Es de gran importancia conocer de todas las partes que está conformado un drone para que sea totalmente funcional y cumpla con todas las expectativas del usuario, teniendo en cuenta que cada parte es esencial, si una de ellas llegase a faltar el drone quedaría incompleto en la parte funcional y estructural.

¹ **UAV:** Unmanned Aerial Systems (Sistemas Aéreos No Tripulados)



Figura 2. Estructura completa del drone.
Fuente: (Esenziale, 2017).

- **Estructura del drone**

Este es el cuerpo o cuadro del drone, es lo que genera el soporte de todas las demás piezas, es decir la estructura central que puede ser de varias formas, las características pueden variar por la forma de la estructura, el dron puede ser Cuadricóptero, Hexacóptero, u Octocóptero, (esto se refiere a la cantidad de rotores, o componentes que rotan como el motor o generador eléctrico de los drones) y también hace que varíe el tamaño del dron al tener un estructura de distintas dimensiones.

La estructura del dron generalmente está fabricada con tres diferentes tipos de materiales, los hay fabricados de fibra de carbono, con este material son muy resistentes, pesados y suelen ser los más costosos. Otro tipo de material es fibra de vidrio, no tienen la resistencia de los de fibra de carbono, son más débiles, pero gracias a esto, son más ligeros y más económicos. El tercer material es el plástico, es el material que tienen los drones que generalmente son de iniciación, y más adquiridos porque de todos los drones

fabricados con diferentes materiales, el de plástico es el más económico. (3D). (CANGURO, 2017)

- **Motores**

Los motores se encargan de hacer funcionar el dron, giran las hélices para que pueda volar, y pueden ser de distintos tamaños, velocidad y potencias, así como trifásicos o bifásicos. También hay drones con motores que giran en un mismo sentido, o diseñados para girar en el sentido horario o anti horario. Estos motores transforman la energía eléctrica en movimiento circular que pasa a transmitirse a las hélices de los drones y causará un empuje que permitirá que el dron vuele y se desplace por los aires, con un conjunto equilibrado se logrará un vuelo óptimo. (CANGURO, 2017)

- **Hélices**

Se ve en los helicópteros, son las que elevan a la aeronave y en este caso, se encargan de elevar por los aires al dron y al igual que los motores, puede haber hélices de ambos sentidos de giro. Las de dos aspas son las más utilizadas, aunque también las hay de tres aspas que mejoran muchísimo la estabilidad del dron, pero consumen mayor energía. Estas aspas las de dos y tres son fabricadas de múltiples materiales como las de fibra de carbono, plástico o nilón. Estas hélices de los drones usados por civiles

deberían usar protectores de propulsión, estos evitarán accidentes especialmente si lo vas a usar dentro de tu casa o cerca de las personas. (CANGURO, 2017)

- **Placa controladora de vuelo**

Es para el dron lo que un cerebro es para los humanos, el cerebro de las personas es el encargado de enviar señales a todo el cuerpo, a todos los sistemas de los que se compone. Así mismo funciona la placa controladora de vuelo, es la computadora que realiza todo el movimiento del dron y recoge datos de todo su sistema, la ubicación de GPS, controla las velocidades de los motores, la de los giroscopios y acelerómetros.

Esta placa es el ordenador que ocupa tu lugar a bordo del dron, si fuera un avión, el piloto en lugar de serlo tú, lo es la placa controladora de vuelo y es la encargada de recibir las órdenes que envías desde el suelo con el control remoto, procesa y da las órdenes precisas para que el dron mantenga su estabilidad durante el vuelo, transmitiéndole a cada motor las ordenes que le va dando el piloto desde tierra. (CANGURO, 2017)

- **Sensores**

Los drones ejecutan su plan de vuelo gracias a múltiples sensores, cumplen la función de adquirir datos para que posteriormente puedan ser procesados y analizados

con la ayuda de un software. Hay dos tipos de sensores, los sensores activos y los sensores pasivos, los primeros son los que generan la radiación que miden emitiendo un pulso y registrando el rebote. Por otra parte, los sensores pasivos son aquellos que reflejan la radiación emitida desde el objeto, como ejemplo de estos sensores pasivos se pueden mencionar las cámaras fotográficas, video cámaras, cámaras infrarrojas, y cámaras térmicas.

El acelerómetro es un sensor que va a medir la aceleración estática, y también la aceleración dinámica, la primera en el eje vertical, como la gravedad y la segunda, en el eje horizontal, en el plano XY. Estos sensores son utilizados para determinar la posición y la orientación del dron durante el vuelo, cuando estos se mueven, cambia la cantidad de corriente eléctrica que se mueve por la estructura e indica un cambio de posición con respecto a la gravedad.

El altímetro es un sensor que contienen los drones, para regular automáticamente la altura del vuelo, lo que te permitirá realizar grabaciones con alturas estables, que no disminuyan ni aumenten durante la grabación, se podrá con el control de distancia, hacer avanzar a tu dron, hacerlo girar, e incluso retrocederlo a tu antojo sin que este pierda la estabilidad y gracias al altímetro, mantendrá la altura del vuelo que escogiste para tu mejor toma fotográfica o filmográfica.

Otro sensor es el giroscopio, encargado de medir los ángulos de ubicación del dron; cuando este se encuentra en el aire, generalmente este sensor, se ubica en la misma unidad, en la que se encuentra el acelerómetro de tres ejes, así trabajan en conjunto, por una parte, el acelerómetro calculará la posición, mientras que, por otra, el giroscopio calculará el ángulo en el que se encuentra. (CANGURO, 2017)

- **GPS**

Los GPS² integrados en los drones cumplen las mismas funciones que los GPS en los automóviles, o en cualquier otro aparato, pero este incluye algunas características más, sirven para añadir los datos de ubicación en la telemetría, además los datos de velocidad y los datos sobre la altitud y si se tiene un dron más avanzado con una placa controladora de vuelo que incluye la opción de vuelo programado, sirve para que esta función se cumpla con éxito por lo que mantiene guardada la posición estática o despegue para que tu dron vuelva a su punto de partida en caso de que se le vaya agotando la batería o en caso de algún desastre, esta funcionalidad del GPS hará que tu dron sea el mensajero y regrese a su ubicación inicial. (CANGURO, 2017)

² **GPS:** Sistema de Posicionamiento global.

- **BRÚJULA**

El dron tiene una brújula electrónica, o magnetómetro independiente de la controladora de vuelo, alejada de la batería, de cables de distribución y de los reguladores de velocidad ESC³, que causan interferencias molestas. La corriente continua que va circulando por los cables de distribución, es tanta, que genera un gran campo magnético que puede dañar el magnetómetro, ocasionando un problema como desviación de la orientación o movimientos en espiral. Con esta brújula, (el campo magnético de la tierra, más la información de declinación que proporciona el GPS) se sabrá siempre donde está el norte. (CANGURO, 2017)

- **TELEMETRÍA OSD**

El OSD⁴, es un dispositivo del dron bastante útil para los pilotos por pantalla o gafas, este dispositivo facilita información de tipo de nivel de batería, la corriente de los motores, la cobertura, la velocidad, la altitud y las coordenadas del GPS. Se presenta en forma de tablero y te permite monitorear el estado del dron en tiempo real, durante el vuelo. (CANGURO, 2017)

³ **ESC**: Control de velocidad electrónico.

⁴ **OSD**: "On Screen Display" o visualización en pantalla.

- **Transmisor de video**

El Transmisor FPV⁵ de los drones, es el encargado de enviar las imágenes por la cámara a través del aire, para así brindarte la experiencia de pilotar un dron un poco más real, tal como si estuvieras a bordo, este es un emisor FPV y se encuentra conectado a la cámara FPV y a la fuente de alimentación, como por ejemplo la batería que alimenta al dron. Mientras que el receptor de video, es el que se encarga de recibir la señal de vídeo que envía el transmisor FPV desde el dron. (CANGURO, 2017)

- **ECS (Reguladores de velocidad)**

Es llamado regulador de velocidad, variadores, o conocido por sus siglas en inglés ESC (Electronic Speed Control). Son los que se encargan de hacer que giren los motores del dron a la velocidad necesaria, la capacidad es medida en amperios, que es capaz cada motor, dependerán de la batería así como de los motores, entonces un controlador de velocidad electrónico, es el circuito eléctrico que se encarga de variar la velocidad del motor, así mismo, variará su dirección y también podría actuar como un freno dinámico, este ESC convierte la energía de la batería de CC, (corriente continua) en trifásica CA, (corriente alterna) para impulsar a los motores sin escobillas. (CANGURO, 2017)

⁵ **FPV:** First Person View o vista en primera persona.

- **Gimbal**

Es el elemento móvil que estabiliza y une la cámara al dron, la mantiene nivelada en todas las condiciones del vuelo, además la diriges desde la tierra con tu control a distancia según sea la necesidad. Los gimbales los hay de dos o tres ejes, es decir, los que tienen movimientos para estabilizar las imágenes en vertical y horizontal y los que estabilizan en horizontal, vertical y lateral.

- **Cámara FPV**

La cámara incluida en el dron te ofrecerá una experiencia casi real, cuando se encuentre sobrevolando el aparato, la vista en primera persona te hará sentir que vuelas. Para que esta experiencia sea placentera, se debe asegurar de que el dron contenga una cámara FVP de buena calidad, y de utilizar un software para eliminar el ojo de pez. (CANGURO, 2017)

- **Batería**

Las baterías de los drones vienen a aportar las energías necesarias para realizar nuestras tareas sin sentirnos agotados, las baterías debido a los materiales que la componen, son de varios tamaños y de varios voltajes por la diferente cantidad de celdas

que utilizan al fabricarlas; es decir las 2S⁶ de 7,4 V, las 3S de 11,2 V, las de 4S de 14,9 V, al margen del voltaje será la capacidad de descarga medida en “C” siendo lo habitual 25C⁷. (CANGURO, 2017)

- **Tren de aterrizaje**

Los drones necesitan de trenes de aterrizaje al estilo de los helicópteros mientras que hay otros que aterrizan con facilidad sobre su cuerpo. La mayoría de los drones tienen trenes de aterrizajes fijos, y esto es un problema al momento de capturar imágenes completas de 360° porque se filtra en la imagen que capturas y daña tu fotografía perfecta.



Figura 3. Drone (estructura y sistemas completos).
Fuente: (Esenziale, 2017).

⁶ S: Celdas o sub-baterías

⁷ C: Taza de descarga

2.1.4 Drones Profesionales

- **Phantom 3, el drone más famoso del mundo**

A nivel multimedia, lo más interesante de este modelo es que incluye cámara estabilizada capaz de tomar fotografías de 12 megapíxeles (sensor 1/2.3 pulgadas) y grabar video con calidad 2,7. La velocidad de vuelo máxima puede alcanzar los 60 km/h y como autonomía contamos con 25 minutos. La distancia máxima a la que podemos dejar ir este drone está muy alejada de los drones asequibles. (PENALVA, 2015)

Este drone nos permite realizar tomas panorámicas, ya que cuenta con el sistema de gimbal en la cámara instalada, ya que gracias a ella las imágenes tomadas se obtienen con gran calidad al no distorsionarse con los movimientos bruscos del vuelo.



Figura 4. Phantom 3.
Fuente: (XATAKA, 2015).

- **Parrot Bebop Skycontroller: en el control está la diferencia**

El que inició la fiebre por los drones en muchos mercados a nivel de consumidor, Parrot, no ha dejado de lado la parte del catálogo que incluye a modelos más ambiciosos. El modelo de referencia de la compañía es el Parrot Bebop Controller, un modelo cuanto menos diferente en bastantes aspectos.

En el segundo apartado, el Bebop de Parrot cuenta con cámara de 14 megapíxeles (archivo RAW incluido) que graba vídeo con calidad 1080p. Su calidad nos servirá si no pretendemos darle al drone este uso multimedia como principal. Si es así, hay que tener en cuenta además que no podemos acoplarle otro tipo de cámaras ya que la que incluye va integrada. Este drone tiene un alcance de 250 metros y velocidad máxima de 46 km/h. Incluye GPS y dos baterías para un tiempo total de vuelo de 22 minutos. (PENALVA, 2015)



Figura 5. Parrot Bebop Skycontroller.
Fuente: (XATAKA, 2015).

- **Walkera TALI H500: un mando para dominarlos a todos**

El Tali H500 de Walkera, otra de las marcas de referencia en drones amateurs y profesionales, es un modelo de tipo hexacóptero de gran tamaño y que, una vez contamos con experiencia, nos permite un vuelo estable y donde nos podemos centrar en la grabación de vídeo y toma de fotografías.

La cámara que viene integrada, capaz de tomar fotos de 12 megapíxeles y grabar vídeo a 1080p, puede intercambiarse por nuestro propio modelo, el cual quedará estabilizado con el accesorio. La que integra es ideal para vuelos de hasta 25 minutos, que es la autonomía de su batería, en modo FPV. (PENALVA, 2015)



Figura 6. Walkera TALI H500.

Fuente: (XATAKA, 2015).

- **Yuneec Q500 4K: vídeo 4K con un diseño espectacular**

Está considerado como el dron competencia directa de los Phantom, y no es para menos. El Yuneec Typhoon 4K no solo tiene una apariencia espectacular, sino que sus especificaciones son de las mejores del mercado en su gama de precios, que parte de los 1.300 euros. Lo más llamativo de su ficha técnica es la cámara, capaz de grabar vídeo a 4K o un muy interesante modo 1080p a 120 fps, es decir, cámara lenta 4X. Las fotos las puede hacer a 12 megapíxeles y en formato RAW. Esa cámara va estabilizada gracias a un gimbal de 3 ejes que podemos controlar desde el mando (tipo CGO3).

Entre los modos de vuelo se incluye uno que nos sigue y otro en el que nos sobrevuela enfocándonos en todo momento a nosotros. El alcance máximo es de 800 metros para el modo experto, pero podemos limitarlo a 300 metros para iniciados. Es sin duda una manera original y práctica de sacarle más partido a un dron cuya autonomía de vuelo ronda los 25 minutos. (PENALVA, 2015)



Figura 7. Yuneec Q500 4K.
Fuente: (XATAKA, 2015).

- **3DR Solo: un genial compañero para tu GoPro**

La llegada más reciente al mundo de los drones avanzados la protagoniza el 3DR Solo. Este equipo será el que primero te entre por los ojos porque ha cuidado mucho su apariencia y si eres usuario de GoPro (Hero 3 y 4), el modelo que deberías escoger por su alta compatibilidad. Para empezar la estabilización para la cámara es de tipo gimbal para adaptarse perfectamente a las cámaras de acción más famosas del mundo, las cuales incluso pueden controlarse de forma completa a distancia. El 3DR Solo (con autonomía de 25 minutos, 20 en el caso de llevar cámara). La conectividad es WiFi, con alcance para unos 800 metros. En el propio mando se incluye una salida HDMI para poder reproducir el vídeo en directo en una pantalla más grande. El GPS integrado en el 3DR Solo no sirve exclusivamente para recoger información sobre el vuelo sino para poder marcar una ruta concreta, zona de despegue o aterrizaje y que el vuelo pueda ser desatendido y el operador se concentre en obtener las mejores fotos y vídeos con su dron. (PENALVA, 2015).



Figura 8. 3DR Solo.
Fuente: (XATAKA, 2015).

- **Hubsan X4 Pro: viene con paracaídas incluido**

Otra opción menos conocida y que ronda los 900 euros ya listo para volar, es el Hubsan X4 Pro, un dron de tipo Cuadricóptero y cuyo valor más destacado es el gimbal estabilizado donde se aleja una cámara con sensor de 12 megapíxeles y que graba vídeo a 1080p. También incluye GPS con el que gestionar un vuelo programado. Ese vuelo puede ser de 27 minutos con una sola carga si llevamos montamos en el sistema la cámara y el soporte gimbal. Si optamos por una sesión de vuelo libre y no más preocupaciones, la autonomía crece hasta unos muy dignos 40 minutos. El mando, de diseño peculiar, lleva una pantalla táctil de 7 pulgadas (con sistema operativo Android) donde poder recibir el vídeo en primera persona de su cámara. El toque curioso se lo da a este dron un sistema de paracaídas que podemos retirar si no nos convence, y que se abre en caso de que el dron detecte que va a sufrir un aterrizaje peligroso o sin control por parte del piloto. Para que eso no ocurra siempre es recomendable recurrir al botón de retorno al punto de partida con el que cuenta este dron. (PENALVA, 2015)



Figura 9. Hubsan X4 Pro.
Fuente: (XATAKA, 2015).

- **Blade Chroma Camera Drone: listo para volar y crear**

De los cuatro modelos de drones avanzados que posee Horizon Hobby en su catálogo, el Blade Chroma Camera Drone con un sistema CGO3 de estabilización de la cámara integrado es el más interesante si pretendemos comprar un modelo listo para volar. Este dron incluye de serie una cámara capaz de grabar vídeo 4K. El mando a control, un ST-10+ incluye pantalla de 5,5 pulgadas y sistema operativo basado en Android. Este modelo es el que más autonomía de vuelo ofrece con una sola carga de su batería: 30 minutos. Su alcance ronda los 600 metros e incluye GPS para disponer de datos del vuelo o establecer una ruta previa al vuelo y que el dron lo ejecute en modo desatendido. Otros modos de vuelo incluyen uno para iniciarse, para profesionales, así como uno de seguimiento de nuestros movimientos y otro que nos enfoca continuamente, como el modelo Yuneec de esta comparativa. Este Blade Chroma tiene un precio de 1.200 dólares. (PENALVA, 2015)



Figura 10. Blade Chroma Camera Drone.
Fuente: (XATAKA, 2015).

2.1.5 Uso de los drones Profesionales

- **Uso de drones profesionales para la seguridad**

El aerodinamismo de los drones profesionales en principio permite tener una vista más amplia de un espacio, que la que pudiera tener un piloto en un avión ordinario. Además, por seguridad es mejor no tener que arriesgar la vida de alguien en estas prácticas. Incluso se está iniciando en algunos países el empleo de drones profesionales con fines policiales como en España y Venezuela. Un drone podría encargarse perfectamente de monitorear un evento, si algo se sale de control, será más sencillo y fácil detectarlo. Que tal los drones de vigilancia, hay incluso drones profesionales especializados en vigilancia. Realizar un negocio en tu propia urbanización para mantenerla vigilada. (Pellicer., 2016)

- **Uso de drones profesionales para monitorear eventos**

Este es sin duda uno de los mejores negocios que puedes emprender con drones profesionales, se puede monitorear y al mismo tiempo grabar eventos como conciertos, manifestaciones sociales, partidos de fútbol o básquet entre otros deportes. Se ha vuelto una herramienta sobre todo para la grabación de deportes como: surf, bicicleta de montaña, rapel, incluso maratones, triatlones, etc.

- **Uso de drones profesionales para fotografía**

Se puede admirar sitios a los que no se puede llegar. Los drones profesionales permiten tomas de sitios inusuales, con la mejor resolución. Incluso puede ofrecer el mismo servicio con fotografías. Fotografiar una boda, un cumpleaños, un partido.

- **Uso de drones profesionales para cine**

En definitiva, el uso de drones profesionales ha mejorado y facilitado muchas cosas para el cine. Antes hacer toma panorámica era mucho más complicado y costoso, ahora con un simple dispositivo volador a control remoto, está resuelto. Los drones han sido utilizados en filmaciones como "Transformers", "Harry Potter" y "El lobo de Wall Street". (Pellicer., 2016)

- **Uso de drones profesionales para televisión**

De la misma forma en que los drones revolucionan la industria del cine, lo han hecho con la televisión. Muchas series como "Game of Thrones" han usado este recurso. Las series de televisión son las que más se han visto favorecidas con este nuevo artefacto. (Pellicer., 2016)

- **Uso de drones profesionales para publicidad**

Uno de los mejores negocios con los drones profesionales, es la publicidad. La verdad es que estos pequeños avioncitos han revolucionado muchas industrias facilitándoles y economizando el trabajo. Para hacer comerciales ha sido una gran alternativa. (Pellicer., 2016)

- **Uso de drones profesionales para la música**

Hasta en la música, los drones han tenido cabida. Pues han resultado ser una opción para los videos musicales.

- **Uso de los drones profesionales en las ventas en bienes raíces**

Pues muy sencillo no es lo mismo fotografiar la propiedad que deseas vender a hacerle un video con un drone.

- **Uso de los drones profesionales para el turismo**

Y bueno, una persona que quiera disfrutar de nuevas experiencias quiera saber, antes de viajar, qué verá o qué cosas divertidas e interesantes hay para hacer ahí. Pues nada mejor que un drone para mostrárselo. (Pellicer., 2016)

a Uso militar de los drones

Los drones militares son llamados “Unmanned Combat Air Vehicle”, (UCAV) y se traduce Vehículos No Tripulados de Combate Aéreo, este tipo de dron es de uso exclusivo de las fuerzas aéreas y de la CIA⁸ y simplemente se les llama drones de combate, o drones militares. Son obviamente armados para que el ejercito los use como arma letal, y también para realizar bombardeos.

Si son derribados no hay vida humana que lamentar, ni pérdida monetaria significativa ya que, en comparación con los aviones, estos drones son mucho más económicos. El dron de combate, debe ser piloteado desde tierra firme, y el piloto es un soldado o varios a la vez que se encargarán de visualizar las imágenes. (ESENZIALE, 2017)



Figura 11. Drone militar de combate.
Fuente: (Esenziale, 2017).

⁸ **CIA:** Agencia central de inteligencia.

b **Uso de los drones en la Agricultura**

Los drones ofrecen múltiples posibilidades para la agricultura. Pueden sobrevolar los campos de una forma rápida y captar información diversa gracias a sus sensores. Esto permite que aquellos que gestionan los cultivos tengan a su disposición una herramienta para controlar e incrementar la productividad. Un solo dron puede monitorizar cientos de hectáreas de forma precisa, evaluando las condiciones del terreno, con el fin de recoger información sobre la hidratación, la temperatura o el ritmo de crecimiento de los cultivos. Y de manera más práctica se puede fumigar con el dron.



Figura 12. Drone fumigador.
Fuente: (Ruiz, 2018).

c Uso de los drones en Entretenimiento

El entrenamiento con drones no es más que práctica de vuelo y seguir todas las regulaciones legales que tiene un drone para su uso. Es algo que simplemente gusta al ser humano y hacen de esta una idea muy placentera. Desgraciadamente un dron no es tan barato por el cual no está al alcance de todas las personas, pero con esfuerzo y perseverancia se lo puede conseguir. Entre los varios usos vistos, uno de los más comunes es el entrenamiento, consiste en comprar drones por el simple placer que produce volarlos y maniobrar con ellos. Llega un momento en que se llega a cansar de volar solo y se invita a amigos que compartan tu misma actividad y se puede deliberar, cuál de los drones esta mejor equipado y tiene mayor sustentabilidad en vuelo.



Figura 13. Entrenamiento con drones.
Fuente (Eduardo, 2016).

d Uso de los drones en Aviación

Cada vez son más las empresas que hace uso de drones para las revisiones de aviones mediante la realización de fotografías y con el objetivo de comprobar errores y desperfectos. Los drones mejoran los tiempos de las plataformas móviles. Incompatibles en los espacios aéreos pero complementarios en el terrestre. Ya son varias las empresas que hacen uso de drones para las revisiones de los aviones. Este es el ejemplo de dos, Easyjet y Airbus. En concreto esta última ha llevado una demostración de esta tarea en la última edición del Salón Aeronáutico de Farnborough. El uso de drones para la revisión exterior de aeronaves. Cómo éstos pueden detectar anomalías externas pero vitales para el buen funcionamiento de los aviones llegando a obtener una visión precisa de todos los ángulos de los aviones. Realizar un curso de Drones te ayudará a controlar cualquier eventualidad en este tipo de trabajos. (DUALX, 2018)

El dron que cuenta siempre con una cámara de alta definición recorre el fuselaje de acuerdo a una trayectoria predefinida y va tomando fotografías. Una vez termina el vuelo, las imágenes se utilizan para crear un modelo digital 3D con el objetivo de localizar arañazos, abolladuras o cualquier otro defecto en la superficie con la finalidad de arreglarlo antes de la entrega al cliente. También sirve para crear una base de datos que ayude a mejorar la trazabilidad, la prevención y la reducción de los daños en los aviones y para futuros modelos. Las ventajas de los drones son inmensas. También a la hora de realizar revisiones de los aviones. Ya que de normal la inspección de un avión como puede ser

un A330 que es donde la empresa Airbus está haciendo las pruebas, con plataformas móviles puede ocupar unas dos horas. Si estas revisiones se hacen mediante el uso de drones, la tarea no dura más de 15 minutos. “El uso de esta nueva tecnología ofrece mejores condiciones de trabajo, incluyendo mayor seguridad y comodidad para los inspectores de calidad “.

Este método de inspección avanzado en hangares interiores, está dirigido a reducir los tiempos de inspección de las aeronaves, acelerando y facilitando los controles visuales y mejorando, además, la calidad de los informes que se realizan. Combinando los amplios conocimientos de Airbus sobre aviones con la mejor tecnología de drones, este nuevo producto consiste en un dron inteligente y automático con una cámara visual integral, un sensor de detección de obstáculos basado en láser, un software de planificación de vuelo y una herramienta de análisis de software de inspección de aviones de Airbus. (DUALX, 2018)



Figura 14. Inspección con drones en el A320.
Fuente: (Leonardo, 2018).

2.1.6 Características de los Cuadricóptero

Un Cuadricóptero es un helicóptero multirrotor con cuatro brazos, los cuales tienen en su parte final un motor y una hélice. Son parecidos a los helicópteros en muchos aspectos, aunque la elevación y el empuje lo realizan con cuatro hélices en vez de una. La tecnología sigue avanzando y continúa acomodando acomodándose a la humanidad creando nuevas y emocionantes experiencias. (Roberto, muy drones, 2014)



Figura 15. Cuadricóptero.
Fuente: (Roberto, MuyDrones, 2018).

a Nivel de autonomía de un drone

La tecnología es capaz de hacer que sorteen obstáculos, tengan piloto automático o graben con mayor calidad, pero su autonomía es uno de sus principales obstáculos. La batería de los modelos de menor tamaño no supera los veinte o treinta minutos. Por lo tanto, la autonomía de un drone depende de la autonomía de la batería que utilice por lo que existen distintas dimensiones y pesos para crear un prototipo de drone.

b Dimensiones y peso de un drone

Tabla 1

Dimensiones y Peso de un drone.

DJI MAVIC AIR	
Peso	430 gr.
Dimensiones	Plegado: 168x83x49 mm (LxWxH); Desplegado: 168x184x64 mm (LxWxH).
Velocidad máxima	68,4 km/h en modo Sport.
Altura máxima de servicio	5.000 m sobre nivel del mar.
Tiempo de vuelo	21 minutos.
Conectividad	Alcance máximo de 4 km.
Cámara	Sensor 12 MP 1/2,3" CMOS.
Lente	FOV 81, 9° 25mm f/2.6.
Vídeo	4K a 30 fps y 1080p a 120 fps.
Almacenamiento	8 Gb ampliable por microSD.

Fuente: (XATAKA, 2015).

2.1.7 Baterías utilizadas para drones

- **Ni-Cd (baterías de níquel-cadmio).** Son las baterías más antiguas. Están compuestas de varias células de 1,2 V cada una (normalmente de seis, aportando un voltaje total de 7,2 V). Tienen el inconveniente de no tolerar bien las cargas rápidas y sufrir el efecto memoria.



Figura 16. Baterías de Ni-Cd.
Fuente: (Raul, 2019).

- **Ni-MH (baterías de níquel-metal-hidruro).** La principal ventaja es que emplean hidruros metálicos para su reacción química en lugar del cadmio, que resultaba ser una sustancia altamente contaminante. Además, tienen mayor capacidad de carga, menor efecto memoria y aceptan cargas rápidas. Por otro lado, soportan un menor número de cargas durante su vida útil que las de Ni-Cd y tienen una resistencia interna superior, lo que las limita para alimentar motores de alta potencia.



Figura 17. Baterías de Ni-MH.
Fuente: (Raul, 2019).

- **Ion-Litio (baterías de iones de litio).** La capacidad de estas baterías es aproximadamente el doble de capacidad que las anteriores, y el voltaje de cada una de sus células es de 3,7 V. Tienen la ventaja de que el litio, al ser el metal más ligero que existe, a igualdad de capacidad estas baterías resultan mucho más ligeras. Además, no poseen efecto memoria.



Figura 18. Baterías de Ion-Litio.

Fuente: (Raul, 2019).

- **Li-Po (baterías de polímero de litio).** Son las más modernas. Además de pesar poco, utilizan un polímero que les permite ser fabricadas en una mayor variedad de formas y tamaños que las baterías de ion de litio. Tienen una capacidad entre 5 y 12 veces las de Ni-Cd o las de Ni-MH, aunque necesitan una carga mucho más lenta, además de emplear para ello cargadores digitales especiales.



Figura 19. Baterías de Li-Po.

Fuente: (Raul, 2019).

2.1.8 Normativa de Operación de drones en el Ecuador

a Dirección general de aviación civil, resolución n° 251/2015

En Ecuador para operar un dron se debe seguir la regulación vigente sobre el uso responsable de drones, dadas por la Dirección general de aviación civil del Ecuador como se detalla a continuación renombrando los artículos más importantes. De acuerdo con esta regulación se ha tomado los artículos más importantes, para conocer sobre el uso de drones en el Ecuador, de manera que indica los puntos esenciales que se debe tomar en cuenta cuando se esté operando una de estas aeronaves no tripuladas y salvaguardar la integridad de las personas y los objetos a los que se encuentran alrededor del dron. Esta normativa se detalla en el Anexo (I).

La Dirección General de Aviación Civil no dispone de una reglamentación que establezca requisitos para la Operación de Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS⁹) o conocidas como DRONES o Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS). De acuerdo con el Art. 6, numeral 3, literal a) de la Ley de Aviación Civil, publicada en el Registro Oficial No. S-435 del 11 de enero del 2007, se determina las atribuciones y obligaciones del Director General de Aviación Civil:

⁹ **RPAS:** Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia

"Dictar, reformar, derogar regulaciones técnicas, órdenes, reglamentos internos y disposiciones complementarias de la Aviación Civil, de conformidad con la presente Ley, el Código Aeronáutico, el Convenio sobre Aviación Civil Internacional y las que sean necesarias para la seguridad de vuelo, y la protección de la seguridad del transporte aéreo": y, En uso de las atribuciones legales,

Artículo Primero. - Aprobar el establecimiento de disposiciones complementarias que normen la Operación de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia (RPAS) o conocidas como DRONES o Sistemas de Aeronaves No Tripuladas (UAS¹⁰), las mismas que se detalla a continuación.

Art. 1 Operaciones en las cercanías de un aeródromo.

Se prohíbe la operación de las RPAS/UAS en espacios aéreos controlados.

La operación de las RPAS/UAS se mantendrá durante toda la duración del vuelo, a una Operaciones en las cercanías de un aeródromo instancia igual o mayor a 9 kilómetros (5 NM) de las proximidades de cualquier aeródromo con base aérea militar.

¹⁰ **UAS:** Sistemas de Aeronaves No Tripuladas

Art. 2 Altura máxima de vuelo.

La operación las RPAS/UAS no excederá en ningún momento una altura de vuelo de 400 pies (122 metros) sobre el terreno (AGL).

Art. 5 Integridad fisiológica del operador de una RPA.

Ninguna persona operará los 'Controles de un RPAS/UAS si:

(a) Se encuentra fatigado, o si considera que pudiera sufrir los efectos de la fatiga

Durante la Integridad fisiológica del operador de una RPA operación.

(b) Se encuentra bajo el efecto del consumo de bebidas alcohólicas, o de cualquier

Droga que pudiera afectar sus facultades para operar los controles de manera segura.

Art. 7 Limitaciones.

La persona que opera los controles de una RPAS/UAS es responsable por asegurarse que la misma sea operada acuerdo con las limitaciones operacionales establecidas por el fabricante.

Art. 8 Seguros

El propietario o explotador de las RPAS/UAS están en la obligación de responder por los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades de vuelo, para lo cual debe contratar la póliza de seguros de responsabilidad civil legal a terceros en los montos mínimos establecidos en la tabla que consta a continuación:

- De 02 a 25 Kg. de masa máxima de despegue (MTOW) USD 3.000,00
- De más de 25 Kg de masa máxima de despegue (MTOW) USD 5.000,00

Art. 9 Cumplimiento con las leyes y reglamentos locales.

El cumplimiento de estas disposiciones, no exime al operador de las RPAS/UAS de cumplir con las leyes y reglamentos locales aplicables.

2.2 GoPro HERO

Es una empresa que desarrolla, produce y vende cámaras personales de alta definición. Son cámaras compactas, ligeras, resistentes y que pueden colocarse en vehículos. Hacen fotografías y graban vídeos en alta definición. También pueden configurarse para funcionar de forma automática con una mínima intervención, o para ser controladas de forma remota. La GoPro es una cámara de dimensiones muy reducidas y especialmente diseñada para poder abarcar muchas condiciones de uso distintas en condiciones extremas.

2.2.1 Características

La GoPro más básica es una cámara ligera (74 gr o 135 gr con carcasa) que permite realizar fotografías y vídeos de calidad profesional. Se detalla las características básicas del modelo de GoPro.

- Captura vídeo de 1080p30, 960p30 y 720p60.
- Fotos de 5 MP hasta 3 fotogramas por segundo y campo de visión panorámico.
- Grabación de audio de alta calidad con tecnología de reducción del sonido del viento.

- Wi-Fi¹¹ integrado para controlar la GoPro a distancia a través de un control remoto.
- Batería de iones de litio recargable probada a 1050 mAh¹², 3.7 V, 3885 mWh¹³. La duración con la batería completamente cargada varía en función del uso de Wifi, control remoto, modo de vídeo. Pero oscila entre 1h30 y 3h.
- Puertos: mini USB, micro SD y micro HDMI¹⁴.
- Almacenamiento hasta 256 GB. (Quinto, 2014)

2.2.2 Categorías de la cámara GoPro HERO

- **GoPro Hero:** Es la más sencilla de la gamma y la más fácil de utilizar. Permite obtener una media de 5 fotogramas por segundo y graba vídeos con calidad 1080p30 y 720p60 con audio integrado. Algunas de sus funcionalidades son la de obtener imágenes cada ciertos según, el modo ráfaga y el hecho que es sumergible hasta 40 metros y que tiene un peso de 110 gramos.
- **GoPro Hero+:** Incorpora WIFI y Bluetooth para poder disparar la cámara desde la aplicación de GoPro.

¹¹ **WI-FI:** Wireless Fidelity, (fidelidad sin cables o inalámbrica).

¹² **mAh:** Es un acrónimo de 'miliamperios-hora'

¹³ **mWh:** es un acrónimo de 'megavatio-hora'

¹⁴ **HDMI:** High Definition Multimedia Interface (interfaz multimedia de alta definición).

- **GoPro Hero+ LCD:** Integra una pantalla LCD desde la cual se puede controlar la presa y se puede ver el encuadre preciso.
- **GoPro Hero 3:** capaz de grabar en alta definición y 12 megapíxeles.
- **GoPro Hero 4 Silver:** Destaca por su pantalla táctil. Aparte de mejorar la calidad de vídeo y el sistema de audio, incorpora un modo de vídeo secuencial (para realizar vídeos timelapse) y los modos Night Photo y Night Lapso por fotografía nocturna.
- **GoPro Hero 4 Black:** Tiene una resolución de vídeos a 4K30 y 2,7K60 que combina cámara lenta de 1080p120 y 720p240 gracias a su procesador, que es el doble de potente.
- **GoPro Hero 5:** Resolución de vídeo 4K HD, control por voz y pantalla táctil fácil de utilizar.
- **GoPro Hero 6:** Con display frontal donde aparece el formato de grabación, el espacio disponible y la batería, y otro de posterior de dos pulgadas y táctil. Es sumergible a 10 metros de profundidad. La gran novedad es que es capaz de realizar capturas en 4K a 240 fps¹⁵ e incorpora el formato RAW y HDR para obtener presas mejores y más fluidas.
- **GoPro Hero 7 White:** Cámara de 10 MP, con una resolución de vídeos a 1080p a 60 fps. Integra control de voz, pantalla táctil, opción de cámara lenta x2 y sumergible hasta 10 metros.

¹⁵ **fps:** Fotogramas por segundo.

- **GoPro Hero 7 Silver:** Pareciendo a la GoPro HERO 7 White, destaca por su resolución de vídeos a 4k a 30 fps. También tiene la opción de GPS e incorpora el formato WDR. Como la GoPro Hero 7 White integra control de voz, pantalla táctil, opción de cámara lenta x2 y es sumergible hasta 10 metros.
- **GoPro Hero 7 Black:** El mejor modelo de GoPro Hero 7, tiene 12 MP y una resolución de vídeos 4K60 1080p240. Incorpora pantalla táctil, control de voz, formato WDR, la opción GPS y sumergible hasta 10 metros. Podemos destacar la cámara lenta x8, el sistema de vídeo HyperSmooth (estabilización electrónica de imagen) y la opción de transmitir en directo. (Janel, 2019)

a Accesorios Adicionales

Hay una gran variedad de accesorios al mercado para los dispositivos GoPro.

Algunos de estos son los siguientes:

- ✓ Arnés para el pecho
- ✓ Smart Remote (disparador remoto)
- ✓ Correa para la cabeza
- ✓ Clip de sujeción
- ✓ Empuñadura flotante o palo de selfie
- ✓ Ventosas
- ✓ Apoyo para barra, ya sea por el manillar o por la silla de la bicicleta

- ✓ Placa frontal de casco
- ✓ Apoyos para trípode

2.2.3 Cámara GoPro Hero 7 Black

La Hero 7 Black es el buque insignia de la colección, con captura de vídeo 4K a 60 cuadros por segundo, fotografías a 12 MP y estabilización de imagen ultra suave muy similar a la que se consigue con un estabilizador mecánico. Además, estrena más características, entre ellas la posibilidad de realizar streaming en tiempo real mientras se captura vídeo, un modo 'Superfoto' para capturar fotografías HDR de forma automática con apariencia profesional o compatibilidad con planos apaisados o verticales. (Maria, 2018)

La GoPro Hero 7 Black también añade la detección de caras, sonrisas y escenas a sus especificaciones, así como un temporizador de disparo para fotografías, un nuevo modo de captura de vídeos secuenciales (en bucle), otro más de captura de vídeos cortos de entre 15 y 30 segundos, cámara lenta a 8X en 1080p y captura de audio mejorada. La cámara cuenta con pantalla táctil y GPS, además de permitir el control por voz y ser sumergible hasta 10 metros sin necesidad de carcasa. (Maria, 2018)



Figura 20. Cámara GoPro Hero 7 Black.
Fuente: (Daniela, 2017).

a Especificaciones técnicas de la cámara GoPro Hero 7 Black

La GoPro Hero 7 Black Edition, ha vuelto a sus orígenes y ha marcado tres gamas diferenciadas. Por un lado, la Hero 7 White de gama baja y la Hero 7 Silver de gama media, por sus prestaciones técnicas, ofrecen una calidad más que suficiente y están orientadas al uso de entretenimiento. Por otro lado, la Hero 7 Black, está orientada a usuarios más exigentes y será utilizada en ámbitos más profesionales.

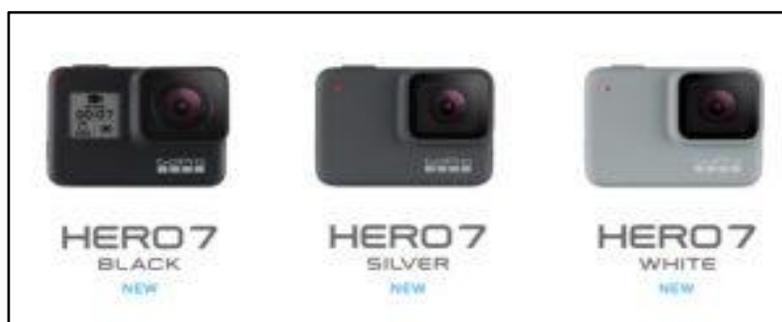


Figura 21. Tipos de cámaras GoPro Hero 7.
Fuente: (Daniela, 2017).

La GoPRO Hero 7 Black Edition mantiene una estética idéntica a modelos anteriores como la Hero 5 y Hero 6. Mismas medidas, presentación de pantalla trasera LCD a color y pantalla display en la parte frontal. La Hero 7 White y Silver no tienen el display delantero. La GoPRO Hero 7 Black mantiene las funciones básicas de control por voz, pantalla táctil, conectividad, sumergible hasta 10 metros sin necesidad de carcasa acuática, GPS, estabilizador interno y mejorado, etc.

- **Lo más nuevo de la Hero 7 Black Edition:** Lo más novedoso de la Hero 7 Black son los 4k a 60fps y una increíble cámara lenta en 1080p (FullHD) a 240fps para vídeo, los 12MP para foto con opción RAW y HDR, un nuevo estabilizador llamado Hypersmooth y la retransmisión en directo para redes sociales. También destacamos que puede tomar vídeo y fotos en vertical, dispone de temporizador y zoom táctil, y soporta selfies grupales.
- **RAW:** (crudo) es un formato de archivo digital de imágenes que contiene la totalidad de los datos de la imagen tal como ha sido captada por el sensor digital de la cámara fotográfica. El formato RAW no suele llevar aplicada compresión (sea con o sin pérdidas) como ocurre con el popular JPEG, aunque en algunos casos sí se emplea.
- **HDR:** Son las siglas de High Dynamic Range, que en español significa Alto Rango Dinámico, y hace referencia a la proporción de luz contra zonas oscuras en una imagen. Se trata de un método para añadir más rango dinámico a las fotos, es decir, una mayor amplitud de tonos.

El modo HDR consiste en lugar de hacer una sola foto, el HDR utiliza tres instantáneas capturadas con distintas exposiciones de luz. Después, mediante software se combinan estas tres tomas en una sola y así se resalta lo mejor de cada una de ellas.



Figura 22. Cámara Hero 7 Black Edition.

Fuente: (Daniela, 2017).

Para que sea más cómodo conocer cómo es este nuevo modelo, se detalla en la tabla comparativa número 2, donde se indica las especificaciones técnicas de las cámaras Hero 7 y así poder diferenciar de cada una de ellas sus cualidades propias:}

Tabla 2
Especificaciones técnicas de las GoPro Hero 7

CARACTERÍSTICAS	GOPRO HERO7 BLACK	GOPRO HERO7 SILVER	GOPRO HERO7 WHITE
Dimensiones y peso	62,3 x 44,9 x 33 mm, 116 gr	62,3 x 44,9 x 28,3 mm, 94,4 gramos	62,3 x 44,9 x 28,3 mm, 92,4 gramos
Resolución foto	12 MP (opción de disparo en RAW y HDR) con ráfagas de hasta 30 fps	10 MP (con HDR)	10 MP
Resolución vídeo	Hasta 4K a 60 fps, cámara lenta hasta 1080p a 240 fps	Hasta 4K a 30 fps	Hasta 1080p a 60 fps
Micrófonos	3	2	2
Modos de disparo	Ráfaga, foto nocturna, grabación en bucle, intervalos, fotografía secuencial (estándar y nocturna), cámara lenta (8x), vídeo TimeWarp	Ráfaga, intervalos, cámara lenta (2x)	Ráfaga, intervalos, cámara lenta (2x)
GPS	Sí	Sí	No
Pantallas	2 pulgadas RGB táctil (frontal monocromo no táctil)	Táctil	Táctil
Batería	1.220 mAh extraíble	No extraíble	No extraíble
Almacenamiento	MicroSD (Clase 10 o UHS-I mínimo)	MicroSD (Clase 10 o UHS-I mínimo)	MicroSD (Clase 10 o UHS-I mínimo)
Estabilización de vídeo	HyperSmooth	Estándar	Estándar
Conectividad	Wifi, BT y GPS	Wifi, BT y GPS	Wifi y BT
Extras	Conector de carga y sincronización de datos USB C, salida mini HDMI	Conector de carga y sincronización de datos USB C	Conector de carga y sincronización de datos USB C

Fuente: (Daniela, 2017).

b Aplicaciones digitales para las cámaras

Ayuda a los usuarios a agregar efectos creativos y transiciones a los clips de video, así como puede sincronizar los archivos de audio fácilmente para generar ritmos impresionantes para los videos grabados. Por lo que permite editar según la necesidad del usuario creando videos y fotografías de alta calidad. La versión de escritorio de Quick¹⁶ también contiene todas estas características y puede servir a los usuarios con funciones de control extendidas, como permitir a los usuarios superponer los datos del GPS para un análisis extremo de la velocidad, la fuerza G y otros campos de datos. Y se puede aplicar en múltiples opciones como:



Figura 23. Filmación de deportes extremos.
Fuente: (XATAKA, 2015).

¹⁶ **Quick:** Es una herramienta para crear sitios, videos, fotografías, que le permite crear un poderoso sitio para blog y podcast exclusivo.

2.3 Aeronave Fairchild FH-227

Las relaciones entre Fokker y Fairchild comienzan hacia el año 1952. Ambos constructores habían trabajado anteriormente en la búsqueda de un avión que lograse reemplazar el DC-3. En un principio Fairchild logra obtener la licencia de fabricación de los aviones de entrenamiento Fokker S.11, S.12 y S.14. El 26 de abril de 1956 Fairchild llega a un acuerdo con Fokker para construir bajo licencia el Fokker F-27, por entonces en desarrollo en Holanda y se decide la construcción de la fábrica en Hagerstown, Maryland.

El primer pedido americano por los aviones producidos por Fairchild no tarda en llegar, en abril del mismo año se recibe una orden de la aerolínea West Coast Airlines por cuatro aviones, a la que les siguieron un nuevo pedido de Bonanza Airlines de tres unidades y en junio siete más para Piedmont Airlines.



Figura 24. Aeronave Fairchild FH – 227.
Fuente: (AIRLINERS, 2015).

2.3.1 Dimensiones y Áreas

a Dimensiones de la Aeronave

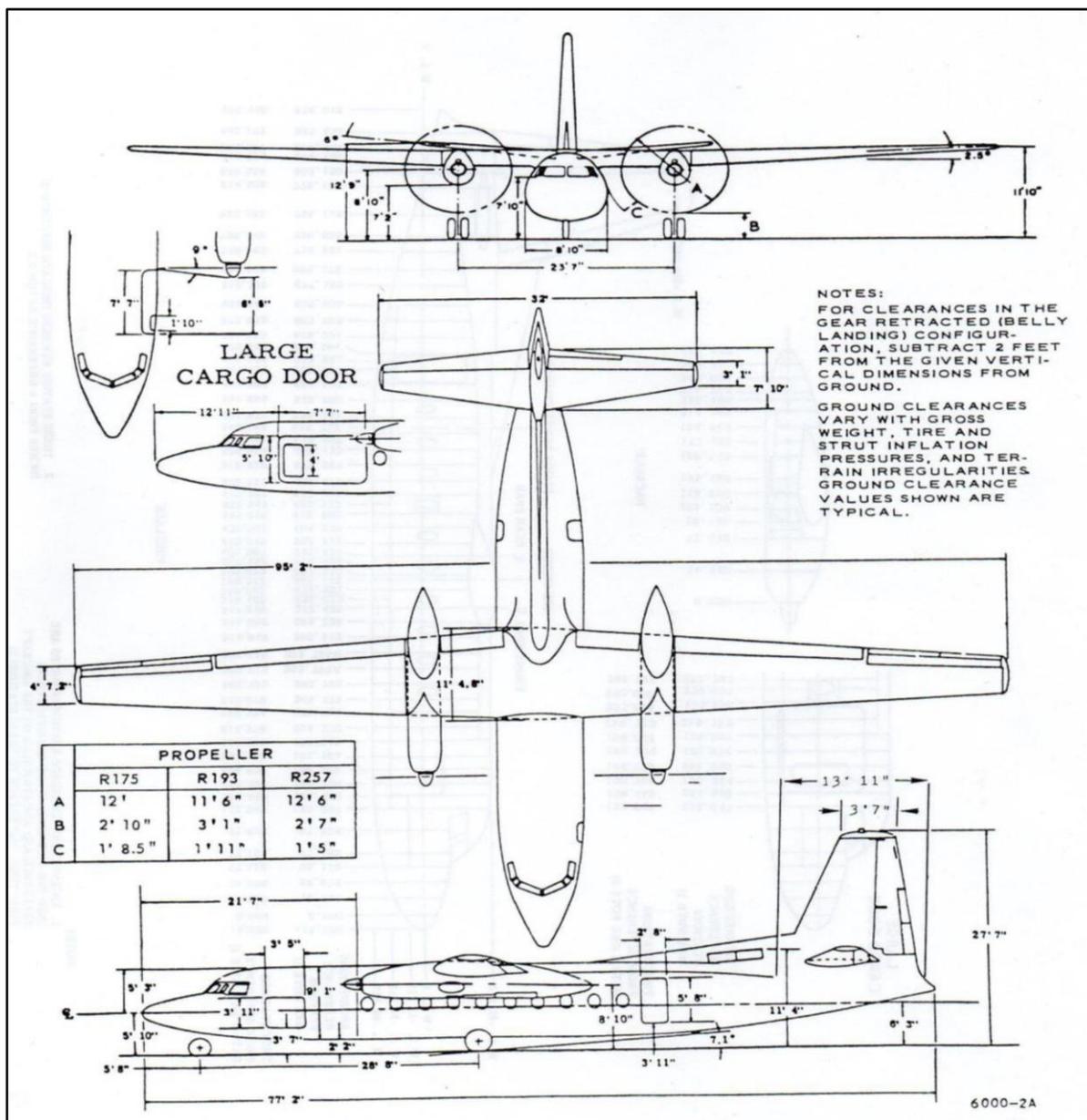


Figura 25. Dimensiones del avión FH-227.

Fuente: (FH-227 Series Maintenance Manual).

Tabla 3*Dimensiones y pesos de la aeronave Fairchild FH-227*

DIMENSIONES:	PESOS:
Longitud: 23.51 m (77' 2")	Máximo de despegue: 42.000 lbs.
Envergadura: 29m (95' 2")	Máximo de Aterrizaje: 40.000 lbs.
Altura: 8,41m (27' 7")	Máximo peso con combustible cero: 26.593 lbs.
Hélices: 3.5m (11' 6")	Peso Básico Operacional: 26.593 lbs.
Diámetro de Fuselaje: 2.46m (8'10")	Máximo de carga útil: 9.707 lbs.
Longitud el estabilizador Horizontal: 9.75m (32 ')	Peso de fabricación vacío: 21.353 lbs.
Longitud del Empenaje: 4,99m (13 ' 10")	Grupo de Alas: 4.224 lbs.
	Grupo de Cola: 1.013 lbs.
	Fuselaje: 4.267 lbs.
	Tren de aterrizaje: 2.023 lbs.
	Grupo de Superficies de control: 549 lbs.
	Grupo de propulsión: 4.704 lbs.
	Grupo de Instrumentos y Navegación: 169 lbs.

Fuente: (FH-227 Series Maintenance Manual).

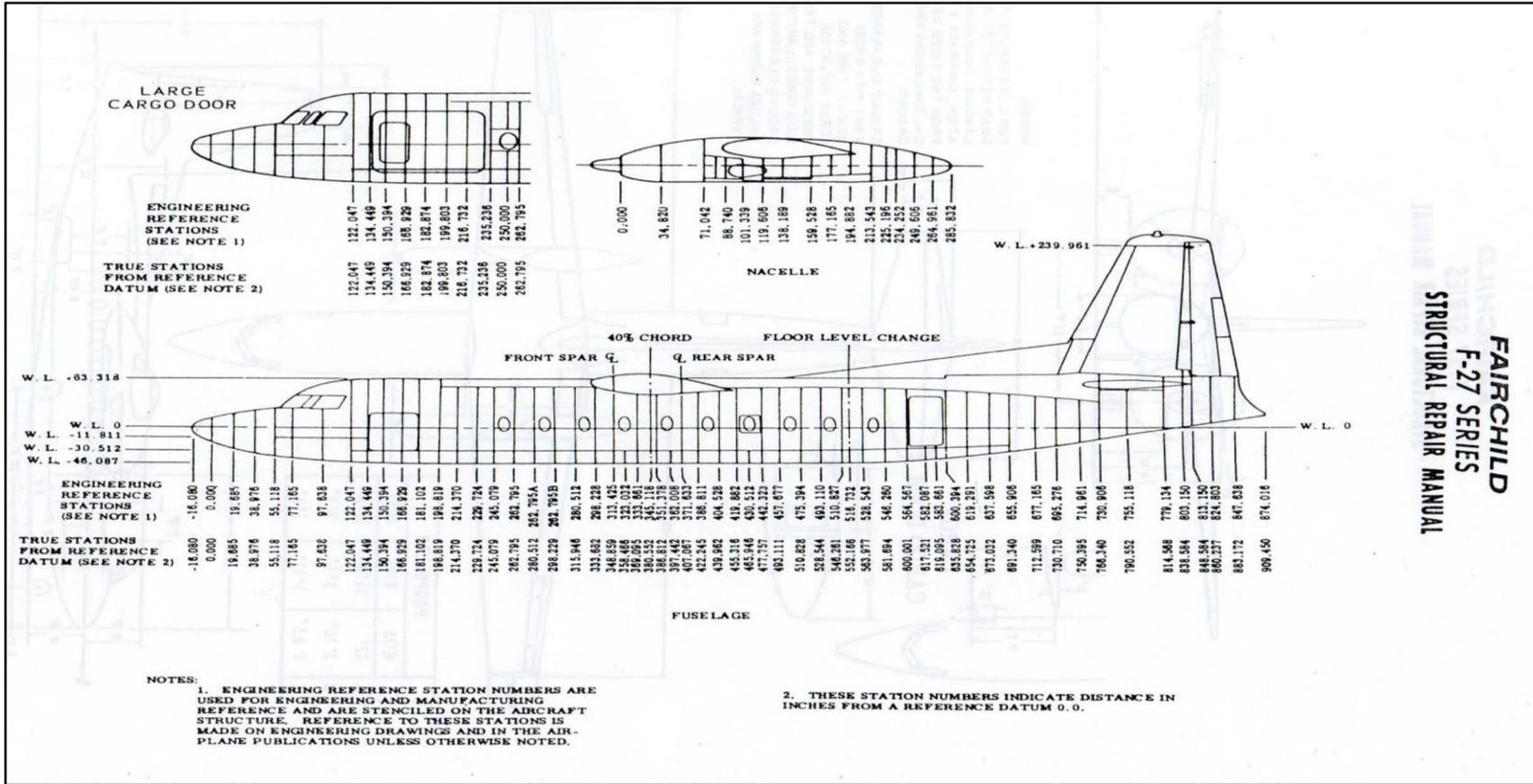


Figura 23. Estaciones de la aeronave.
Fuente: (SRM Fairchild FH-227).

2.3.2 Empenaje convencional de la aeronave Fairchild

El estabilizador de un avión es la cola, en conjunto se lo conoce como Empenaje. Por lo general está situado en la parte posterior del avión y se constituye básicamente de dos elementos, el estabilizador vertical y el estabilizador horizontal, cada uno de estos cuentan con sus partes fijas y móviles las cuales dan elevación y dirección en vuelo.



Figura 26. Empenaje convencional.

Fuente: (Chávez, 2012).

2.3.3 Componentes del Empenaje de la Aeronave Fairchild FH-227

El modelo normal de Empenaje de cola está formado por dos superficies básicas, la horizontal y la vertical. Cada una tiene secciones fijas para suministrar estabilidad y móviles para manejar mejor el vuelo. La sección fija de la superficie horizontal se llama estabilizador horizontal y suele estar en la parte frontal, mientras que en la siguiente se

encuentra la parte móvil denominada timón de profundidad o elevador. Algunas veces toda la superficie se puede mover y el elevador se elimina. La parte fija de la superficie vertical es el estabilizador vertical y la móvil el timón de dirección. Hay diseños que tienen dos superficies verticales y, por consiguiente, dos timones de dirección.

2.3.4 Estabilizadores

Los estabilizadores son elementos, generalmente situados en la parte trasera del avión, que aseguran la estabilidad y confort del vuelo, permitiendo además su control. Su construcción es muy similar a la usada en las alas, mediante el uso de largueros, costillas, larguerillos y revestimientos. Las cargas en los estabilizadores son soportadas y transmitidas de la misma manera que en un ala. Flexión, torsión y cortadura, creadas por las cargas aerodinámicas, pasan de un miembro estructural a otro. Cada miembro absorbe parte de la carga y transfiere el resto a los otros miembros. Al final, las cargas llegan a los largueros, que la transmiten a la estructura del fuselaje.

2.3.5 Partes del Empenaje de la aeronave Fairchild.

- **Estabilizador vertical:** El estabilizador vertical contribuye en gran medida a la estabilidad direccional del avión. Generalmente se trata de una superficie aerodinámica simétrica, ya que debe tener posibilidad de generar cargas horizontales.

- **Rudder:** El timón de dirección proporciona el control direccional del avión alrededor del eje vertical. El timón se acciona como respuesta a los movimientos del piloto sobre los pedales del timón de dirección en la cabina de mando. Si se empuja el pedal izquierdo, el timón de dirección gira a la izquierda y la fuerza producida por el estabilizador vertical origina que se desplace el morro del avión a la izquierda.
- **Estabilizador horizontal:** El estabilizador horizontal contribuye en gran medida a la estabilidad longitudinal del avión. Generalmente se trata de una superficie aerodinámica simétrica, ya que debe tener posibilidad de generar cargas verticales.
- **Elevadores:** El timón de profundidad proporciona el control longitudinal o cabeceo alrededor del eje lateral o transversal. Van instalados en la parte posterior del estabilizador horizontal y están conectados a la columna de mando para su movimiento hacia arriba y abajo. Son usados para mantener el avión en vuelo nivelado a las diferentes velocidades. Al mover hacia atrás la columna de mando esto hace que el timón se levante, disminuye así la sustentación en la cola, con lo que ésta baja y el morro sube.

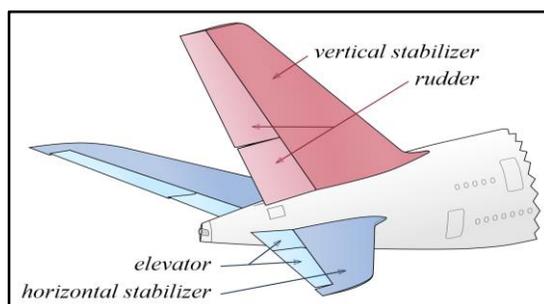


Figura 27. Empenaje Convencional.

Fuente: (El Aviador 27, 2017).

2.3.6 Estructura y construcción del Empenaje.

Una estructura aeronáutica es algo muy complejo, las cargas que soportan, y las que se supone que soportan tras idealizarlas y simplificar la estructura. Por un lado, transmite y soporta las diversas cargas a las que se ve sometida la aeronave. Por otro lado, da la forma externa y la mantiene, indispensable para el vuelo. Su construcción es muy similar a la usada en las alas, mediante el uso de largueros, costillas, larguerillos y revestimientos. Las cargas en los estabilizadores son soportadas y transmitidas de la misma manera que en un ala. Flexión, torsión y corte, creadas por las cargas aerodinámicas, pasan de un miembro estructural a otro. Cada miembro absorbe parte de la carga y transfiere el resto a los otros miembros. Al final, las cargas llegan a los largueros, que la transmiten a la estructura del fuselaje.

2.3.7 Piel del Empenaje de la aeronave Fairchild

La piel del Empenaje, a excepción de las partes hechas con materiales compuestos (Botas), está cubierto por aluminio revestido comúnmente de aleación 2024. Las hojas de la piel están unidas o remachadas a los largueros longitudinales, que están remachadas a los marcos de fuselaje. De esta forma la aerodinámica convencional aplicada en el Empenaje permite que el choque del aire en la estructura del Empenaje no afecte su aeronavegabilidad en vuelo.

2.4 Programas de Mantenimiento

Las autoridades de aviación controlan la seguridad y aeronavegabilidad de la aeronave en su jurisdicción revisando y aprobando los programas de mantenimiento del operador. Los operadores de aeronaves utilizan la información de los documentos de planificación de mantenimiento (MPD) que proporcionan los fabricantes de las aeronaves y otros documentos técnicos para definir los OMP que envían a las autoridades de aviación para su aprobación.

- **Documentos de planificación de mantenimiento**

Los Documentos de planificación de mantenimiento (MPD) los proporcionan los fabricantes de aeronaves para describir las tareas repetitivas necesarias para el mantenimiento de su aeronave. Los ingenieros de planificación de mantenimiento utilizan la información de los MPD para desarrollar programas de mantenimiento de operador (OMP) que, a continuación, se envían a la autoridad de aviación para su aprobación.

- **Programas de mantenimiento de operador**

Los operadores de aeronaves definen los programas de mantenimiento de operador (OMP) y las comprobaciones de mantenimiento asociadas para cada tipo de aeronave de su flota. Cuando la autoridad de aviación aprueba el programa de

mantenimiento, se activa el OMP y pasa a ser el documento de control para el mantenimiento de la aeronave.

- **Biblioteca de tareas de mantenimiento**

Los registros de la biblioteca de tareas de mantenimiento contienen listas de registros de tarjetas de tarea que se importan desde los documentos de planificación de mantenimiento (MPD), los programas de mantenimiento del operador (OMP) o desde otros documentos técnicos. Se pueden utilizar registros de MTL para configurar las tareas para los registros de OMP.

- **Creación de un programa de mantenimiento del operador**

Un registro de programa de mantenimiento del operador (OMP) especifica los modelos y los activos relacionados a los que se aplican el OMP. Las tareas del OMP representan las tarjetas de tarea maestra que agrupan tareas relacionadas. Las comprobaciones organizan grupos de tareas OMP, que se llevan a cabo en el mismo intervalo, en una jerarquía de comprobaciones relacionadas.

2.4.1 Tipos de inspecciones

a Inspecciones Programadas

Se ejecuta siguiendo un programa de revisión y recambio de partes normado y concreto. Tiene como finalidad mantener el certificado de aeronavegabilidad de los aviones y restaurar el nivel especificado de fiabilidad. Se divide en capítulos y subcapítulos, según la especificación ATA 100, norma que estipula y describe las tareas a realizar y los intervalos (medidos por horas de vuelo realizadas) en que deben efectuarse. Las revisiones realizan de acuerdo con la documentación original proporcionada por los fabricantes (célula, motor y componentes), completada con la información proporcionada por otras compañías aéreas usuarias de los mismos aviones y con la que generan los servicios de la Dirección de Material de Iberia.

- **Mantenimiento en tránsito.**

El mantenimiento de tránsito es una inspección rápida que se debe realizar antes de cada vuelo, incluyendo las escalas. Con ello se comprueba el estado general del avión: posibles daños estructurales, neumáticos, aceite, registros y paneles de acceso, servicio a la aeronave, etc.

- **Revisión diaria**

La revisión diaria completa que se debe realizar antes del primer vuelo del día, sin exceder en ningún caso las cuarenta y ocho horas. Durante la misma se comprueba el estado general del avión, pero disponiendo de tiempo adicional para diseñar una acción correctiva si fuera necesario.

2.4.2 Inspecciones de Rutina (a tiempo fijo)

- Servicio en Línea

Son todas aquellas revisiones que comprenden un pre-vuelo, en tránsito o revisiones diarias, que se realizan en los hangares antes y después del vuelo, y si luego de todas estas revisiones no se ha encontrado una anomalía de importancia el avión queda en servicio y puede salir a operar con normalidad pero si se ha encontrado una anomalía de gran consideración la aeronave quedara fuera de servicio hasta aplicar las medidas correctivas que nos indican los manuales de mantenimiento de las aeronaves.

- Inspecciones menores

Chequeo A: Incluye una inspección general de sistemas, componentes y estructura, tanto desde el interior como desde el exterior, para verificar su integridad.

Chequeo B, 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.

- Inspecciones mayores

Chequeo C, es una inspección completa y extensa, por áreas, de todas las zonas interiores y exteriores del avión, incluyendo los sistemas, las instalaciones y la estructura visible.

Chequeo D, Se corresponde con el período máximo de utilización de la aeronave autorizado para dar cumplimiento al Ciclo Completo de Inspecciones. Esta es una inspección meticulosa en la que usualmente se requiere el desarmado de componentes y/o ensayos en banco o calibración.

Se requieren grandes instalaciones para realizar estas tareas, gran cantidad de mano de obra de diferente especialización y talleres de apoyo para efectuar reparaciones

y modificaciones si hicieran falta; remoción de piezas y equipamiento interno para detectar corrosión, pruebas operacionales y funcionales, todo esto con el objetivo de lograr la denominada condición de recorrida “cero horas” y dar por finalizado el ciclo de inspección. Este chequeo suele incluir tareas relativas a la preservación de corrosión estructural y muestreos radiográficos. Implica un desmantelamiento casi total de los sistemas para llegar a la estructura básica. Esta inspección deja a la aeronave fuera de servicio por largo tiempo (más de un mes).

2.4.3 Inspecciones de No Rutina (ante eventos especiales)

Las requieren ciertos sistemas o componentes a intervalos que difieren de los regulares, o sea la frecuencia de realización de la inspección difiere de los ciclos regulares. Pueden ser tiempos calendarios (tres meses, un año), horas o ciclos de utilización de un componente, etc. En cada inspección programada hay que incluir los ítems de las inspecciones especiales que correspondan. Por ejemplo: se hace una inspección programada de 200 horas, y hace tres meses de la última inspección, debemos incluir todos aquellos ítems de las inspecciones especiales que tengan una frecuencia de tres meses.

A pesar de que todo fabricante proporciona un plan de mantenimiento para su producto, esto no evita que el mismo presente novedades o fallas. Estas novedades pueden originarse por fatiga del material, fallas de construcción, etc. Para prevenir estas

fallas el fabricante emite con frecuencia boletines de servicio mandatorios informando sobre acciones a tomar que deberán realizarse dentro de plazos establecidos. Los boletines son publicados con el propósito de solucionar una falla no detectada durante la producción de la aeronave, y por lo tanto no contemplada en el programa de inspección, por lo que el fabricante se ve obligado a comunicar la adopción de medidas preventivas. (DANIEL, 2019)

2.4.4 Inspecciones por fallas

Todas las novedades que fueron detectadas durante las inspecciones anteriores, o reportadas por la tripulación, que como no han sido previstas de antemano deben ser resueltas lo antes posible por lo que la operación de la aeronave es normal, pero el problema de baja importancia encontrada en anteriores inspecciones deberá ser corregido de la manera más inmediata posible para evitar que el daño encontrado se prolongue más y cause daños a la aeronave.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Consideraciones generales

3.1.1 Situación actual de la aeronave

El estado del fuselaje de la aeronave Fairchild FH-227 se encuentra en deterioro, por la razón de que se encuentra en la intemperie y no tiene ninguna protección para el sol y la lluvia, por lo que la piel de la aeronave se encuentra con rajaduras, hundimientos, partes con corrosión y el desprendimiento de pintura. En la actualidad para poder conservar la vida útil de una aeronave se debe tomar muchas precauciones en el espacio físico en donde ella se encuentra, de manera que, significativamente la aeronave se encuentra en un lugar inadecuado para su conservación estructural y de todos sus sistemas. La aeronave Fairchild debe reposar en un hangar en donde esté protegido del sol y de la lluvia, ya que estos factores aceleran la degradación de su fuselaje y todos sus componentes, tomando en cuenta que debido a estos factores se puede visualizar fácilmente el mal estado de la parte superior de la aeronave ya que no tiene ninguna protección física.

El área en donde se encuentra es muy pequeña ya que está compartiendo espacio físico con dos aeronaves más, es el caso de las aeronaves Cessna y Hawker que se encuentran en la universidad. Y el problema que contrae esta situación es que no se puede realizar trabajos de mantenimiento fácilmente, por el espacio reducido entre cada aeronave por lo que se debe movilizar de acuerdo a la necesidad cada aeronave para realizar cualquier tipo de actividad en ella.

Para resolver todos estos tipos de problemas que ahora cuenta la aeronave Fairchild se debe comenzar usando un mejor y adecuado espacio para poder conservar de una manera más óptima y sirva muchos años más como aeronave de instrucción para los futuros mecánicos aeronáuticos de la universidad, y puedan resolver problemas como estos mencionados anteriormente, ayudar a mejorar la seguridad del personal aeronáutico y conservar la vida útil de la aeronave, ya que en ella se puede practicar y desarrollar todas nuestras habilidades como mecánicos.



Figura 28. Aeronave Fairchild FH – 227.

3.1.2 Descripción general

Para desarrollar este proyecto se ha visto la necesidad de realizar inspecciones visuales a la aeronave Fairchild FH – 227, de una forma más efectiva y rápida, gracias a los sistemas con los que cuenta el Cuadricóptero CFLM, se logra realizar una inspección visual de la piel del Empenaje, con la cámara GoPro HERO 7 Black y sus sistemas de control principal A3 y lightbrige 2, ya que por medio de ellos se realiza la transmisión en vivo de la inspección hacia un ordenador, para el respectivo análisis de los resultados obtenidos (fotografías y videos). Se efectúa la inspección visual de hundimientos y rajaduras en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH-227 con matrícula HC-BHD, de acuerdo al SRM ATA 55 mediante la ayuda del Cuadricóptero CFLM, lo cual se logra con un vuelo controlado de inspección, el cual identifica de manera efectiva cualquier tipo de fallas estructurales, gracias a la cámara GoPro HERO 7 Black que esta acoplada al Cuadricóptero para poder analizar cada fotografía o video tomado.

Todo el proceso de la inspección será transmitido en tiempo real en un ordenador para analizar de mejor manera la inspección, y tomar fotografías y videos del desarrollo de la práctica, se podrá identificar rápidamente un daño estructural en cualquier zona de la aeronave. Siguiendo las especificaciones del manual de la aeronave puede evaluar el daño encontrado y realizar la acción correspondiente que nos indica el manual. Para proceder a realizar la inspección se despeja toda el área de la aeronave Fairchild FH-227, para así poder evitar el impacto del Cuadricóptero CFLM con cualquier tipo de objeto

que pueda poner en peligro la integridad del vuelo. De manera que se pueda inspeccionar de una forma rápida y segura en el menor tiempo posible y poder evaluar las fallas encontradas en la inspección para que puedan ser analizadas cada una de ellas según las especificaciones del manual de mantenimiento (AMM¹⁷) de la aeronave.



Figura 29. Cuadricóptero CFLM.

3.2 Implementación de la cámara GoPro HERO 7 Black

En base a las necesidades del Cuadricóptero CFLM, se realiza un estudio de alternativas, en el cual se seleccionó la cámara GoPro HERO 7 Black, ya que cumple las necesidades requeridas para efectuar las inspecciones visuales en la aeronave Fairchild FH-227.

¹⁷ **AMM:** Manual de mantenimiento de la aeronave.

3.2.1 Estudio de alternativas

a SJCAM SJ8 Pro

- **DESCRIPCIÓN:** La SJCAM SJ8 PRO 4K es la cámara de acción más alta de las tres disponibles de este modelo de SJCAM: AIR, PLUS y PRO. Esta es la primera cámara SJ capaz de grabar vídeo en 4k 60fps, al igual que la famosa GoPro Hero 6 Black (que cuesta casi el doble) y con especificaciones técnicas similares a las de la Yi 4K+ (un poco más cara).

Tabla 4

Características técnicas de la cámara SJCAM SJ8 Pro

Características técnicas de la cámara SJCAM SJ8 Pro
Sensor Sony IMX377 12MP 4K+.
Lente de 7 elementos de 2,8 mm con FOV 170°.
Resolución 4K 60fps + 4K 30fps (estabilizada).
Archivos de vídeo MP4 (H264/H265).
Zoom digital de 8X.
Pantalla táctil de 2,33 pulgadas (pantalla IPS Retina).
Pantalla frontal 0.96" OLED.
Peso 85 gramos
Batería de 1200mAh (declarados 90 minutos de autonomía con 4K 60fps).
Dimensiones 62,5 x 41 mm mm x 28,8 mm.

Fuente: (Luis, 2017)

- **FUNCIONAMIENTO**

La estabilización de imagen hace que esta cámara de acción sea ideal para practicar deportes al aire libre y buceo, gracias a la gran resistencia al agua de la cámara. Como modelo de última generación, incluye funciones comunes como el antivibración, el mando a distancia y el temporizador, es resistente al agua, capaz de alcanzar, con una carcasa impermeable, hasta 30 m de profundidad.

- **FACTIBILIDAD**

La SJ8 PRO está construida y lista para ser utilizada con accesorios como micrófonos y mandos a distancia. Esta es una cámara de acción de gama alta que, sin embargo, tiene el precio de compra muy asequible. Y es factible su utilización por su múltiple uso y aplicaciones y su gran durabilidad de la batería.



Figura 30. Cámara SJCAM.

Fuente: (Daniela, 2017).

b FITFORT

- **DESCRIPCIÓN:** Cámara de acción 100% 4K HD, tiene en lente súper gran angular ofrece video HD sin saltos y captura con precisión de todas las vistas épicas y momentos emocionantes, permite la grabación continua. Protector de pantalla incorporado.

Tabla 5
Características técnicas de la cámara FITFORT

Características técnicas de la cámara FITFORT
Resolución de imagen de 12MP.
Resolución de video 4K / 25FPS, 2.7K / 30FPS, 1080P / 60FPS, 1080P / 30FPS y 720P / 120FPS.
2 baterías recargables de 1050mAh (una en la cámara, una en la caja).
Admite hasta 90 minutos de grabación para cada batería.
Presenta un control remoto inalámbrico 2.4G.
Alcance inalámbrico hasta 10 m (33 pies).
Amplificador WiFi.
Dimensiones 65,8 mm x 45 mm x 32,8 mm.
Peso de 98 gramos.
Zoom digital de 6X.

Fuente: (Luis, 2017)

- **FUNCIONAMIENTO**

Cuenta con un sensor de 12 megapíxeles, y una lente con nada menos que 170 grados de ángulo de visión, por lo que siempre muestra la mejor toma de cada situación y una visión periférica perfecta. Su batería de 1050mAh permite grabar hasta 90 minutos seguidos de acción en vídeo, por lo que ofrece una interesante autonomía.

- **FACTIBILIDAD**

Permite grabar aventuras en el campo, nieve, piscina, bicicleta, reuniones, fiestas, etc., (no te recomiendo la 4 Black, ya que no tiene pantalla LCD y es muy incómodo grabar sin pantalla). Esta cámara es de buena calidad por lo que los precios son asequibles para todo tipo de personas y se la puede acoplar para todo tipo de deporte y acción extrema.



Figura 31. Cámara FITFORT.
Fuente: (Daniela, 2017).

c GoPro Hero 7 Black

• DESCRIPCIÓN

La GoPro Hero7 Black es la cámara más avanzada de GoPro en los últimos tiempos, y que se ha enfocado a mejorar los productos anteriores, aunque no presenta ningún salto generacional o grandes cambios, son simplemente los pequeños detalles los que te hacen entender cómo esta cámara ha ido evolucionando a través de los años.

Tabla 6

Características técnicas de la cámara GoPro Hero 7 Black

Características técnicas de la cámara GoPro Hero 7 Black
Dimensiones y peso; 62,3 x 44,9 x 33 mm. 116 gramos.
Resolución foto; 12 MP (opción de disparo en RAW y HDR) con ráfagas de hasta 30 fps.
Resolución vídeo; Hasta 4K a 60 fps, cámara lenta hasta 1080p a 240 fps.
Micrófonos: 3.
Modos de disparo; Ráfaga, foto nocturna, grabación en bucle, intervalos, fotografía secuencial (estándar y nocturna), cámara lenta (8x), vídeo TimeWarp.
GPS; Sí.
Pantallas; 2 pulgadas RGB táctil (frontal monocromo no táctil)
Batería; 1.220 mAh extraíble.
Almacenamiento; MicroSD (Clase 10 o UHS-I mínimo).
Estabilización de vídeo; HyperSmooth.
Conectividad; Wifi, BT y GPS.

Fuente: (Luis, 2017)

- **FUNCIONAMIENTO**

Nos permite grabar videos y realizar fotografías en alta calidad, los videos en movimiento resultan muy estables al momento de ejecutarlos, permite la toma de fotografías y videos debajo del agua hasta 10 m de profundidad. Permite tener control por voz, permite manejarnos en formatos HDR, JPG Y RAW.

- **FACTIBILIDAD**

La factibilidad es perfecta por la calidad de construcción sigue siendo la misma, está a un alto nivel y sin el uso de carcasa ya resulta una cámara lo suficientemente robusta como para ser sometida a situaciones extremas. Y otro punto interesante, al conservar dimensiones y pantallas los accesorios disponibles para la Hero 5 y 6 serán completamente válidos para esta nueva Hero 7, es la más avanzada de las cámaras de la empresa esta temporada.



Figura 32. Cámara GoPro Hero 7 Black.
Fuente: (Daniela, 2017).

3.2.2 Matriz de decisión

a Criterios de evaluación

La escala de evaluación es de 1 a 10, donde 1= Malo, 2 = Deficiente, 3= Insuficiente, 4= Escasa perspectiva, 5= Falta, 6= Poco, 7= Gratificante, 8 = Regular, 9 = Bueno, 10 = Excelente. Se califica cada factor independientemente del otro y luego se aplica la ponderación. El valor total del parámetro de elegibilidad debe sumar más de 7,5 para que la cámara sea declarada elegible. Los parámetros principales que deberá cumplir la cámara son:

- **Precisión:** Este factor a evaluar toma en cuenta la exactitud para ejecutar fotografías y videos, la exactitud con la que fija un objetivo central en un cuadrante determinado como personas o un objeto determinado por el usuario.
- **Peso:** Este factor a considerar es importante, por lo que el objetivo de ello es tener el menor peso en la cámara para no afectar la aeronavegabilidad del Cuadricóptero CFLM.
- **Estabilización de imagen:** Es la acción del cámara encargado de reducir las vibraciones en la captura de una imagen cuando en la toma se producen movimientos no deseados. De manera que esta cámara tome sin problemas las fotografías cuando este instalada en el Cuadricóptero y el mismo se encuentre en vuelo de inspección en las aeronaves.

- **Resolución:** La resolución de una imagen indica la cantidad de detalles que puede observarse en esta. El término es comúnmente utilizado en relación a imágenes de fotografía digital, pero también se utiliza para describir cuán nítida (como antónimo de granular) es una imagen de fotografía convencional (o fotografía química). Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual.

Tabla 7*Matriz de decisión para la selección de la cámara*

CALIFICACIÓN DE LA CÁMARA							
PARÁMETROS	SJCAM SJ8 Pro	FITFORT	GoPro Hero 7 Black	Ponderación	SJCAM SJ8 Pro	FITFORT	GoPro Hero 7 Black
							
Precisión	5	7	10	0,3	1,5	2,1	3
Peso	7	4	8	0,3	2,1	1,2	2,4
Estabilización de imagen	6	8	9	0,2	1,2	1,6	1,8
Resolución	8	8	10	0,2	1,6	1,6	2
TOTAL				1	6,4	6,5	9,2

b Alternativa seleccionada

La GoPro Hero 7 Black, permite una alta resolución y capacidad de 4k FULL HD, grabaciones en tiempo real y con una memoria adaptable hasta 256 Gb y su funcionalidad electrónica y rapidez para trabajar es de lo mejor, con un precio cómodo para todo usuario, el cual podrá experimentar emocionantes aventuras en los escenarios más hostiles con una excelente autonomía y durabilidad de la cámara.

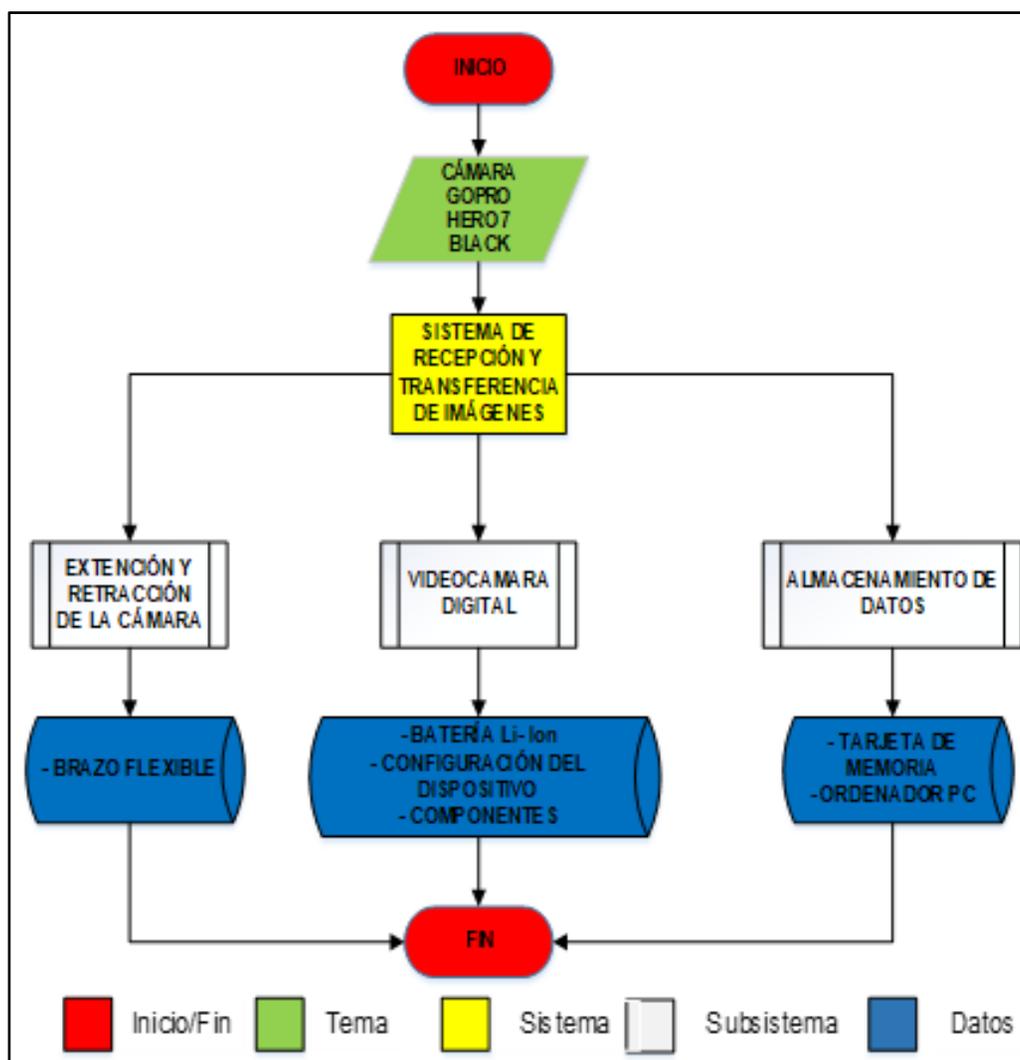


Figura 33. Sistema de recepción y transferencia de imágenes.

La cámara GoPro HERO 7 Black, es un sistema de recepción y transferencia de imágenes y videos, por el cual ayuda a visualizar cualquier tipo de daños en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, para mejor comodidad de operación de la cámara se diseñó un brazo extensible para cambiar el ángulo visual y obtener una mejor posición para tomar las fotografías. La videocámara digital cuenta con los sistemas de: batería li-Ion, configuración del dispositivo, componentes. Para el funcionamiento de todo el sistema, la cámara cuenta con el sistema de almacenamiento de datos (tarjeta SD) en el cual se guardará automáticamente toda la información que se vaya desarrollando en la práctica. Para evitar saturar el almacenamiento de la cámara el fabricante recomienda transferir los datos de la SD a un ordenador y luego formatear la SD para continuar con un nuevo proceso de almacenamiento de información.

3.2.3 Funcionamiento de la Cámara GoPro HERO 7 Black

La GoPro HERO7 Black es insignia de la familia Hero, incluyendo la estabilización HyperSmooth que promete ser equivalente a la de un gimbal corrigiendo sacudidas y prediciendo los movimientos del usuario. Por lo cual se muestra en el siguiente diagrama el correcto funcionamiento de la cámara GoPro Hero 7 Black. Otro rasgo diferencial es el HDR¹⁸, disponible sólo en la HERO7 Black. Es capaz de realizar varios tipos de vídeo, y

¹⁸ **HDR:** High Dynamic Range (Imágenes de alto rango dinámico)

en el caso de la GoPro HERO7 Black soporta la transmisión de vídeo en directo con Facebook Live y vídeos tipo TimeWarp (con saltos en el tiempo).

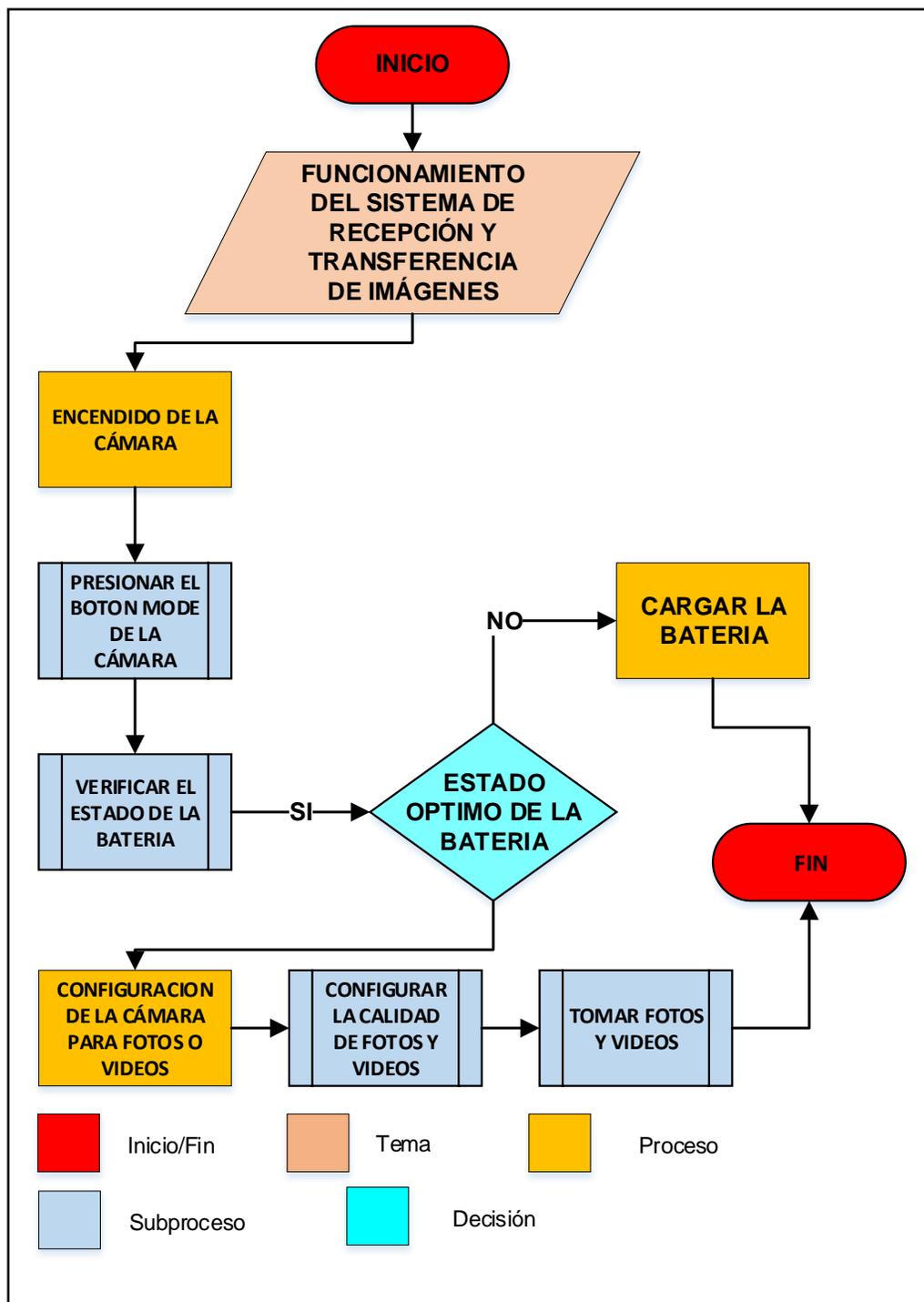


Figura 34. Sistema de recepción y transferencia de imágenes.

Para verificar el correcto funcionamiento de la cámara se debe seguir todos los procesos indicados en el manual del dispositivo y así verificar el estado de la batería, para continuar con la configuración de todo el panel principal, y así obtener fotos y videos de la calidad deseada de acuerdo a la necesidad del operador.

a Componentes de la cámara GoPro Hero 7 Black

En este diagrama se observa todos los componentes funcionales que tiene la cámara. Partes del sistema que son esenciales y básicos para el mantenimiento y configuración del sistema antes de su uso, ya que podemos tener un conocimiento amplio de las funciones de cada botón de la cámara y saber qué beneficios digitales nos puede ofrecer. Nos indica los compartimientos exactos en donde se debe colocar la batería y la tarjeta SD y los puertos de conexión con cables externos con los que cuenta el dispositivo. De manera consecuente muestra las funciones de configuración principales con las que cuenta el sistema de videocámara digital, para el rápido funcionamiento y la alta calidad en la obtención de fotografías y videos.

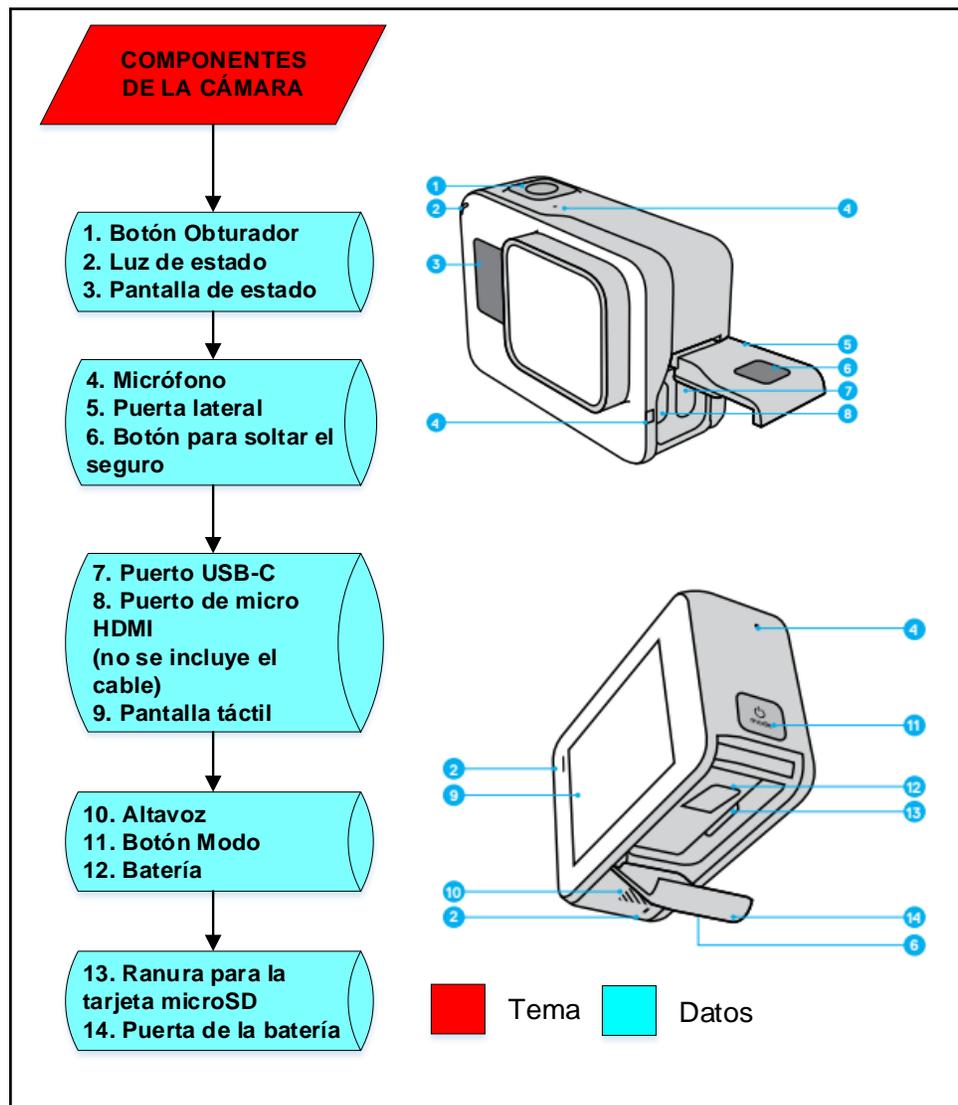


Figura 35. Componentes de la cámara.

3.2.4 Sistema de alimentación del Cuadricóptero

La batería número 1 es independiente ya que no necesita de ningún sistema adicional, es la que energiza internamente al sistema de videocámara digital y al almacenamiento de datos y por medio de ella podemos encenderla para realizar la configuración del dispositivo para poder tomar las fotografías y videos de la práctica a

realizarse, el estado de la configuración de la cámara se la podrá efectuar de manera libre de acuerdo a las necesidades del operador, y de esta manera desarrollar la operación de la cámara de manera eficiente y fácil.

La batería número 2 proporciona energía a dos sistemas principales los cuales son; los de navegación y los de propulsión. Por parte de los sistemas de navegación esta batería energiza al módulo GPS, módulo LED, módulo PMU y al controlador principal A3. Los cuales interactúan como el cerebro principal del Cuadricóptero que ayuda a determinar la posición y las funciones que en vuelo se están efectuando. Por otro lado, se tiene que con la misma batería 1 se energiza los motores y las ESCs que nos permite efectuar el vuelo sin ningún inconveniente, controlando el comportamiento de la potencia de los motores en vuelo con la ayuda del control remoto.

La batería número 3 de igual manera es independiente ya que con ella se energiza el sistema de comunicación del control con el Cuadricóptero, ya que por medio de la aplicación DJI, se tiene interconectado los dos sistemas para dominar los comandos de vuelo y poder efectuar de una forma segura la inspección. De esta manera las tres baterías que existen en los sistemas del Cuadricóptero ayudan al desarrollo de la autonomía del vuelo el cual se detalla en el diagrama de la figura 36, para poder efectuar las inspecciones visuales en la piel de la aeronave de manera eficiente y rápida, tomando en cuenta la autonomía de cada una de las baterías ya que se debe recargarla para posteriormente continuar con las inspecciones en la aeronave.

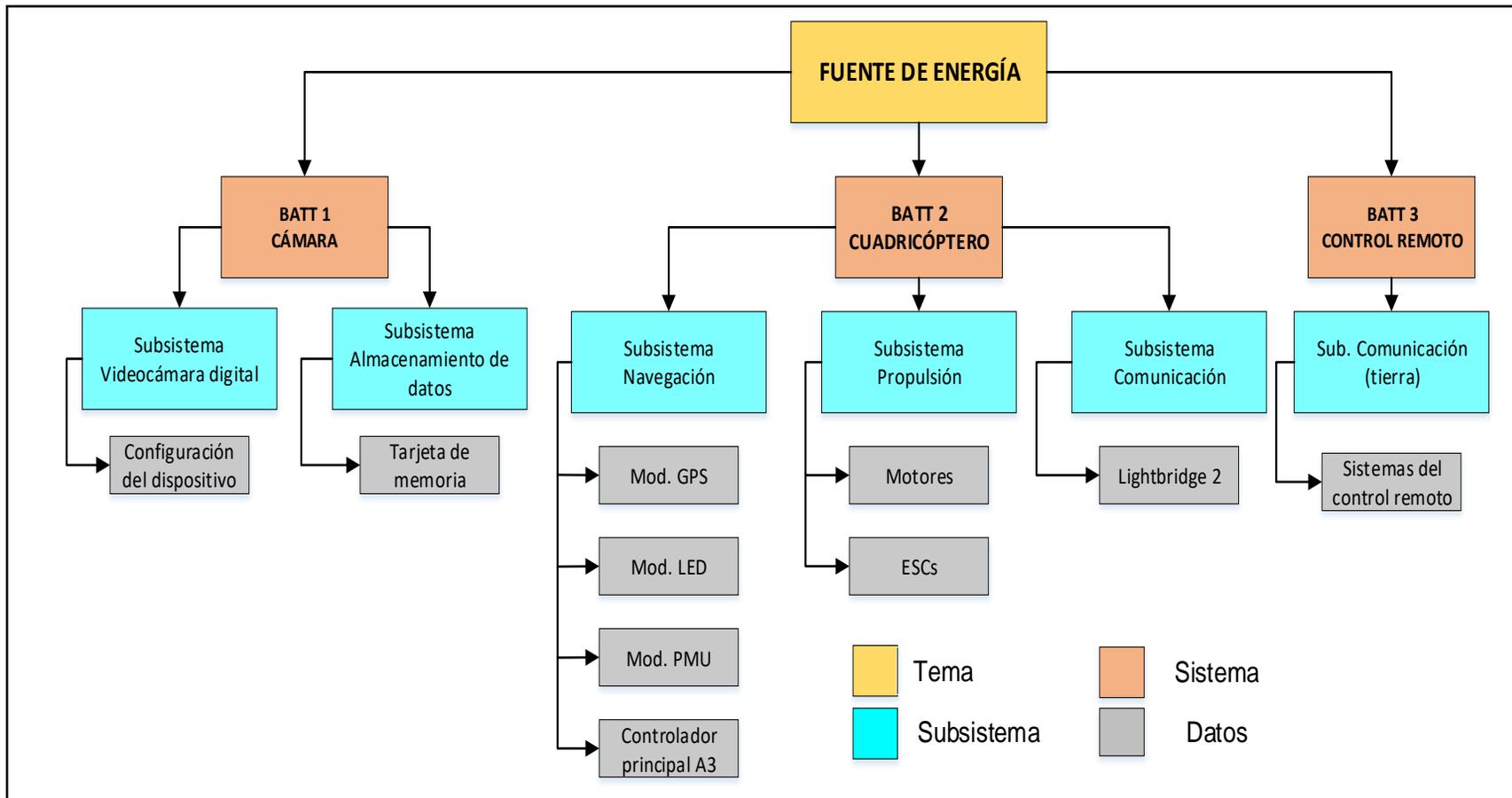


Figura 36. Fuentes de energía del Cuadricóptero.

3.2.5 Interacción de componentes del sistema de inspección visual.

La interacción de todos los componentes del Cuadricóptero consiste en el funcionamiento coordinado entre todos los sistemas para lograr un solo propósito, el cuál es realizar la inspección y poder efectuar el procesamiento de imágenes. En primer lugar, se adquiere la estructura física del Cuadricóptero, en donde se verifica su aeronavegabilidad y cumpla con todas las expectativas aerodinámicas para sobrellevar todos los componentes y sistemas que llevara el Cuadricóptero CFLM. Luego se encuentra el sistema FPV el cual ayuda con las indicaciones del comportamiento de la aeronave en vuelo y en tierra, esto lo hará en conjunto con la tarjeta DJI A3 LIGHTBRIDGE 2, para la ubicaron contara con el GPS de la tarjeta A3, para complementar la funcionalidad de este sistema contaremos con los sistemas de aire como cable HDMI y cables de los DGUSS, y los sistemas de tierra como cargador de batería, control y cámara. Luego de ese sistema tiene la funcionalidad de la tarjeta DJI A3, que controla el sistema de GPS, y el módulo PMU en donde se evalúa y distribuye la carga de la batería para evitar que los sistemas interconectados puedan dañarse. Luego de eso interactúa el acople de la cámara GoPro HERO 7 Black en la estructura del Cuadricóptero en una posición cómoda para realizar la toma de fotografías y videos, el cual sirve para analizar y realizar el procesamiento de imágenes, esto se logrará con la transmisión en vivo que permite el sistema, logramos recopilar información de la inspección directamente a una computadora, para que quede lista para el siguiente procedimiento. Esto se detalla en la figura 37.

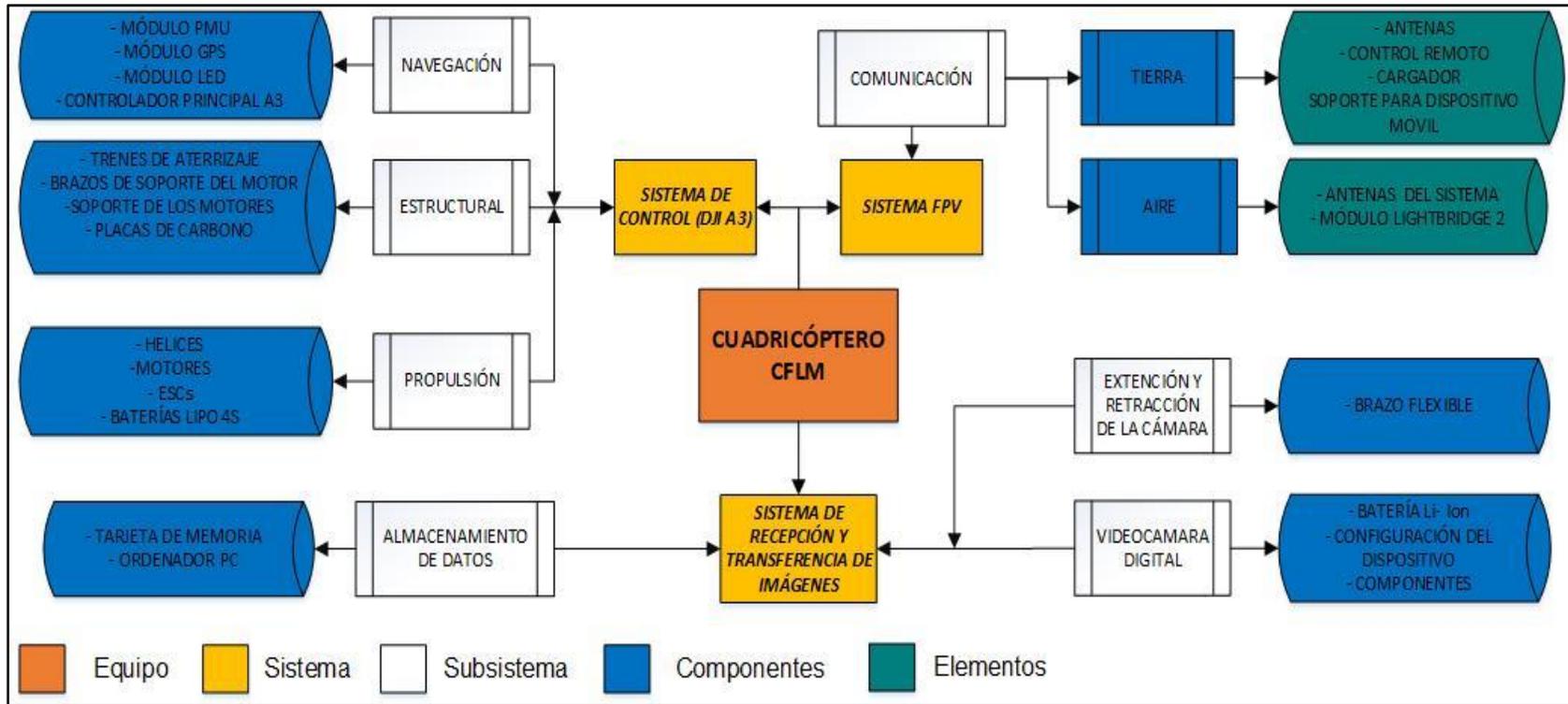


Figura 37. Implementación de los componentes del Cuadricóptero CFLM.

El procesamiento de imágenes como una de las últimas etapas de la inspección, el cual nos facilitara evaluar los daños estructurales encontrados en la inspección, y tomar una decisión acertada de la aplicación de la tarea de inspección según los parámetros descritos en el SRM ATA 55 el cual nos permite resolver cualquier imperfección encontrada en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH - 227.

Al finalizar todo el proceso de inspección se debe retornar el Cuadricóptero a tierra para proceder a desenrizarlo completamente para que los sistemas que posee el Cuadricóptero no se estropeen ya que pueden llegar a ser muy sensibles en un uso desmedido y constantes, por lo que un punto importante es tener muy en cuenta el estado de las baterías y al estar ellas en su límite de utilidad deberán recargarlas para evitar que el drone por falta de energía llegase a caerse.



Figura 38. Cuadricóptero CFLM.

3.2.6 Proceso de ensamblaje de la cámara en el Cuadricóptero

Se ha elegido una de las mejores cámaras por sus grandes características ayudara a cumplir con todos los objetivos de la inspección. De manera que se adquiere la cámara GoPro HERO 7 Black en los EE. UU directamente en la empresa GOPRO para no tener ningún inconveniente en su funcionalidad. Luego de todo ese proceso se analizó el manual funcional de la cámara para su correcta manipulación.

Es necesario un brazo flexible para tener una correcta posición de la cámara, según requiera la inspección visual. Se necesita armar todos los implementos de sujeción externos de la cámara para poder acoplarla al brazo flexible y asegurarla de una manera adecuada, tomando en cuenta los movimientos fuertes del Cuadricóptero cuando está en vuelo.

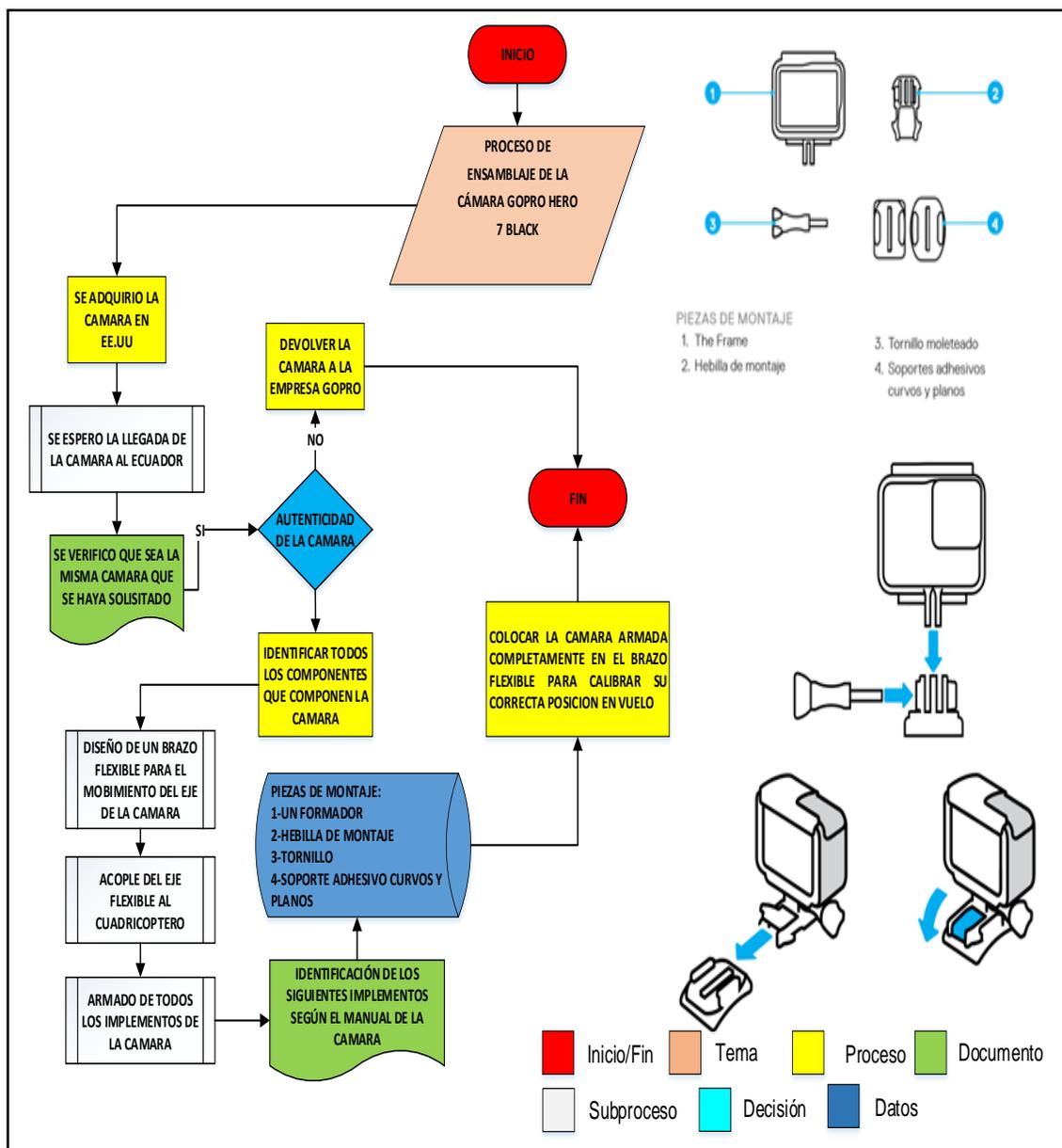


Figura 39. Proceso de ensamblaje de la cámara GoPro Hero 7 Black.

3.3 Proceso de ensamblaje del Cuadricóptero

En el ensamblaje total del dron se verifica en el manual de todas las partes de la estructura para armar correctamente todas las placas de carbono con la estructuras fija de los trenes de aterrizaje previamente armados, tomando en cuenta que la ferretería (tuercas y tornillos) son de aleaciones de aluminio y de igual manera los soportes de los motores, el resto de la estructura es totalmente de carbono para su mejor aeronavegabilidad y reducción de peso en vuelo y así lograr mayor sustentación. Al momento de estar colocados correctamente los motores y las hélices en la estructura se verifican la correcta posición de ellos y se procede a instalar el resto de sistemas de navegación.

En esta parte se verifica la correcta posición de todos los implementos, al momento de que todos los sistemas ya se encuentren conectados a la estructura del Cuadricóptero. De manera que se comprueba el funcionamiento de cada uno de ellos, ya que para realizar un vuelo es muy necesario, ya que en el caso de existir alguna discrepancia en uno de los sistemas del dron, no podría volar o ya en vuelo podría bloquearse los sistemas y el dron caería sin control.

De manera que el sistema FPV, la tarjeta DJI A3, la cámara GoPro HERO 7 Black y el software son los que interactúan siempre, para lograr el objetivo de realizar la inspección visual por hundimientos y rajaduras en el Empenaje de la aeronave Fairchild

FH-227. Y lograr de manera efectiva la evaluación de cada una de las fallas estructurales encontradas, al efectuar la tarea practica de inspección visual.

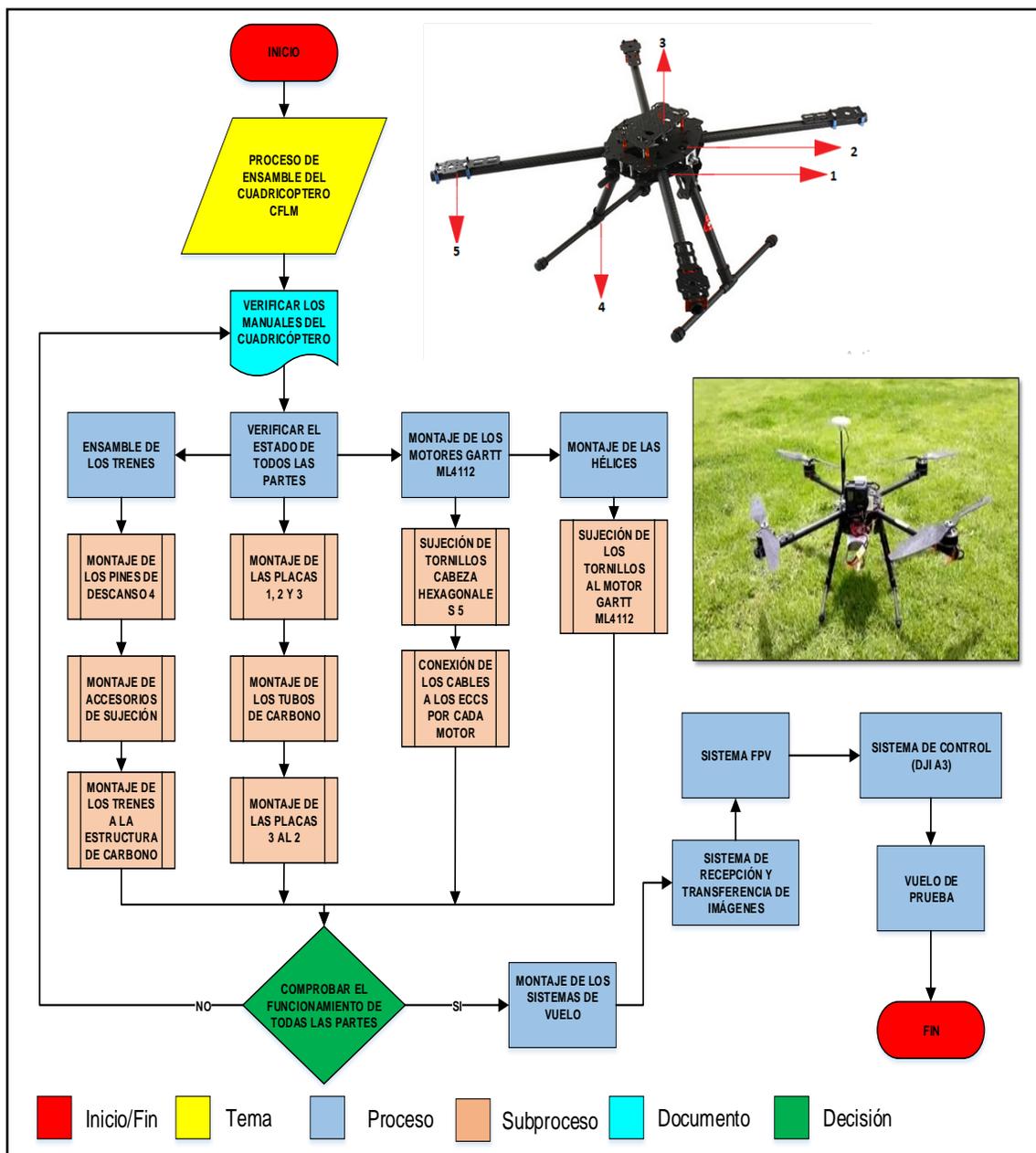


Figura 40. Proceso de ensamble del Cuadricóptero CFLM

3.3.1 Descripción de procedimientos, calibración y mantenimiento

Para efectuar de una manera correcta la inspección visual en el Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, se verifica el funcionamiento correcto de todos los sistemas y que cada componente este en la correcta posición y calibrados de una manera adecuada para que la autonomía del drone sea la adecuada. Al verificar que toda la estructura del Cuadricóptero para asegurar que en vuelo ningún componente se vaya a separar de él, causando que Cuadricóptero entre en perdida cuando efectué su vuelo. La tarjeta A3 es la encargada de dar todos los datos del drone en vuelo como la velocidad, la altura, la ubicación, el estado de las baterías, etc. Por lo que el sistema FPV ayuda con los datos de transmisión en vivo del vuelo del Cuadricóptero CFLM, enviando datos del comportamiento del Cuadricóptero en vuelo.

Como procedimiento final se realiza el procesamiento y análisis de fotografías, que ayuda a identificar daños estructurales en la piel de la aeronave, obteniendo las dimensiones de cada uno de ellos para posteriormente con el manual de reparaciones estructurales (SRM) de la aeronave dar un diagnóstico y proceder a efectuar lo que envía el fabricante de la aeronave para corregir ese tipo de daños en la piel de la aeronave.

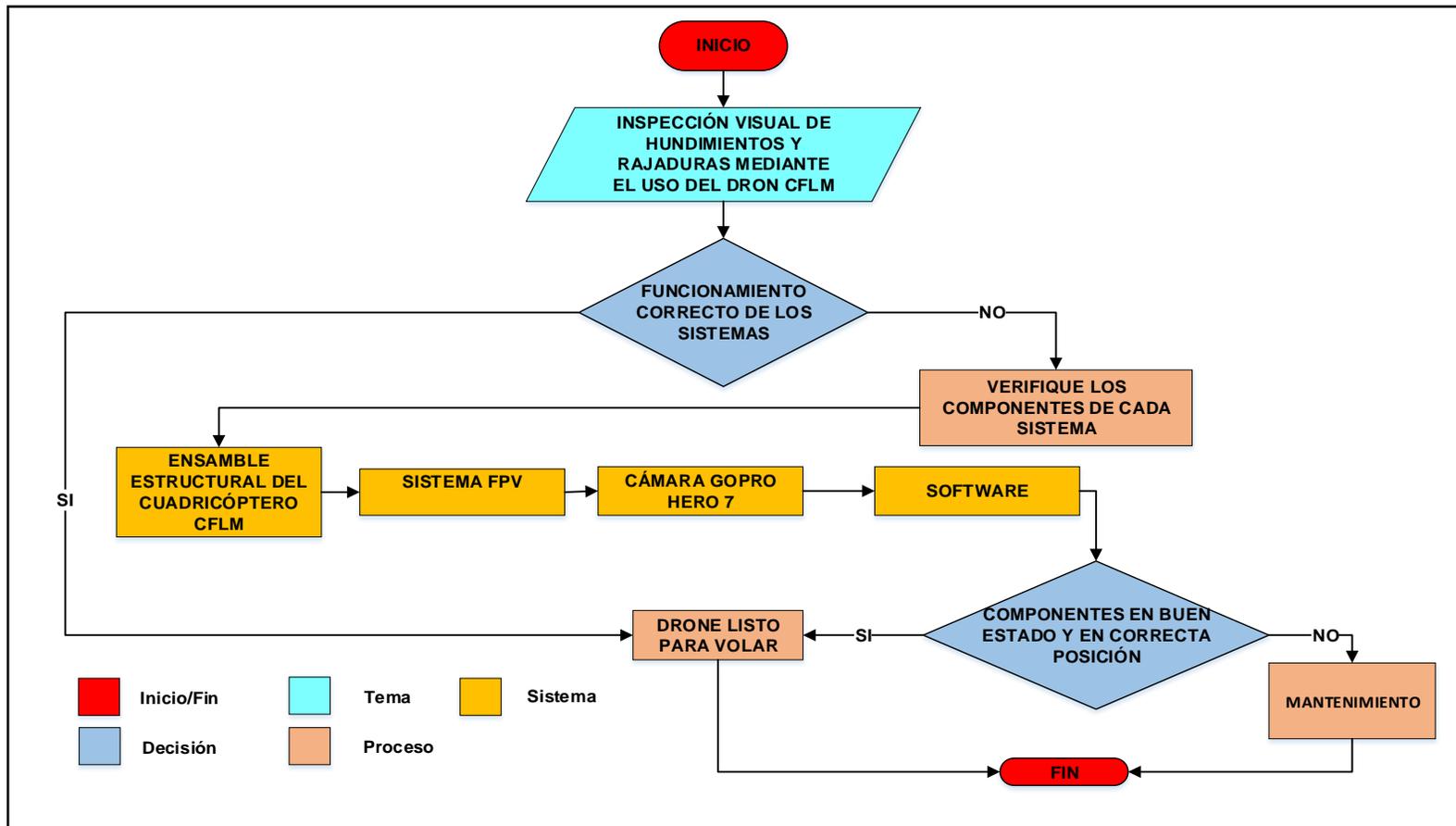


Figura 41. Inspección visual de hundimientos y rajaduras

3.3.2 Procedimientos para realizar la inspección visual.

Para realizar correctamente la inspección visual con el Cuadricóptero CFLM se deberá tomar en cuenta los parámetros descritos a continuación. Para mayor información referirse al manual de mantenimiento y operación del Cuadricóptero CFLM (ver anexo A).

- Se debe realizar una caminata FOD¹⁹ alrededor de toda la aeronave antes de realizar la inspección visual con el drone.
- La aeronave debe estar despejada de cualquier tipo de objetos que amenacen la integridad física del Cuadricóptero.
- En la aeronave debe encontrarse colocados todos los tacos de seguridad.
- Obtener una computadora con un sistema que pueda reconocer de manera eficiente las fotografías para el procesamiento de imágenes.
- Luego el operador del Cuadricóptero debe contar con todos los implementos de seguridad (EPP) para efectuar la inspección visual.
- Se adquiere el Cuadricóptero con todos sus implementos y manuales.
- Luego se deberá revisar los manuales de operación del Cuadricóptero para verificar el funcionamiento de todos sus sistemas antes de realizar el vuelo.
- El Cuadricóptero debe ser colocado en una superficie plana antes de comenzar con el encendido de todos sus sistemas.

¹⁹ **FOD:** Foreign Object Damage (daño por objetos extraños)

- Probar la efectividad de la conexión electrónica del control con el Cuadricóptero. Conectando la batería.
- Luego de revisar todo por completo, deberá realizar elevaciones del Cuadricóptero cortas para familiarizarse con el vuelo de inspección.
- Volar el dron alrededor del área de la aeronave deseada y comenzar a inspeccionar.
- Al encontrar una falla estructural en la aeronave como una rajadura o hundimientos, se procederá a tomar fotografías desde una computadora.
- Las fotografías se tomarán gracias a la cámara GoPro HERO 7 Black, que se encuentra enlazada a la computadora por medio de la transmisión en vivo entre los dos componentes, (cámara y computadora)
- Luego de terminar la inspección y tomar las fotos, se podrá procesar las imágenes y podremos evaluarlas cada una de ellas según los parámetros descritos en el manual de reparaciones estructurales de la parte que haya sido inspeccionada.
- Imprimir los resultados obtenidos por la evaluación de la inspección y del procesamiento de imágenes.
- Entregar los resultados al inspector de mantenimiento (docente encargado de la evaluación)

Calibración

Para la correcta calibración del dron se debe tomar en cuenta los siguientes puntos:

- Siempre antes de un vuelo se debe realizar la calibración de los motores y hélices del Cuadrícóptero.
- Calibración de la correcta posición del tren de aterrizaje.
- La correcta configuración de la cámara GoPro HERO 7 Black.
- Establecer la correcta conexión de la aplicación DJI PRO y la GOPRO en el dispositivo a utilizar con el Cuadrícóptero.

Mantenimiento

Para el correcto mantenimiento del dron se debe tomar en cuenta los siguientes puntos detallados a continuación:

- Se debe limpiar toda la estructura de manera frecuente para mantener la vida útil del dron.
- Se debe cargar de manera correcta las baterías del control, baterías del sistema y la batería de la cámara.
- Por seguridad de la cámara se debe formatear la tarjeta de memoria luego de haber pasado la información a una computadora.

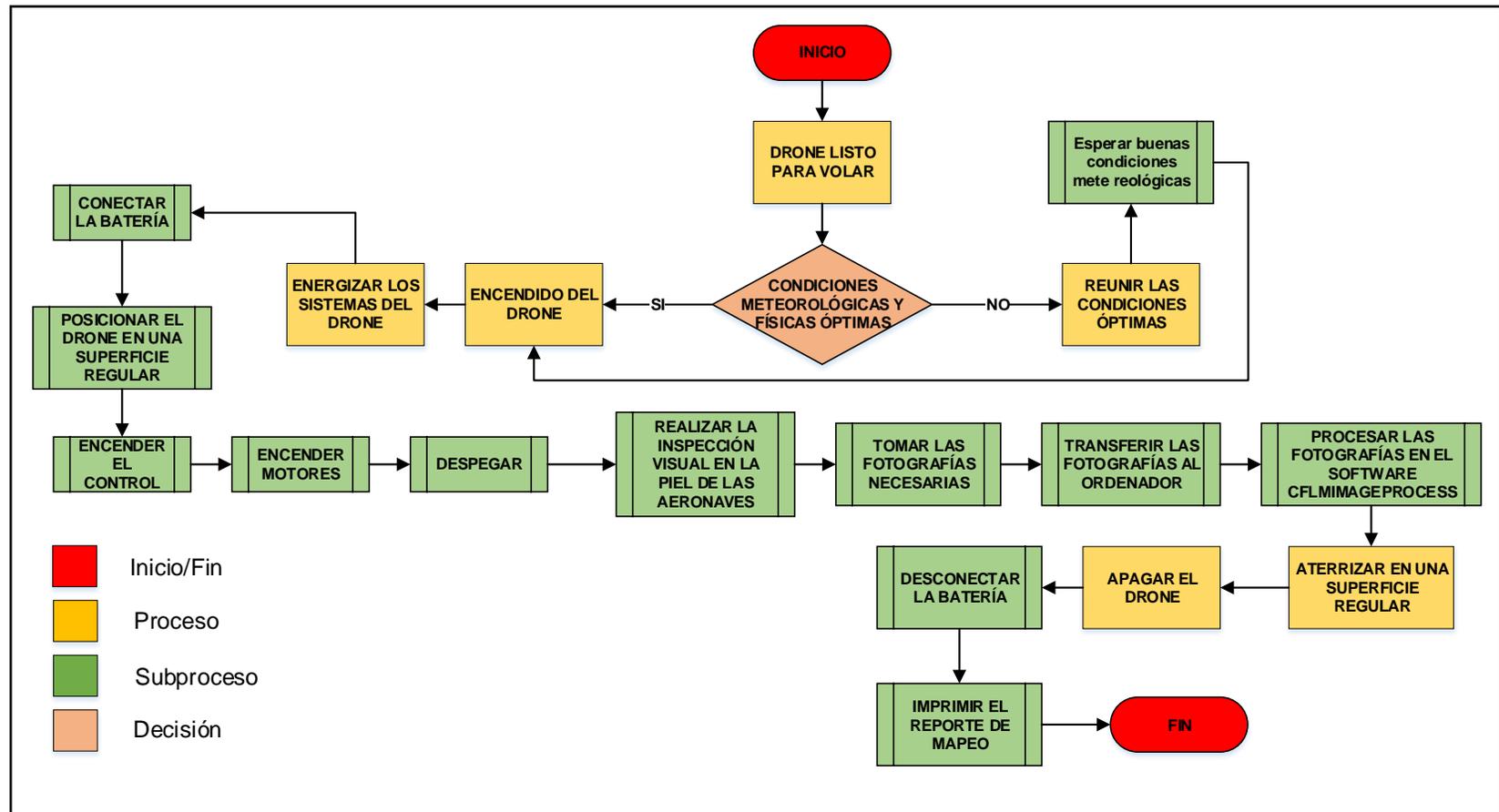


Figura 42. Procedimientos para realizar la inspección visual.

3.4 Proceso de inspecciones

3.4.1 Reparaciones estructurales

En la figura 43 se puede observar los procesos de inspección que permitirá encontrar reparaciones estructurales en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild. Por lo que se detalla los pasos que se debe seguir para el cumplimiento correcto de la inspección. De manera obligatoria se debe obtener todos los manuales del Cuadricóptero y de la aeronave, el cual servirá como guía para poder desarrollar la tarea de inspección.

De esta manera que se cumpla los procesos de inspección de una manera sencilla y rápida, demostrando que la técnica de inspección visual desarrollada por el Cuadricóptero CFLM, ayuda a reducir las horas de trabajo y desempeñar de mejor manera el trabajo en la aeronave.

3.4.2 Rajaduras

En la figura 44 se muestra la forma correcta de realizar las inspecciones visuales en el Empenaje de la aeronave Fairchild, encontrando rajaduras y evaluando los

parámetros según prescribe los manuales de mantenimiento de la aeronave, el cual será efectuado de manera posterior a la inspección realizada.

De manera que al momento de haber realizado la inspección se detalla las dimensiones del daño encontrado y comparar con las especificaciones de daños permisibles y no permisibles que nos indica en el manual de reparaciones estructurales de la aeronave, dando así un diagnóstico rápido y acertado a la rajadura encontrada en la piel del Empenaje, con el Cuadricóptero CFLM.

3.4.3 Hundimientos

Se efectúan los mismos procedimientos mencionados anteriormente, en este caso se detalla las fallas estructurales por hundimientos en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild, de igual manera se localiza la falla y se evalúa las imágenes, obteniendo las dimensiones para poder verificar en el manual si se encuentra dentro o fuera de los límites permisibles y verificar que se debe hacer según las especificaciones del manual de reparaciones estructurales de la aeronave.

Estos procesos se detallan en la figura 45, en el cual indica todos los procedimientos necesarios para el cumplimiento exitoso de la inspección con el Cuadricóptero CFLM.

3.4.4 Discrepancias adicionales

En este proceso como se observa en la figura 46, se debe realizar el mismo proceso de inspección visual en la piel del Empenaje de la aeronave, pero estas serán especiales, ya que no entran en los daños estructurales, por que como estas se encuentra; suciedad, desprendimiento de pintura, ferretería faltante, corrosión, etc. Aquí entraran todos los ítems que no pertenezcan a los mencionados anteriormente. Por el cual esta información deberá ser documentada de igual manera como evidencia de ese tipo de anomalías encontradas.

A estas anomalías especiales encontradas, se les toma en cuenta para correcciones futuras por la razón de que estas no afectan la aeronavegabilidad de la aeronave, pero se debe corregir de manera oportuna la discrepancia adicional encontrada en la inspección, para evitar así que se extienda el daño y pueda afectar la aeronavegabilidad de la aeronave.

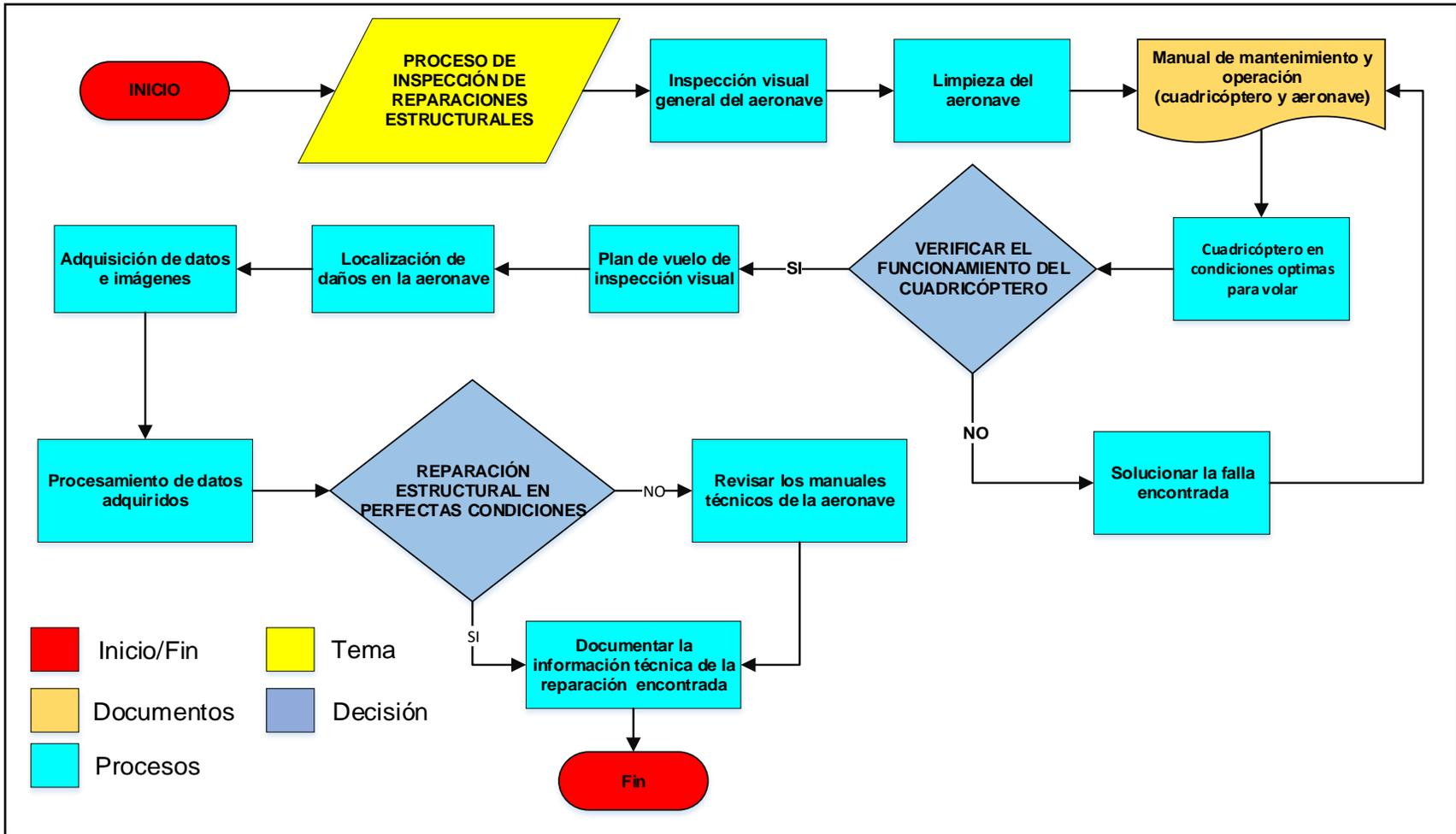


Figura 43. Proceso de inspección de reparaciones estructurales.

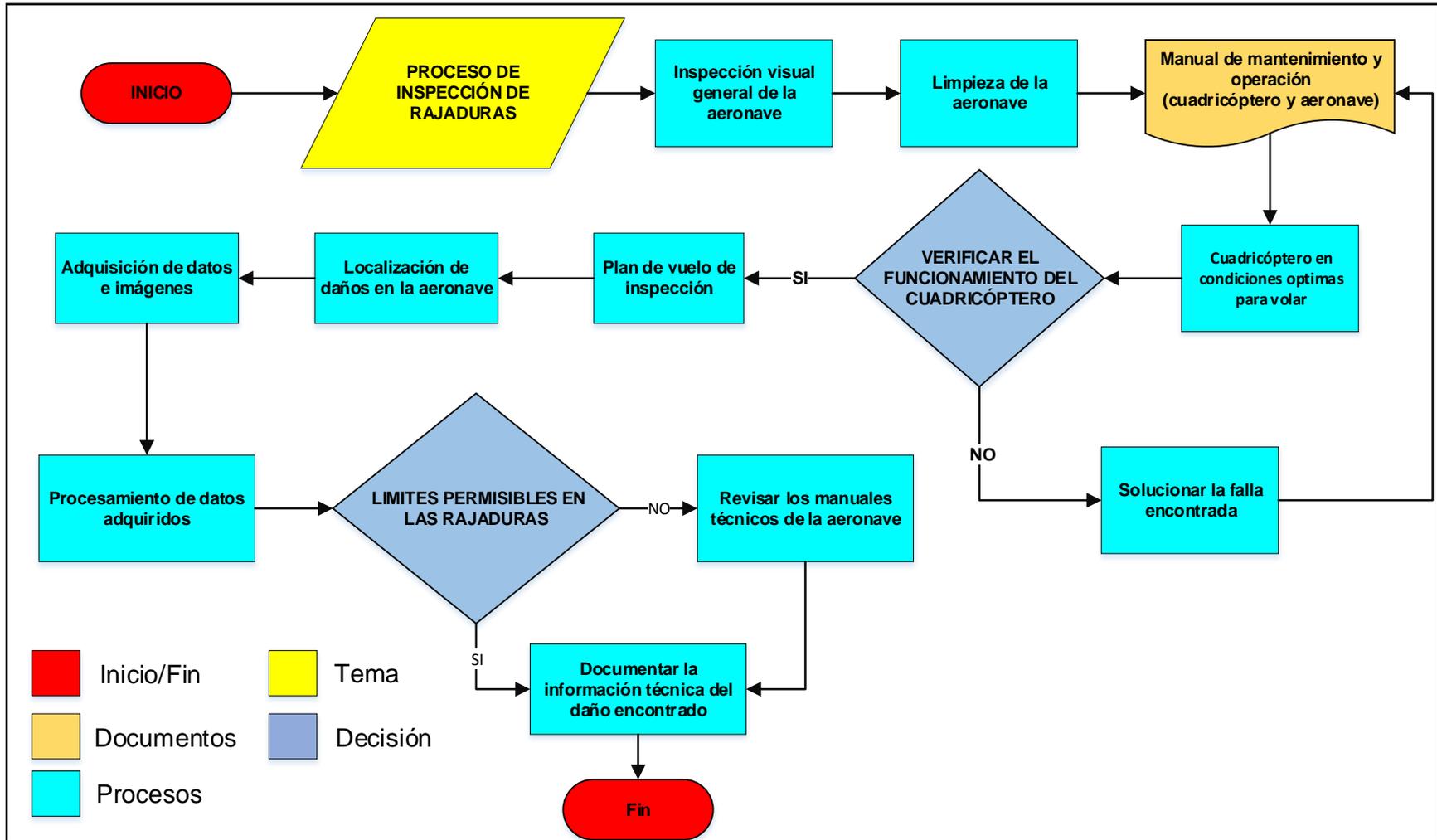


Figura 44. Proceso de inspección de rajaduras.

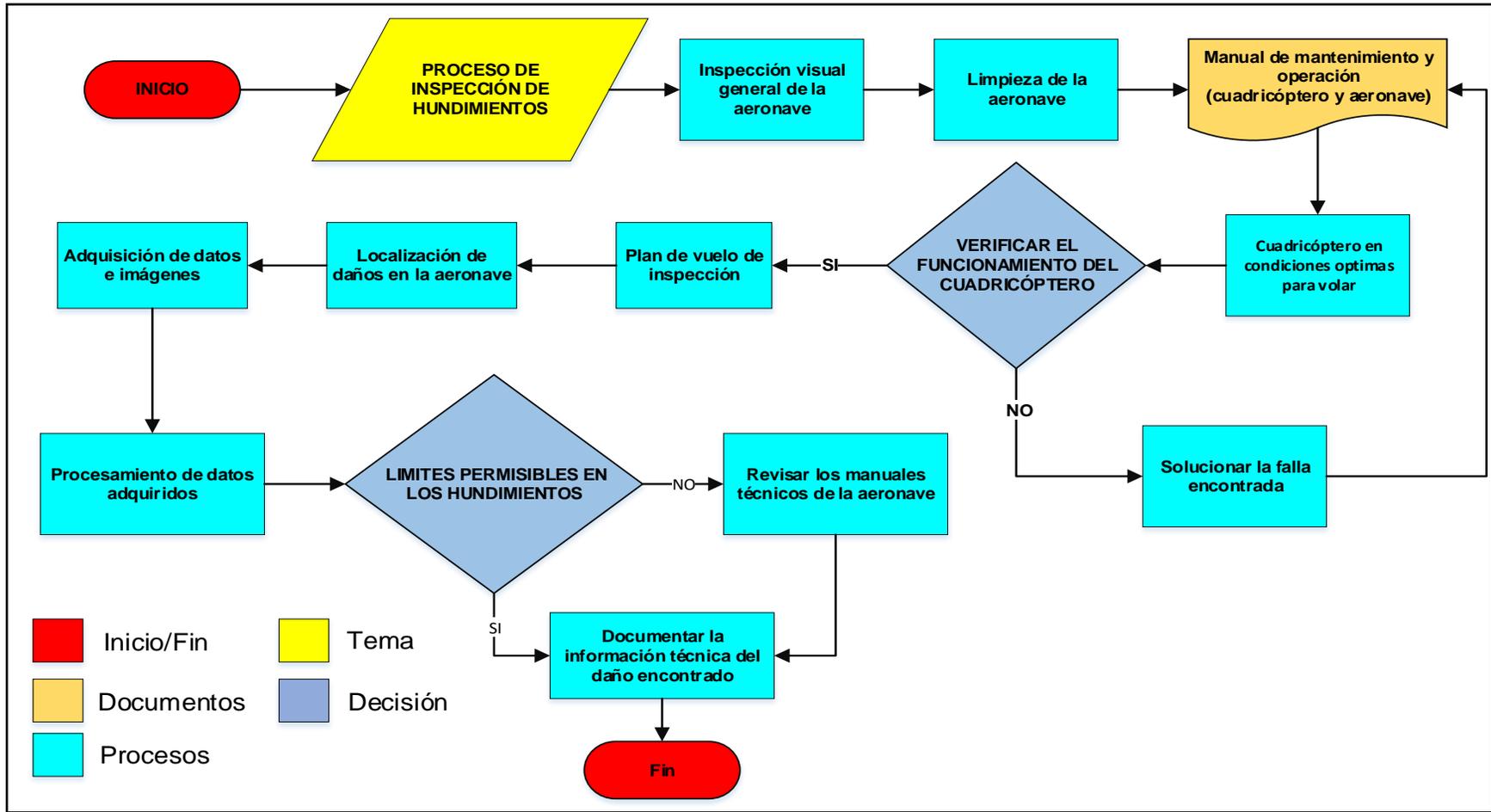


Figura 45. Proceso de inspección de hundimientos.

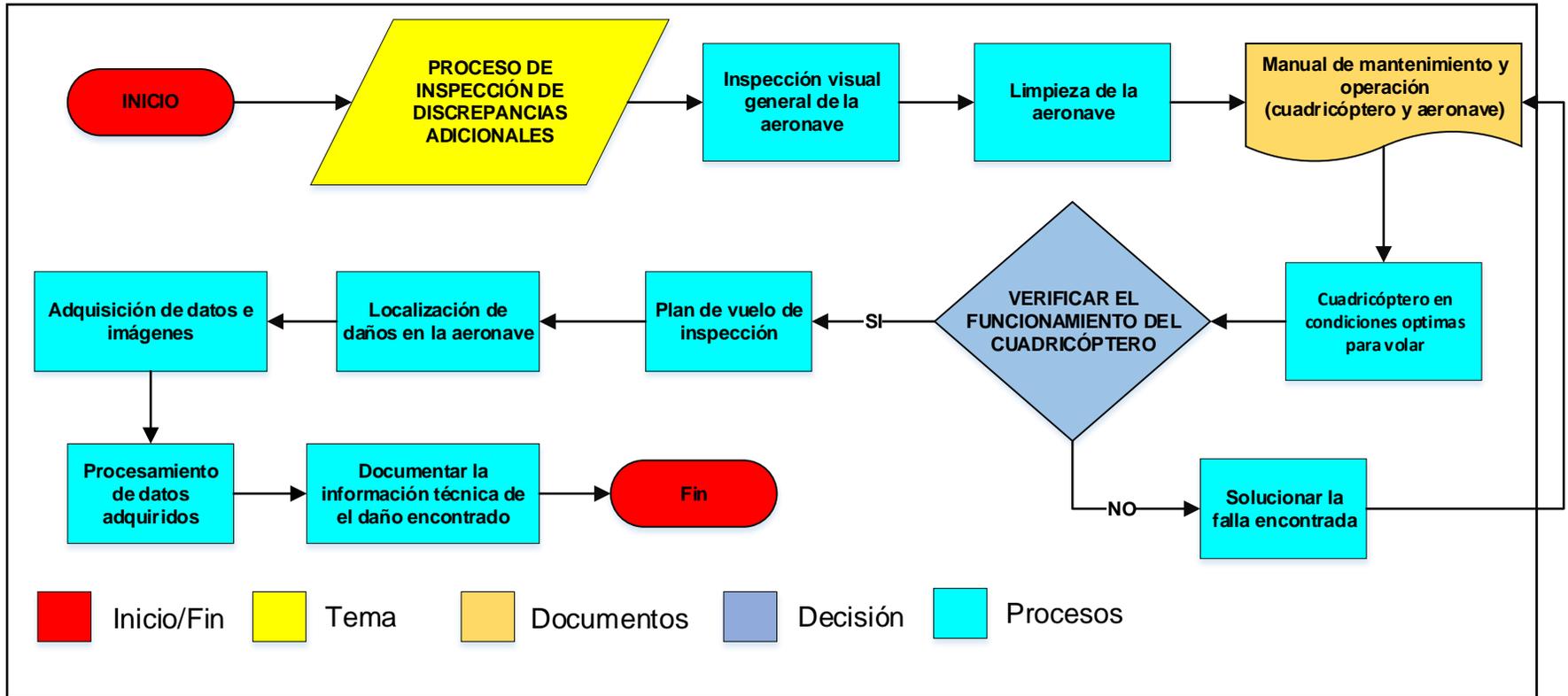


Figura 46. Proceso de inspección de discrepancias adicionales.

3.5 Resultados de la inspección visual del empenaje

3.5.1 Reparaciones estructurales

De acuerdo a la inspección visual realizada en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, se encontraron y se evaluaron las siguientes reparaciones estructurales como se detalla a continuación. Para más información sobre las reparaciones (ver anexo B) en el cual se detalla la información de cada una de ellas.

- **Reparación estructural # 1:**

Esta reparación se encuentra en el lado izquierdo del Rudder entre la STA0.00 y STA10.03, junto al larguero central, la cual se encuentra en condiciones aceptables, teniendo en cuenta que los remaches instalados están con corrosión, las dimensiones generales de la reparación son de 9.84" X 5.21".

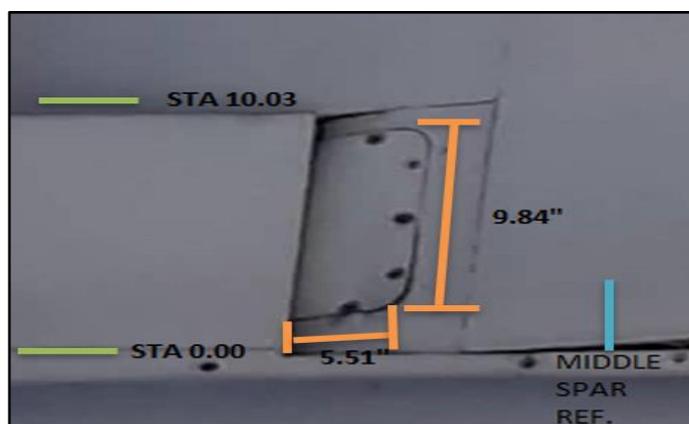


Figura 47. Reparación estructural # 1.

- **Reparación estructural # 2:**

Esta reparación se encuentra en el cono de cola del Empenaje, en la piel inferior, entre la STA755.118 y STA779.134, la cual se encuentra en condiciones aceptables, las dimensiones generales de la reparación son de 5.20" X 4.33".

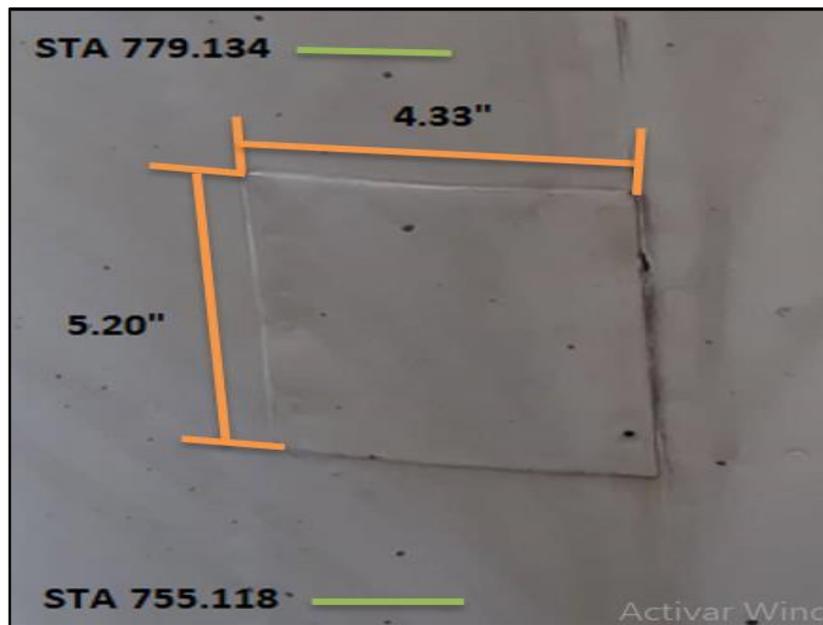


Figura 48. Reparación estructural # 2.

- **Reparación estructural # 3:**

Esta reparación se encuentra en el cono de cola del Empenaje, en la piel inferior, entre la STA755.118 y STA779.134, la cual se encuentra en condiciones aceptables, las dimensiones generales de la reparación son de 3.62" X 2.36".

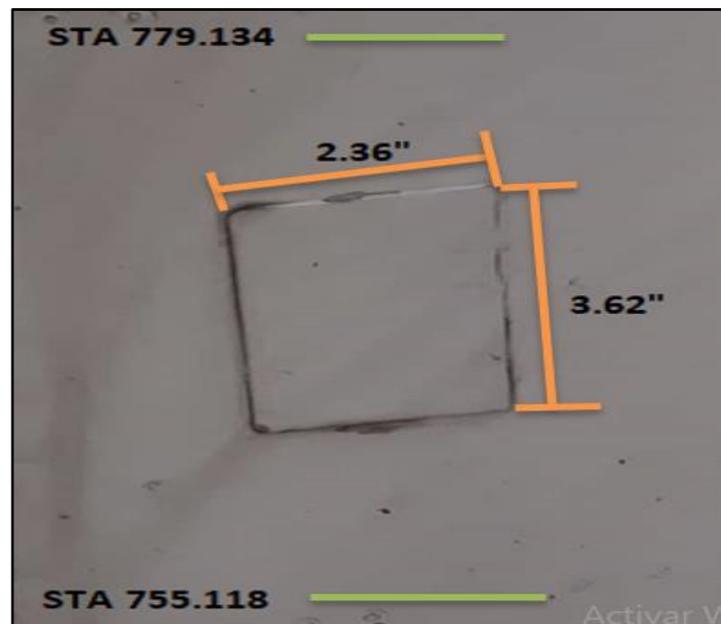


Figura 49. Reparación estructural # 3.

- **Reparación estructural # 4:**

Esta reparación se encuentra en la piel inferior del Empenaje en el cono de cola, entre la STA 847.838 – STA879.134, por lo que se verifica que está en condiciones aceptables, las dimensiones generales de la reparación son de 4.92" x 2.76".

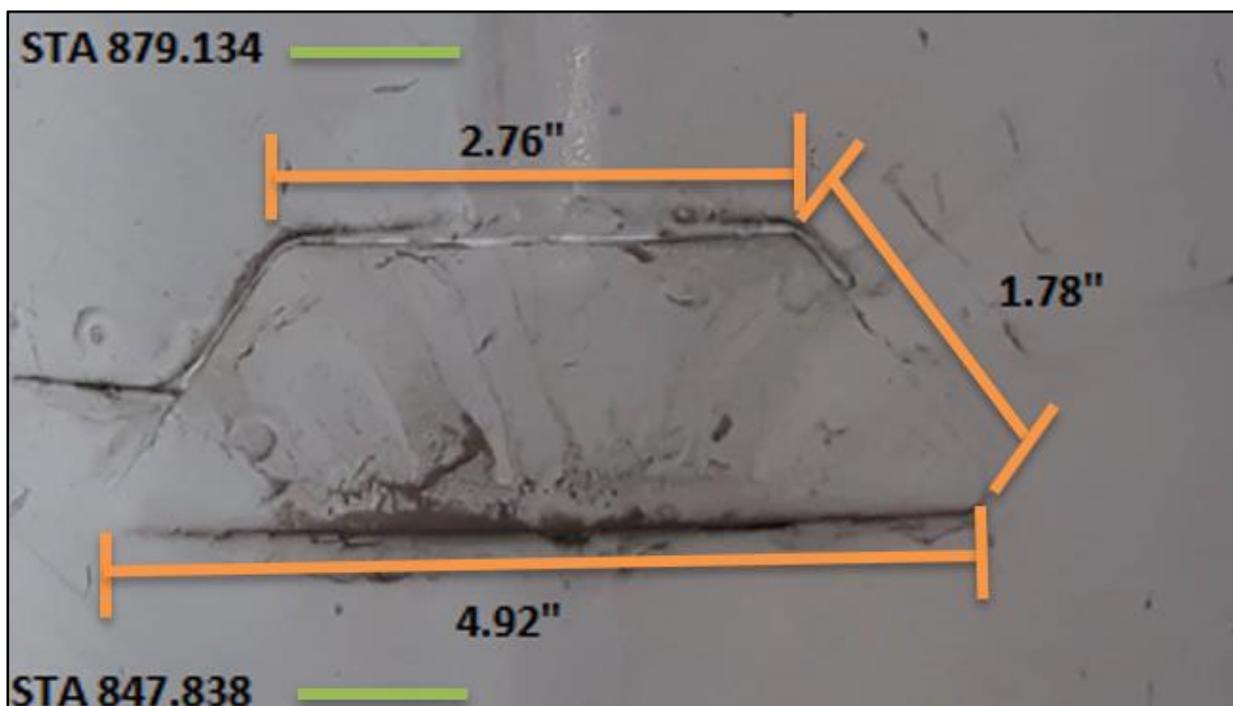


Figura 50. Reparación estructural # 4.

- **Reparación estructural # 5:**

Esta reparación se encuentra en la piel derecha, en el cono de cola del Empenaje, está entre la STA 677.165 – STA 714.961, y se encuentra en perfectas condiciones y no necesita ningún procedimiento de mantenimiento, y las dimensiones generales son de 17.13" x 16.14".

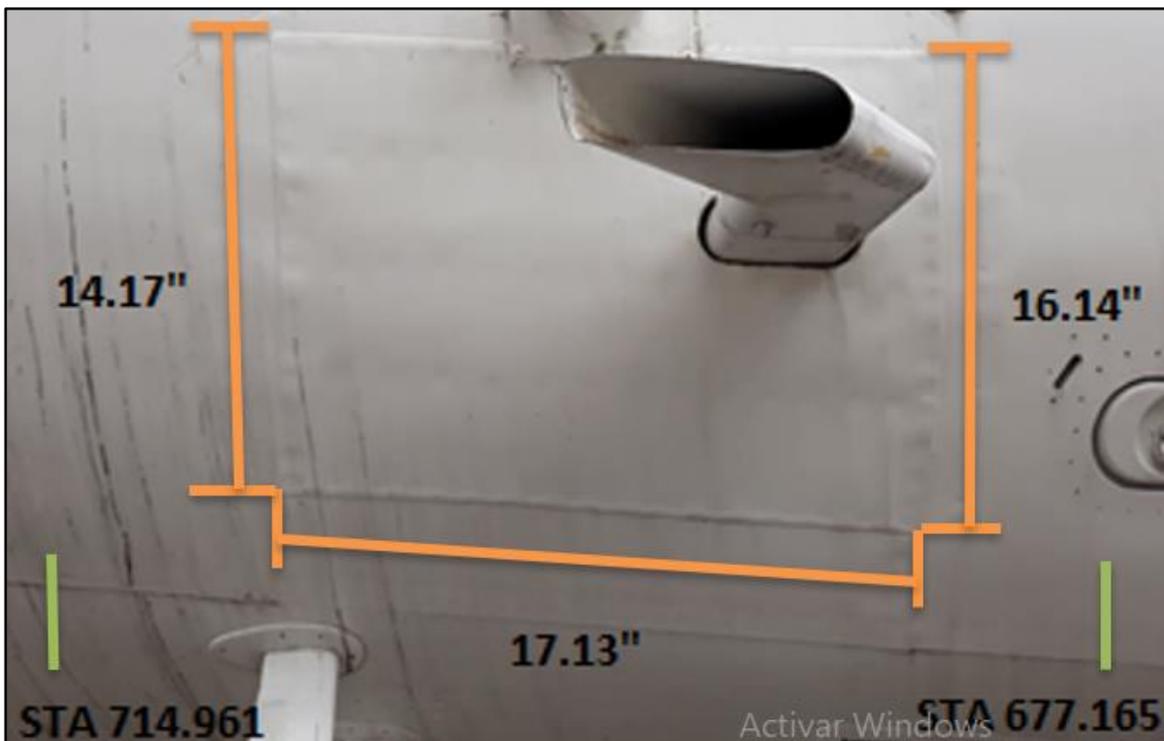


Figura 51. Reparación estructural # 5 de la inspección visual.

- **Reparación estructural # 6:**

Esta reparación se encuentra en la piel derecha, en el cono de cola del Empenaje, está entre la STA 677.165 – STA 714.961, y se encuentra en perfectas condiciones y que no necesita ningún procedimiento de mantenimiento, y las dimensiones generales son de 5.91" x 4.72".

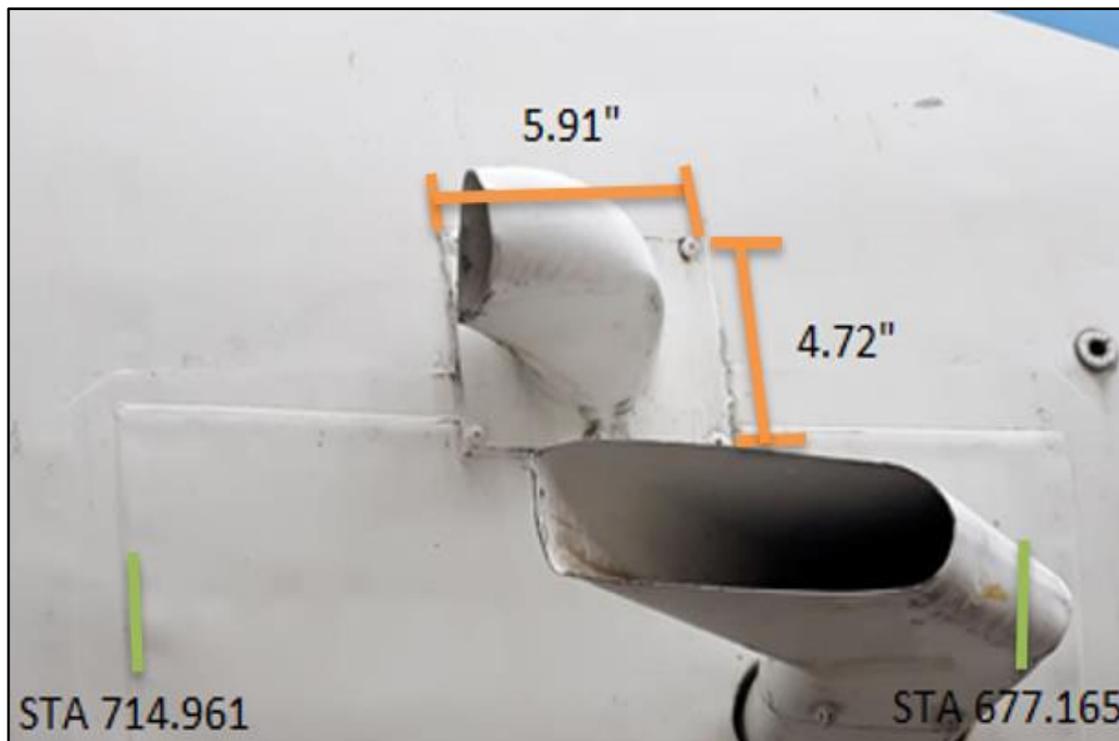


Figura 52. Reparación estructural # 6.

- **Reparación estructural # 7:**

Esta reparación se encuentra en el estabilizador horizontal, en la piel inferior del elevador entre la STA15.748 – STA26.378, se encuentra en perfectas condiciones, con la observación de que los remaches están con corrosión. Las dimensiones de esta reparación son de 7.28" x 4.13".

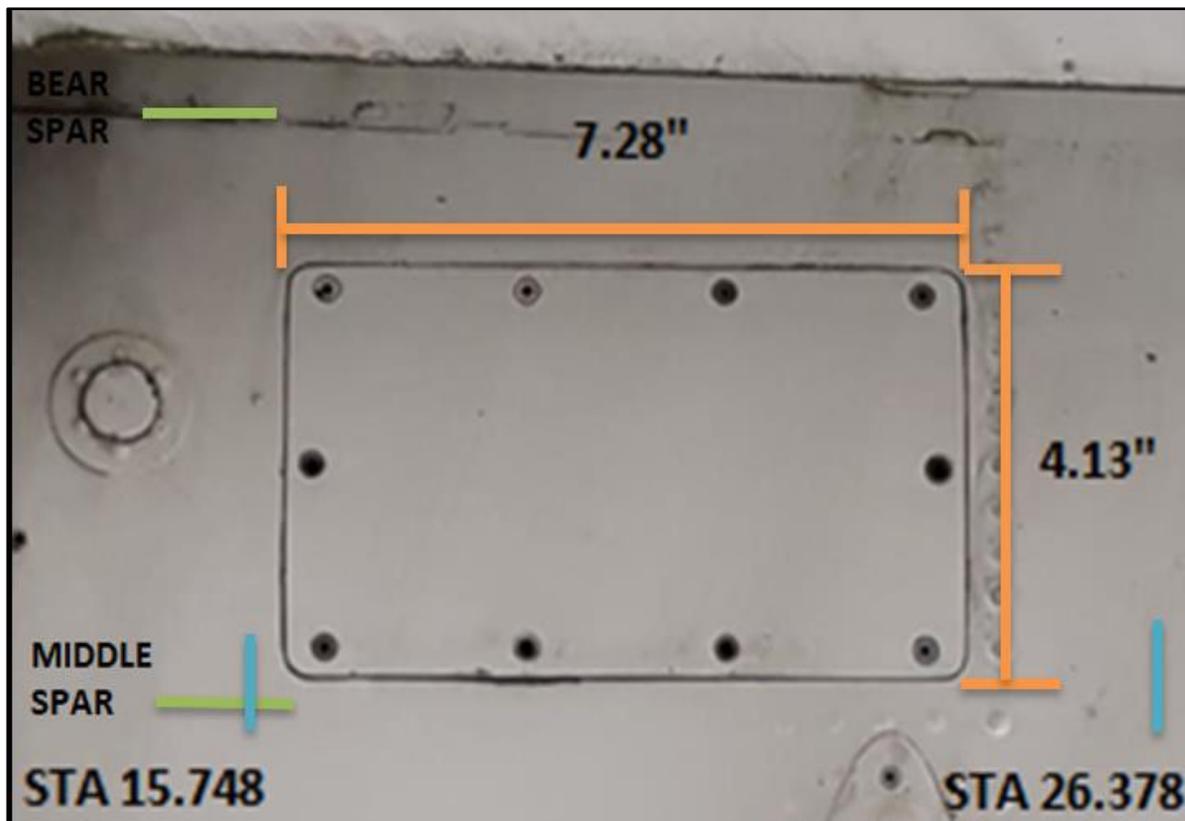


Figura 53. Reparación estructural # 7.

- **Reparación estructural # 8:**

Esta reparación se encuentra en el cono de cola del Empenaje, en la piel derecha, entre la STA824.803 y STA847.638, la cual se encuentra en condiciones aceptables, las dimensiones generales de la reparación son de 4.25" x 2.87".

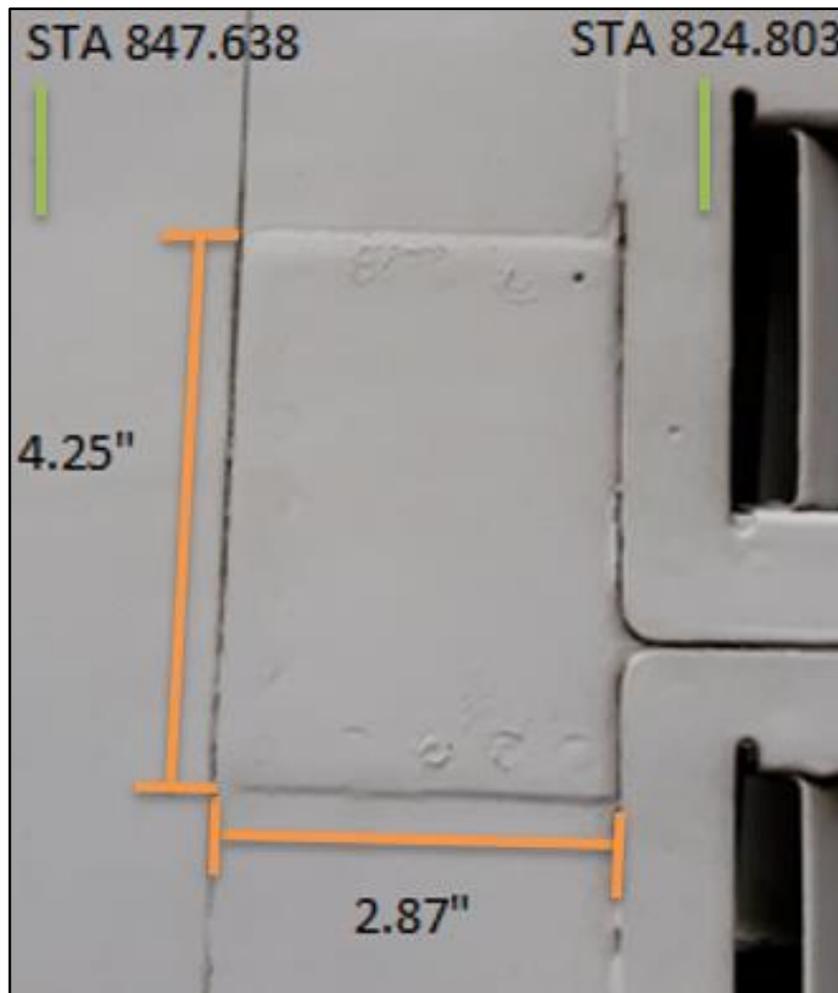


Figura 54. Reparación estructural # 8.

3.5.2 Rajaduras

De acuerdo a la inspección visual realizada en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, se encontraron y se evaluaron las siguientes rajaduras, como se detalla a continuación. Para más información sobre estos daños encontrados, (ver anexo C) en el cual se detalla la información de cada una de ellas.

- **Rajadura # 1:**

Esta rajadura se encuentra en el elevador del estabilizador horizontal derecho entre la STA 74.213 - STA 85.433, junto al larguero central, en el cual se nota una rajadura de 0.39" de diámetro, las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que están dentro de los límites permisibles que son los menores de 1/16" de profundidad hasta 1" de diámetro, los cuales son considerados como arañazos y mellas tal cual como se detalla en la figura 56.



Figura 55. Rajadura # 1 de la inspección visual.

A. Negligible Damage.

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

Figura 56. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55)

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 1)

- **Rajadura # 2:**

Esta rajadura se encuentra en el elevador del estabilizador horizontal derecho entre la STA 74.213 - STA 85.433, junto al larguero central, en el cual se nota una rajadura de 0.59" de diámetro, las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que están dentro de los límites permisibles que son los menores de 1/16" de profundidad hasta 1" de diámetro, los cuales son considerados como arañazos y mellas, como se detalla en la figura 57.

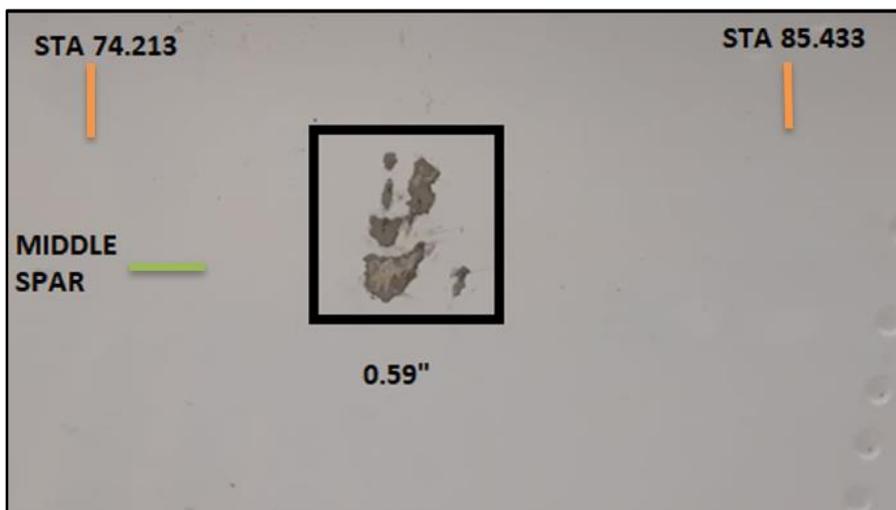


Figura 56. Rajadura # 2 de la inspección visual.

A. Negligible Damage.

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

Figura 57. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 1)

- **Rajadura # 3:**

Esta rajadura se encuentra en el elevador del estabilizador horizontal derecho entre la STA 62.992 - STA 74.213, junto al larguero central, en el cual se nota una rajadura de 0.59" de diámetro, las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que están dentro de los límites permisibles que son los menores de 1/16" de profundidad hasta 1" de diámetro, los cuales son considerados como arañazos y mellas, como se detalla en la figura 59.



Figura 58. Rajadura # 3 de la inspección visual.

A. Negligible Damage.

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

Figura 59. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 1)

- **Rajadura # 4:**

Esta rajadura se encuentra en el cono de cola del Empenaje de la aeronave en la piel derecha entre la STA 847.638 - STA 874.016, en el cual se nota una rajadura que sus dimensiones son de 5.24" x 1.57", las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que están fuera de los límites permisibles y que supera la 1" de diámetro por lo que El área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no mencionado tal cual como se detalla en la figura 61.

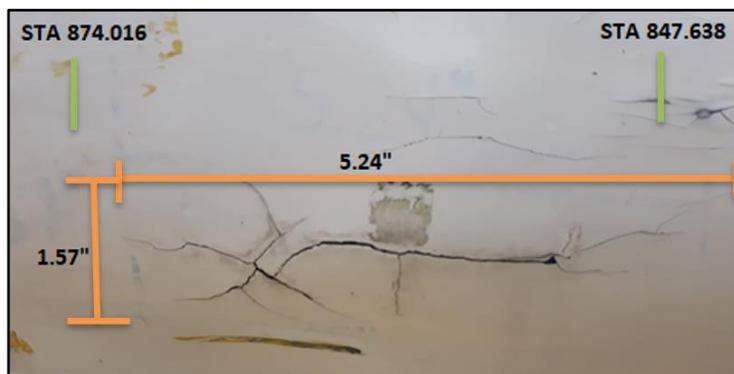


Figura 60. Rajadura # 4 de la inspección visual.

B. Damage Repairable By Patching.

The affected area must be repaired by patching if any of the above limits are exceeded. Refer to skin typical repairs in 51-7 for applicable repairs.

Figura 61. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).
Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 9)

- **Rajadura # 5:**

Esta rajadura se encuentra en el cono de cola del Empenaje de la aeronave en la piel derecha entre la STA 847.638 - STA 874.016, en el cual se nota una rajadura que sus dimensiones son de 3.94" x 3.46", las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que están fuera de los límites permisibles y que supera la 1" de diámetro por lo que el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no mencionado como se muestra en la figura 63.

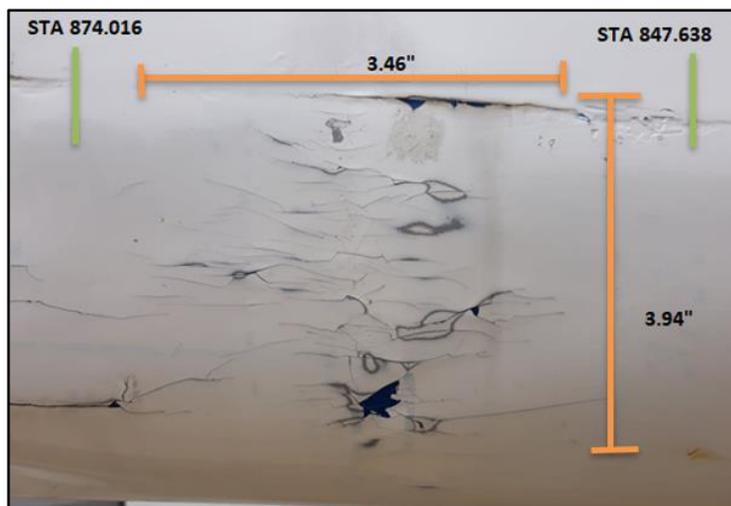


Figura 62. Rajadura # 5 de la inspección visual.

B. Damage Repairable By Patching.

The affected area must be repaired by patching if any of the above limits are exceeded. Refer to skin typical repairs in 51-7 for applicable repairs.

Figura 63. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).
Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 9)

- **Rajadura # 6:**

Esta rajadura se encuentra en la piel derecha del Rudder, entre las STA 0.00 - STA 5.91, en el cual se nota una rajadura que sus dimensiones son de 5.91" X 2.17", las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que está fuera de los límites permisibles, y supera la 1" de diámetro y el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no mencionado como se detalla en la figura 65.

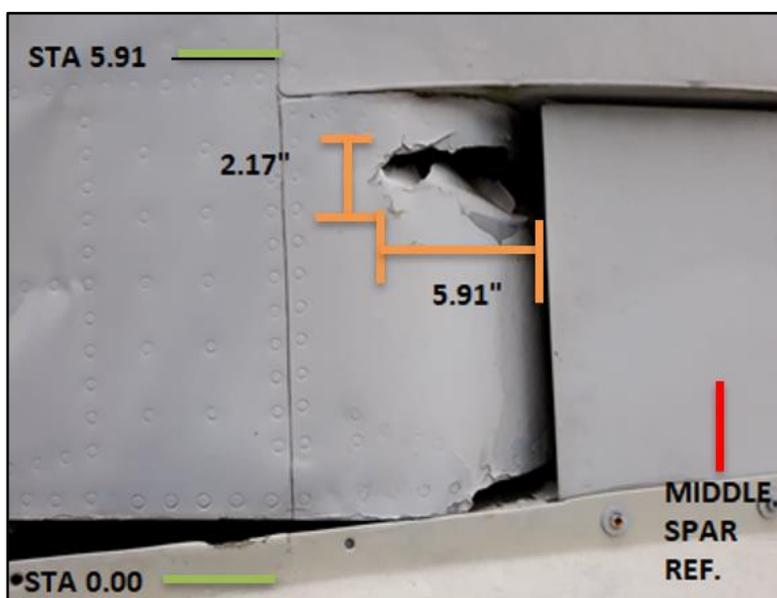


Figura 64. Rajadura # 6 de la inspección visual.

B. Damage Repairable By Patching.

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

Figura 65. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 1)

- **Rajadura # 7:**

Esta rajadura se encuentra en la piel derecha del Rudder, entre las STA 0.00 - STA 5.91, en el cual se nota una rajadura que sus dimensiones son de 3.35", las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que está fuera de los límites permisibles, y supera la 1" de diámetro y el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no mencionado como se detalla en la figura 67.

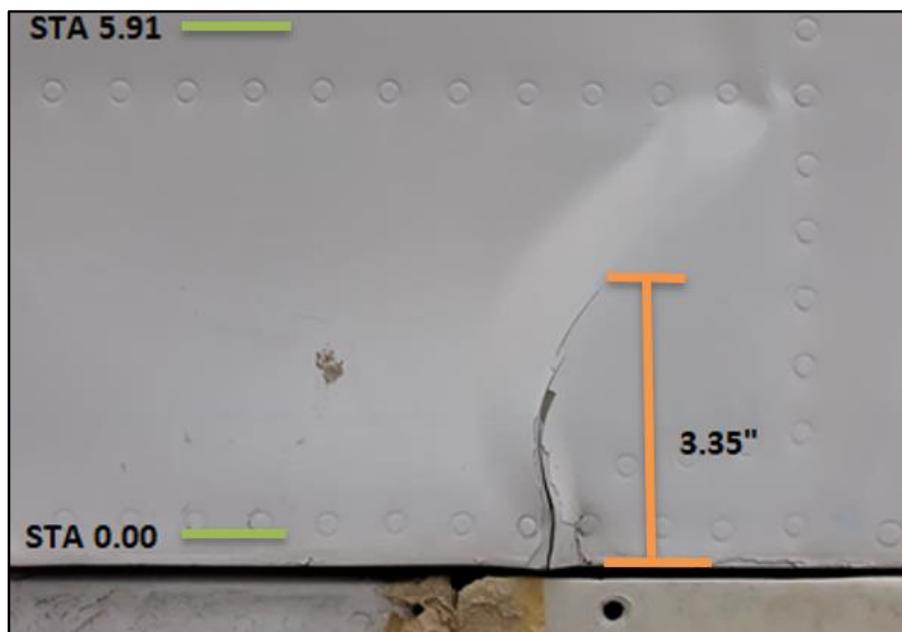


Figura 66. Rajadura # 7 de la inspección visual.

B. Damage Repairable By Patching.

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

Figura 67. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 1)

- **Rajadura # 8:**

Esta rajadura se encuentra en la piel izquierda del Rudder, entre la STA 0.00 - STA 10.03, en el cual se nota una rajadura que sus dimensiones son de 2.36", las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que están fuera de los límites permisibles y que superan 1" de diámetro los cuales son considerados como daño estructural, por lo que el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no enunciado como se expresa en la figura 69.

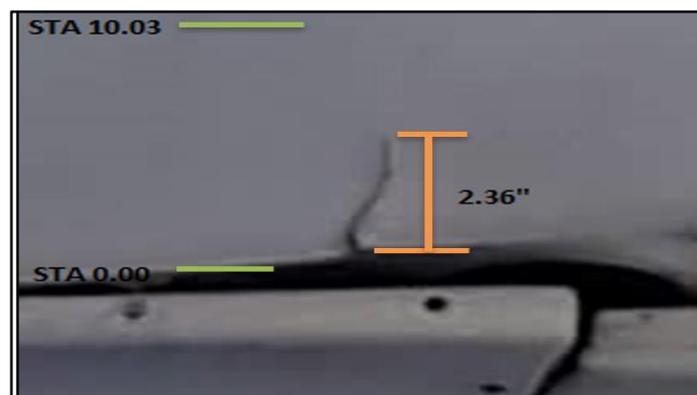


Figura 68. Rajadura # 8 de la inspección visual.

B. Damage Repairable By Patching.

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

Figura 69. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 1)

3.5.3 Hundimientos

De acuerdo a la inspección visual realizada en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, se encontraron y se evaluaron los siguientes hundimientos, como se detalla a continuación. Para más información sobre estos daños encontrados, (ver anexo D), en el cual se detalla la información de cada uno de ellos.

- **Hundimiento # 1:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior del elevador del estabilizador horizontal izquierdo, entre la STA 43.307 - STA 51.772, junto al larguero central, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de R 1" de diámetro, las cuales al revisarlas en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que están dentro de los límites permisibles menores a los de 1" de diámetro y que no representa como daño estructural, como se detalla en la figura 71.

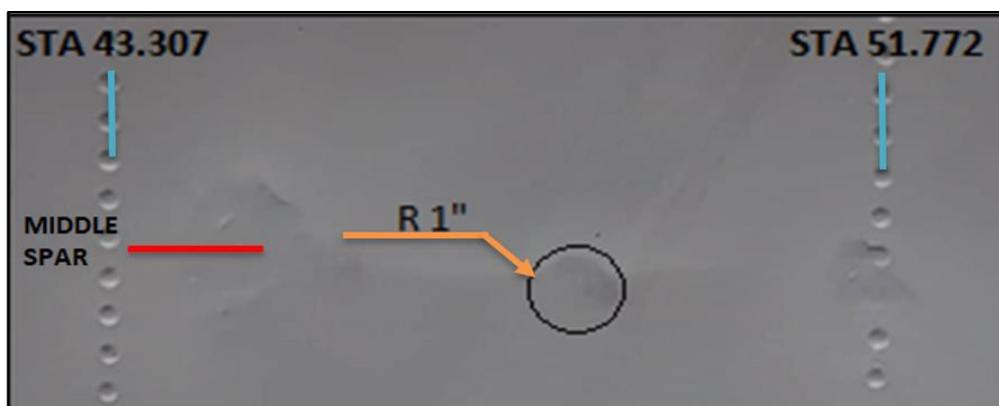


Figura 70. Hundimiento # 1 de la inspección.

A. Negligible Damage.

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

Figura 71. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55)

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 1)

- **Hundimiento # 2:**

Este hundimiento se encuentra en la piel superior del estabilizador horizontal izquierdo, entre la STA 8.96 - STA 25.59, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de R 0.8" de diámetro, al revisar en el SRM de la aeronave ATA 55 se encuentra que están dentro de los límites permisibles y que no se representan como daño estructural, como se detalla en la figura 73.

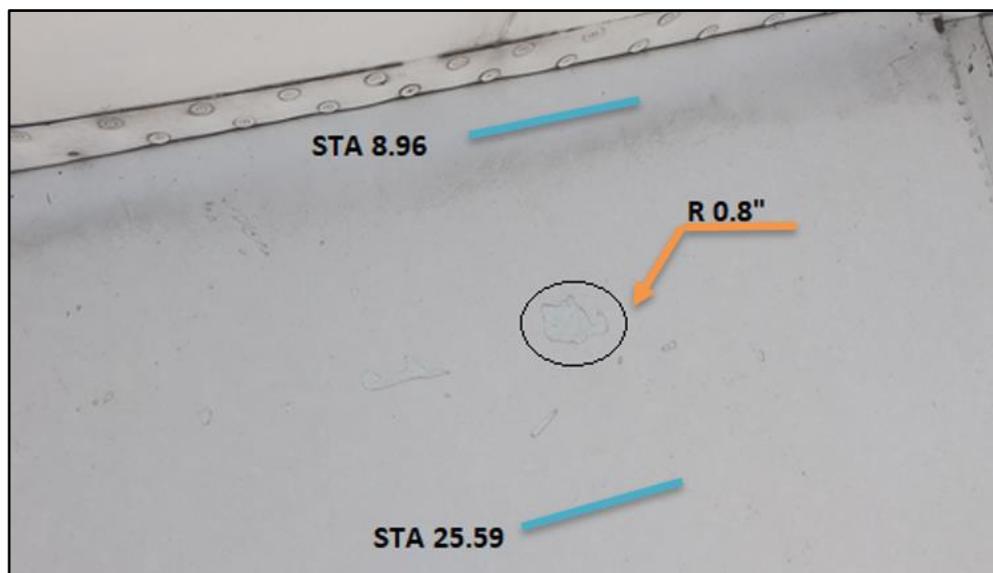


Figura 72. Hundimiento # 2 de la inspección.

A. Negligible Damage.

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

Figura 73. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55)

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 1)

- **Hundimiento # 3:**

Este hundimiento se encuentra en la piel izquierda del Rudder, entre la STA 0.00 - STA 5.91, junto al larguero central en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de R 1.02" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que están fuera de los límites permisibles que es hasta la 1" de diámetro, el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no enumerado como se detalla en la figura 75.

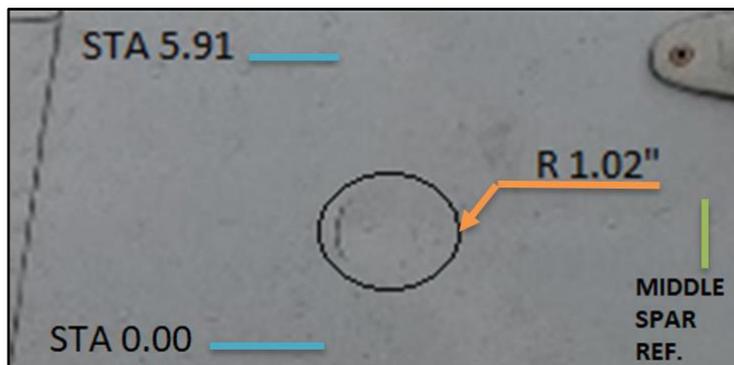


Figura 74. Hundimiento # 3 de la inspección.

B. Damage Repairable By Patching.

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

Figura 75. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 1)

- **Hundimiento # 4:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior del elevador en el estabilizador horizontal izquierdo, entre la STA 51.772 - STA 74.213, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de R 1.57" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que está fuera de los límites permisibles de hasta 1" de diámetro, el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no enumerado.



Figura 76. Hundimiento # 4 de la inspección.

B. Damage Repairable By Patching.

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

Figura 77. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 2)

- **Hundimiento # 5:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior del elevador en el estabilizador horizontal izquierdo, entre la STA 51.772 - STA 74.213, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de 0.39" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que está dentro de los límites permisibles hasta 1" de diámetro y que no se representa como daño estructural, como se detalla en la figura 79.

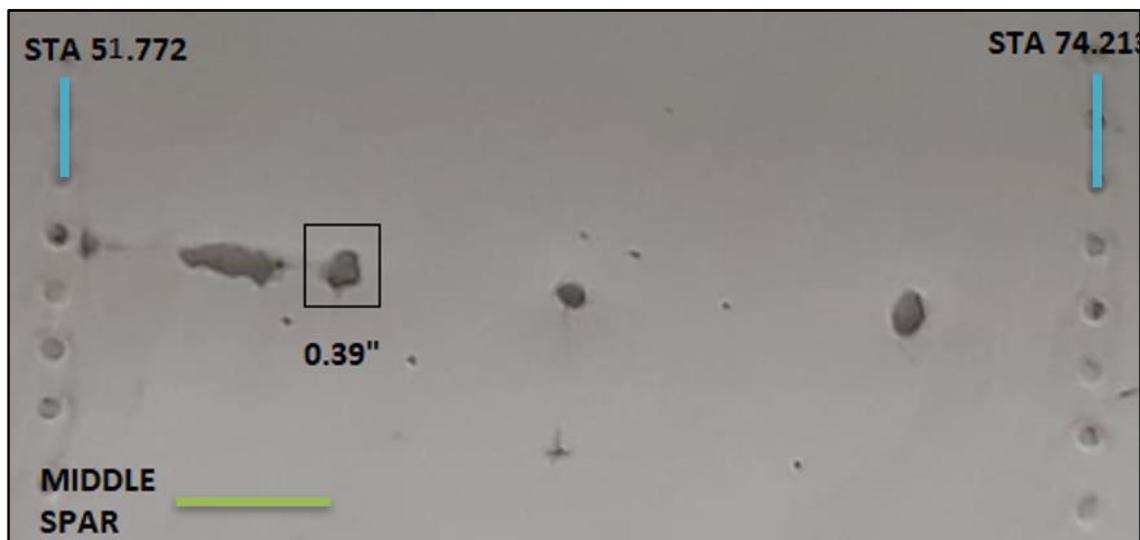


Figura 78. Hundimiento # 5 de la inspección.

A. Negligible Damage.

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

Figura 79. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 2)

- **Hundimiento # 6:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior del elevador en el estabilizador horizontal izquierdo, entre la STA 51.772 - STA 74.213, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de 0.28" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que está dentro de los límites permisibles hasta 1" de diámetro, que no se representa como daño estructura, como se detalla en la figura 81.

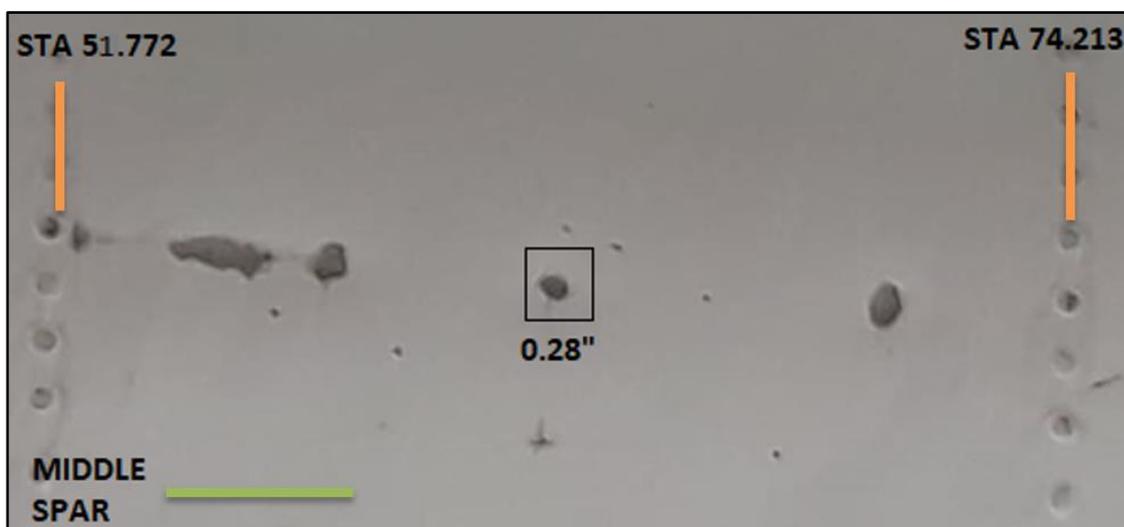


Figura 80. Hundimiento # 6 de la inspección.

A. Negligible Damage.

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

Figura 81. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 2)

- **Hundimiento # 7:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior del elevador en el estabilizador horizontal izquierdo, entre la STA 51.772 - STA 74.213, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de 0.47" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que está dentro de los límites permisibles hasta 1" de diámetro, que no se representa como daño estructural, como se detalla en la figura 83.



Figura 82. Hundimiento # 7 de la inspección.

A. Negligible Damage.

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

Figura 83. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 – 5 - PAGINA 2)

- **Hundimiento # 8:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior en el cono de cola del Empenaje, entre la STA 847.638 - STA 874.016, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de 2.75" x 0.59" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que está fuera de los límites permisibles sobre la 1" de diámetro, el área afectada debe ser reparada mediante parches si se excede alguno de los límites anteriores o para cualquier otro tipo de daño no enumerado como se detalla en la figura 85.

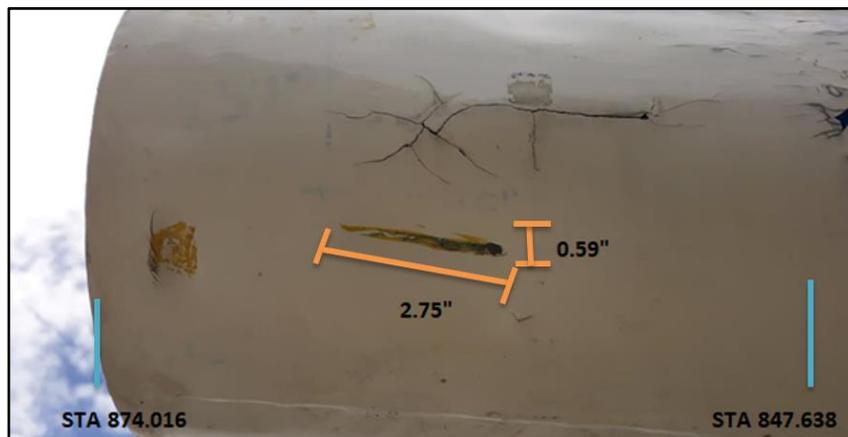


Figura 84. Hundimiento # 8 de la inspección.

B. Damage Repairable By Patching.

The affected area must be repaired by patching if any of the above limits are exceeded. Refer to skin typical repairs in 51-7 for applicable repairs.

Figura 85. Daños no permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 9)

- **Hundimiento # 9:**

Este hundimiento se encuentra en la piel inferior en el cono de cola del Empenaje, entre la STA 847.638 - STA 874.016, en el cual se nota un hundimiento que sus dimensiones son de 0.79" de diámetro, la cual al revisarla en el SRM de la aeronave ATA 55, se encuentra que está dentro de los límites permisibles hasta la 1" de diámetro y no es considerado como daño estructural como se detalla en la figura 87.



Figura 86. Hundimiento # 9 de la inspección.

B. Damage Repairable By Patching.

The affected area must be repaired by patching if any of the above limits are exceeded. Refer to skin typical repairs in 51-7 for applicable repairs.

Figura 87. Daños permisibles, piel del Empenaje (SRM ATA 55).

Fuente: (SRM ATA 55 - 1- PAGINA 9)

3.5.4 Discrepancias adicionales

De acuerdo a la inspección visual realizada en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227, se encontraron y se evaluaron las siguientes discrepancias adicionales, como se detalla a continuación. Para más información sobre estas discrepancias encontradas, ver anexo de discrepancias adicionales, en el cual se detalla la información de cada uno de ellos.

- **Discrepancia Adicional # 1:**

Esta discrepancia se encuentra en la piel izquierda del estabilizador vertical, los dos sellos se encuentran en mal estado por lo que se recomienda reemplazarlos con unos nuevos, tomando en cuenta que para reemplazarlos hay que retirar completamente cada uno de ellos y limpiar el área antes de colocar los nuevos sellos.



Figura 88. Discrepancia Adicional # 1.

- **Discrepancia Adicional # 2:**

En esta discrepancia se visualiza que en todos los tornillos del borde de ataque en la parte superior del estabilizador horizontal se encuentran con corrosión. Por lo cual se recomienda realizar un tratamiento anticorrosivo a cada uno de esos tornillos de acuerdo al AC 43-206 remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie como se detalla en la figura 90.



Figura 89. Discrepancia Adicional # 2.

CHAPTER 5. CORROSION REMOVAL, SURFACE TREATMENT, PAINTING, AND SEALING

501. GENERAL. This chapter outlines the materials, equipment, and techniques involved in corrosion control. Maintenance personnel should analyze each corrosion problem and select the correct corrosion removal and preservation materials. Where possible, follow-up actions should be conducted to ensure that all corrosion has been removed and proper protection has been applied. An avionics corrosion control program is an important function in maintaining any aircraft and aircraft component. The program requires knowledge of the science and technology of avionics corrosion control. Preventive maintenance must occur as part of all maintenance functions performed on avionics systems. Whenever equipment is removed from the aircraft for bench check or repair, covers and housings should be inspected and treated for corrosion. Avionics technicians must ensure that corrosion, repair, treatment, and preventive maintenance becomes a normal part of their maintenance and repair procedure.

502. CORROSION REMOVAL MATERIALS AND EQUIPMENT.

a. General. Avionics technicians and repair stations should review Appendix 1 of this AC to convert military specification corrosion repair materials and equipment mentioned in these chapters to the commercial equivalent.

b. Corrosion Removal. When corrosion is detected, corrective action is required. When the corrosion is within repairable limits specified in the applicable original equipment manufacturer's (OEM) manual or other directive, corrective action should be initiated. This should consist of paint removal (as required), cleaning, corrosion removal, treatment, and the application of protective coatings and preservation. The mildest method of corrosion removal should always be used. The following paragraphs list approved methods for use on avionics equipment.

WARNING: Prolonged breathing of vapors from organic solvents or materials containing organic solvents is dangerous. Refer to the appropriate Material Safety Data Sheet (MSDS) for warnings and required protective gear. Chemical paint removers are toxic to the skin, eyes, and respiratory tract. Avoid breathing the vapors. Use only with adequate ventilation. Avoid skin and eye contact. Wear gloves and goggles while handling. If eye contact is made, wash immediately with large amounts of water. If skin contact is made, wash immediately with soap and water.

Figura 90. AC 43-206 Remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie.

Fuente: (https://www.faa.gov/documentlibrary/media/advisory_circular/ac43-206part1.pdf)

- **Discrepancia Adicional # 3:**

En esta discrepancia se visualiza que en el borde de ataque en la parte superior del estabilizador horizontal izquierdo se encuentra levantamiento de pintura. Por lo cual se recomienda lijar el área, aplicar una base anticorrosiva (Primer) y finalmente dar la capa de pintura necesaria.



Figura 91. Discrepancia Adicional # 3.

- **Discrepancia Adicional # 4:**

Esta discrepancia se encuentra en el borde de ataque del estabilizador vertical, se verifica desgaste en la bota, por lo que se recomienda realizar un parche con el mismo material para el mantenimiento del área.



Figura 92. Discrepancia Adicional # 4.

- **Discrepancia Adicional # 5:**

Esta discrepancia se encuentra en el filio inferior del estabilizador vertical en el lado izquierdo, en el cual se puede notar que existe filtraciones de agua por la piel y está causando corrosión, por lo que se recomienda dar tratamiento a la corrosión de acuerdo al AC 43-206 remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie como se detalla en la figura 90.



Figura 93. Discrepancia Adicional # 5.

- **Discrepancia Adicional # 6:**

Esta discrepancia se encuentra en el Empenaje lado izquierdo bajo el estabilizador vertical, en el cual se verifica que existe un desprendimiento de una lámina de aluminio por falta de ferretería, por lo cual se recomienda ir al IPC de la aeronave, identificar esa sección y verificar los tipos de tornillos que deben ser colocados de acuerdo a su número de parte, y proceder a colocarlos.



Figura 94. Discrepancia Adicional # 6.

- **Discrepancia Adicional # 7:**

Esta discrepancia se encuentra en la piel del Empenaje lado izquierdo, bajo el estabilizador vertical, en el cual se puede verificar que existe una filtración de agua entre láminas y está provocando la corrosión, se debe dar tratamiento anticorrosivo de acuerdo al AC 43-206 remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie como se detalla en la figura 90.

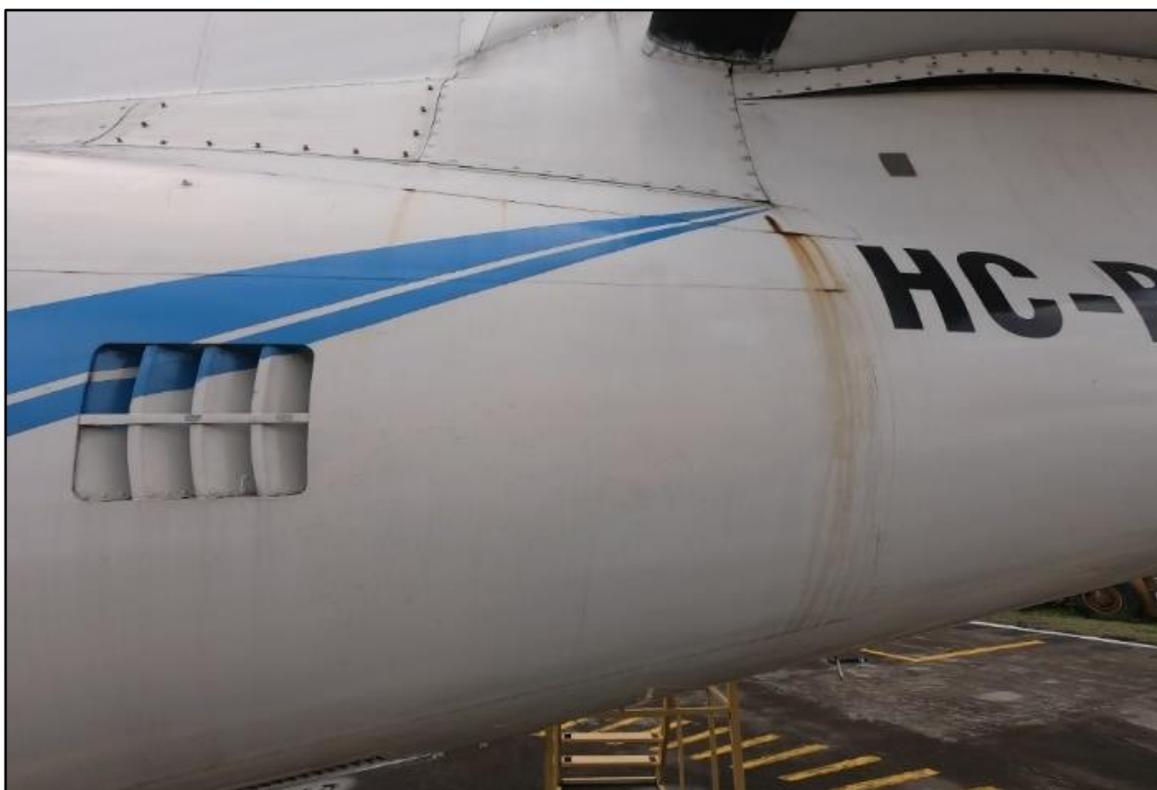


Figura 95. Discrepancia Adicional # 7.

- **Discrepancia Adicional # 8:**

Esta discrepancia se encuentra en la parte baja del Empenaje, en la cual se nota que existe corrosión en las uniones de las láminas y se recomienda aplicar un tratamiento anticorrosivo en toda el área afectada de acuerdo al AC 43-206 remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie como se detalla en la figura 90.



Figura 96. Discrepancia Adicional # 8.

- **Discrepancia Adicional # 9:**

Esta sección se encuentra en la piel superior del estabilizador horizontal derecho, en el cual se nota en el borde de ataque el desprendimiento de pintura y en los tornillos que se encuentran instalados, hay corrosión, por lo que se recomienda realizar el tratamiento anticorrosivo adecuado y pintar el área afectada de acuerdo al AC 43-206 remoción de la corrosión y tratamiento de la superficie como se detalla en la figura 90.



Figura 97. Discrepancia Adicional # 9.

- **Discrepancia Adicional # 10:**

Esta discrepancia se encuentra en el lado derecho del estabilizador vertical, los dos sellos se encuentran en mal estado por lo que se recomienda remplazarlo con unos nuevos, tomando en cuenta que para remplazarlos hay que retirar completamente cada uno de ellos y limpiar el área antes de colocar los nuevos sellos.



Figura 98. Discrepancia Adicional # 10.

- **Discrepancia Adicional # 11:**

Esta discrepancia se encuentra en el lado derecho del Empenaje frente al estabilizador horizontal, en el cual se puede notar la mala aplicación del PRC en esa área, por lo cual se recomienda retirarlo completamente y volver a aplicar con las normas y medidas correspondientes, por la razón de que luego de mucho tiempo de aplicación el PRC que este puesto no se seca.



Figura 99. Discrepancia Adicional # 11.

- **Discrepancia Adicional # 12:**

Esta discrepancia se encuentra en el lado derecho del Empenaje detrás del estabilizador horizontal, en el cual se puede notar la mala aplicación del PRC en esa área, por lo cual se recomienda retirarlo completamente y volver a aplicar con las normas y medidas correspondientes, por la razón de que luego de mucho tiempo de aplicación del PRC que este puesto no se seca y aun no retiran la cinta de guía.



Figura 100. Discrepancia Adicional # 12.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se recopiló la información técnica necesaria para llevar a cabo la inspección visual de hundimientos y rajaduras en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227.
- Se implementó correctamente la cámara GoPro HERO 7 Black para la ejecución de la inspección de hundimientos y rajaduras mediante el Cuadricóptero CFLM.
- Se pudo determinar los límites permisibles y no permisibles en base a las imágenes obtenidas a través del dron.
- Se verificó en base a la información técnica de la aeronave, que existen daños importantes que requieren mantenimiento inmediato en concordancia con el manual de mantenimiento de la aeronave.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda colocar la ferretería faltante en la piel del Empenaje de la aeronave Fairchild FH – 227.
- Se recomienda fabricar una línea de vida para subir a las zonas de gran altura del Empenaje de la aeronave.
- Para realizar la inspección visual se recomienda utilizar todo el equipo de protección personal necesario.
- Se debe utilizar las herramientas correctas, necesarias y los manuales correspondientes de la aeronave deben ser actualizados a la fecha de la inspección.

ABREVIATURAS

AMM: Manual de mantenimiento de la aeronave.

C: Taza de descarga

CIA: Agencia central de inteligencia

ESC: Control de velocidad electrónico.

FPV: First Person View o vista en primera persona.

fps: Fotogramas por segundo.

FOD: Foreign Object Damage (daño por objetos extraños)

GPS: Sistema de Posicionamiento global.

HDMI: High Definition Multimedia Interface (interfaz multimedia de alta definición).

HDR: High Dynamic Range (Imágenes de alto rango dinámico)

mAh: Es un acrónimo de 'miliamperios-hora'

mWh: es un acrónimo de 'megavatio-hora'

OSD: "On Screen Display" o visualización en pantalla.

RC: Radio control.

RPAS: Sistemas de Aeronaves Pilotadas a Distancia

S: Celdas o sub-baterías

SRM: Structural Repair Manual (Manual de Reparaciones Estructurales)

UAV: Unmanned Aerial Systems (Sistemas Aéreos No Tripulados)

UAS: Sistemas de Aeronaves No Tripuladas

WI-FI: Wireless Fidelity, (fidelidad sin cables o inalámbrica).

GLOSARIO

A

Aeronave: Vehículo con o sin motor capaz de navegar por el aire.

Avión: El avión es un tipo de aeronave cuya contextura imponente lo hace muchísimo más pesado que el aire y sus características físicas más salientes resultan ser las alas que tiene dispuestas a sus costados y la propulsión.

B

Batería: Aparato electromagnético capaz de acumular energía eléctrica y suministrarla; normalmente está formado por placas de plomo que separan compartimentos con ácido.

C

Cuadricóptero: Es un helicóptero multi-rotor con cuatro brazos, los cuales tienen en su parte final un motor y una hélice.

Cámara: Aparato que sirve para registrar imágenes estáticas o en movimiento.

D

Drones: Es un vehículo aéreo que vuela sin tripulación. Su nombre se deriva del inglés drone, que en español significa “abeja macho”. Existen drones de diversos tamaños y con diferentes finalidades.

E

Ensamblaje: Unión de varios elementos, especialmente piezas de madera, de manera que ajusten entre sí perfectamente, normalmente haciendo que parte de uno entre en otro.

Empenaje: Cada una de las superficies planas situadas detrás de las alas o en la parte posterior del fuselaje del avión, que sirven para dar estabilidad.

G

GoPro HERO: Es una empresa que desarrolla, produce y vende cámaras personales de alta definición.

H

Hexacóptero: Una pequeña aeronave a control remoto como un helicóptero, con seis palas que giran en la parte superior, utilizada especialmente para filmar o fotografiar cosas desde el aire.

Hundimientos: Es el acto y la consecuencia de hundirse o hundir. Este verbo, a su vez, refiere a sumergir, abatir, deformar o arruinar, de acuerdo al contexto.

I

Inspección: Procede del latín inspection y hace referencia a la acción y efecto de inspeccionar (examinar, investigar, revisar). Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.

M

Mantenimiento: Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.

O

Octocóptero: Una pequeña aeronave a control remoto como un helicóptero, con ocho palas que giran en la parte superior, utilizada especialmente para filmar o fotografiar cosas desde el aire.

Q

Quick: Es una herramienta para crear sitios, videos, fotografías, que le permite crear un poderoso sitio para blog y podcast exclusivo.

R

Rajaduras: Abertura estrecha y larga en un cuerpo sólido, cuando no llega a dividirlo del todo.

S

Sensores: Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abreu, V. M. (18 de Mayo de 2015). *Los Drones*. Recuperado el 12 de Febreo de 2019, de [riull.ull.es: https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1020/Los+Drones.+Su+Aplicacion+en+el+mundo+de+la+comunicacion.+pdf;jsessionid=86C5F5EEBC0C3ECEBAD3D7B608E7A9A7?sequence=1](https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/1020/Los+Drones.+Su+Aplicacion+en+el+mundo+de+la+comunicacion.+pdf;jsessionid=86C5F5EEBC0C3ECEBAD3D7B608E7A9A7?sequence=1)
- AIRLINERS*. (25 de Agosto de 2015). Recuperado el 06 de Septiembre de 2019, de [AIRLINERS: https://www.airliners.net/photo/TAMU-Transporte-Aereo-Militar-Uruguayo/Fairchild-Hiller-FH-227D/1070386](https://www.airliners.net/photo/TAMU-Transporte-Aereo-Militar-Uruguayo/Fairchild-Hiller-FH-227D/1070386)
- Anónimo. (10 de Enero de 2019). *AVISUAL PRO*. Recuperado el 24 de Junio de 2019, de [avisualpro.es: https://www.avisualpro.es/audiovisual-ya-no-se-entiende-sin-uso-drones-las-tomas-aereas/](https://www.avisualpro.es/audiovisual-ya-no-se-entiende-sin-uso-drones-las-tomas-aereas/)
- CANGURO. (26 de Enero de 2017). *ESENZIALE*. Recuperado el 22 de Marzo de 2019, de [esenziale.com: https://esenziale.com/tecnologia/partes-drone/](https://esenziale.com/tecnologia/partes-drone/)
- Chávez, P. A. (20 de Noviembre de 2012). *Flickr*. Recuperado el 09 de Septiembre de 2019, de [Flickr: https://www.flickr.com/photos/netburn/8203527685/in/photostream/](https://www.flickr.com/photos/netburn/8203527685/in/photostream/)
- DANIEL. (03 de Febrero de 2019). *Users/PERSONAL*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2019, de [Users/PERSONAL: file:///C:/Users/PERSONAL/Documents/tesis/MANTENIMIENTO.pdf](file:///C:/Users/PERSONAL/Documents/tesis/MANTENIMIENTO.pdf)

- Daniela. (04 de Abril de 2017). *Alemania Cell*. Recuperado el 26 de Agosto de 2019, de Alemania Cell: <https://www.alemaniacell.com/producto/gopro-hero-7-black/>
- Delgado, V. (23 de Agosto de 2016). *CINEMATOGRAPHER*. Recuperado el 22 de Febrero de 2019, de <http://eldrone.es/>
- DGAC. (17 de Septiembre de 2015). *DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL*. Obtenido de RESOLUCIÓN: <file:///C:/Users/PERSONAL/Desktop/Resol.-251-2015-Normas-Operacion-Drones.pdf>
- Dirección General de Aviación Civil, RDAC PARTE 001. (23 de Marzo de 2010). *RDAC PARTE 001*. Obtenido de <http://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/1.-RDAC-Parte-00123-Mar-10.pdf>
- DUALX. (19 de Febrero de 2018). *Air*. Recuperado el 26 de Julio de 2019, de [oneair.es: https://www.oneair.es/uso-drones/](https://www.oneair.es/uso-drones/)
- Eduardo. (4 de Mayo de 2016). *CETIC*. Recuperado el 22 de Junio de 2019, de [CETIC: http://www.cetic.michoacan.gob.mx/concurso-de-drones-en-la-expo-fiesta-michoacan-2016/](http://www.cetic.michoacan.gob.mx/concurso-de-drones-en-la-expo-fiesta-michoacan-2016/)
- El Aviador 27*. (20 de Abril de 2017). Recuperado el 16 de Septiembre de 2019, de [El Aviador 27: https://elaviador27.blogspot.com/](https://elaviador27.blogspot.com/)
- ESENZIALE. (19 de Agosto de 2017). *El drone*. Recuperado el 19 de Mayo de 2019, de [ESENZIALE: https://esenziale.com/tecnologia/tipos-drone/](https://esenziale.com/tecnologia/tipos-drone/)
- Esenziale. (16 de Abril de 2017). *Esenziale*. Recuperado el 29 de Febrero de 2019, de <https://esenziale.com/tecnologia/partes-drone/>

- Gomez, D. (02 de Abril de 2019). *newesc.com*. Obtenido de SICAM:
<https://newesc.com/mejores-camaras-deportivas-baratas-alternativas-gopro/>
- Hernando, V. D. (22 de Octubre de 2016). *ELDRONE*. Recuperado el 14 de Febrero de 2019, de eldrone.es: <http://eldrone.es/historia-de-los-drones/>
- Ibañes, A. C. (16 de Julio de 2018). *Emprendeseguridad Magazine*. Obtenido de emprendeseguridad.com: <http://www.emprendeseguridad.com/magazine/uso-de-drones-en-seguridad/>
- J.M.S. (26 de Septiembre de 2018). *ABC soluciones* . Obtenido de abc.es: https://www.abc.es/tecnologia/informatica/soluciones/abci-solucion-escasa-autonomia-drones-sistema-carga-laser-para-volar-indefinidamente-201809241417_noticia.html
- Janel. (19 de Febrero de 2019). *3.0, Licencia Creative Commons Atribución Compartir Igual*. Recuperado el 12 de Agosto de 2019, de Cámara GoPro: <https://es.wikipedia.org/wiki/GoPro>
- Leonardo. (04 de Noviembre de 2018). *Hispaviación*. Recuperado el 29 de Julio de 2019, de Hispaviación: <http://www.hispaviacion.es/airbus-comenzara-usar-drones-las-inspecciones-aviones-los-hangares/>
- Luis. (12 de Noviembre de 2017). *Cámara Deportiva*. Recuperado el 25 de Septiembre de 2019, de Cámara Deportiva: <https://www.camarasdeportivas10.com/>
- Maria. (20 de septiembre de 2018). *TODOMOUNTAINBIKE*. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de www.todomountainbike.net:

<https://www.todomountainbike.net/equipamiento/gopro-hero-7-ya-esta-aqui-versiones-caracteristicas-precios>

Pellicer., V. (13 de Septiembre de 2016). *Emprender Facil*. Recuperado el 15 de Mayo de 2019, de emprender-facil.com: <https://www.emprender-facil.com/es/drones-profesionales/>

PENALVA, J. (12 de Noviembre de 2015). *xataka*. Recuperado el 29 de Abril de 2019, de xataka.com: <https://www.xataka.com/drones/siete-drones-muy-completos-para-tomarte-en-serio-tu-nueva-aficion>

Quinto, C. (17 de Septiembre de 2014). *RANKIA*. Obtenido de rankia.com: <https://www.rankia.com/blog/adsl/2451971-que-gopro-caracteristicas-modelos-precios-soportes>

Raul. (02 de Abril de 2019). *AliExpress*. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de [AliExpress](http://AliExpress.com): <https://es.aliexpress.com/item/32821706520.html>

Robert Jackson, E. d. (2004). *Enciclopedia de la Aviación*. Madrid - España: EDIMAT LIBROS S.A.

Roberto. (17 de Septiembre de 2014). *muy drones*. Recuperado el 30 de Julio de 2019, de muydrones.com: <https://www.muydrones.com/que-es-un-cuadricoptero/>

Roberto. (02 de Agosto de 2018). *MuyDrones*. Recuperado el 12 de Julio de 2019, de [MuyDrones](http://MuyDrones.com): <https://www.muydrones.com/que-es-un-cuadricoptero/>

RUIZ, M. J. (25 de Agosto de 2015). *Agromarketing 3.0*. Obtenido de *Uso de drones en la agricultura*: <http://www.agromarketing30.com/uso-de-drones-en-la-agricultura/>

- Ruiz, M. J. (23 de Febrero de 2018). *Agromarketing 3.0*. Recuperado el 26 de Abril de 2019, de Agromarketing 3.0: <http://www.agromarketing30.com/uso-de-drones-en-la-agricultura/>
- SALAZAR, C. (5 de Febrero de 2019). *C/NET EN ESPAÑOL*. Obtenido de www.cnet.com: <https://www.cnet.com/es/analisis/gopro-hero7-black-primer-vistazo/>
- Themes, O. (16 de Agosto de 2014). *Vuela sin Miedo*. Obtenido de Vuelasinmiedo.es: <https://vuelasinmiedo.es/aviacion/mantenimiento-de-aviones/>
- Torres, A. (15 de AGOSTO de 2014). *Zima Robotic*. Obtenido de dronespain.pro: <https://dronespain.pro/uso-drones-en-seguridad/>
- XATAKA. (12 de Noviembre de 2015). Recuperado el 15 de Marzo de 2019, de XATAKA: <https://www.xataka.com/fotografia-y-video/gopro-hero6-black-la-camara-de-accion-estrella-ahora-graba-en-4k-a-60fps>

ANEXOS



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

CERTIFICACIÓN

Se certifica que la presente monografía fue desarrollada por el señor FRANCO LÓPEZ CARLOS WILFRIDO

En la ciudad de Latacunga a los 17 días del de diciembre del 2019.

Aprobado por:



Ing. Luis Angel Coello Tapia
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Rodrigo Bautista
DIRECTOR DE CARRERA



Abg. Sarita Plaza
SECRETARIA ACADÉMICA