



**“Mantenimiento estructural preventivo en área de galleys, cabina de pasajeros y compartimento de carga acorde información técnica de las aeronaves Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD y Hawker Siddeley HS125-400 de matrícula XB-ILD para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.**

Charig Aseicha, Hugo Alexander

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

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

Ing, Muñoz Grandes, Milton Stalin

05 de noviembre del 2023

Latacunga

## Reporte de verificación de contenido



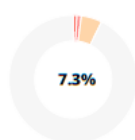
### Plagiarism and AI Content Detection Report

Cap II-III.docx

#### Scan details

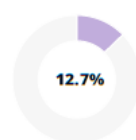
Scan time: December 4th, 2023 at 15:44 UTC      Total Pages: 72      Total Words: 17861

#### Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	0.9%	165
Minor Changes	1.1%	200
Paraphrased	5.3%	941
Omitted Words	0%	0

#### AI Content Detection



Text coverage		Words
AI text	12.7%	2277
Human text	87.3%	15584

[Learn more](#)

#### 🔍 Plagiarism Results: (43)

🌐 159. **Materiales Compuestos en Aviación - Advanced Composite Mater...** 0.7%

<https://www.aprendamos-aviacion.com/2022/01/materiales-compuestos-en-aviacion.html>

Aprendamos Aviacion Aprendamos Aviacion A2 ...

🌐 **T.Suficiencia\_Cabina de pintura.pdf?sequence=1&isAllowed=y** 0.6%

[https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1637/t.suficiencia\\_cabina%20de%20pintura.p...](https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/1637/t.suficiencia_cabina%20de%20pintura.p...)

USUARIO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AERONÁUTICA TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL "PROPUESTA DE IM...

🌐 143. **Aviación : Inspecciones y Manuales - Inspection Concepts and Tec...** 0.6%

<https://www.aprendamos-aviacion.com/2021/12/aviacion-inspecciones-y-manuales.html>

Aprendamos Aviacion Aprendamos Aviacion A2 ...



Certified by  
**Copyleaks**

About this report  
[help.copyleaks.com](https://help.copyleaks.com)

[copyleaks.com](https://copyleaks.com)  
in f o t



## Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

### Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

#### Certificación

Certifico que la monografía: **“Mantenimiento estructural preventivo en área de galleys, cabina de pasajeros y compartimento de carga acorde información técnica de las aeronaves Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD y Hawker Siddeley HS125-400 de matrícula XB-ILD para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.”** fue realizada por el señor **Charig Aseicha, Hugo Alexander**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

**Latacunga, 2023**

  
**Ing. Muñoz Grandes, Milton Stalin**

C. C.: 0502445547



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Charig Aseicha, Hugo Alexander**, con cédula de ciudadanía N° 0605070309, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Mantenimiento estructural preventivo en área de galleys, cabina de pasajeros y compartimento de carga acorde información técnica de las aeronaves Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD y Hawker Siddeley HS125-400 de matrícula XB-ILD para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**. Es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Latacunga, 2023**

**Charig Aseicha, Hugo Alexander**

C.C.: 0605070309



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Charig Aseicha, Hugo Alexander** con cédula de ciudadanía N° 0605070309, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Mantenimiento estructural preventivo en área de galleys, cabina de pasajeros y compartimento de carga acorde información técnica de las aeronaves Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD y Hawker Siddeley HS125-400 de matrícula XB-ILD para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**. En el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

**Latacunga, 2023**

**Charig Aseicha, Hugo Alexander**

C.C.: 0605070309

## Dedicatoria

El camino así es, a través de los altibajos de la vida nos enfrentamos a obstáculos que nos desafían y caídas que nos enseñan. Son esos momentos difíciles los que moldean nuestra fortaleza interior y nos recuerdan la belleza de la resiliencia.

A mi familia, a mis padres. Dedicarles uno de los tantos logros que habré de conseguir. Gracias a ustedes hoy me encuentro en el comienzo de un nuevo proyecto, un proyecto que definirá el resto de mi vida.

Por tanto, una vida no es una vida sin un eterno agradecimiento a ustedes.

## **Agradecimiento**

A mi familia.

Cuyo apoyo inquebrantable ha sido un valioso consuelo durante este trayecto. A mis padres, cuyo amor, sacrificio y aliento constante han sido la brújula que ha guiado mis esfuerzos. Su confianza incondicional y sus palabras de ánimo han sido el combustible que alimentó mi perseverancia.

A mi abuelita, fuente de sabiduría y cariño infinito, cuyas historias y bendiciones siempre han sido un bálsamo reconfortante. Aquella presencia ha sido el pilar en el que se ha sostenido esta travesía académica.

A cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento por ser mi red de apoyo, mi inspiración para seguir adelante. Sin su amor, guía y aliento, esta tesis no hubiera sido posible. Cada paso, cada logro, lleva su huella y su influencia.

**ÍNDICE DE CONTENIDO**

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido .....	2
Certificación .....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido .....	8
Índice de tablas .....	15
Índice de figuras .....	16
Resumen .....	20
Abstract.....	21
Capítulo I: Introducción .....	22
Antecedentes.....	22
Planteamiento del problema.....	22
Justificación e importancia .....	23
Objetivos.....	23
<i>Objetivo general</i> .....	23
<i>Objetivos específicos</i> .....	23
Alcance.....	24
Capítulo II: Marco teórico.....	25



<b>Aeronave Hawker Siddeley HS 125-400 .....</b>	<b>25</b>
<i>Especificación de la aeronave Hawker Siddeley .....</i>	<i>26</i>
<i>Información técnica general de la aeronave Hawker Siddeley .....</i>	<i>27</i>
<i>Versiones de la aeronave Hawker Siddeley .....</i>	<i>27</i>
<b>Aeronave Fairchild FH-227 .....</b>	<b>30</b>
<i>Especificaciones de la aeronave Fairchild .....</i>	<i>31</i>
<i>Información técnica general de la aeronave Fairchild .....</i>	<i>32</i>
<i>Versiones de la aeronave Fairchild FH-227 .....</i>	<i>33</i>
<b>Fuselaje .....</b>	<b>34</b>
<i>Tipos de fuselaje .....</i>	<i>35</i>
<i>Monocasco .....</i>	<i>35</i>
<i>Semi-monocasco .....</i>	<i>36</i>
<i>Tipo Truss .....</i>	<i>36</i>
<b>Galleys .....</b>	<b>37</b>
<b>Cabina de pasajeros .....</b>	<b>38</b>
<b>Compartimento de carga .....</b>	<b>39</b>
<b>Materiales usados en aeronáutica .....</b>	<b>41</b>
<i>Acero .....</i>	<i>41</i>
<i>Aleación de aluminio .....</i>	<i>41</i>
<i>Clasificación y designación de las aleaciones de aluminio .....</i>	<i>42</i>
<i>Aleaciones de titanio .....</i>	<i>47</i>

<b>Materiales con fibra .....</b>	<b>47</b>
<b>Fibra de vidrio .....</b>	<b>48</b>
<b>Fibra de carbono.....</b>	<b>50</b>
<b>Fibra de aramida .....</b>	<b>52</b>
<b>Fibra de boro .....</b>	<b>53</b>
<b>Fibra de cerámica .....</b>	<b>55</b>
<b>Estructuras panel tipo sándwich .....</b>	<b>57</b>
<b>Núcleo honeycomb.....</b>	<b>58</b>
<b>Núcleo de panal hexagonal .....</b>	<b>59</b>
<b>Núcleo de panal sobre expandido .....</b>	<b>60</b>
<b>Núcleo de panal flexible.....</b>	<b>61</b>
<b>Núcleo de espuma .....</b>	<b>61</b>
<b>Mantenimiento.....</b>	<b>63</b>
<b>Mantenimiento preventivo .....</b>	<b>64</b>
<b>Límite de tiempo (Hard time).....</b>	<b>64</b>
<b>Por condición (On condition).....</b>	<b>65</b>
<b>Mantenimiento predictivo .....</b>	<b>65</b>
<b>Mantenimiento correctivo.....</b>	<b>66</b>
<b>Inspecciones .....</b>	<b>66</b>
<b>Inspección de preflight .....</b>	<b>67</b>
<b>Inspecciones anuales (100 horas).....</b>	<b>67</b>

<i>Inspecciones progresivas</i> .....	68
<i>Inspección continua</i> .....	68
<i>Inspecciones no destructivas</i> .....	69
<i>Inspección visual</i> .....	69
<i>Inspección de líquidos penetrantes</i> .....	70
<i>Inspección de Eddy Current</i> .....	71
<i>Inspección ultrasónica</i> .....	72
<i>Inspección por partículas magnéticas</i> .....	72
<i>Inspección radiográfica</i> .....	73
<b>CPCP (Programa de prevención y control de corrosión)</b> .....	73
<i>Corrosión</i> .....	75
<i>Tipos de corrosión</i> .....	76
<i>Ataque superficial uniforme</i> .....	76
<i>Corrosión intergranular</i> .....	76
<i>Corrosión por tensión</i> .....	77
<i>Corrosión por grietas o depósitos</i> .....	78
<i>Corrosión filiforme</i> .....	78
<i>Corrosión por fatiga</i> .....	79
<i>Corrosión galvánica</i> .....	79
<i>Niveles de corrosión</i> .....	80
<i>Zonas propensas a la corrosión</i> .....	81

Inhibidores de corrosión.....	82
<i>Inhibidor anódico</i> .....	82
<i>Inhibidor catódico</i> .....	83
<i>Inhibidor mixto</i> .....	83
<i>Inhibidor de corrosión volátil (VCI)</i> .....	84
Filosofía MSG-3.....	84
Pintura de la aeronave .....	85
<i>Recubrimientos recomendados</i> .....	85
<i>Primer Acid Etching Wash</i> .....	85
<i>Primer de cromato de Zinc</i> .....	86
<i>Primer de fosfato de Zinc</i> .....	87
<i>Primer Epoxy</i> .....	87
Recubrimiento de pintura .....	87
<i>Poliuretano de base acuosa</i> .....	88
<i>Esmalte</i> .....	88
<i>Poliuretano PTI</i> .....	88
<i>Métodos de remoción de pintura</i> .....	89
<i>Lijado</i> .....	89
<i>Chorro de plásticos</i> .....	90
<i>Decapado químico</i> .....	90
<i>Decapante PTS-202</i> .....	90

<i>Decapante PTI-PRG</i> .....	91
Preparación de la superficie.....	92
<i>Lijado y preparación de la superficie</i> .....	92
<i>Eliminación de corrosión</i> .....	93
<i>Preparación de la superficie</i> .....	93
Métodos de aplicación .....	94
<i>Inmersión</i> .....	94
<i>Cepillado</i> .....	94
<i>Pulverización</i> .....	95
Tornillos .....	97
<i>Identificación y codificación de los tornillos</i> .....	98
<i>Tornillos estructurales</i> .....	99
<i>Tornillos de máquina</i> .....	100
Capítulo III: Desarrollo .....	101
Materiales y herramientas.....	101
Mantenimiento de la aeronave Hawker .....	104
Mantenimiento de la aeronave Fairchild .....	109
<i>Compartimento de carga y galleys</i> .....	114
<i>Cabina de pasajeros</i> .....	133
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones.....	151
Conclusiones.....	151

<b>Recomendaciones .....</b>	<b>152</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>153</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Versiones de la aeronave Hawker Siddeley</i> .....	<b>27</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Versiones de la aeronave Fairchild</i> .....	<b>33</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Aleaciones principales de aluminio</i> .....	<b>42</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Designaciones de temple</i> .....	<b>43</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Temple y tratamientos</i> .....	<b>43</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Aleaciones</i> .....	<b>45</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Materiales utilizados</i> .....	<b>101</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Herramientas utilizadas</i> .....	<b>103</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>El avión de Fernández</i> .....	26
<b>Figura 2</b> <i>Fuselaje monocasco</i> .....	35
<b>Figura 3</b> <i>Fuselaje semi-monocasco</i> .....	36
<b>Figura 4</b> <i>Fuselaje tipo truss</i> .....	37
<b>Figura 5</b> <i>Galley</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Cabina de pasajeros</i> .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Compartimento de carga</i> .....	40
<b>Figura 8</b> <i>Fibra de vidrio</i> .....	49
<b>Figura 9</b> <i>Fibra de carbono</i> .....	51
<b>Figura 10</b> <i>Fibra de aramida</i> .....	53
<b>Figura 11</b> <i>Fibra de boro</i> .....	55
<b>Figura 12</b> <i>Fibra de cerámica</i> .....	56
<b>Figura 13</b> <i>Estructura sándwich</i> .....	57
<b>Figura 14</b> <i>Núcleo de panal hexagonal</i> .....	60
<b>Figura 15</b> <i>Núcleo de panal sobre expandido</i> .....	60
<b>Figura 16</b> <i>Núcleo flexible</i> .....	61
<b>Figura 17</b> <i>Inspección visual</i> .....	70
<b>Figura 18</b> <i>Inspección de líquidos penetrantes</i> .....	71
<b>Figura 19</b> <i>Corrosión superficial</i> .....	76
<b>Figura 20</b> <i>Corrosión intergranular</i> .....	77
<b>Figura 21</b> <i>Corrosión por tensión</i> .....	78
<b>Figura 22</b> <i>Corrosión filiforme</i> .....	79
<b>Figura 23</b> <i>Corrosión galvánica</i> .....	80
<b>Figura 24</b> <i>Acid Etching Wash Primer</i> .....	86
<b>Figura 25</b> <i>Método de pintado por inmersión</i> .....	94



<b>Figura 26</b>	<i>Método de pintado por pulverización</i> .....	<b>95</b>
<b>Figura 27</b>	<i>Pistola de pintura por gravedad</i> .....	<b>97</b>
<b>Figura 28</b>	<i>Zonas de la aeronave Hawker</i> .....	<b>104</b>
<b>Figura 29</b>	<i>Inspección de ferretería</i> .....	<b>105</b>
<b>Figura 30</b>	<i>Instalación de ferretería</i> .....	<b>105</b>
<b>Figura 31</b>	<i>Tornillería faltante</i> .....	<b>106</b>
<b>Figura 32</b>	<i>Instalación de tornillería</i> .....	<b>106</b>
<b>Figura 33</b>	<i>Remoción de antenas</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 34</b>	<i>Restauración de antenas</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 35</b>	<i>Instalación de antenas</i> .....	<b>108</b>
<b>Figura 36</b>	<i>Estaciones de la aeronave fairchild</i> .....	<b>109</b>
<b>Figura 37</b>	<i>Estaciones de la aeronave Fairchild (2)</i> .....	<b>109</b>
<b>Figura 38</b>	<i>Ferretería faltante</i> .....	<b>110</b>
<b>Figura 39</b>	<i>Instalación de ferretería</i> .....	<b>111</b>
<b>Figura 40</b>	<i>Estado de las antenas</i> .....	<b>112</b>
<b>Figura 41</b>	<i>Instalación de las antenas superiores</i> .....	<b>113</b>
<b>Figura 42</b>	<i>Instalación de antena inferior</i> .....	<b>113</b>
<b>Figura 43</b>	<i>Panel del logo de la universidad y panel superior</i> .....	<b>114</b>
<b>Figura 44</b>	<i>Panel de acceso a cabina de pasajeros</i> .....	<b>115</b>
<b>Figura 45</b>	<i>Panel renovado del logo de la universidad y panel superior</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 46</b>	<i>Panel renovado de acceso a cabina de pasajeros</i> .....	<b>116</b>
<b>Figura 47</b>	<i>Logo desgastado y logo nuevo</i> .....	<b>117</b>
<b>Figura 48</b>	<i>Remoción del cielo o techo</i> .....	<b>118</b>
<b>Figura 49</b>	<i>Restauración del cielo o techo</i> .....	<b>119</b>
<b>Figura 50</b>	<i>Remoción de alfombra</i> .....	<b>120</b>
<b>Figura 51</b>	<i>Varilla despintada</i> .....	<b>120</b>

<b>Figura 52</b>	<i>Restauración de porta equipaje</i> .....	<b>121</b>
<b>Figura 53</b>	<i>Galley de comida</i> .....	<b>122</b>
<b>Figura 54</b>	<i>Restauración del galley de comida</i> .....	<b>123</b>
<b>Figura 55</b>	<i>Compartimento de comida</i> .....	<b>124</b>
<b>Figura 56</b>	<i>Restauración de compartimento de comida</i> .....	<b>124</b>
<b>Figura 57</b>	<i>Sección de luces</i> .....	<b>125</b>
<b>Figura 58</b>	<i>Base para lampara</i> .....	<b>125</b>
<b>Figura 59</b>	<i>Instalación de lampara</i> .....	<b>125</b>
<b>Figura 60</b>	<i>Estado de compartimento secreto</i> .....	<b>126</b>
<b>Figura 61</b>	<i>Restauración de compartimento secreto</i> .....	<b>127</b>
<b>Figura 62</b>	<i>Puerta de ingreso al pasillo</i> .....	<b>128</b>
<b>Figura 63</b>	<i>Restos de cinta en la pared</i> .....	<b>129</b>
<b>Figura 64</b>	<i>Limpieza de la pared</i> .....	<b>129</b>
<b>Figura 65</b>	<i>Limpieza de moho</i> .....	<b>130</b>
<b>Figura 66</b>	<i>Baño en el borde del baño</i> .....	<b>131</b>
<b>Figura 67</b>	<i>Restauración del baño</i> .....	<b>131</b>
<b>Figura 68</b>	<i>Adaptación y sellado de agujeros</i> .....	<b>132</b>
<b>Figura 69</b>	<i>Desprendimiento del techo</i> .....	<b>133</b>
<b>Figura 70</b>	<i>Cuerina sucia y de distinto color</i> .....	<b>133</b>
<b>Figura 71</b>	<i>Restauración del techo</i> .....	<b>135</b>
<b>Figura 72</b>	<i>Instalación de panel rectangular entre pilares</i> .....	<b>135</b>
<b>Figura 73</b>	<i>Instalación de un arco de cuerina</i> .....	<b>136</b>
<b>Figura 74</b>	<i>Panel de máscaras de oxígeno</i> .....	<b>137</b>
<b>Figura 75</b>	<i>Instalación de nuevo panel en máscaras de oxígeno izquierdo</i> .....	<b>137</b>
<b>Figura 76</b>	<i>Instalación de nuevo panel en máscaras de oxígeno derecho</i> .....	<b>137</b>
<b>Figura 77</b>	<i>Logo de números de asientos</i> .....	<b>138</b>

<b>Figura 78</b>	<i>Cambio de logo de números de asientos</i> .....	<b>139</b>
<b>Figura 79</b>	<i>Mascara de oxígeno despintada</i> .....	<b>139</b>
<b>Figura 80</b>	<i>Restauración de máscaras de oxígeno</i> .....	<b>140</b>
<b>Figura 81</b>	<i>Canaleta de cables</i> .....	<b>140</b>
<b>Figura 82</b>	<i>Canaleta de cobertura</i> .....	<b>141</b>
<b>Figura 83</b>	<i>Parches de estructura</i> .....	<b>141</b>
<b>Figura 84</b>	<i>Parches en mal estado</i> .....	<b>142</b>
<b>Figura 85</b>	<i>Renovación de parches de cuerina</i> .....	<b>142</b>
<b>Figura 86</b>	<i>Parche en la zona de la puerta posterior</i> .....	<b>143</b>
<b>Figura 87</b>	<i>Tornillería incompleta</i> .....	<b>144</b>
<b>Figura 88</b>	<i>Implementación de tornillería nueva</i> .....	<b>144</b>
<b>Figura 89</b>	<i>Señalética en mal estado</i> .....	<b>145</b>
<b>Figura 90</b>	<i>Reemplazo de señalética</i> .....	<b>145</b>
<b>Figura 91</b>	<i>Luces indicadoras sin borde</i> .....	<b>145</b>
<b>Figura 92</b>	<i>Borde de luces restaurado</i> .....	<b>145</b>
<b>Figura 93</b>	<i>Implementación de cobertura del tomacorriente</i> .....	<b>146</b>
<b>Figura 94</b>	<i>Pintura en mal estado</i> .....	<b>147</b>
<b>Figura 95</b>	<i>Renovación de pintura</i> .....	<b>147</b>
<b>Figura 96</b>	<i>Cables sin cobertura</i> .....	<b>148</b>
<b>Figura 97</b>	<i>Protección en cables</i> .....	<b>148</b>
<b>Figura 98</b>	<i>Cobertura de cables</i> .....	<b>149</b>
<b>Figura 99</b>	<i>Implementación de alfombra</i> .....	<b>149</b>
<b>Figura 100</b>	<i>Restauración de alfombra</i> .....	<b>150</b>

## Resumen

El propósito del presente trabajo de titulación es realizar un mantenimiento estructural preventivo en el área de galleys, cabina de pasajeros y el compartimento de carga de las aeronaves Fairchild FH-227 y Hawker Siddeley HS125-400, de acuerdo al manual de mantenimiento de tal forma que se evalúe el estado en las diferentes estaciones a lo largo de del fuselaje en las zonas previamente mencionadas. Una vez determinado el estado proceder a realizar el tratamiento necesario para corregir los desperfectos. Para este fin, se realiza una investigación bibliográfica con el objeto de tratar temas relacionados: historia de las aeronaves Hawker Siddeley HS125-400 y Fairchild FH-227, datos técnicos, tipos de mantenimientos, intervalos de mantenimientos, etc. Posteriormente, se especifica las fases del mantenimiento, herramientas utilizadas durante el proceso; luego, se demuestra paso a paso el proceso del mantenimiento en cada una de las zonas de las aeronaves: cabina de pasajeros, galleys y compartimento de carga. Cabe recalcar que el proceso se realiza en base a datos y documentación técnica conforme los manuales lo especifican.

*Palabras clave:* Hawker Siddeley HS125-400, Fairchild FH-227, mantenimiento estructural preventivo.

### **Abstract**

The purpose of this degree work is to perform preventive structural maintenance in the galley area, passenger cabin and cargo compartment of the Fairchild FH-227 and Hawker Siddeley HS125-400 aircraft, according to the maintenance manual in such a way that the condition of the different stations along the fuselage in the previously mentioned areas is evaluated. Once the condition has been determined, the necessary treatment is carried out to correct the flaws. For this purpose, bibliographic research is carried out in order to deal with related topics: history of the Hawker Siddeley HS125-400 and Fairchild FH-227 aircraft, technical data, types of maintenance, maintenance intervals, etc. Subsequently, the maintenance phases and tools used during the process are specified; then, the maintenance process is demonstrated step by step in each of the aircraft areas: passenger cabin, galleys and cargo compartment. It should be emphasized that the process is performed based on data and technical documentation as specified in the manuals.

*Keywords:* Hawker Siddeley HS125-400, Fairchild FH-227, preventive structural maintenance.

## **Capítulo I**

### **Introducción**

#### **Antecedentes**

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, el 13 de enero de 2014 creó la Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE, después de que el Consejo Universitario Provisional de las Fuerzas Armadas – ESPE aprobara su creación, tras haber cumplido con diversos estándares prescritos. El objetivo de esta unidad es desarrollar un programa académico que proporcione una formación integral y especializada para formar graduados altamente capacitados y expertos en su campo de estudio.

La Unidad de Gestión de Tecnologías - ESPE, antes conocida como Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico - ITSA, forma parte fundamental de la Institución de Educación Superior, la cual fue establecida el 8 de noviembre de 1999. A lo largo de su trayectoria, se ha consolidado como un elemento clave para la educación superior, enfocándose en la oferta de carreras innovadoras y contando con el apoyo de autoridades y un cuerpo docente altamente capacitado en diversas áreas de conocimiento.

La Universidad como tal, dispone de diversos laboratorios y talleres completamente equipados, así como aviones escuela para la instrucción práctica. Es importante destacar que esta unidad es la única que ofrece una formación integral tanto teórica como práctica en el ámbito de la Mecánica Aeronáutica, dado que cuenta con la certificación y aprobación por parte de la Dirección General de Aviación Civil RDAC 147. Este reconocimiento garantiza la calidad de la educación ofrecida por la institución en este ámbito laboral.

#### **Planteamiento del problema**

La propuesta de mantenimiento estructural preventivo de las aeronaves Hawker Siddeley HS125-400 y Fairchild FH-227 se realiza con el propósito de preservar el estado de

las aeronaves Escuela, de tal forma identificar el deterioro en los diferentes materiales de la estructura de la aeronave y luego se analicen los parámetros de los mismos con documentación técnica, a fin de solventar dichas irregularidades, considerando que serán distintas para cada tipo de aeronave.

### **Justificación e importancia**

El presente proyecto busca realizar un aporte significativo al realizar el mantenimiento estructural preventivo de las aeronaves Escuela en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. El mantenimiento estructural preventivo en las aeronaves es una actividad crucial que busca preservar la integridad de los componentes y estructura de la aeronave, que garantice su seguridad y prolongue su vida útil.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Realizar el Mantenimiento estructural preventivo en área de galleys, cabina de pasajeros y compartimento de carga acorde información técnica de las aeronaves Fairchild FH-227 de matrícula HC-BHD y Hawker Siddeley HS125-400 de matrícula XB-ILD para preservar el estado de las aeronaves escuela.

#### **Objetivos específicos**

- Identificar información relevante al tema para posteriormente ser utilizado en el procedimiento de mantenimiento de las zonas ya mencionadas.
- Determinar el conjunto de herramientas y dispositivos requeridos para realizar las labores de mantenimiento de tal forma que se realice un mantenimiento adecuado.

- Ejecutar el mantenimiento en base a documentación técnica que permita determinar e identificar los pasos y procedimientos necesarios a ser llevados a cabo.
- Evaluar el proceso y el estado en cada etapa de mantenimiento para tomar acciones y medidas que permitan solucionar los fallos o daños encontrados.

### **Alcance**

El mantenimiento estructural preventivo se presenta como un enfoque proactivo el cual garantiza la disponibilidad y la seguridad de las aeronaves escuela, lo que a su vez ocasiona un impacto positivo en el proceso de aprendizaje de los alumnos de la carrera de Mecánica Aeronáutica ya que al implementar el mantenimiento estructural preventivo de manera sistemática y oportuna, se logra extender la vida útil de las aeronaves y se minimizan los riesgos asociados con el desgaste, la fatiga y los posibles fallos estructurales, además proporciona un entorno de aprendizaje óptimo para los estudiantes, quienes tienen la oportunidad de trabajar con aeronaves en condiciones óptimas y aprender de manera más efectiva los conceptos y técnicas.



## Capítulo II

### Marco teórico

#### **Aeronave Hawker Siddeley HS 125-400**

Después de ser incautada en Quito, Ecuador, en el año 2004, la aeronave Hawker Siddeley HS-125-400, registrada como XB-ILD, fue utilizada en diversos campos, tanto civiles como militares. Sin embargo, uno de los aspectos más notables de su historia se encuentra relacionado con su participación en actividades ilícitas de transporte de drogas.

(Eluniverso, 2004) menciona que la aeronave, comúnmente conocida como "el avión de Fernández" debido a su asociación con César Fernández, ex gobernador de Manabí y sospechoso de narcotráfico, fue confiscada en 2004 en Ecuador mientras transportaba cocaína con destino a México. Anteriormente, ya había sido registrada en México, donde estaba siendo investigada por posibles actividades delictivas.

En 2010, se detuvo a un grupo de individuos vinculados a la misma organización criminal en Ecuador. Tras su incautación, la aeronave fue custodiada por el Consejo Nacional de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas (CONSEP) en el hangar conocido como "AEROFER". Para lo cual, luego de realizar ciertos tramites y procedimientos, así como las verificaciones técnicas requeridas, el CONSEP decidió transferir la aeronave a la FAE. Este contaba con la intención de utilizar el avión en misiones estratégicas.

En un estudio previo, (Eluniverso, 2010) refiere que, no fue posible recuperar legalmente la aeronave debido a su condición inoperativa, la falta de documentación técnica y la necesidad de reparaciones mecánicas para su restauración, por lo que la aeronave se devolvió al Servicio de Gestión Inmobiliaria del Sector Público para posteriormente ser trasladada al Aeropuerto Internacional "Cotopaxi" al hangar de la Dirección de Industria Aeronáutica de la Fuerza Aérea Ecuatoriana (DIAF). Luego de un tiempo se realizó los trámites

pertinentes para que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE pueda adquirir la aeronave mediante una donación.

### **Figura 1**

*El avión de Fernández*



*Nota.* Tomado de “El Universo” (2004)

### **Especificación de la aeronave Hawker Siddeley**

- Planta motriz: se encuentra compuesta por dos motores turbo fans Rolls-Royce Viper 522, cada uno con un empuje de 1.525 kg.
- Dimensiones: la envergadura del avión es de 14,32 metros, la longitud es de 14,42 metros.
- Peso: el avión cuenta con un peso máximo de despegue de 10.555 kg.
- En cuanto a las prestaciones, la velocidad máxima alcanzada por la aeronave es de 695 km/h. Tiene un alcance máximo de 2.600 km y una autonomía de 2.5 horas.
- En términos de capacidad de transporte, la aeronave puede alojar a 7 pasajeros y 2 tripulantes.

## Información técnica general de la aeronave Hawker Siddeley

La aeronave fue diseñada originalmente por “Havilland” a principios de la década de 1960. Tras el exitoso vuelo del prototipo el 13 de agosto de 1962, Hawker Siddeley comenzó a producirlo en serie. (Airliners, 2012)

El primer modelo de producción realizó su vuelo inaugural el 12 de febrero de 1963 y fue entregado al cliente de lanzamiento el 10 de septiembre de 1964. Esta aeronave es impulsada por dos motores turbofán ubicados en la parte posterior, presenta un fuselaje cilíndrico totalmente presurizado, una configuración de alas bajas en forma de flecha y una cola en forma de T. Cuenta con capacidad para transportar a 7 pasajeros junto con 2 pilotos.

Inicialmente, la producción se encontraba a cargo de Hawker Siddeley, pero a partir de 1977 pasó a ser responsabilidad de British Aerospace. Posteriormente, desde 1993, Raytheon se hizo cargo de la producción, y a partir de 2007, la fabricación estuvo a cargo de Hawker Beechcraft.

## Versiones de la aeronave Hawker Siddeley

**Tabla 1**

*Versiones de la aeronave Hawker Siddeley*

Versiones	Detalles
Serie 1	Se desarrolló un modelo de preproducción que constaba de 7 unidades equipadas con turbo fans Rolls-Royce Viper 520.
Serie 1A/1B	Se introdujo una variante que se encontraba equipada con motores Bristol Siddeley Viper 521 o 522, los cuales contaban con una potencia de 14KN.

Versiones	Detalles
Serie 1A-R522/1B-R52	Se desarrollaron variantes posteriores que presentaban un fuselaje alargado y una capacidad de combustible ampliada en comparación con el modelo anterior.
Serie 1A-S522/1B-S522	Se introdujo una variante con mejoras estructurales.
Serie 2	Se desarrolló una variante específica de entrenamiento para la Royal Air Force (RAF), compuesta por 20 unidades equipadas con motores Rolls-Royce Viper 301. Estas aeronaves fueron designadas por la RAF como Dominie T.1.
Serie 3A/B	Se introdujo una versión de producción que presentaba un mayor peso operativo y estaba equipada con motores Viper 522.
Serie 3A/R y 3B/R	Se desarrolló una variante basada en el modelo anterior que contaba con un mayor peso de despegue y un techo operativo más elevado.
Serie 3A/RA y 3B/RA	Se desarrollaron mejoras estructurales
Serie 400A/400B	A partir de 1970, se produjo una serie del modelo con mejoras significativas, como una nueva puerta de acceso y un sistema de frenado mejorado.
Serie 401B	Se desarrolló una variante que presenta una nueva cabina y un aumento en el peso de despegue.
HS.125 CC1	Se diseñó una variante destinada al transporte de autoridades que fue utilizada por la RAF.
Serie 600A/600B	Se desarrolló una versión de producción con el fuselaje extendido, permitiendo una capacidad de hasta 14 pasajeros y un mayor almacenamiento de combustible. Además, se mejoraron los alerones para un mejor rendimiento en vuelo.

Versiones	Detalles
HS.125 CC2	Se creó una variante basada en el modelo anterior la cual fue especialmente diseñada para la Real Fuerza Aérea (RAF) con el propósito de transportar autoridades y realizar funciones de enlace.
Serie 700A/700B	Se desarrolló una versión de producción del modelo con la incorporación del turbofan Honeywell TFE731-3RH, que proporcionaba una potencia de empuje de 16.5KN.
BA3. 125 CC3	La Real Fuerza Aérea (RAF) utilizó una versión modificada del modelo anterior como aeronave de enlace.
BAe.125-800	Una versión de producción del modelo anterior presentaba una envergadura incrementada, mayor capacidad de combustible y motores más potentes.
Hawker 800	Una versión mejorada del modelo anterior fue fabricada por Hawker.
Hawker 800XP	La versión de producción en serie cuenta con motores TFE731-5BR1H de mayor potencia, alcanzando los 20.7KN.
Hawker 800SP y XP/XP2	La designación utilizada para los modelos de la Serie 800 que están equipados con winglets.
Hawker 900	El modelo de serie que incorpora los motores TFE731-50R.
BAe.125-1000A/1000B	Contó con una variante diseñada específicamente para vuelos intercontinentales del modelo 800, la cual se encontraba equipada con motores P&W Canadá PW-305 de 23KN, tuvo su primer vuelo el 16 de junio de 1990.
U-125	Se creó una denominación la cual fue utilizada para los aviones BAe-125-800 utilizados por las Fuerzas de Autodefensa Japonesas en vuelos de inspección.

Versiones	Detalles
U-125 <sup>a</sup>	Se creó una denominación la cual fue aplicada a los Hawker 800 utilizados por las Fuerzas de Autodefensa Japonesas en operaciones de búsqueda y rescate, equipados con un radar APS-134LW.

*Nota.* Tomado de (Amilarg, 2013)

### **Aeronave Fairchild FH-227**

Las relaciones entre Fokker y Fairchild comenzaron alrededor de 1952, cuando ambos fabricantes se encontraban buscando un avión para reemplazar al DC-3. Fairchild logró obtener la licencia de fabricación de los aviones de entrenamiento Fokker S.11, S.12 y S.14. Luego, el 26 de abril de 1956, Fairchild llegó a un acuerdo con Fokker para construir bajo licencia el Fokker F27, que en ese momento estaba siendo desarrollado en los Países Bajos por lo que se decidió construir una fábrica en Hagerstown, Maryland.

El primer pedido de aviones fabricados por Fairchild llegó rápidamente en abril del mismo año, la aerolínea West Coast Airlines realizó un pedido inicial de cuatro aviones, seguido en mayo por un nuevo pedido de tres unidades de Bonanza Airlines, y en junio se recibieron siete pedidos adicionales de Piedmont Airlines.

El primer F-27 producido por Fairchild fue entregado a su cliente poco antes de que la fábrica de Fokker en Schiphol, Holanda, entregara su primer modelo en serie.

Los aviones fabricados por Fairchild reciben diferentes denominaciones a los modelos holandeses: el F.27-100 producido por Fokker equivalía al F-27 de Fairchild, el F.27-200 al F-27A de Fairchild y el F.27-300 al F-27B de Fairchild. (FH227, 2008)

Fairchild, llegó a desarrollar sus propias versiones, como el F-27F, un avión VIP en configuración ejecutiva, el F-27J, más pesado y equipado con turbopropulsores Dart Mk 532-7 para Allegheny Airlines, y el modelo de altas prestaciones en altitud F-27M.

En 1964, Fairchild se fusionó con el fabricante Hiller, formando la Fairchild Hiller Corporation. A partir de entonces, se iniciaron los estudios de desarrollo para un avión de mayor capacidad, utilizando como base el Fokker F-27 y su motor Rolls-Royce Dart.

Se realizó un cambio en la denominación de los aviones producidos, que pasaron a llamarse FH-227.

Los primeros trabajos consistieron en alargar la estructura del fuselaje añadiendo una sección delante de las alas, lo que incrementó su longitud en 1,98 metros. Esto permitió aumentar la capacidad de pasajeros de 40 en los F.27 a 52 en los FH-227. A nivel externo, los aviones eran fácilmente reconocibles no solo por su mayor longitud, sino también por contar ahora con doce ventanillas ovales a cada lado, en comparación con las diez del F.27. Estos modelos iniciales estaban equipados con motores Dart 532-7, los mismos utilizados en los F-27J

### **Especificaciones de la aeronave Fairchild**

- Tripulación: 3 personas
- Longitud: 25,5 metros (83,7 pies).
- Envergadura: 29 metros (95,1 pies).
- Altura: 8,4 metros (27,6 pies).
- Peso vacío: 18.600 kg (40.994,4 libras).
- Peso útil: La carga útil máxima que puede transportar es de 6.180 kg (13.620,7 libras).

- Peso máximo al despegue: El peso máximo permitido para el despegue es de 20.640 kg (45.490,6 libras).
- Peso máximo al aterrizar: El peso máximo permitido para el aterrizaje es de 20.410 kg.
- Motores: 2 motores turbohélice Rolls-Royce Dart 532-7L. Cada motor tiene una potencia de 1.692 kW (2.268 HP; 2.300 CV).
- Hélices: 4 palas de la marca Rotol. Tienen un régimen máximo de 16.500 rpm. Las posiciones de las hélices son: Ground fine pitch 0°, Flight fine pitch 16°, Cruise pitch 28° y Feathered con 83°. El diámetro de cada hélice es de 3,81 metros (12,5 pies).

### **Información técnica general de la aeronave Fairchild**

Los aviones construidos por Fairchild Hiller para la serie FH-227 se numeraron desde C/N 501 hasta C/N 579. Sin embargo, el último avión de la serie, C/N 579, nunca fue terminado, lo que da un total de producción de 78 aviones FH-227. A lo largo de su vida útil, muchos de estos aviones fueron modificados según los deseos de los operadores, pasando de ser FH-227 a FH-227B u otras variantes.

En términos generales, y considerando su entrega inicial, la producción se puede dividir de la siguiente manera:

- FH-227: 33 aviones
- FH-227B: 37 aviones
- FH-227D: 8 aviones

Seis aviones fueron convertidos en FH-227E, incluyendo el avión C/N 501 que originalmente era el demostrador de Fairchild Hiller y posteriormente vendido a Mobil Oil, donde voló con el registro N2657. Otros aviones fueron modificados a lo largo de su vida útil por



Fairchild Hiller, incluyendo la instalación de la gran compuerta de carga en el lado izquierdo, lo que los convierte en FH-227E LCD.

De los ocho aviones FH-227D de la serie final, cinco fueron construidos como FH-227D LCD, mientras que los tres restantes, destinados a diferentes organismos de México, no tenían la gran compuerta de carga. Dos de los FH-227D LCD fueron adquiridos por la Fuerza Aérea Uruguaya, con los números de construcción (C/N) 571 y 572, y registrados como FAU-570 y FAU-571. El FAU-571, entregado en 1968, fue perdido en un trágico accidente en los Andes el 13 de octubre de 1972. Como resultado, la FAU solicitó a Fairchild un avión adicional y recibió el FH-227D LCD C/N 574, que voló con el registro FAU-572.

### **Versiones de la aeronave Fairchild FH-227**

**Tabla 2**

*Versiones de la aeronave Fairchild*

Versiones	Detalles
FH-227	La versión inicial del avión se encontraba equipada con motores Dart 7 Mk 532-7 de 2250 CV. Estos motores tenían una relación de reducción de 0.093:1. El peso máximo permitido durante el despegue era de 19.730 kg (43.500 lb).
FH-227B	Se desarrolló una versión mejorada del avión a petición de Piedmont Airlines en abril de 1966, la cual comenzó a operar en marzo de 1967. Esta versión reforzada tenía un peso mayor y se equipó con motores Dart Mk 532-7L de 2250 CV, junto con hélices de mayor diámetro. El peso máximo permitido durante el despegue aumentó a 20.640 kg (45.500 lb)
FH-227C	Esta variante del FH-227 es esencialmente idéntica al modelo FH-227B, con la única diferencia de contar con las mismas hélices que se utilizan en el FH-227B. Mantiene el mismo peso máximo en el despegue y la misma configuración de motorización.

Versiones	Detalles
FH-227D	Se trata de una variante del FH-227 diseñada para ser convertible entre una configuración de pasajeros y carga. Está equipada con frenos mejorados de tipo ABS y un sistema de flaps que permite posiciones intermedias durante el despegue. En cuanto a su motorización, puede estar equipada con motores Dart 7 532-7C o Dart 7 Mk 532-7L, ambos con una potencia de 2.300 cv y una relación de reducción de 0.093:1. El peso máximo al despegue se mantiene en 20.640 kg (45.500 lb).
FH-227E	El modelo FH-227C fue modificado y actualizado para convertirse en el FH-227D. Esta nueva versión está equipada con motores Dart 7 Mk 532-7L de 2.300 CV, lo que proporciona un rendimiento mejorado. El peso máximo al despegue se mantiene en 19.730 kg (43.500 lb).

*Nota.* Tomado de (FH227, 2008)

### **Fuselaje**

El fuselaje del avión es el componente principal de la aeronave, por lo que el fuselaje es el lugar en el que se encuentra alojada la tripulación, pasajeros, compartimento de carga y en cabina se encuentran los controles de vuelo de la aeronave. El fuselaje es considerado la parte principal de la aeronave ya que todos los componentes se relacionan de forma directa o indirectamente con este. Por lo general, la sección transversal del fuselaje cuenta con una forma cilíndrica, de esta manera se alivian las cargas generadas al momento de presurizar y despresurizar la aeronave durante el vuelo. De hecho, incluso un fuselaje que inicialmente no tiene una forma circular tiende a adoptarla cuando se es sometido a estas cargas, que es la diferencia de presión entre la cabina y la atmósfera exterior. Sin embargo, es importante tener en cuenta que varios factores de diseño influyen en la forma final del fuselaje.

## Tipos de fuselaje

Los tipos de fuselaje que podemos encontrar se clasifican en: monocasco, semi monocasco, truss.

### Monocasco

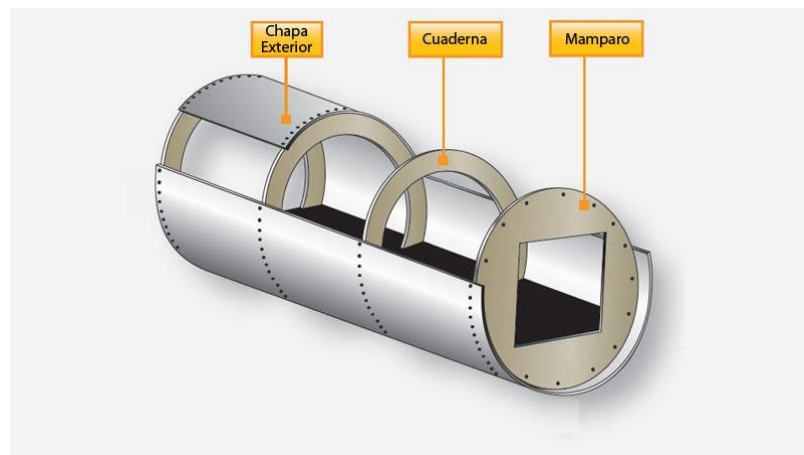
Este tipo de fuselaje se caracteriza por utilizar el armazón exterior del avión como su estructura principal, funcionando como un solo cuerpo. Inicialmente, este diseño se basaba en el uso de madera contrachapada moldeada para formar la estructura aerodinámica, pero en la actualidad se ha modernizado mediante el uso de materiales como fibra de vidrio y otros compuestos lo cual permite construir aviones más livianos y resistentes.

El fuselaje monocasco depende de la resistencia del revestimiento para soportar las tensiones principales. Su construcción utiliza chapas, cuadernas y. Dado que no hay elementos de refuerzo, la piel debe ser lo suficientemente resistente para mantener la rigidez del fuselaje.

(TMAS Aviación, 2023)

### Figura 2

*Fuselaje monocasco*



*Nota: Tomado de TMAS Aviación (2023)*

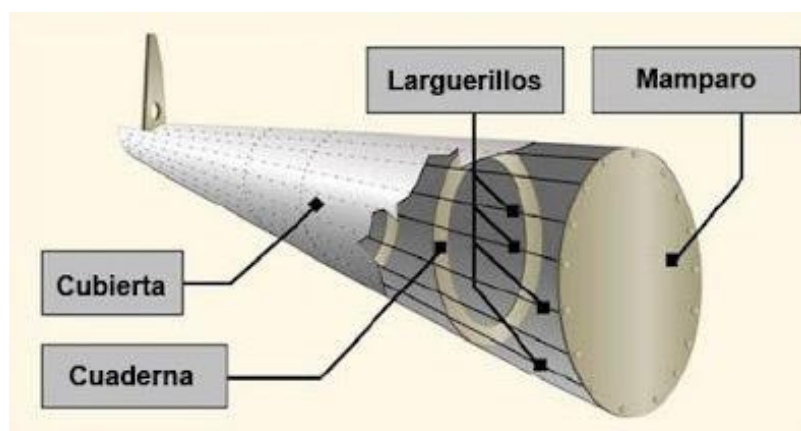
## Semi-monocasco

La construcción de estos fuselajes suele realizarse por secciones, las cuales se ensamblan para posteriormente formar el producto final. Este enfoque modular facilita la fabricación y el mantenimiento de la aeronave.

El fuselaje semi-monocasco está construido principalmente con aleaciones de aluminio y magnesio, aunque el acero y el titanio se encuentran en zonas de altas temperaturas. Las principales cargas de flexión son soportadas por los largueros, que suelen extenderse por varios puntos de apoyo. Los largueros se complementan con otros elementos longitudinales, denominados larguerillos. Los larguerillos son más numerosos y más ligeros que los travesaños. Los elementos estructurales verticales se denominan mamparos, cuadernas y encofrados. Los más pesados de estos miembros verticales están situados a intervalos para soportar cargas concentradas y en puntos donde se utilizan accesorios para unir otras unidades, como las alas, las plantas motrices y los estabilizadores.

### Figura 3

*Fuselaje semi-monocasco*



*Nota.* Tomado de *estructuras Aeronáuticas (2018)*

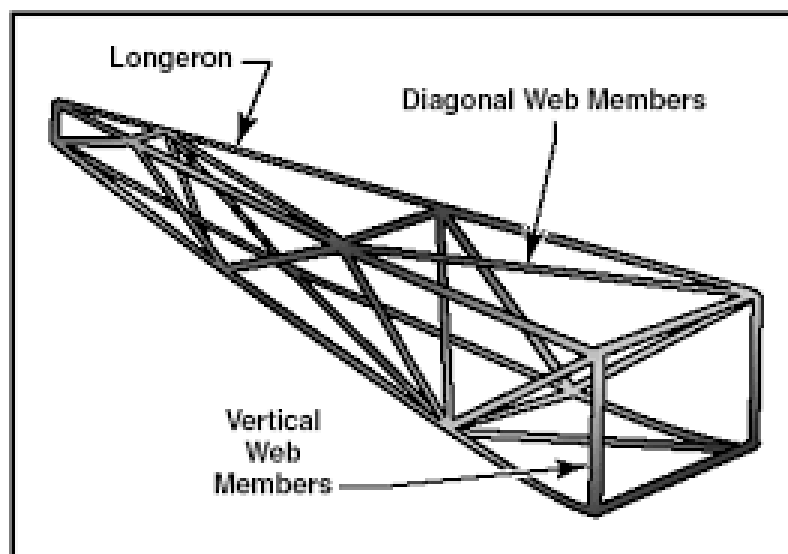
### Tipo Truss

El fuselaje tipo truss se caracteriza por su armazón construido con tubos de acero soldados los cuales proporcionan resistencia tanto a las cargas de tracción como a las de

compresión. En ciertos aviones, especialmente en los modelos ligeros de un solo motor, se utilizan armazones de aleación de aluminio, de tal forma que pueden estar remachados o atornillados en una sola pieza, mientras que el refuerzo transversal se logra mediante barras o tubos macizos. Esta estructura robusta garantiza la integridad y la capacidad de carga del fuselaje durante las operaciones aéreas.

#### **Figura 4**

*Fuselaje tipo truss*



*Nota.* Tomado de Airframe & Aircraft Components (2007)

#### **Galleys**

Un galley o también conocido como galera, es el equivalente a una cocina. Sin embargo, el uso y la importancia de estas cocinas pueden variar entre aerolíneas.

(Travel The World, 2019) menciona que, en las aerolíneas, los galleys son utilizados para la atención de los pasajeros a bordo. Estos espacios son utilizados para preparar, servir comida y bebidas, así como para almacenar los suministros necesarios durante el vuelo. Las cocinas en estas aerolíneas suelen estar equipadas con diversos electrodomésticos y utensilios de cocina para satisfacer las necesidades de los pasajeros.

**Figura 5****Galley**

*Nota.* Tomado de Logistics update África

**Cabina de pasajeros**

De acuerdo con (SKY brary), la cabina de pasajeros se utiliza para describir el área de una aeronave que está diseñada y configurada para el transporte de pasajeros. En algunos casos, las cabinas de los aviones de pasajeros pueden ser modificadas para transportar carga, lo cual implica la eliminación total o parcial de los asientos.

Es el área principal donde los pasajeros se sientan y viajan mientras la aeronave está en movimiento. La cabina de pasajeros generalmente se encuentra en la parte delantera del avión y se divide en diferentes secciones o clases, como primera clase, clase ejecutiva y clase económica. La cabina de pasajeros está equipada con asientos, que están dispuestos en filas a lo largo del avión y están diseñados para proporcionar comodidad y seguridad a los pasajeros durante el vuelo. También puede incluir compartimentos superiores para almacenar equipaje de mano, compartimentos inferiores para guardar equipaje más grande y compartimentos para almacenar artículos necesarios durante el vuelo, como mantas, almohadas y revistas.

**Figura 6**

*Cabina de pasajeros*



*Nota.* Tomado de Wikipedia

**Compartimento de carga**

Según (Saeed, 2023), los compartimentos de carga de las aeronaves se clasifican en diferentes categorías según los requisitos de seguridad establecidos:

- Clase A: la presencia de un incendio sería fácilmente detectada por un miembro de la tripulación mientras se encuentra en su puesto, y cada parte del compartimento es accesible de manera sencilla durante el vuelo.
- Clase B: cuentan con suficiente acceso durante el vuelo para permitir que un miembro de la tripulación pueda alcanzar eficazmente cualquier parte del compartimento utilizando un extintor manual. Además, se garantiza que no se producirá humo, llamas o agentes extintores peligrosos en los compartimentos ocupados por la tripulación o los pasajeros.
- Clase C: no cumplen con los requisitos de las Clases A o B, pero cuentan con un detector de humo o sistema detector de incendios independiente que avisa al piloto o al ingeniero de vuelo. Además, tienen un sistema aprobado de extinción

de incendios controlable desde la cabina y medios para evitar la entrada de humo, llamas o agentes extintores peligrosos en los compartimentos ocupados por la tripulación o los pasajeros.

- Clase D: están diseñados de manera que cualquier incendio que se produzca en su interior esté completamente contenido sin poner en peligro la seguridad de la aeronave o de los ocupantes. Estos compartimentos cuentan con medios para excluir humo, llamas u otros gases nocivos de los compartimentos ocupados por la tripulación o los pasajeros, y se controla la ventilación y las corrientes de aire para evitar que el fuego se propague más allá de los límites de seguridad.
- Clase E: se encuentran en aeronaves utilizadas exclusivamente para el transporte de carga. Estos compartimentos están equipados con sistemas de detección de humo o incendios aprobados e independientes que alertan al piloto o al ingeniero de vuelo. También tienen medios para cortar el flujo de aire de ventilación hacia o dentro del compartimento, y los controles para estos medios son accesibles a la tripulación de vuelo en el compartimento de la tripulación.

### **Figura 7**

*Compartimento de carga*



*Nota. Tomado de WheelchairTravel*



## **Materiales usados en aeronáutica**

Los materiales o aleaciones utilizados para la creación de componentes y partes de una aeronave principalmente son: el acero, aleaciones de aluminio o titanio y compuestos reforzados con fibras.

### **Acero**

El acero es una aleación de hierro (Fe) y carbono (C). En el pasado, los aceros eran ampliamente utilizados en la construcción de elementos estructurales primarios y secundarios. Sin embargo, con el avance de las aleaciones de aluminio, su uso en la industria aeronáutica se vio reducido. La alta densidad del acero limita su aplicación generalizada en la aviación, pero aún se utiliza en la fabricación de componentes fundidos de pequeño tamaño que requieren una resistencia a la tracción, rigidez y resistencia a los daños significativos. Algunos ejemplos de estos componentes son los soportes del tren de aterrizaje, las fijaciones de las raíces de las alas.

### **Aleación de aluminio**

Tiene una resistencia relativamente baja y una notable flexibilidad. Sin embargo, al ser aleado con otros metales, sus propiedades mecánicas mejoran significativamente, al tiempo que conserva su bajo peso específico, lo cual es fundamental en la industria aeronáutica.

Los elementos de aleación comunes incluyen cobre, magnesio, manganeso, silicio, zinc y litio. Después de la Segunda Guerra Mundial, las aleaciones de aluminio reemplazaron al acero como elementos estructurales principales y secundarios en aviones. Cuatro grupos principales de aleaciones de aluminio han sido ampliamente utilizados en la industria aeronáutica durante muchos años, como lo son: Al-Cu (serie 2000), Al-Mg (serie 5000), Al-Mg-Si (serie 6000) y Al-Zn-Mg (serie 7000). Las aleaciones de aluminio-litio (Al-Li, serie 8000) son las más recientes y se han generalizado en la industria aeroespacial.

### Clasificación y designación de las aleaciones de aluminio

La designación para una aleación de aluminio se lo realiza de la siguiente manera:

1. El primer dígito: determina los tipos de aleación.
2. El segundo dígito: determina las modificaciones de la aleación
3. El tercer dígito: determina la pureza del aluminio

**Tabla 3**

*Aleaciones principales de aluminio*

Aleaciones principales	Efecto
1000 (Aluminio 99% min)	Notable capacidad para resistir la corrosión, además de poseer una alta conductividad térmica y eléctrica. Sin embargo, sus propiedades mecánicas, como la resistencia y la dureza, son relativamente bajas.
2000 (Cobre)	Material caracterizado por sus destacadas propiedades mecánicas, incluyendo un alto límite de fluencia, lo que lo hace ampliamente utilizado en la industria aeronáutica, especialmente en la construcción de aviones.
3000 (Manganeso)	Material que exhibe una buena capacidad de trabajo y soldabilidad, junto con una alta resistencia a la corrosión. Además, presenta una resistencia moderada en términos de sus propiedades mecánicas.
4000 (Silicio)	Material que se caracteriza por un punto de fusión relativamente bajo y es ampliamente utilizado en la fabricación de alambre de soldadura y como aleación de soldadura.
5000 (Magnesio)	Material que se caracteriza por una resistencia que va de moderada a alta, presenta buenas propiedades de soldadura y una buena resistencia a la corrosión, especialmente en entornos marinos.

Aleaciones principales	Efecto
6000 (Magnesio/Silicio)	Material que se caracteriza por su buena capacidad de deformación y resistencia a la corrosión, además de una dureza moderada.
7000 (Zinc)	Material que se caracteriza por su alta fuerza y dureza, lo cual lo hace adecuado para su uso en la industria aeronáutica y en estructuras que están sujetas a grandes esfuerzos.

*Nota.* Tomado de (Teknika4, 2015)

#### **Tabla 4**

##### *Designaciones de temple*

Designación de temple	Endurecimiento por deformación
H1	Solo endurecimiento por deformación
H2	Endurecimiento parcialmente recocido y por deformación
H3	Endurecimiento por deformación y estabilización por tratamiento térmico a baja temperatura

*Nota.* Tomado de (Teknika4, 2015)

#### **Tabla 5**

##### *Temple y tratamientos*

Temple	Tratamiento térmico
T1	Enfriado mediante un proceso de conformación de temperatura elevada y envejecido naturalmente hasta alcanzar una condición sustancialmente estable
T2	Recocido (solo fundición)
T3	Solución trabajada en frío y tratada térmicamente

Temple	Tratamiento térmico
T4	Solución tratada térmicamente y envejecida naturalmente hasta alcanzar una condición sustancialmente estable
T5	Enfriado a través de un proceso de conformación de temperatura elevada y a continuación envejecido artificialmente
T6	Solución tratada térmicamente y luego envejecido artificialmente
T7	Solución tratada térmicamente y luego estabilizada
T8	Solución tratada térmicamente, trabajada en frío y luego envejecida artificialmente
T9	Solución tratada térmicamente, envejecida artificialmente, y después trabajada en frío
T10	Enfriada a través de un proceso de conformación temperatura elevada, envejecida artificialmente y luego trabajada en frío
T51	Estrés mitigado por estiramiento
T510	No recibe enderezamiento adicional tras el estirado
T511	Recibe enderezamiento menor después del estiramiento para cumplir con las tolerancias estándar
T52	Estrés liberado por compresión
T54	Estrés liberado por combinación de estiramiento y compresión

*Nota.* Tomado de (Teknika4, 2015)

**Tabla 6***Aleaciones*

Aleaciones	Descripción
1100	<p>Debido a su composición de aluminio comercialmente puro, la aleación 1100 presenta notables características de conformabilidad y cuenta con una menor velocidad de endurecimiento en comparación con otras aleaciones. Gracias a su suavidad y ductilidad, se utiliza cuando la resistencia estructural no es un requisito principal. Además, posee una excelente resistencia a la corrosión. Esta aleación no es tratable térmicamente y, entre todas las aleaciones de aluminio, posee la más alta conductividad térmica y eléctrica. También destaca por su capacidad de soldadura excepcional.</p>
3003	<p>La aleación 3003 comparte las características básicas y composición del aluminio comercialmente puro 1100, con la diferencia de que contiene un mayor porcentaje de manganeso. Esta adición aumenta la resistencia de la aleación en un 20% en comparación con el aluminio puro. La aleación 3003 destaca por su excelente trabajabilidad, capacidad de soldadura y resistencia a la corrosión.</p>
5052	<p>La aleación 5052 exhibe una excelente resistencia a la corrosión, especialmente en ambientes marinos. Además, cuenta con un alto contenido de magnesio, lo que la convierte en la aleación no tratable térmicamente más resistente disponible. Esta aleación también presenta buenas propiedades de acabado y una excelente manejabilidad. Es fácilmente soldable y se puede conformar en formas intrincadas.</p>

Aleaciones	Descripción
2024	Se destaca por su facilidad de manejo y una alta resistencia a la fatiga. Es especialmente adecuado para aplicaciones que demandan una relación elevada entre resistencia y peso. Su capacidad para ser maquinado permite su fabricación en diversas formas y acabados.
6061	Tiene una gran resistencia, una alta capacidad de resistir la corrosión, una buena facilidad de manejo y una amplia gama de propiedades mecánicas. Es la aleación tratada térmicamente más utilizada. En su estado recocido, la aleación 6061 ofrece una excelente soldabilidad y maleabilidad, siendo adecuada para soldaduras en horno. También puede recibir revestimientos para mejorar su resistencia a la corrosión. La aleación 6061-T6 es frecuentemente empleada en aviones, helicópteros y otras aplicaciones donde se requiere una alta resistencia en relación al peso.
7075	Al aumentar la proporción de zinc en esta aleación, se logra una mayor dureza y resistencia, convirtiéndola en una de las aleaciones más robustas disponibles. Su aplicación principal se encuentra en la industria aeronáutica, especialmente para componentes que enfrentan cargas significativas. La aleación 7075 se utiliza frecuentemente en estructuras y piezas aeronáuticas.

*Nota.* Tomado de (Teknika4, 2015)

Las aleaciones de cada grupo mencionado han sido utilizadas por lo general en fuselajes, revestimientos y otros componentes sometidos a esfuerzos debido a su bajo peso específico. Las diferentes aleaciones cuentan con propiedades mecánicas, como la resistencia (a la tensión de prueba como a la tensión de rotura), la ductilidad, la facilidad de fabricación, la resistencia a la corrosión y la capacidad de recibir tratamientos protectores como el anodizado.

## **Aleaciones de titanio**

Las aleaciones de titanio exhiben propiedades específicas elevadas, demostrando una buena relación entre resistencia a la fatiga y resistencia a la tracción, con un límite de fatiga alto. Algunas de estas aleaciones mantienen una resistencia considerable incluso a altas temperaturas, alcanzando valores de hasta 400-500°C. En general, también poseen una buena resistencia a la corrosión y a la fatiga por corrosión, aunque su rendimiento puede ser afectado por la exposición a temperaturas y tensiones en entornos salinos. Esto representa un desafío particular en los motores de aviones operados en portaaviones. Sin embargo, estas aleaciones presentan algunas desventajas, como su alta densidad, lo que puede resultar en un mayor peso si se utilizan en grandes cantidades, y su costo elevado, que es aproximadamente siete veces mayor que el del aluminio y el acero. Debido a sus características únicas, especialmente su resistencia a la fatiga y resistencia a altas temperaturas, las aleaciones de titanio se utilizan principalmente en los componentes más exigentes de los motores a reacción, como los álabes de las turbinas.

## **Materiales con fibra**

Los materiales compuestos son productos fabricados mediante la combinación de dos o más materiales con propiedades físicas o químicas diferentes, lo que resulta en un material con características distintas a las de los componentes individuales. En el campo de la industria aeronáutica, se utilizan ampliamente los materiales compuestos reforzados con fibras. Estos materiales consisten en fibras resistentes, como el vidrio o el carbono, que se encuentran incrustadas en una matriz de plástico o resina epoxi, la cual proporciona protección mecánica y química.

Un laminado de material reforzado con fibras exhibe anisotropía, lo que significa que sus propiedades varían según la dirección de las fibras en tensión y compresión. Para lograr una estructura resistente, se intercalan múltiples láminas de manera que las direcciones de las

fibras coincidan con las cargas principales. Estas láminas se combinan en un laminado que se inserta en una matriz de plástico o resina epoxídica, la cual une los elementos y proporciona integridad estructural para soportar tensiones de flexión y cizallamiento.

En las etapas iniciales del desarrollo de materiales compuestos reforzados con fibras, se utilizaban fibras de vidrio en una matriz de resina epoxi. Este material, conocido como plástico reforzado con fibra de vidrio (PRFV), se aplicaba en palas de helicópteros, pero su uso era limitado en componentes de aviones de ala fija debido a su baja rigidez. En la década de 1960, se introdujeron nuevas fibras de refuerzo, como el Kevlar®, un material de aramida con una resistencia similar al vidrio, pero más rígido. Los compuestos de Kevlar® eran resistentes, pero tenían dificultades en compresión y fabricación, por lo que se utilizaban en estructuras secundarias. Otro compuesto conocido como fibras de boro, fue el primero en ofrecer suficiente resistencia y rigidez para las estructuras primarias. En la actualidad, estos compuestos han sido reemplazados por los plásticos reforzados con fibra de carbono, los cuales poseen propiedades similares a los compuestos de boro, pero son mucho más económicos.

Los tres tipos de fibra más comunes en las aplicaciones aeroespaciales son la fibra de carbono, la fibra de vidrio, fibra de aramida (Kevlar®), boron, fibras de cerámica. Estos tipos de fibra tienen diferentes composiciones químicas a nivel molecular que generan diferentes propiedades físicas y mecánicas a nivel macroscópico de la fibra. Entre las propiedades más importantes de las fibras se encuentran su resistencia, rigidez, tenacidad, capacidad térmica, densidad, conductividad, compatibilidad química, resistencia a la fatiga y coste.

### **Fibra de vidrio**

La fibra de vidrio se utiliza comúnmente en componentes secundarios de aeronaves, como carenados, radomos y puntas de alas. También se emplea en las palas de los rotores de helicópteros. Existen diversos tipos de fibra de vidrio utilizados en la industria aeroespacial. El vidrio eléctrico, conocido como E-glass, se utiliza específicamente en aplicaciones eléctricas



debido a su alta resistencia al flujo de corriente. Está compuesto de vidrio de borosilicato. Por otro lado, el vidrio S y el vidrio S2 se utilizan como fibras de vidrio estructurales, ya que poseen una mayor resistencia que el vidrio E. El vidrio S se fabrica a partir de magnesia-alúmina-silicato. Las ventajas de la fibra de vidrio incluyen su menor costo en comparación con otros materiales compuestos, su resistencia a la corrosión química o galvánica, y sus propiedades eléctricas (la fibra de vidrio no conduce electricidad). Además, la fibra de vidrio tiene un color blanco y está disponible en forma de tejido de fibra seca o material preimpregnado

La fibra de vidrio es un material compuesto que consiste en fibras delgadas y flexibles hechas de vidrio fundido. Estas fibras se entrelazan para formar una estructura sólida y resistente. El vidrio utilizado en la fabricación de la fibra de vidrio es principalmente de sílice (vidrio de silicato), pero también puede contener otros materiales como borato o fosfato de sodio.

### **Figura 8**

*Fibra de vidrio*



*Nota.* Tomado de Steinstosser Schmachtenberg

La fibra de vidrio tiene varias propiedades deseables que la hacen ampliamente utilizada en diversas aplicaciones. Algunas de estas propiedades incluyen:

- Resistencia mecánica: alta resistencia y rigidez. Es capaz de soportar tensiones y cargas sin deformarse o romperse fácilmente.
- Ligereza: a pesar de su resistencia, la fibra de vidrio es un material liviano. Esto la convierte en una opción popular en aplicaciones donde se requiere una relación favorable entre resistencia y peso, como en la industria aeroespacial y de automóviles.
- Resistencia a la corrosión: es resistente a la corrosión química y galvánica, lo que la hace adecuada para su uso en entornos agresivos.
- Aislamiento térmico y acústico: debido a su estructura fibrosa, la fibra de vidrio tiene propiedades aislantes que ayudan a controlar la transferencia de calor y sonido.
- Versatilidad en la fabricación: La fibra de vidrio es un material altamente moldeable y adaptable, lo que permite fabricar una amplia variedad de formas y tamaños. Puede ser tejida en tela, laminada en láminas o moldeada en formas complejas según las necesidades del proyecto.

### **Fibra de carbono**

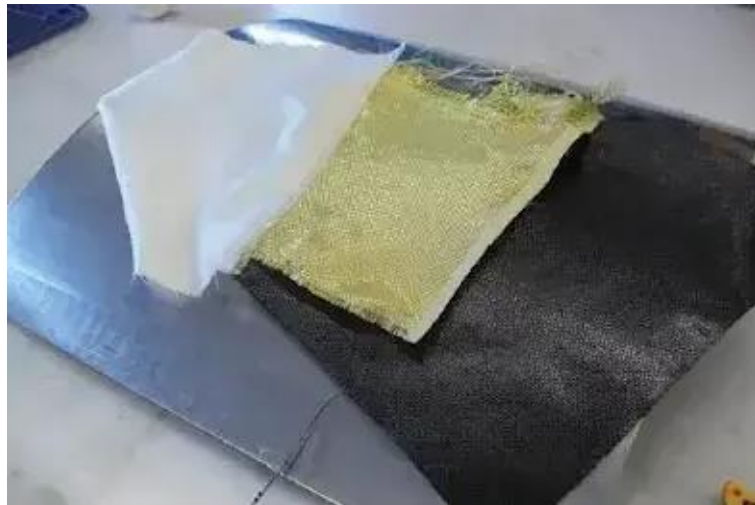
La fibra de carbono es un material compuesto hecho de fibras de carbono extremadamente delgadas y fuertes. Estas fibras se obtienen a partir de precursores de carbono, como el poliacrilonitrilo (PAN) o el rayón, que se someten a un proceso de carbonización a altas temperaturas.

Las fibras de carbono presentan una gran rigidez y resistencia, siendo de 3 a 10 veces más rígidas que las fibras de vidrio. Son ampliamente utilizadas en aplicaciones estructurales de aeronaves, como vigas de piso, estabilizadores, controles de vuelo, fuselaje principal y estructura de ala. Sus principales ventajas incluyen su alta resistencia y capacidad de resistir la corrosión. Sin embargo, presentan una conductividad más baja que el aluminio, por lo que se

requiere el uso de una malla o recubrimiento de protección contra rayos en áreas de la aeronave susceptibles a la caída de rayos. Además, la fibra de carbono es costosa. En términos de apariencia, la fibra de carbono tiene un color gris o negro y se encuentra disponible en forma de tejido seco y material preimpregnado. Es importante tener en cuenta que las fibras de carbono pueden generar corrosión galvánica cuando se utilizan junto con sujetadores y estructuras metálicas.

### **Figura 9**

*Fibra de carbono*



*Nota. Tomado de Aeronautics Guide*

La fibra de carbono cuenta con varias características que ayudan a diversas aplicaciones:

- Alta resistencia y rigidez: es excepcionalmente resistente y rígida, lo que la convierte en uno de los materiales más fuertes disponibles en relación con su peso. Es aproximadamente cinco veces más resistente que el acero y mucho más ligera.
- Baja densidad: cuenta con una densidad muy baja, lo que contribuye a su ligereza. Su peso reducido la hace ideal para aplicaciones donde se busca una alta resistencia y una reducción de peso, como en la industria aeroespacial.

- Excelente conductividad térmica: cuenta con una alta conductividad térmica, lo que le permite disipar el calor de manera efectiva.
- Resistencia a la corrosión: a diferencia de otros materiales metálicos, la fibra de carbono es resistente a la corrosión química y a la oxidación. Esto la hace adecuada para entornos agresivos.
- Flexibilidad y adaptabilidad: es altamente flexible y se puede moldear en diversas formas y tamaños. Se puede tejer en telas, laminar en láminas o incorporar en resinas para formar compuestos, lo que le otorga una gran versatilidad en la fabricación.

### **Fibra de aramida**

La fibra de aramida o también conocida como Kevlar®, son fibras ligeras, fuertes y resistentes. En la industria de la aviación se utilizan dos tipos de fibras de aramida. El Kevlar® 49 que posee una rigidez alta y el Kevlar® 29 que cuenta con una rigidez baja.

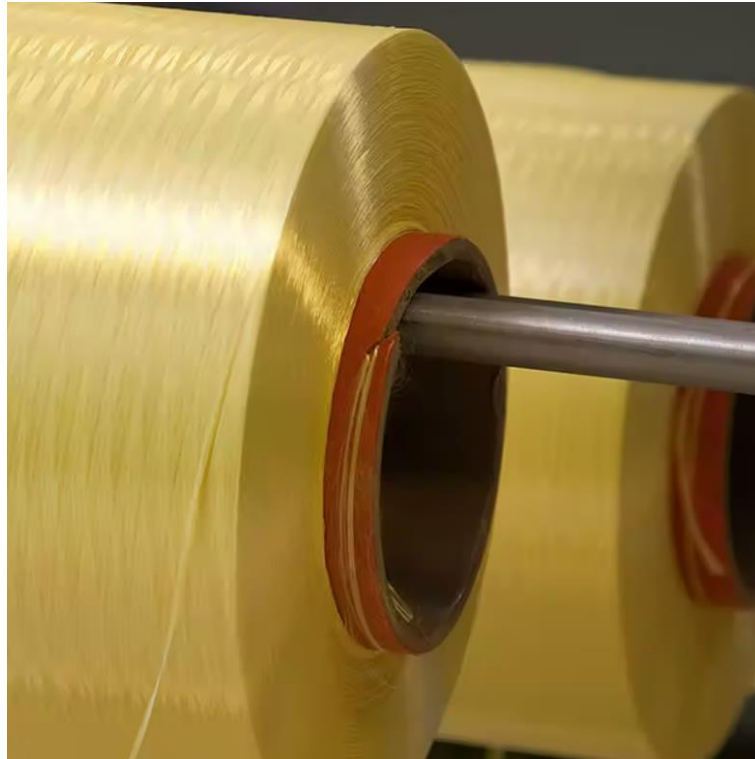
El Kevlar es conocido por ser cinco veces más resistente que el acero en relación al mismo peso. Las fibras de aramida poseen una alta resistencia al daño por impacto, por lo que se utilizan con frecuencia en áreas propensas a este tipo de daño. Una de las características de las fibras de aramida es su alta resistencia a la ruptura, lo que las hace adecuadas para soportar cargas extremas. Además, cuenta con una excelente resistencia al calor, al desgaste y a los productos químicos.

La principal desventaja de las fibras de aramida es su debilidad general en compresión y su capacidad para absorber humedad. Por lo tanto, las piezas hechas de fibras de aramida deben protegerse del ambiente. Otra desventaja es que el Kevlar® es difícil de perforar y cortar. Las fibras se deshilachan fácilmente y se requieren tijeras especiales para cortar el material. Tiene un color amarillo natural y está disponible como tejido seco y material

preimpregnado. Los haces de fibras de aramida no se clasifican por el número de fibras como ocurre con el carbono o la fibra de vidrio, sino por su peso.

### **Figura 10**

*Fibra de aramida*



*Nota.* Tomado de Dupont

### **Fibra de boro**

Las fibras cuentan con un diámetro relativamente grande y no se flexionan muy bien, por lo que sólo están disponibles como una cinta preimpregnada. A menudo se suele utilizar una matriz epoxi con la fibra de boro. Las fibras de boro se utilizan para reparar pieles agrietadas de aeronaves de aluminio, porque la expansión térmica del boro es cercana a la del aluminio y no hay potencial de corrosión galvánica, además es difícil de utilizar si la superficie del material de base tiene una forma contorneada. Por lo general las fibras de boro son muy caras y pueden llegar a ser peligrosas para el personal. Estas cuentan con ciertas características como:

- Resistencia y rigidez: son conocidas por su alta resistencia específica y su rigidez. Son aproximadamente cinco veces más fuertes y dos veces más rígidas que las fibras de carbono, lo que las convierte en un material de refuerzo muy deseado para aplicaciones que requieren una gran resistencia y rigidez estructural.
- Ligereza: a pesar de su resistencia y rigidez, las fibras de boro son extremadamente ligeras. Tienen una densidad muy baja, lo que las convierte en un material ideal para aplicaciones en las que se busca reducir el peso sin comprometer la resistencia y la rigidez.
- Alta temperatura: tienen una excelente resistencia a altas temperaturas. Pueden soportar temperaturas superiores a los 2000°C sin perder sus propiedades mecánicas, lo que las hace adecuadas para aplicaciones en entornos extremadamente calientes, como en componentes de motores de aviones y sistemas de propulsión aeroespacial.
- Conductividad térmica y eléctrica: poseen una alta conductividad térmica y eléctrica. Esto las hace útiles en aplicaciones que requieren una buena transferencia de calor o conductividad eléctrica, como en componentes electrónicos y disipadores de calor.
- Resistencia a la corrosión: son inherentemente resistentes a la corrosión química y no se ven afectadas por la mayoría de los productos químicos. Esto las hace adecuadas para su uso en entornos corrosivos donde otros materiales pueden degradarse.

**Figura 11***Fibra de boro*

*Nota.* Tomado de Managing Composites

**Fibra de cerámica**

La fibra de cerámica es un material fibroso que se compone principalmente de cerámica, una sustancia inorgánica no metálica que se caracteriza por su alta resistencia a altas temperaturas. A diferencia de otras fibras, como las fibras de carbono o de vidrio, la fibra de cerámica está compuesta por filamentos finos hechos de materiales cerámicos como óxidos, carburos o nitruros. Las principales características de esta fibra son:

- Resistencia a altas temperaturas: cuenta con una capacidad para soportar temperaturas extremadamente altas. Puede resistir temperaturas superiores a los 1000°C e incluso hasta 1600°C en algunos casos, lo que la hace adecuada para aplicaciones en entornos de alta temperatura, como en la industria aeroespacial y de fundición.

- Aislamiento térmico: es conocida por su excelente capacidad de aislamiento térmico. Debido a su baja conductividad térmica, puede proteger eficazmente contra la transferencia de calor.
- Ligereza y baja densidad: a pesar de su capacidad para soportar altas temperaturas, la fibra de cerámica es relativamente ligera y tiene una baja densidad.
- Resistencia química: tiene una buena resistencia a la mayoría de los productos químicos y es relativamente inerte a los agentes corrosivos.
- Maleabilidad y flexibilidad limitada: a diferencia de las fibras textiles convencionales, como la fibra de vidrio o de carbono, la fibra de cerámica tiende a ser más rígida y menos maleable. Su flexibilidad es relativamente limitada, lo que puede dificultar su conformado en ciertas aplicaciones.

**Figura 12**

*Fibra de cerámica*



*Nota.* Tomado de Thermo Feuerungsbau



## Estructuras panel tipo sándwich

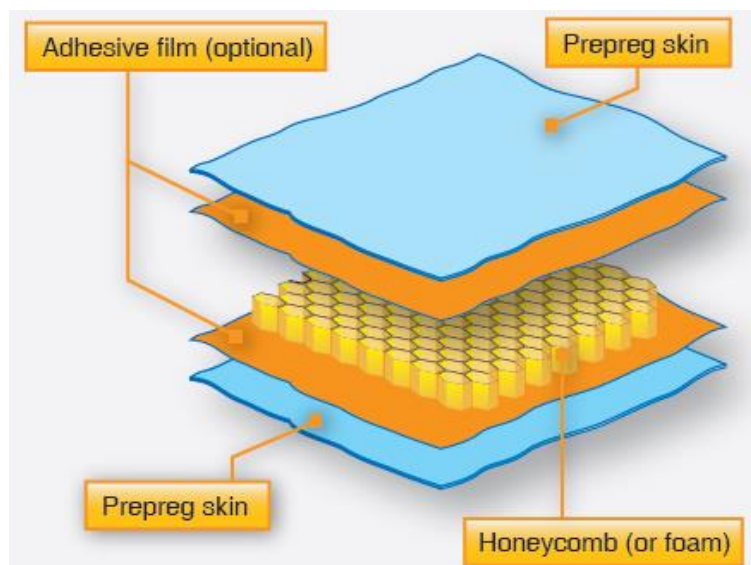
La construcción de paneles tipo sándwich es un concepto utilizado para crear estructuras de paneles los cuales consisten en dos láminas delgadas y paralelas unidas por un núcleo más grueso y liviano.

Este núcleo desempeña la función de soportar a las láminas contra el pandeo y resistir las cargas de cizallamiento fuera del plano. Es importante que el núcleo tenga una alta resistencia tanto al cizallamiento como a la compresión.

Los paneles tipo sándwich de material compuesto se fabrican utilizando diversos métodos, como el curado en autoclave, el curado en prensa o el curado en bolsa de vacío. En algunos casos, los laminados de revestimiento se curan por separado y luego se unen al núcleo, mientras que en otros casos se realiza un proceso de curado conjunto del revestimiento y el núcleo en una sola operación. También se pueden utilizar combinaciones de ambos métodos.

### Figura 13

*Estructura sándwich*



*Nota.* Tomado de FAA Handbook

## Núcleo honeycomb

Cada tipo de núcleo Honeycomb cuenta con propiedades específicas y ventajas en particular. En las estructuras de las aeronaves, el papel de aramida es el material de núcleo más utilizado. La fibra de vidrio se emplea para aplicaciones que requieren mayor resistencia.

- Papel kraft: tiene resistencia relativamente baja, buenas propiedades aislantes, está ampliamente disponible y es económico.
- Termoplásticos: ofrecen buenas propiedades aislantes, absorben y redirigen la energía, tienen paredes celulares lisas, resisten la humedad y los productos químicos, son respetuosos con el medio ambiente, estéticamente agradables y tienen un costo relativamente bajo.
- Aluminio: presenta la mejor relación resistencia-peso y capacidad de absorción de energía, buenas propiedades de transferencia de calor, ofrece apantallamiento electromagnético, tiene paredes celulares lisas y delgadas, es mecanizable y cuenta con un costo relativamente bajo.
- Acero: tiene buenas propiedades de transferencia de calor, proporciona blindaje electromagnético y resistencia al calor.
- Metales especiales (titanio): tienen una relación resistencia-peso relativamente alta, buenas propiedades de transferencia de calor, resistencia química y resistencia al calor a altas temperaturas.
- Papel de aramida: es resistente a las llamas, ignífugo, tiene buenas propiedades aislantes, bajas propiedades dieléctricas y es fácilmente conformable.
- Fibra de vidrio: permite ajustar las propiedades de cizallamiento mediante laminación, tiene bajas propiedades dieléctricas, buenas propiedades aislantes y es fácilmente conformable.

- Carbono: presenta buena estabilidad y retención dimensional, mantiene sus propiedades a altas temperaturas, tiene alta rigidez, coeficiente de expansión térmica muy bajo, conductividad térmica adaptable, módulo de cizallamiento relativamente alto y es muy costoso.
- Cerámica: es resistente al calor a temperaturas muy altas, tiene buenas propiedades aislantes, está disponible en tamaños de celda muy pequeños y es costosa.

Las celdas con núcleo de panal para aplicaciones aeroespaciales suelen tener forma hexagonal. Se fabrican uniendo láminas apiladas en lugares específicos. Las láminas apiladas se expanden para formar hexágonos. La dirección paralela a las láminas se conoce como dirección de la cinta.

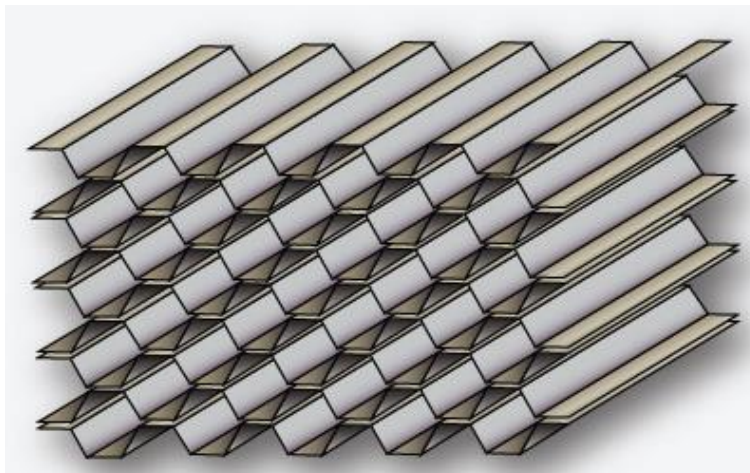
Los núcleos de panales se encuentran disponible en diferentes tamaños de celda, siendo los tamaños más pequeños los que brindan un mejor soporte para las hojas frontales del panel. Además, el núcleo de nido de abeja está disponible en diversas densidades. Los núcleos de mayor densidad son más resistentes y rígidos en comparación con los de menor densidad. Los diferentes núcleos que podemos encontrar son los siguientes:

### **Núcleo de panal hexagonal**

El núcleo de panal hexagonal se caracteriza por tener una lámina adicional la cual atraviesa cada hexágono. Este tipo de núcleo es más rígido y resistente en comparación con el núcleo hexagonal estándar.

**Figura 14**

*Núcleo de panal hexagonal*



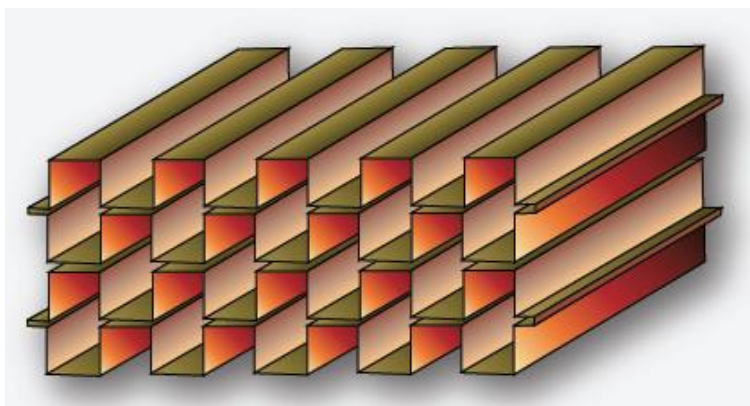
*Nota.* Tomado de FAA handbook

**Núcleo de panal sobre expandido**

Por otro lado, el núcleo sobre expandido se fabrica expandiendo las láminas más allá de lo necesario para formar hexágonos, lo que resulta en celdas rectangulares. Este tipo de núcleo ofrece flexibilidad en dirección perpendicular a la cinta y se utiliza en paneles con curvas simples.

**Figura 15**

*Núcleo de panal sobre expandido*



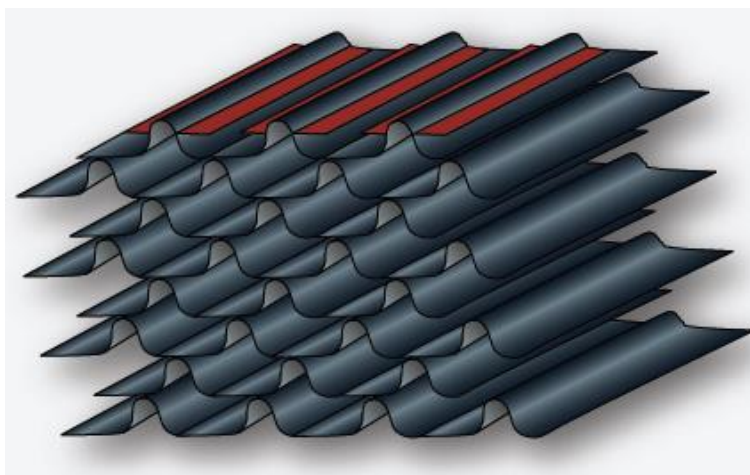
*Nota.* Tomado de FAA handbook

### Núcleo de panal flexible

El núcleo en forma de campana, también conocido como flexi-core, presenta paredes celulares curvadas que le confieren flexibilidad en todas las direcciones. Este tipo de núcleo se utiliza en paneles con curvas más complejas.

### Figura 16

*Núcleo flexible*



*Nota.* Tomado de FAA handbook

### Núcleo de espuma

Los núcleos de espuma se utilizan en aviones de construcción casera y en aviones más ligeros para brindar fuerza y formar a las puntas de las alas, los controles de vuelo, las secciones del fuselaje, las alas y las costillas de las alas. Sin embargo, no suelen emplearse núcleos de espuma en aviones comerciales, ya que las espumas son más pesadas que los núcleos y no poseen la misma resistencia. Existen diferentes tipos de espumas que se utilizan como materiales de núcleo, como:

- Poliestireno: espuma de poliestireno de calidad aeronáutica con una estructura celular cerrada y sin espacios vacíos entre las células. Presenta alta resistencia a la compresión y buena resistencia a la penetración de agua. Puede cortarse con un alambre caliente para obtener formas aerodinámicas.

- Fenólico: ofrece propiedades ignífugas destacadas y puede tener una densidad muy baja, aunque sus propiedades mecánicas son relativamente inferiores.
- Poliuretano: se utiliza en la fabricación del fuselaje, las puntas de las alas y otras piezas curvadas de aviones pequeños. Es relativamente económico, resistente al combustible y compatible con la mayoría de los adhesivos. No se recomienda utilizar un hilo caliente para cortar la espuma de poliuretano, pero se puede moldear fácilmente con un cuchillo grande y herramientas de lijado.
- Polipropileno: se utiliza para la fabricación de perfiles aerodinámicos. Puede cortarse con un alambre caliente y es compatible con la mayoría de los adhesivos y resinas epoxi. No se debe utilizar con resinas de poliéster, ya que se disuelve en combustibles y disolventes.
- Cloruro de polivinilo (PVC) (Divynycell, Klegecell y Airex): espuma de células cerradas con una densidad media a alta, resistencia a la compresión y durabilidad destacadas, así como una excelente resistencia al fuego. Puede moldearse al vacío para obtener formas compuestas y puede doblarse con calor. Es compatible con resinas de poliéster, éster de vinilo y epoxi.
- Polimetacrilimida (Rohacell): espuma de células cerradas utilizada en la construcción de paneles sándwich ligeros. Ofrece excelentes propiedades mecánicas, estabilidad dimensional al calor y resistencia a los disolventes y a la compresión por fluencia. Aunque es más cara que otros tipos de espumas, presenta mejores propiedades mecánicas.

## Mantenimiento

El mantenimiento aeronáutico engloba todas las actividades necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de una aeronave comercial o civil. Estas actividades se llevan a cabo en función de ciertos criterios:

- Se realiza después de haber cumplido un tiempo específico de vuelo, medido en horas.
- Se lleva a cabo después de haber sometido la aeronave a un uso específico, como una determinada cantidad de despegues o aterrizajes.
- Se realiza cuando se detecta una falla, avería o comportamiento anormal en la aeronave.

El objetivo principal del mantenimiento aeronáutico es cumplir con las regulaciones establecidas por el fabricante y la autoridad competente, garantizando así la aeronavegabilidad del equipo. Las tareas de mantenimiento incluyen:

- Inspecciones periódicas.
- Revisiones previas al vuelo.
- Monitoreo del rendimiento.
- Registro de ajustes y tareas realizadas en el equipo.
- Realización de reparaciones y modificaciones.

De acuerdo con (Mancuzo, 2020), es importante tener en cuenta diversos aspectos al llevar a cabo actividades de mantenimiento aeronáutico. La planificación de estas tareas dependerá de factores como el fabricante de la aeronave, el operador, la autoridad de regulación en el país o región, y otras entidades u organizaciones involucradas en la operación del equipo. Cada tipo de aeronave, según su categoría y uso, estará sujeto a regulaciones específicas. Cada situación es única y, en muchos casos, las aeronaves más antiguas son

retiradas de las flotas en lugar de someterlas a un mantenimiento extenso debido a los altos costos involucrados. Es importante conocer las regulaciones locales para llevar a cabo las tareas de mantenimiento aeronáutico de acuerdo con lo establecido por la ley.

### **Mantenimiento preventivo**

Como señala (Astros, 2016), el mantenimiento preventivo se realiza de manera regular para reducir la posibilidad de fallas en una aeronave. Este tipo de mantenimiento se limita a tareas que no involucran operaciones de montaje complejas. Cada fabricante proporciona un manual que detalla las tareas de mantenimiento preventivo. Es importante que todos los pilotos que realicen mantenimiento preventivo registren la actividad en la bitácora. Esta entrada debe incluir información como una descripción del trabajo realizado, la fecha de finalización, el nombre y firma del piloto, así como el número y tipo de certificado del piloto.

Para llevar un registro de mantenimiento en varias aeronaves, es recomendable utilizar un software especializado que permita especificar fichas individuales, programar tareas, monitorear equipos y organizar un plan de mantenimiento con notificaciones y alertas. Un programa completo de operaciones planificadas y preventivas debe tener en cuenta varios factores, como los requisitos del fabricante, las regulaciones aplicables, los plazos de cumplimiento, la disponibilidad de recursos y la programación de mantenimiento dentro de las ventanas de tiempo establecidas.

Un mantenimiento preventivo se divide en:

- Límite de tiempo (hard time)
- Por condición (On condition)

### **Límite de tiempo (Hard time)**

Se llevan a cabo inspecciones periódicas en intervalos de tiempo establecidos previamente, lo que implica un límite máximo para realizar tareas de mantenimiento. Algunas



piezas tienen asignado un período específico en horas de vuelo o tiempo calendario, indicando cuándo deben ser reemplazadas o retiradas.

- Vida límite: Cuando un componente ha alcanzado su vida útil o ha vencido, se procede a reemplazarlo sin llevar a cabo inspecciones adicionales. En este caso, no se realiza ninguna evaluación, sino simplemente se sustituye la pieza por una nueva.
- Overhaul: Cuando un componente ha acumulado un cierto número de horas de funcionamiento, se realiza un overhaul lo que implica un mantenimiento exhaustivo del componente. Este tipo de mantenimiento se considera el más completo para los componentes, ya que implica inspecciones detalladas y trabajos especiales.

### **Por condición (On condition)**

Son inspecciones repetitivas o pruebas que permiten determinar la condición de un componente, se realizan de manera periódica para evaluar el estado de una unidad, sistema o parte de la estructura.

### **Mantenimiento predictivo**

El mantenimiento predictivo es una estrategia de mantenimiento que utiliza la lectura de instrumentos, además de la medición o verificación de ciertos parámetros, como sensores y análisis de datos, para monitorear y predecir el estado y el rendimiento de los equipos o sistemas de una aeronave.

El objetivo del mantenimiento predictivo es prever y evitar posibles fallas o averías antes de que ocurran, lo que permite realizar intervenciones de mantenimiento de manera oportuna y planificada. Esta metodología se basa en la recopilación continua de datos en tiempo real, que

luego se analizan utilizando algoritmos y técnicas de aprendizaje automático para identificar patrones y anomalías que puedan indicar problemas futuros.

El mantenimiento predictivo puede ayudar a maximizar la disponibilidad operativa de las aeronaves, reducir los costos de mantenimiento y minimizar los tiempos de inactividad no planificados. Al anticiparse a posibles fallas, se pueden programar las tareas de mantenimiento de manera más eficiente, optimizando los recursos y evitando interrupciones en las operaciones.

### **Mantenimiento correctivo**

(Mancuzo, 2020) refiere que, los mantenimientos correctivos se llevan a cabo cuando se identifica una avería en la aeronave. Estas reparaciones suelen ser de naturaleza compleja y se realizan para garantizar la seguridad y la aeronavegabilidad del avión. Es decir, se trata de las labores de reparación, sustitución, modificación y alteración que se llevan a cabo cuando los componentes de la aeronave han sufrido daños, fallas o necesitan ser desmontados. El objetivo principal es restablecer el equipo a su estado normal de funcionamiento, garantizando su capacidad para volar de manera segura.

Las reparaciones menores pueden ser autorizadas para volver a poner en servicio la aeronave mediante una entrada en los registros de mantenimiento, la cual debe ser firmada por un mecánico certificado. Estas operaciones deben superar las inspecciones previas al vuelo y deben ser realizadas por técnicos debidamente certificados por una entidad de reparación acreditada.

### **Inspecciones**

En base a la 14 CFR, se determina que se debe realizar una inspección periódica de todas las aeronaves civiles para determinar su estado general, con intervalos específicos que

dependen principalmente del tipo de operaciones que realizan. Por lo tanto, se debe realizar una inspección antes de cada vuelo. Los técnicos de mantenimiento de la aviación deben llevar a cabo inspecciones más detalladas al menos una vez al año, mientras que otros intervalos de inspección están establecidos en base a las 100 horas de vuelo.

En ciertos casos, se puede implementar un sistema que permita una inspección completa de la aeronave durante un período de tiempo determinado, ya sea en términos de calendario o de horas de vuelo.

### **Inspección de preflight**

Cuando los pilotos operan una aeronave, se les exige seguir una lista de comprobación detallada que se encuentra en el Manual de Operaciones del Piloto (POH). La sección inicial de esta lista se denomina "Inspección previa al vuelo". En esta sección, se incluye una serie de elementos que deben ser visualmente inspeccionados por el piloto mientras realiza un recorrido por el avión. Después de cada vuelo, se recomienda que el piloto o un mecánico realice una inspección posterior al vuelo para identificar posibles problemas que puedan requerir reparación o mantenimiento antes del siguiente vuelo.

### **Inspecciones anuales (100 horas)**

Las regulaciones de la 14 CFR parte 91 establecen los requisitos básicos para las inspecciones anuales y las inspecciones de 100 horas. En términos generales, todas las aeronaves, con algunas excepciones, deben someterse a una inspección completa una vez al año. Sin embargo, las aeronaves utilizadas con fines comerciales, como el transporte de pasajeros o la instrucción de vuelo para alquiler, y que se espera que tengan un mayor uso, deben someterse a una inspección completa cada 100 horas de vuelo. Los detalles específicos sobre los elementos que deben incluirse en estas inspecciones se pueden encontrar en el Apéndice D de la parte 43 de las regulaciones.

## **Inspecciones progresivas**

Para minimizar el tiempo de inactividad que implica una inspección anual exhaustiva, se pueden utilizar programas de inspección alternativos. Un ejemplo de ello es el programa de inspección progresiva, el cual permite dividir el alcance y los detalles de una inspección anual en segmentos o fases (normalmente de cuatro a seis). Al completar todas las fases, se cumple con los requisitos de la inspección anual.

La principal ventaja de este programa es que cada segmento requerido puede completarse en un corto periodo de tiempo, incluso de un día para otro, lo que permite que la aeronave siga volando diariamente sin perder oportunidades de generación de ingresos. Los programas de inspección progresiva incluyen elementos rutinarios, como los cambios de aceite del motor, así como elementos más detallados, como la inspección minuciosa de los cables de control de vuelo. Los elementos rutinarios se realizan en cada inspección por fases, mientras que los elementos detallados se enfocan en la inspección exhaustiva de áreas específicas y generalmente se llevan a cabo una vez por ciclo.

Es importante tener en cuenta que un ciclo completo de inspección progresiva debe finalizarse en un plazo de 12 meses. Si no se completan todas las fases requeridas dentro de este período, las inspecciones de las fases restantes deben realizarse antes de que transcurra el duodécimo mes desde la finalización de la primera fase.

## **Inspección continua**

Los programas de inspección continua son similares a los programas de inspección progresiva, pero estos se encuentran destinados a aeronaves de mayor tamaño o con propulsión de turbina, lo que los hace más complejos. Al igual que los programas de inspección progresiva, estos programas requieren la aprobación de la FAA. La solicitud de aprobación se basa en el tipo de operación y en las regulaciones del Código de Regulaciones Federales (CFR) bajo las cuales opera la aeronave.

De acuerdo con la (FAA, Aviation Maintenance Technician Handbook-General, 2018), las aerolíneas emplean un programa de mantenimiento continuo que incluye tanto inspecciones rutinarias como inspecciones detalladas. Sin embargo, las inspecciones detalladas pueden variar en su nivel de exhaustividad. A menudo se denominan "check A", "check B", "check C" y "check D", y cada uno implica un mayor nivel de detalle. Los check A son los menos exhaustivos y se llevan a cabo con mayor frecuencia, mientras que los check D son extremadamente minuciosos e implican el desmontaje, la retirada, la revisión y la inspección exhaustiva de sistemas y componentes. Por lo general, los check D se realizan de tres a seis veces durante la vida útil de una aeronave

### **Inspecciones no destructivas**

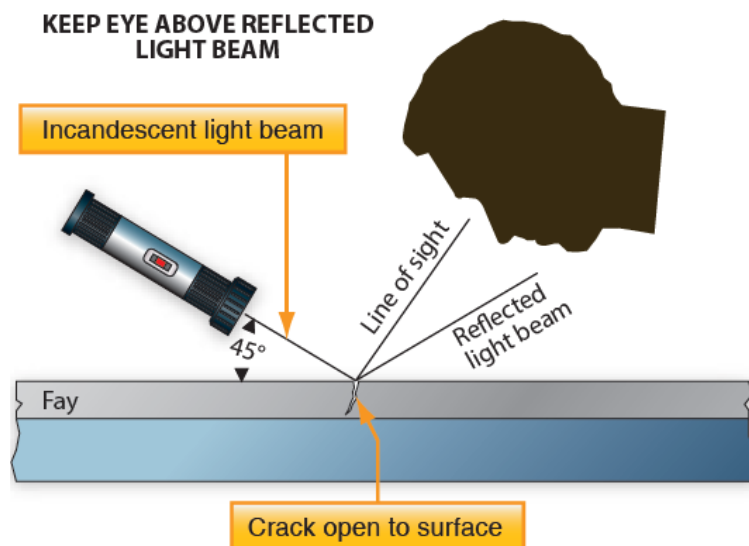
Las inspecciones no destructivas (NDI) o ensayos no destructivos (NDT) cuentan con el objetivo de evaluar la aeronavegabilidad de un componente sin causar daños que lo harían no apto para el vuelo. Algunos de estos métodos son simples y requieren poco conocimiento adicional, mientras que otros son más avanzados y requieren que los técnicos tengan una formación y certificación especializada.

### **Inspección visual**

La inspección visual puede ser complementada utilizando una luz, una lupa y un espejo, de tal forma que se aprecien áreas sospechosas. En ocasiones, los defectos pueden ser tan evidentes que no es necesario recurrir a otros métodos de inspección. Sin embargo, en ciertas ocasiones la falta de defectos visibles no garantiza la ausencia de realizar inspecciones adicionales. Algunos defectos pueden encontrarse debajo de la superficie o ser tan pequeños que el ojo humano no puede observar incluso con la ayuda de una lupa.

## Figura 17

### Inspección visual



Nota. Tomado de FAA Handbook

### Inspección de líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes es una técnica no destructiva que se utiliza para identificar defectos superficiales en piezas de cualquier material no poroso. Esta técnica es efectiva en metales como aluminio, magnesio, latón, cobre, hierro fundido, acero inoxidable y titanio, así como en cerámica, plásticos, caucho moldeado y vidrio.

El objetivo de la inspección por líquidos penetrantes es detectar defectos como grietas superficiales, porosidad y falta de unión entre metales unidos. Estos defectos pueden ser causados por diferentes factores, como grietas por fatiga, contracción, cortes en frío, rectificado, tratamiento térmico, costuras, solapes de forja y estallidos. Es importante tener en cuenta que la inspección por líquidos penetrantes solo puede detectar defectos que se encuentren abiertos a la superficie, ya que el líquido penetrante necesita penetrar en ellos.

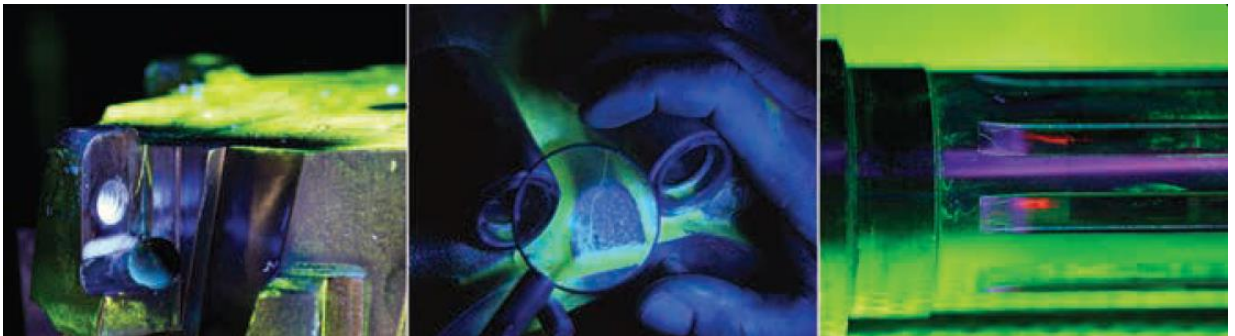
Los pasos para llevar a cabo una inspección por líquidos penetrantes son los siguientes:

- 1) Limpiar minuciosamente la superficie metálica.

- 2) Aplicar el líquido penetrante.
- 3) Eliminar el exceso de líquido penetrante utilizando un emulsionante removedor o un limpiador.
- 4) Secar la pieza.
- 5) Aplicar el revelador.
- 6) Inspeccionar e interpretar los resultados obtenidos

### Figura 18

#### *Inspección de líquidos penetrantes*



*Nota.* Tomado de FAA handbook

### Inspección de Eddy Current

Las corrientes de Foucault están compuestas por electrones libres que, bajo la influencia de un campo electromagnético inducido, se desplazan a través del metal. Estas corrientes se utilizan para la detección de grietas superficiales, picaduras, grietas subsuperficiales, corrosión en superficies internas, así como para determinar el estado de la aleación y el tratamiento térmico de un material.

Cuando una corriente alterna (CA) pasa a través de una bobina, se genera un campo magnético alrededor de ella. Este campo magnético induce un voltaje de polaridad opuesta en la bobina, que se opone al flujo de corriente original. Si esta bobina se coloca de tal forma que el campo magnético atraviese una muestra conductora, se generan corrientes de Foucault en dicha muestra. Estas corrientes parásitas crean un campo propio que modifica la oposición del

campo magnético original al flujo de corriente original. La respuesta de la muestra a las corrientes de Foucault determina la intensidad de corriente que fluye a través de la bobina.

### **Inspección ultrasónica**

La inspección ultrasónica es una técnica no destructiva la cual utiliza energía sonora para detectar defectos mediante las pruebas. Esta energía sonora se propaga a través de la muestra y se muestra en una pantalla de visualización, como un tubo de rayos catódicos, una pantalla de cristal líquido (LCD) o monitor. Las indicaciones de los defectos en la superficie frontal y trasera, así como las condiciones internas y externas, aparecen como señales verticales en la pantalla.

Los equipos de detección ultrasónica permiten localizar y evaluar defectos en una variedad de materiales. Este tipo de instrumento requiere acceso a la superficie de la muestra y puede identificar grietas minúsculas, discontinuidades y huecos que pueden ser demasiado pequeños para ser detectados mediante rayos X. Se utilizan diferentes técnicas de prueba, como el haz recto o el haz angular, para localizar estos defectos y evaluar la integridad del material.

### **Inspección por partículas magnéticas**

La inspección por partículas magnéticas es un método utilizado para detectar defectos, como grietas invisibles, en materiales ferromagnéticos como el hierro y el acero. Sin embargo, no es aplicable a materiales no magnéticos.

El proceso de inspección por partículas magnéticas implica magnetizar la pieza y luego aplicar partículas ferromagnéticas en la superficie que se desea inspeccionar. Estas partículas, que actúan como un medio indicador, pueden suspenderse en un líquido y ser rociadas sobre la pieza, sumergir la pieza en un líquido de suspensión o espolvorear partículas en forma de polvo seco sobre la superficie. El método más comúnmente utilizado en la inspección de piezas



de aeronaves es el procedimiento húmedo, donde las partículas ferromagnéticas se suspenden en un líquido que se hace fluir sobre la pieza. Durante el proceso de inspección, las partículas magnéticas se acumulan en las áreas donde se encuentran defectos, lo que permite identificar su ubicación y tener una idea aproximada de su tamaño y forma. Este método de inspección es eficaz para detectar rápidamente defectos superficiales o cercanos a la superficie.

### **Inspección radiográfica**

Las técnicas de inspección radiográfica se emplean para detectar defectos o fallos en estructuras de fuselajes o motores sin necesidad de desmontaje. La radiografía permite examinar la estructura sin alteraciones mayores. Sin embargo, debido a los riesgos de radiación asociados con los rayos X, es necesario contar con una amplia formación para convertirse en un radiógrafo calificado. Solo los radiógrafos calificados tienen la capacidad de manejar las unidades de rayos X de manera segura.

El proceso de rayos X consta de tres etapas principales:

- Exposición a la radiación, incluida la preparación previa
- Procesamiento de la película radiográfica
- Interpretación de las imágenes resultantes.

La exposición a la radiación implica tomar las precauciones necesarias para asegurar una exposición adecuada y segura, mientras que el procesamiento de la película radiográfica se lleva a cabo siguiendo procedimientos específicos para revelar y fijar la imagen. (FAA, Aviation Maintenance Technician Handbook-General, 2018)

### **CPCP (Programa de prevención y control de corrosión)**

Se realiza un CPCP con el fin de preservar la resistencia de la aeronave frente a los efectos corrosivos causados por el deterioro gradual debido a factores como la edad y la

interacción química y ambiental. Este programa se aplica a las estructuras que son capaces de tolerar daños y que tienen una vida útil determinada. El objetivo del programa es mantener la corrosión de la aeronave bajo el Nivel de Corrosión 1 o superior.

El Programa de Prevención y Control de la Corrosión (CPCP) debe basarse en un análisis de Ingeniería de Diseño (ED), tomando en consideración el entorno típico de operación de la aeronave. Si en alguna inspección se detecta que la corrosión excede el Nivel 1, el operador debe revisar el programa de control de corrosión correspondiente al área afectada, con el objetivo de garantizar que se alcance el Nivel de Corrosión 1 o un nivel de protección superior.

Un CPCP consta de una tarea básica de inspección de corrosión, áreas específicas de trabajo, niveles de corrosión definidos y plazos de cumplimiento que establecen cuándo se deben llevar a cabo las tareas (umbrales de implementación e intervalos de repetición). (EASA, 2013)

Como señala la (FAA, 2016), cada Programa de Prevención y Control de la Corrosión (CPCP), ya sea originalmente requerido por una Directiva de Aeronavegabilidad (AD) o posteriormente incorporado al Documento de Mantenimiento del Programa (MPD) de una aeronave, establece ciertas definiciones clave para establecer los fundamentos y puntos de referencia del programa. La corrosión es un proceso progresivo y tiende a empeorar a medida que penetra en la estructura metálica afectada. Por lo tanto, se han establecido diferentes niveles de corrosión: el nivel 1 es el menos grave, el nivel 2 representa un problema cada vez más significativo y el nivel 3 es el más severo.

Un CPCP está compuesto por una tarea de inspección básica para la corrosión, áreas específicas de trabajo, niveles definidos de corrosión y plazos de cumplimiento (umbrales de implementación e intervalos de repetición).

Un operador de aeronaves tiene la opción de adoptar el Programa de Línea Base proporcionado por el fabricante del tipo de aeronave, o puede decidir desarrollar su propio Programa de Prevención y Control de la Corrosión (CPCP). En caso de que no haya un programa disponible del TCH, el operador puede estar obligado a desarrollar su propio CPCP.

Al desarrollar su propio CPCP, el operador puede colaborar con otros operadores para crear un Programa, el cual puede ser utilizado por todos los operadores dentro del grupo. Sin embargo, antes de que el operador pueda implementar el CPCP en su programa de mantenimiento o inspección, debe obtener la revisión y aprobación de la autoridad competente.

Teniendo en cuenta a (SOFEMA, 2021), el operador debe demostrar que el CPCP aborda de manera integral toda la corrosión que podría afectar a la estructura primaria y que es sistemático en su enfoque. Esto implica que el CPCP debe incluir procedimientos paso a paso que se apliquen regularmente a cada área o zona de tareas identificadas. Además, estos procedimientos deben ser ajustados cuando se evidencia que la corrosión no se está controlando a un nivel aceptable establecido, es decir, al Nivel 1 o superior.

## **Corrosión**

La corrosión en las aeronaves se refiere al proceso de deterioro de las partes metálicas debido a la interacción con agentes químicos y ambientales. Aunque la corrosión del aluminio no presenta el típico color rojizo asociado con el óxido, puede manifestarse inicialmente como una capa blanquecina o grisácea en la superficie del aluminio. Con el tiempo, la corrosión progresa y puede ocasionar daños más severos, como la formación de picaduras, y eventualmente puede llevar a la degradación del metal. Si no se toman medidas para abordar la corrosión, puede comprometer la integridad estructural de la aeronave.

## **Tipos de corrosión**

### **Ataque superficial uniforme**

Este tipo de corrosión es frecuente y ocurre cuando el metal se expone al oxígeno presente en el aire, por ejemplo, cuando la capa de pintura se desprende de las alas o el fuselaje de la aeronave o la falta de una adecuada preparación antes de la aplicación de la pintura en la fábrica, así como la exposición a vapores, ácidos, contaminantes o altos niveles de humedad, aceleran el proceso de deterioro.

### **Figura 19**

*Corrosión superficial*



*Nota.* Tomado de Aeronautics Guide

### **Corrosión intergranular**

Este tipo de corrosión suele ser más pronunciado en aleaciones de la serie 7000, que contienen zinc en cantidades significativas. Estas aleaciones se utilizan en componentes de alta resistencia de las aeronaves, como largueros de alas y estructuras similares. Aunque este tipo de corrosión no es común, cuando se presenta, es especialmente perjudicial ya que es difícil de detectar y, una vez que se observa, ya es demasiado tarde: el metal afectado se encuentra en un estado avanzado de deterioro.

**Figura 20***Corrosión intergranular*

*Nota.* Tomado de Aeronautics Guide

**Corrosión por tensión**

La corrosión por tensión es un tipo de deterioro que puede ocurrir en partes de una aeronave que están sometidas a grandes esfuerzos, como el tren de aterrizaje o los cigüeñales del motor. A diferencia de otros tipos de corrosión, este tipo puede desarrollarse a partir de un simple rasguño o corrosión superficial, lo que lo convierte en un problema potencialmente peligroso.

La corrosión por tensión representa un desafío en términos de detección y prevención, ya que puede ser difícil de identificar mediante inspecciones visuales regulares. Requiere técnicas de inspección avanzadas, como pruebas no destructivas, para evaluar adecuadamente la integridad de las partes sometidas a tensiones críticas. Además, es fundamental implementar programas de mantenimiento preventivo y control de la corrosión para monitorear de cerca estas áreas y tomar medidas correctivas oportunas.

**Figura 21****Corrosión por tensión**

*Nota.* Tomado de Aeronautics Guide

**Corrosión por grietas o depósitos**

La corrosión por grietas o depósitos es un fenómeno que puede manifestarse en diversos lugares donde se acumula humedad o contaminantes. Este tipo de corrosión puede ser especialmente problemático en áreas donde hay juntas de piel traslapadas o remaches expuestos a un ambiente propenso a la acumulación de sustancias como el aceite.

Cuando la humedad o los contaminantes quedan atrapados en estas áreas, se crea un entorno propicio para que la corrosión se desarrolle. La presencia de agua, aceite u otros compuestos corrosivos puede dañar gradualmente el metal y comprometer su integridad estructural. En el caso de las juntas de piel traslapadas, la corrosión puede penetrar entre las capas de metal, debilitando la unión y causando daños adicionales.

**Corrosión filiforme**

Según (AOPA, 2001), La corrosión filiforme es un tipo específico de corrosión que suele afectar a las superficies de aluminio que no han sido preparadas adecuadamente antes de aplicar pinturas de poliuretano. En este caso, la corrosión se presenta en forma de líneas delgadas y serpentinadas que se desarrollan debajo de la capa de pintura, lo que eventualmente conduce a la formación de burbujas y descamación en la superficie.

Dicho fenómeno corrosivo puede resultar especialmente problemático en ambientes húmedos o con alta humedad relativa, ya que favorecen la proliferación de la corrosión filiforme. A medida que la corrosión filiforme avanza, las burbujas y la descamación de la pintura se hacen evidentes en la superficie afectada.

## **Figura 22**

### *Corrosión filiforme*



*Nota.* Tomado de Aeronautics Guide

## **Corrosión por fatiga**

La corrosión por fatiga implica la aplicación repetitiva de tensiones y la presencia de un ambiente corrosivo. Los metales tienen la capacidad de soportar tensiones cíclicas durante un número infinito de ciclos siempre que la tensión se mantenga por debajo del límite de resistencia del metal. Sin embargo, una vez que este límite es superado, el metal comienza a agrietarse y eventualmente falla debido a la fatiga.

## **Corrosión galvánica**

La corrosión galvánica ocurre cuando dos metales diferentes entran en contacto eléctrico en presencia de un medio conductor, como un líquido o la humedad del ambiente. La velocidad de corrosión está determinada por la diferencia en las actividades electroquímicas de los metales involucrados. Cuanto mayor sea la diferencia de actividad, más rápido se producirá la corrosión galvánica.

(AERONAUTICS GUIDE) menciona que, la tasa de corrosión galvánica también está influenciada por el tamaño de las superficies metálicas en contacto. Si el área superficial del metal que se corroerá es menor que el área superficial del metal menos activo, la corrosión será rápida y tendrá un impacto severo. Por otro lado, cuando el metal que se corroerá es más grande que el metal menos activo, la corrosión será más lenta y superficial.

### **Figura 23**

#### *Corrosión galvánica*



*Nota.* Tomado de Aeronautics Guide

#### **Niveles de corrosión**

1. Corrosión de nivel 1: se refiere al daño localizado que ocurre entre inspecciones sucesivas y que puede ser reparado o atenuado dentro de los límites permitidos establecidos por el fabricante en el manual de reparación estructural (SRM), boletines de servicio, entre otros.
2. Corrosión de nivel 2: es un tipo de daño que se produce entre inspecciones sucesivas y requiere un proceso de reparación o mitigación que excede los límites permitidos por el fabricante. En estos casos, es necesario llevar a cabo una reparación o reemplazo parcial o total de un componente estructural principal.



3. Corrosión de nivel 3: es un daño identificado durante la primera inspección o en inspecciones posteriores, que el operador determina que representa un problema potencial para la aeronavegabilidad y requiere una acción rápida y efectiva para abordar el problema.

### **Zonas propensas a la corrosión**

La corrosión tiende a afectar áreas específicas de las aeronaves con mayor frecuencia, estas áreas propensas a daños corrosivos incluyen:

- Pozos de las ruedas
- Tren de aterrizaje
- Compartimentos de la batería
- Aberturas de ventilación
- Los flaps de las alas
- Zonas frontales del motor y la hélice.

Como menciona (HARTZELL PROPELLER, 2019), los puntos mas expuestos a la corrosión, son los siguientes:

Los alojamientos de las ruedas y el tren de aterrizaje: susceptibles a la corrosión debido a su exposición constante a la humedad y los contaminantes presentes en el ambiente de operación.

Los compartimentos de la batería y las aberturas de ventilación: propensos a la corrosión, ya que la presencia de ácidos y humedad puede acelerar los procesos corrosivos.

Los flaps de las alas: propensos debido a su constante movimiento y exposición a condiciones ambientales variables, lo que los convierte en áreas propicias para el desarrollo de la corrosión.

Las áreas frontales del motor y la hélice: se encuentran expuestas a factores corrosivos debido a la presencia de humedad, gases y productos químicos relacionados con la combustión.

### **Inhibidores de corrosión**

Un inhibidor de corrosión es un compuesto químico diseñado para prevenir o reducir los efectos de la corrosión en metales expuestos en ambientes desfavorables dentro de una aeronave. Estos inhibidores actúan al crear una capa protectora o recubrimiento en la superficie metálica, que evita que los agentes corrosivos entren en contacto directo con el metal.

Los inhibidores de corrosión pueden agregar agua o ácidos en concentraciones precisas para formar una película protectora en la superficie del metal expuesto. Esta película actúa como una barrera que evita que la corrosión se produzca o se propague. Los inhibidores pueden aplicarse mediante recubrimientos, aditivos en líquidos de enfriamiento, lubricantes u otros productos químicos.

Es importante tener en cuenta que existen diferentes tipos de inhibidores, cada uno con sus propias aplicaciones y consideraciones específicas. Al elegir un inhibidor de corrosión para una aeronave, es importante tomar en cuenta diversos factores como el:

- Tipo de metal expuesto
- Entorno operativo
- Durabilidad requerida

### **Inhibidor anódico**

Un inhibidor anódico es un tipo de sustancia que crea una capa protectora en la interfaz entre el metal y el electrolito con el objetivo de prevenir la corrosión. Estos inhibidores se basan

en el principio de adsorción de la superficie, formando una película delgada sobre el metal que posee propiedades de polarización anódica, lo que impide la corrosión. Esta película actúa como una barrera que bloquea las reacciones electroquímicas y evita que las superficies metálicas se disuelvan en la solución corrosiva.

Los inhibidores anódicos utilizan compuestos como cromatos, tungstos, molibdatos y nitratos para lograr su función protectora. Estos compuestos se adhieren a la superficie del metal y crean una película delgada que actúa como una capa defensiva frente a los agentes corrosivos. Al formar esta película, se interrumpe el proceso de corrosión y se evita el daño en el metal.

### **Inhibidor catódico**

Un inhibidor catódico utiliza el mismo principio que un inhibidor anódico para detener la reacción electroquímica asociada con la corrosión. Sin embargo, en lugar de reaccionar en los extremos anódicos, el inhibidor catódico actúa en el extremo catódico del proceso de corrosión.

Los inhibidores catódicos contienen compuestos orgánicos como fosfonatos y polifosfatos de calcio, iones de zinc, naftoles, compuestos fenólicos, gelatina y tanino, entre otros. Estos compuestos se encuentran comúnmente en los inhibidores de corrosión catódica. Cuando se aplican, los inhibidores catódicos generan un compuesto insoluble y no conductor que forma una capa protectora sobre la superficie metálica.

### **Inhibidor mixto**

Los inhibidores mixtos son mayormente usados ya que cuentan con una combinación efectiva de compuestos como cromato, fosfonatos y polifosfato de zinc, de tal forma que ayudan a prevenir tanto la corrosión anódica como la catódica. Estas sustancias actúan de manera integral para detener el proceso de corrosión en ambas direcciones, lo que proporciona una protección más completa y eficaz para los metales expuestos en entornos corrosivos.

### **Inhibidor de corrosión volátil (VCI)**

Los inhibidores de corrosión volátiles son sustancias químicas que utilizan compuestos volátiles, como la hidracina, para prevenir la corrosión en sistemas cerrados. (ORAPI)

Estos inhibidores se caracterizan por su capacidad para volatilizarse y transferirse a los sitios de corrosión en un ambiente cerrado (como calderas). Cuando se produce vapor, los compuestos volátiles se transfieren junto con él a los demás sitios, donde actúan como agentes protectores contra la corrosión.

Los inhibidores de corrosión volátiles son especialmente útiles en aplicaciones donde la prevención de la corrosión en sistemas cerrados es crítica. Al utilizar compuestos volátiles, estos inhibidores pueden alcanzar y proteger áreas difíciles de acceder dentro del sistema.

### **Filosofía MSG-3**

(SKY brary) menciona que, la filosofía MSG-3 también es conocida como maintenance steering group 3, el cual realiza un enfoque de mantenimiento preventivo basado en el análisis de datos y riesgos, ya que se utiliza para desarrollar programas de mantenimiento continuo para aeronaves.

El MSG-3 se centra en el análisis de la funcionalidad de los sistemas y componentes de una aeronave, en lugar de simplemente seguir un calendario de mantenimiento predefinido. Utiliza un enfoque basado en el desempeño y en la gestión de riesgos para determinar cuándo y cómo llevar a cabo tareas de mantenimiento.

Además, se basa en la identificación y clasificación de los efectos de falla de los sistemas y componentes, evaluando la probabilidad de ocurrencia de dichas fallas y los posibles impactos en la seguridad y operación de la aeronave. A partir de esta evaluación, se

establecen tareas de mantenimiento las cuales deben realizarse para prevenir o mitigar los riesgos identificados.

### **Pintura de la aeronave**

Como afirma (Paolomelo, 2022), pintar un avión es un proceso muy complejo que requiere hasta dos semanas de trabajo y a veces más de mil litros de pintura. Los revestimientos son ciertamente importantes para mejorar la estética, pero su función principal es en realidad proteger el avión contra la corrosión y mejorar sus propiedades aerodinámicas.

Según (Products Techniques, 2013), aproximadamente cada cinco o siete años, un avión de pasajeros debe someterse a una nueva fase de revestimiento para poder seguir volando. Pintar un avión es un proceso complejo, preciso y de varias fases que debe realizarse a la perfección para lograr resultados óptimos tanto estéticamente como, sobre todo, en términos de eficacia y seguridad.

### **Recubrimientos recomendados**

#### **Primer Acid Etching Wash**

Es una resina de polivinilo con ácido fosfórico. Cuando se aplica en forma de película fina, graba el metal y favorece la adherencia del primer. Esta fina película también proporciona una protección mínima contra la corrosión. Este primer se utiliza sobre todo en aluminio, pero también puede aplicarse en acero y magnesio.

Se trata de un primer de dos componentes, el compuesto A es la pintura y el compuesto B es el catalizador. La proporción de mezcla adecuada es de 4 partes de compuesto A por 1 parte de compuesto B por volumen. Se debe mezclar bien los dos componentes. La viscosidad del material mezclado debe ser acuosa. El primer Acid Etching Wash debe aplicarse muy fino para que se pueda ver el sustrato a través de la imprimación.

**Figura 24***Acid Etching Wash Primer*

*Nota.* Tomado de Aircraft Paint Application Manual

**Primer de cromato de Zinc**

Es un primer alquídico mono-componente de uso general formulada originalmente para cumplir la especificación militar TT-P-1757. El cromato de zinc es un primer que no se lija. Se utiliza sobre metales desnudos, raspados, lijados, ligeramente oxidados, chorreados y superficies previamente pintadas. Es un primer excelente que favorece la adherencia y tiene propiedades anticorrosivas superiores. El cromato de zinc actúa formando una capa pasiva que evita la corrosión cuando la humedad del aire hace que el cromato de zinc reaccione con el metal. El primer de Cromato de Zinc puede diluirse para su aplicación en una pistola: 8 partes de imprimación por 1 parte de diluyente. Al pulverizar este primer, se debe aplicar un espesor de 0,6 a 0,9 mil al sustrato. Aunque está formulada y pensada para superficies metálicas, esta imprimación también puede aplicarse a madera, materiales compuestos y cerámica de hormigón.

**Primer de fosfato de Zinc**

Es un primer alquídico, de un solo componente y de uso general. Es una alternativa menos peligrosa a la imprimación de cromato de zinc. Este primer tiene muchas de las mismas características beneficiosas que el Cromato de Zinc: no lija, inhibe el óxido y muestra excelentes propiedades de adhesión. El primer de fosfato de zinc puede diluirse para su aplicación a pistola: 8 partes de imprimación por 1 parte de diluyente, ya sea con acetona o con el diluyente. Al pulverizar este primer, se debe aplicar un espesor de 0,6 a 0,9 mil al sustrato. Este primer se puede aplicar a casi cualquier superficie, incluyendo metal, madera, materiales compuestos, hormigón, cerámica y más

**Primer Epoxy**

Es un primer de epoxi de altos sólidos que cumple normas MIL-PRF-23377. El primer de poliamida epoxi cuenta de dos componentes de curado catalítico y cura hasta formar una película impermeable extremadamente dura que resiste el amarilleamiento y el caleo. El primer tiene algunas de las mismas propiedades que los uretanos con características de adhesión mucho más fuertes. Proporciona la máxima protección y da un aspecto de acabado de alta calidad al metal, la madera, los compuestos y la mayoría de los materiales que se pueden recubrir. (Products Techniques, 2013)

**Recubrimiento de pintura**

Todos los colores de las capas de acabado se tiñen a partir de una base blanca o de color, en lugar de una base transparente. Por lo tanto, se necesitan menos capas de pintura. Esto significa menos peso en la aeronave. Antes de aplicar la capa de acabado, es importante agitar y mezclar bien todos los componentes.

### **Poliuretano de base acuosa**

Es un producto mono-componente de bajo VOC que ha sido formulado para su aplicación en el interior de una aeronave y como pintura de retoque exterior. Esta pintura ha sido formulada para cumplir y superar la norma MIL-PRF-81352 TYIII. Para realizar su mezcla se debe colocar 10 partes de pintura a 1 parte de agua destilada por volumen. Cuando se aplique el poliuretano al agua, es mejor aplicar primero una capa de niebla o de adherencia al sustrato y dejar secar durante 10 minutos. A continuación, se debe aplicar una capa gruesa de 1 mm. Si no se consigue una cobertura uniforme con la 2ª capa, se debe aplicar una 3ª capa de 0,6 - 0,9 mil.

### **Esmalte**

Las capas superiores de esmalte son pinturas mono componentes de alto rendimiento. Los esmaltes se pueden utilizar para aplicaciones interiores y exteriores y son excelentes cuando se utilizan como recubrimientos de retoque. Antes de aplicar esta pintura por pulverización se debe reducir 8 partes de esmalte a 1 parte de reductor. Cuando se aplica el esmalte es mejor primero rociar una niebla o capa de adherencia al sustrato y dejar secar durante 30 minutos. A continuación, se debe aplicar una capa gruesa de 1 mm.

### **Poliuretano PTI**

Es una formulación única de resinas de uretano de alto peso molecular que producen una película impermeable extremadamente dura que no amarillea ni se calcina y retiene el brillo incluso cuando se expone a la mayoría de disolventes, productos químicos, humos y luz solar. Este revestimiento puede aplicarse a casi cualquier superficie y es un sistema de poliuretano de nueva generación con alto contenido en sólidos que tiene una media del 79% de material sólido por galón mezclado. Cuando se mezcla correctamente, el poliuretano de PTI cubre un 20% más que la mayoría de los otros uretanos de alto contenido en sólidos del mercado. También tiene una lectura de brillo de 95 unidades de brillo y superior, lo que sitúa a este



recubrimiento entre los más altos de la industria. El poliuretano de PTI cumple la norma MIL-PRF-85285. El poliuretano PTI tiene un sistema de dos componentes, con una proporción de mezcla de 1 a 1 por volumen.

### **Métodos de remoción de pintura**

Existen tres métodos tradicionales para eliminar la pintura de una aeronave: el lijado, el chorreado de plástico y el decapado químico.

#### **Lijado**

El método que lleva más tiempo es lijar la superficie pintada hasta llegar al sustrato metálico. Este método requiere mucho trabajo, tiempo, polvo y, por lo general, no es recomendable. El método de lijado suele emplearse cuando el pintor intenta eliminar la capa superior, para permitir la adherencia entre la pintura vieja y la nueva o cuando la imprimación ha fallado y ya no se adhiere al sustrato metálico. El uso de este método requiere que la imprimación tenga una buena adherencia en la mayor parte de la aeronave. Cuando la adherencia ha fallado es importante lijar la imprimación levantada o agrietada y exponer el metal.

Como regla general, el área donde la imprimación se está levantando más un 20% en todos los lados debe ser lijada hasta que sólo vea imprimación con buena adherencia y metal limpio. Una vez hecho esto, se puede imprimir las zonas donde el metal está expuesto antes de aplicar la capa final de poliuretano.

El lijado para preparar la superficie para la pintura es común también para las superficies compuestas. Se comienza con papel de lija de grano 100. Se debe tener cuidado de no rayar el sustrato compuesto al lijar toda la pintura y la imprimación. Una vez que se haya

lijado la capa superior y se vea la imprimación, se cambia a un papel de lija de grano más fino para evitar daños (grano 240 o 320).

### **Chorreado de plásticos**

El chorreado de medios plásticos es rápido, pero requiere equipos caros y contención para evitar la contaminación ambiental debida a las virutas de pintura y el polvo que vuelan por el aire.

Normalmente, el chorreado con medios plásticos lo realiza un profesional con el equipo adecuado en una instalación de contención de escombros. Este método es eficaz en la mayoría de las superficies y se ha demostrado que produce menos daños visuales en las superficies compuestas que el lijado.

### **Decapado químico**

El decapado químico es el tercer método de despintado. El decapado químico exige un enmascaramiento adecuado para evitar daños a los componentes sensibles a los productos químicos abrasivos. Sustancias como: goma, silicona, pegamento, adhesivo, plástico, materiales compuestos y componentes electrónicos o aviónicos como equipos de radar y antenas necesitan ser protegidos. La cinta adhesiva y el papel estándar no son suficientes.

### **Decapante PTS-202**

PTS-202 - Lift Off™ es el removedor de pintura de peróxido de hidrógeno "ecológico" y tiene un PH neutro. Es biodegradable, no contiene contaminantes peligrosos para el aire, componentes clorados y no es ácido. Aunque este tipo de decapante se considera no peligroso, las pinturas que se eliminan no lo son debido a la presencia de metales pesados como el cromo y el plomo. La aplicación debe realizarse con un sistema de pulverización sin aire diseñado para materiales químicos de alta viscosidad. Sin embargo, también se puede

aplicar este producto con brocha, rodillo o inmersión, siempre que se consiga una capa consistentemente gruesa (3-4 mils) sobre toda la superficie pintada.

El decapante se adhiere fácilmente a la parte inferior de la aeronave y a las superficies verticales y horizontales. El PTS-202 actúa levantando la pintura como una película en aproximadamente 4-10 horas.

El PTS-202 actúa rompiendo la unión entre la imprimación y el sustrato, levantando la imprimación y la capa final como una sola película. Se diferencia de los decapantes a base de cloruro de metileno porque no reduce la pintura a un estado líquido. Esto hace que la eliminación final de la pintura y la imprimación sea fácil de limpiar con un limpiador a presión o una escobilla de goma. Puede utilizarse en acero, aluminio, magnesio, titanio, materiales compuestos, fibra de vidrio, cerámica, hormigón, piedra y madera.

### **Decapante PTI-PRG**

PTI-PRG es un removedor de pintura a base de cloruro de metileno que está destinado a eliminar eficazmente la mayoría de los revestimientos de alto rendimiento en 15 a 30 minutos después de la aplicación. Cuando se utiliza este producto, se debe tener cuidado de cubrir todo lo que no sea metal o metal pintado. PTI-PRG ablandará plásticos, compuestos, caucho y materiales similares. Este producto se considera alcalino y no causará efectos negativos como fragilización por hidrógeno, corrosión por inmersión o corrosión en sándwich si se utiliza de acuerdo con los datos técnicos.

Se puede aplicar PTI-PRG con un sistema de pulverización sin aire, brocha o rodillo (3-4 mils de espesor). El decapante muestra una excelente capacidad de adherencia sobre la panza del avión y las superficies verticales y horizontales. Después de que la pintura se haya levantado, se debe raspar la pintura con una escobilla de goma. Una vez raspada la pintura, se

encontrarán trozos que suelen estar en las costuras o alrededor de los remaches. Para estas zonas se debe utilizar un cepillo de alambre de latón para eliminar esas capas.

### **Preparación de la superficie**

La preparación de la superficie es la fase más importante y que más tiempo consume del proceso de pintado.

Para una adecuada seguridad se recomienda el uso de EPP como guantes, gafas, ropa protectora y mascarilla para minimizar la exposición a productos químicos, polvo y el impacto de los escombros.

Se debe eliminar todo el polvo de la superficie que se está pintando, del suelo y de la zona circundante antes y después de realizar cualquier trabajo en la superficie de la aeronave. Las siguientes funciones deben realizarse en un área limpia y bien ventilada con temperaturas que oscilen entre 60° y 100°F. En el caso de los metales, debe eliminarse completamente todo el óxido y/o la corrosión.

### **Lijado y preparación de la superficie**

Hay dos pasos fundamentales para conseguir una superficie de composite perfectamente lisa. En primer lugar, se debe disponer de herramientas de lijado del tamaño y la forma adecuados para el trabajo. En segundo lugar, debe tener la técnica adecuada. Se debe lijar en ángulos de 45 grados y utilizar las pasadas más largas posibles. El papel de lija que se necesitará para la mayor parte del trabajo es de grano 36. Se debe continuar con el de grano 80 para eliminar la suciedad más profunda. Luego, con grano 80 para eliminar arañazos profundos. Finalmente, con grano 120 o 240 para alisar la superficie y prepararla para la aplicación de la imprimación lijable.

Una vez finalizado el proceso de lijado, es importante eliminar todo el polvo de la superficie, el suelo y la zona circundante. Se debe aclarar a fondo la superficie con un limpiador.

### **Eliminación de corrosión**

En caso de existir corrosión, normalmente, existen limpiadores químicos. Con estos productos se rocía o se pasa un paño sobre la superficie y luego se friega. Al fregar la superficie metálica, se recomienda utilizar un material abrasivo, como las pastillas scotch brite. Esto no sólo ayuda a eliminar el óxido y la corrosión de las zonas afectadas, sino que también raya la superficie. La superficie raspada ayuda a promover la adhesión cuando se trata y luego imprimir la superficie.

El lijado es otro método utilizado para preparar la superficie. Se debe lijar la superficie con papel de lija de óxido de aluminio. Para corrosión de ligera a moderada, se debe utilizar papel de lija de grano 80 o 100. Una vez eliminado el óxido, se debe lijar la zona con papel de lija de grano 240 o 320 para alisar la zona. La corrosión excesiva puede requerir el uso de un proceso químico para eliminar la corrosión/óxido antes de lijar. La corrosión particularmente difícil puede requerir ciclos adicionales de limpieza química y lijado hasta que se tenga una superficie metálica limpia.

### **Preparación de la superficie**

Es importante lavar a fondo la superficie. Después de lavar y secar la superficie, se debe limpiar la superficie con MEK (metiletilcetona), acetona o IPA (alcohol isopropílico al 99%) para asegurarse de que se eliminan todos los aceites, grasas, adhesivos y otras películas contaminantes.

Cuando la superficie esté completamente seca, se podrá retirar las pequeñas partículas de polvo y suciedad con un trapo, de tal forma que se roce suavemente la superficie.

## Métodos de aplicación

### Inmersión

La aplicación por inmersión es un proceso que se suele realizar cuando hay que recubrir un gran número de piezas pequeñas. Este proceso requiere un tanque que le permita sumergir completamente la pieza en el revestimiento. Una vez que la pieza se ha retirado del tanque de inmersión, se recomienda colgar la pieza sumergida en bastidores con alambre de atar hasta que el revestimiento se seque por completo. Esta aplicación es más popular con revestimientos de tipo imprimación, pero también puede realizarse con revestimientos de acabado.

### Figura 25

*Método de pintado por inmersión*



*Nota.* Tomado de PortalAutomotriz

### Cepillado

El cepillado es el método de aplicación más utilizado para pintar pequeñas áreas de retoque o cuando se aplica pintura en espacios reducidos y cerrados. Antes de comenzar la aplicación se debe confirmar que la brocha es compatible con la pintura que se está aplicando.

Por ejemplo, si se va a aplicar una pintura con base de disolvente o de aceite, hay que asegurarse de que la brocha no está pensada para revestimientos con base de agua o al agua.

### **Pulverización**

La pulverización es el método más común y el preferido para conseguir el mejor producto acabado en superficies grandes y pequeñas de forma eficaz. Todos los sistemas de pulverización tienen la misma característica básica. Debe haber una cantidad suficiente de aire procedente del compresor para pulverizar el volumen de pintura necesario. Se necesita un bote a presión, depósito, tanque o vaso para alojar y suministrar el material de pintura. Por último, una pistola o dispositivo que aplique correctamente la pintura al sustrato y que permita al usuario controlar el caudal de aire y el volumen de pintura que sale de la pistola para que la pintura se atomice en una pulverización o nube uniforme que permita conseguir un acabado liso. Los sistemas de pulverización convencionales necesitan trampas de agua y filtros de aceite incorporados en la línea de suministro de aire para eliminar la humedad y los contaminantes. Las trampas y los filtros deben mantenerse para que funcionen eficazmente.

### **Figura 26**

*Método de pintado por pulverización*



*Nota.* Tomado de General Paint

1. Aerosoles: Aunque esta sección pretende tratar principalmente los sistemas de pulverización convencionales y HVLP, las latas de aerosol tienen todas las

- características enumeradas anteriormente. El propulsor de la lata es el suministro de aire, la propia lata es el depósito y la válvula y la boquilla son el dispositivo de aplicación. Sin embargo, debido a la pequeña cantidad de pintura que contienen, los botes de aerosol suelen utilizarse sólo para pequeñas piezas y retoques. También encontramos que las pinturas envasadas en latas de aerosol suelen ser productos de un solo componente, como lacas, esmaltes, alquidálicos, etc. Pintar el exterior de un avión con pintura mono-componente debería limitarse a retoques. Es posible obtener materiales de dos componentes en una lata de aerosol a través de 2 métodos diferentes. En primer lugar, se puede adquirir el producto, es decir, epoxis y poliuretanos, en una lata destinada a material de dos componentes. Estas latas requieren que se abra una válvula en la parte inferior de la lata para liberar el catalizador en la pintura. Estos botes tienen una vida útil y un tiempo de conservación cortos y son muy caros para la cantidad de material que contienen.
2. Sistema de pulverización convencional: Existen varios tipos de equipos para este sistema: alimentación por presión, alimentación por gravedad y alimentación por sifón. El equipo de pulverización convencional se aplica normalmente utilizando un compresor para suministrar aire a 20 a 50 PSI dependiendo de la pistola. El tamaño del área que va a pintar determinará qué tipo de contenedor de material y/o pistola va a utilizar. Para piezas pequeñas, áreas pequeñas o molduras, puede que desee utilizar una pistola de alimentación por gravedad o de sifón.
  3. Pistolas de alimentación por gravedad y sifón: tienen un recipiente de pintura integrado que suele contener hasta 1 cuarto de galón o 32 onzas de material. El recipiente puede estar montado en la parte superior de la pistola, que es una alimentación por gravedad, o debajo, donde el material de pintura se alimenta a la punta y la boquilla de la pistola con la presión de aire del compresor o alimentación por sifón. Las pistolas de alimentación por gravedad, como se ha indicado



anteriormente, tienen el depósito de suministro de pintura montado en la parte superior de la pistola. El operario puede realizar ajustes finos entre la presión de atomización y el caudal de fluido y utilizar todo el material de la copa. La pistola de alimentación por sifón es un dispositivo convencional que resulta familiar a la mayoría de los pintores. El aire regulado pasa a través de la pistola y extrae la pintura del recipiente de suministro. El fluido y el aire se mezclan fuera del cabezal atomizando el material, lo que, al igual que la pistola de alimentación por gravedad, la convierte en una pistola de mezcla externa

### **Figura 27**

*Pistola de pintura por gravedad*



*Nota.* Tomado de Jucarsa

### **Tornillos**

De acuerdo con la (FAA, Aviation Maintenance Technician Handbook-General, 2018), los tornillos son los dispositivos de fijación más utilizados en los aviones. Se diferencian de los pernos porque suelen estar fabricados con materiales de menor resistencia. Pueden instalarse con una rosca suelta. Las formas de la cabeza están hechas para enganchar un destornillador o una llave. Algunos tornillos tienen un agarre definido o una parte no roscada, mientras que

otros están roscados en toda su longitud. Varios tipos de tornillos estructurales difieren de los pernos estructurales estándar sólo en el estilo de la cabeza. El material que contienen es el mismo y tienen una longitud de agarre definida. El tornillo de cabeza de arandela AN525 y las series NAS220 a NAS227 son tornillos de este tipo. Los tornillos de uso común se clasifican en tres grupos:

1. Tornillos estructurales: tienen la misma resistencia que los pernos de igual tamaño.
2. Tornillos de máquina: incluyen la mayoría de los tipos utilizados para reparaciones generales.
3. Tornillos auto-rroscentes: se utilizan para fijar piezas más ligeras.
4. Tornillos de arrastre no son tornillos, sino clavos. Se clavan en piezas metálicas con un mazo o martillo y sus cabezas no están ranuradas ni empotradas.

### **Identificación y codificación de los tornillos**

Existen tornillos AN y NAS. Los tornillos NAS son tornillos estructurales. Los números de pieza 510, 515, 550, etc., clasifican los tornillos por clases, como cabeza redonda, cabeza plana, cabeza de arandela, etcétera. Las letras y los dígitos indican la composición del material, la longitud y el grosor. Ejemplo:

AN501B-416-7

AN = Air Force Navy Standard

501 = cabeza de relleno, rosca fina B = latón

416 = 4/16 pulgadas de diámetro

7 = 7/16 pulgadas de longitud

- La letra "D" en lugar de la "B" indicaría que el material es aleación de aluminio 2017-T.
- La letra "C" designaría acero resistente a la corrosión.
- La letra "A" colocada antes de la letra del código de material indicaría que la cabeza está perforada para el aseguramiento.

Ejemplo:

NAS144DH-22

NAS = National Aircraft Standard

144 = estilo de cabeza; diámetro y rosca-1/4-28 perno, apriete interno

DH = cabeza taladrada

22 = longitud del tornillo en 16<sup>avos</sup> de pulgada-13/8 pulgadas de largo

- El número básico NAS identifica la pieza.
- Las letras sufijas y los guiones separan los diferentes tamaños, materiales de chapado, especificaciones de taladrado, etc.
- Los guiones y sufijos no tienen un significado estándar.

### **Tornillos estructurales**

Los tornillos estructurales están fabricados con acero aleado, reciben un tratamiento térmico adecuado y pueden utilizarse como pernos estructurales. Estos tornillos se encuentran en las series NAS204 a NAS235 y AN509 y AN525. Tienen un agarre definido y la misma resistencia al cizallamiento que un perno del mismo tamaño. Las tolerancias del vástago son similares a las de los tornillos de cabeza hexagonal AN, y las roscas son National Fine. Los tornillos estructurales están disponibles con cabeza redonda, de brasero o avellanada. Los tornillos de cabeza avellanada se atornillan con un destornillador Phillips o Reed & Prince.

El tornillo AN509 (100°) de cabeza plana se utiliza en agujeros avellanados donde es necesaria una superficie enrasada.

El tornillo estructural de cabeza de arandela AN525 se utiliza donde las cabezas levantadas no son objetables. El tornillo de cabeza de arandela proporciona una gran superficie de contacto.

### **Tornillos de máquina**

Los tornillos para maquinaria suelen ser de cabeza plana (avellanada), redonda o arandela. Son tornillos de uso general y están disponibles en acero bajo en carbono, latón, acero resistente a la corrosión y aleación de aluminio.

Los tornillos de cabeza redonda, AN515 y AN520, tienen cabezas ranuradas o empotradas. El tornillo AN515 tiene rosca gruesa y el AN520, rosca fina.

Los tornillos de cabeza avellanada se clasifican como AN505 y AN510 para 82° y AN507 para 100°. Los AN505 y AN510 corresponden a los AN515 y AN520 de cabeza redonda en material y uso.

El tornillo de cabeza cilíndrica, AN500 a AN503, es un tornillo de uso general y se utiliza como tornillo de tapa en mecanismos ligeros. Esto podría incluir fijaciones de piezas de aluminio fundido, como placas de cubierta de cajas de engranajes.

## Capítulo III

### Desarrollo

#### Materiales y herramientas

Para el mantenimiento de las aeronaves Hawker y Fairchild se utilizaron diversos materiales y herramientas destinados a preservar las aeronaves.

**Tabla 7**

*Materiales utilizados*

Tipo	Descripción	Cantidad
Primer	Base utilizada para evitar la corrosión en la pintura.	½ Galón
Pintura blanca	Recubrimiento para los componentes.	½ Galón
Pintura café	Recubrimiento para ciertas zonas.	1 Galón
Laca	Recubrimiento y brillo para madera.	½ Galón
Lija	Papel lija utilizado para remover la pintura.	3
Tornillos	Tornillos utilizados para colocar en zonas faltantes.	350
Capuchones para tornillos	Cobertura de la cabeza de tornillos.	90
Arandela para cabeza de tornillos	Mejora la estética del tornillo.	60
Absorbedor de humedad	Objeto que permite absorber la humedad en una zona.	1
Cuerina blanca	Material sintético para reemplazo.	30 m
WD-40	Desplaza la humedad.	3

Tipo	Descripción	Cantidad
Tapas	Objeto utilizado para cubrir ciertas zonas	4
Luz de emergencia	Señalización	1
Plástico PVC blanco	Material utilizado para recubrimiento de ciertas zonas	1 m
Pegamento	Material utilizado para pegar ciertas zonas	3
Waipe	Para limpieza	
Cinta grande	Para pegar objetos	1
Tiñer	Para mezcla con pintura	2 litros
Tapa tornillos (capuchones)	Para ocultar tornillos	80
Disarcol	Pegamento especial	1 Galón
Canaletas	Cobertor de cables	16 m
Tapas de focos	Permite sellar el lugar del foco	2
Cobertor de tomacorrientes	Cobertor en base ploma	3
Tiñer	Remueve pintura o adhesivos	2 litros
Varilla de sujeción	Permite sujetar un objeto contra otro	6 m
Logo de la carrera	Sello de identificación de la carrera	1
Capuchones (tapa tornillos)	Cobertores de tornillos	70
Madera tríplex	Sustancia dura y fibrosa proveniente del tronco	7 m
Logos numéricos	Signo gráfico de forma numérica	14
Señalética	Conjunto de señales	1

**Tabla 8***Herramientas utilizadas*

Tipo	Descripción	Cantidad
Pistola de pintura	Herramienta que permite pintar	1
Compresor	Herramienta utilizada para enviar presión a la pistola de pintura.	1
Cepillo	Herramienta utilizada para remover el moho	1
Destornillador de estrella	Herramienta utilizada para remover o instalar tornillos	1
Juego de raches	Herramientas utilizadas para remover un componente	1
Cutter	Herramienta para cortes	1
Espátula	Remover pintura	1
Taladro	Herramienta utilizada para realizar agujeros	1
Broca de taladro	Herramienta de metal que se usa con el taladro	2
Tijera	Herramienta de corte	1
Cierra	Herramienta de corte de madera	1

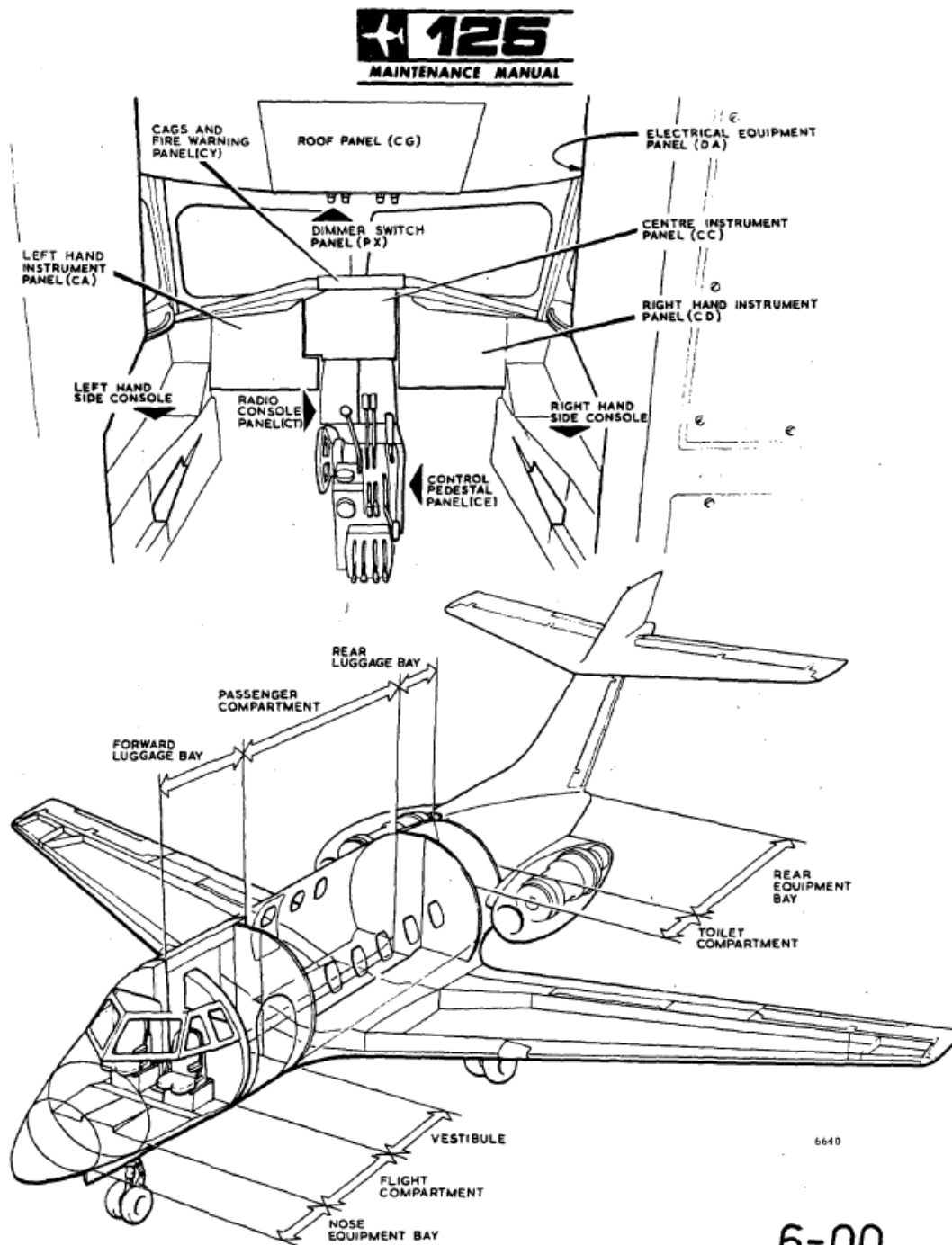
Previo al mantenimiento y restauración se realizó un listado de los daños observados a lo largo de la aeronave correspondientes desde la zona 122 a 655. Para realizar las restauraciones y reparaciones se tomaron en cuenta documentos como:

- Circular de asesoramiento AC 43.13 1-B
- Handbook del técnico de aviación-General
- Manual de aplicación de pintura para aeronaves

Mantenimiento de la aeronave Hawker

Figura 28

Zonas de la aeronave Hawker



Area and panel nomenclature  
Fig.2

\* \* \*

6-00  
Page 2  
Sept.68 (400)



Como se observa previamente en la figura 28. La zona inferior del fuselaje, precisamente desde la zona de compartimento de vuelo hasta la zona de galleys se detectó que no existía ferrería instalada. Mediante la “**AC 43.13 1-B; Sección 2 Tornillos**”. ([Anexo A](#)). Se identificó el tipo de tornillo, el cual correspondía a un tornillo estructural AN509 (100°) como se observa en la imagen. ([Anexo D](#)). Este tipo de tornillo se identifica como un tornillo avellanado de cabeza plana el cual se utiliza en agujeros donde se necesita una superficie llana.

### **Figura 29**

*Inspección de ferretería*



### **Figura 30**

*Instalación de ferretería*



Posteriormente, se completó todos los componentes de ferretería, sin antes realizar una limpieza de la zona, además de contar con el uso de WD-40 para remover la humedad y prevenir corrosión en dichas zonas.

Como dato extra, se completó toda la tornillería faltante a lo largo de cabina de pasajeros y compartimento de carga.

### **Figura 31**

*Tornillería faltante*



### **Figura 32**

*Instalación de tornillería*



En la misma zona, galleys, se identificó que las antenas se encontraban en un estado deteriorado y con corrosión, mediante el “**Handbook del técnico de aviación-General; limpieza de la superficie y remoción de pintura**”. ([Anexo F](#)). Se determinó el procedimiento necesario para remover la corrosión y la pintura, esto se realizó para repintar las antenas. Por lo que se procedió a desmontarlas y posteriormente corregir los desperfectos.

**Figura 33**

*Remoción de antenas*



**Figura 34**

*Restauración de antenas*



Mediante removedor y lija de grano 36 se eliminó toda la pintura y la corrosión. Para el procedimiento de pintado se utilizó el “**Manual de aplicación de pintura para aeronaves**”.

([Anexo H](#)). En base a este manual se procedió a colocar la base de protección contra la corrosión, conocida como primer.

En el “**Handbook del técnico de aviación-General; acabados de pintura protectora**”, se menciona que un tipo de pintura usualmente utilizado es el poliuretano en base acuosa. Por lo que con ayuda de un compresor y una pistola de gravedad se procedió a pintar toda la antena, posteriormente se dejó reposar para proceder con su instalación.

### **Figura 35**

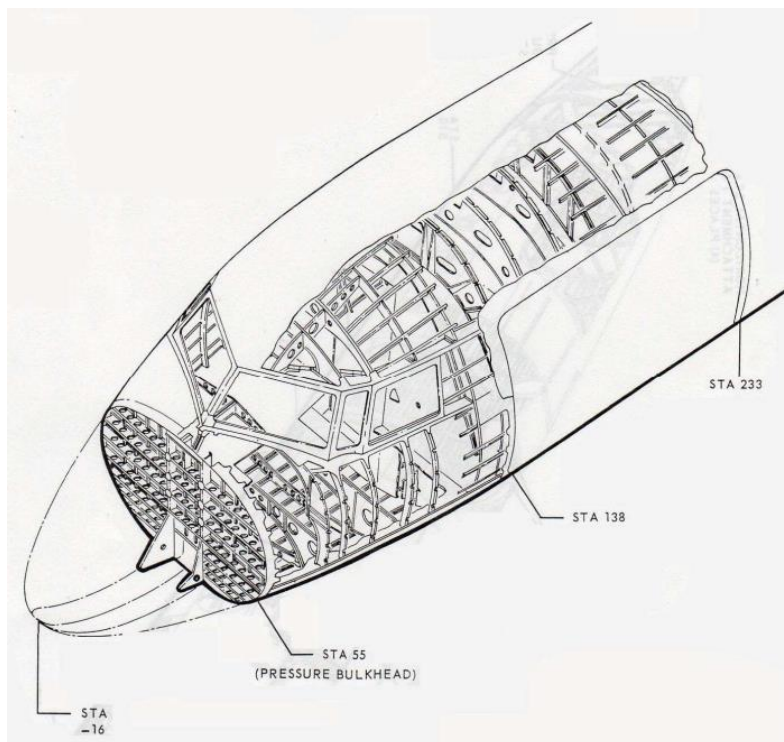
*Instalación de antenas*



## Mantenimiento de la aeronave Fairchild

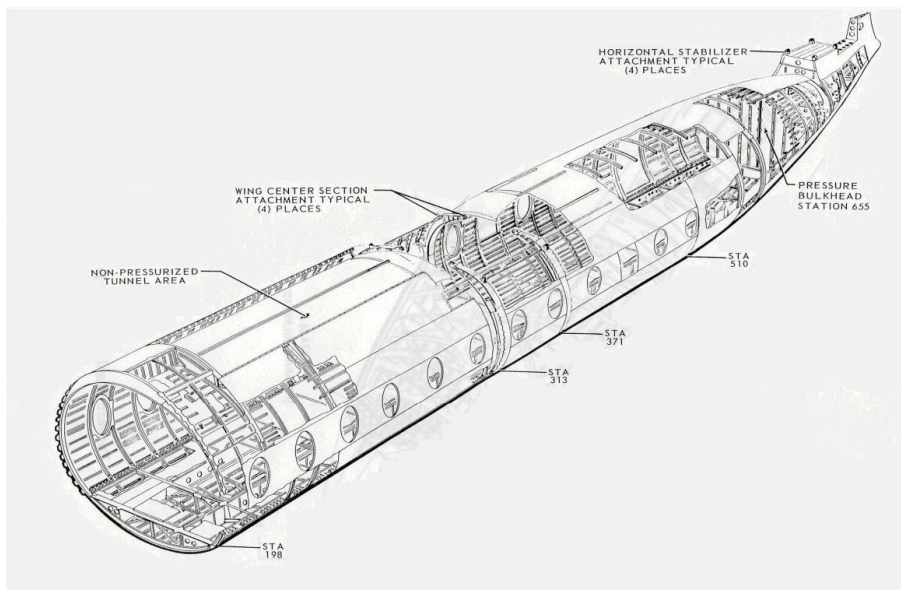
**Figura 36**

*Estaciones de la aeronave fairchild*



**Figura 37**

*Estaciones de la aeronave Fairchild (2)*



En la parte frontal del avión, estación 16, en el morro. Se detectó la ausencia de los elementos de fijación necesarios. Tras la evaluación realizada y mediante la “**AC 43.13 1-B; Sección 2 Tornillos**”. ([Anexo A](#)). Se identificó el tipo de tornillo. Este corresponde a un tornillo avellanado AN509. ([Anexo D](#)). Para lo cual se procedió a realizar una instalación en todos los puntos requeridos.

**Figura 38**

*Ferretería faltante*



**Figura 39***Instalación de ferretería*

En la parte inferior y superior del fuselaje de la aeronave, específicamente en las áreas de servicio y cabina (estación 55 a 233), se detectó un desgaste notable en las antenas junto con signos de corrosión. Al igual que en la aeronave Hawker se realizó el procedimiento necesario tomando en cuenta los pasos del libro “**Handbook del técnico de aviación- General; limpieza de la superficie y remoción de pintura**”. ([Anexo F](#)).

**Figura 40***Estado de las antenas*

Se empleó papel de lija de grano 36 para eliminar completamente tanto la pintura como la corrosión. Posteriormente para realizar el pintado de las antenas se utilizó el “**Manual de aplicación de pintura para aeronaves**”. ([Anexo H](#)). En este manual se indica que se debe aplicar una capa de pintura conocida como primer, esta previene la aparición de corrosión y preserva la integridad de la pintura. Posteriormente, se mezcló la pintura de poliuretano blanca, la cual es mencionada en el “**Handbook del técnico de aviación-General; acabados de pintura protectora**” y se utilizó un compresor y una pistola de pintura por gravedad para pintar toda la superficie de la antena. Después de colocar las capas de pintura, se procedió con la reinstalación.



**Figura 41**

*Instalación de las antenas superiores*

**Figura 42**

*Instalación de antena inferior*



## Compartimento de carga y galleys

En la zona de galleys de la aeronave se identificó diversos desperfectos de los cuales principalmente se puede mencionar pintura, estructura, componentes.

Inicialmente se realizó una evaluación del estado de la pintura.

Para esta restauración, inicialmente se comenzó despintando y removiendo toda la pintura en mal estado en el panel del logo de la universidad, el cielo en la zona de carga y el cielo en la zona de acceso a cabina de pasajeros. La remoción de pintura se la realizó tomando en cuenta los pasos mencionados en el **“Handbook del técnico de aviación-General; limpieza de la superficie y remoción de pintura”**. ([Anexo F](#)). Estas zonas se ubican desde la estación 138 a 233. ([Anexo DD](#))

### Figura 43

*Panel del logo de la universidad y panel superior*



**Figura 44**

*Panel de acceso a cabina de pasajeros*



Mediante decapante y lija de grano 36 se removió toda la pintura. Posteriormente se aplicó primer y finalmente para volver a pintar se escogió pintura de poliuretano blanca en base acuosa la cual es mencionada en el **“Handbook del técnico de aviación-General; Capítulo 8 Limpieza y control de corrosión (Acabados de pintura protectora)”**. Para volver a pintar, de igual forma se tomó en cuenta los pasos mencionados en el **“Manual de aplicación de pintura para aeronaves”**. ([Anexo H](#)). Esta vez se colocó cinta en los bordes de los lugares a pintar, de esta forma se evita pintar lugares que no corresponden y prevenir salpicaduras en los alrededores. Finalmente, mediante el compresor y una pistola de gravedad se pintó todas las zonas previamente mencionadas, así como también se removió la cinta colocada en los bordes.

**Figura 45**

*Panel renovado del logo de la universidad y panel superior*

**Figura 46**

*Panel renovado de acceso a cabina de pasajeros*



Durante la remoción de la pintura, se retiró el logo de la carrera el cual se encontraba deteriorado y con un serio desgaste, para lo cual se tomó las medidas, el diseño y se realizó un nuevo logo en base al anterior, mejorando notablemente su estado con respecto al antiguo.

**Figura 47**

*Logo desgastado y logo nuevo*



Continuando con las modificaciones y reparaciones, el cielo de la aeronave se encontraba en mal estado, de tal forma que se podía observar rupturas y daños a lo largo de la cuerina. Esta se encontraba sujeta a la parte superior mediante tornillos. Estos tornillos se encontraban al descubierto por lo que mediante un destornillador se pudo desmontar el cielo. En la “**AC 43.13 1-B; Sección 3 Plásticos transparentes (reemplazo de paneles)**”. ([Anexo L](#)) Se menciona que para realizar una reparación o reemplazo de un panel se debe utilizar el mismo material o a su vez un material parecido, así como reemplazar mediante los mismos métodos especificados por el fabricante.

**Figura 48***Remoción del cielo o techo*

Para remover el material dañado fue necesario primero remover 2 luces y mediante un destornillador se desmontaron dichas luces. A partir de allí solo fue necesario remover el material dañado. Una vez removido todo el material en mal estado se tomaron las medidas para realizar los cortes en el nuevo material que corresponde a la cuerina. Aproximadamente fueron necesarios 5 m de largo por 3m de ancho. Una vez recortada la cuerina y mediante la **“AC 43.13 1-B; Sección 1 Prácticas y materiales (Preparación de superficies de madera y encolado)”**. ([Anexo M](#)). Se presenta como se debe tratar la madera y pegarla con un material, con la ayuda de disarcol se unió la cuerina con la base de madera, para de esta forma poder instalarla nuevamente en el techo. Una vez ubicado el panel restaurado en la zona de instalación se procedió a ajustarlo con tornillos. Además, mediante capuchones o tapa tornillos se ocultaron las cabezas de los tornillos. En el mismo panel, se identificó que una luz luces no

contaba con la tapa correspondiente por lo que se optó por realizar una adaptación. Este problema se suscitó en otro panel de la zona de cabina de pasajeros por lo también se realizó la adaptación correspondiente.

#### **Figura 49**

*Restauración del cielo o techo*



Consecuente al cielo se puede identificar una zona para colocar equipaje, dicha zona se encontraba sucia y en mal estado, además las varillas que soportan esta zona se presentaban con fallas en la pintura y finalmente se identificó que faltaba tornillería y ciertas fallas, ya que la tornillería no era la misma a lo largo de la estructura.

**Figura 50***Remoción de alfombra***Figura 51***Varilla despintada*

Para comenzar, se verificó el tipo de tornillería necesario y como se presenta en la “**AC 43.13 1-B; Sección 2 Tornillos**”. ([Anexo A](#)). El tipo necesario corresponde a la numeración AN545, AN550, MS35492 y MS35495 ya que son tornillos específicamente para estructuras de madera. Se optó por colocar tornillos AN550 como se observa en la figura. ([Anexo D](#)) y se colocó capuchones para evitar que la cabeza del tornillo sobresalga de la base atornillada.

La alfombra presentaba una degeneración, además el paso del tiempo influyó en el desprendimiento de la zona. Para corregir dichos desperfectos se removió la alfombra, esto se



realizó para tomar medidas y reemplazarla por una nueva. Una vez adquiridas las nuevas medidas, se cortó la alfombra por la que se reemplazaría y se instaló adecuadamente en la zona correspondiente, así como se utilizó el “**AC 43.13 1-B; Sección 1 Prácticas y materiales (Preparación de superficies de madera y encolado)**”. ([Anexo M](#)) para pegar la nueva alfombra sobre la estructura de madera. Con respecto a la pintura, esta no presentaba signos de corrosión por lo que se corrigieron los pequeños desprendimientos de pintura.

### Figura 52

*Restauración de porta equipaje*



En la zona de preparación de comida, el galley superior presentaba un desgaste en la pintura, madera pálida, la zona interna sin cuidados y agujero en la parte interna y otro en la parte externa. En el “**Handbook del técnico de aviación-General; lavabos, buffet y galleys**” se menciona que los galleys deben mantenerse en constantes revisiones y limpieza de la zona.

Para la restauración de la zona, inicialmente se comenzó por sellar un agujero interno, el cual mediante una base metálica se cubrió toda la zona interna de tal forma que se selló el agujero. A continuación, se optó por sellar el agujero en la parte externa inferior, esto se realizó mediante una tapa y con la ayuda de tornillería se acoplo a la zona. Ciertos tornillos presentaban rastros de corrosión, por lo que se tomaron las medidas como se menciona en la “**AC 43.13 1-B, Sección 7 Técnicas básicas de remoción de corrosión**”. ([Anexo N](#)). La cual

menciona que de ser necesario se remuevan los componentes corroídos y se elimine todo rastro de corrosión en la zona. Una vez removidos los tornillos en mal estado se procedió a instalar tornillos AN550 los cuales son aplicables para estructuras de madera, tal como se indica en la figura. ([Anexo A](#)).

La zona interior se encontraba desgastada. Y en el manual de pintura nos menciona que las latas de pintura en aerosol son una medida efectiva al momento de realizar un retoque para una zona, por lo que se optó por utilizar una pintura color café para realizar un contraste con la zona y en la “**AC 43.13 1-B; Sección 5 Terminado de estructuras de madera (Terminado de superficies de interior)**”. ([Anexo K](#)) se nos indica que, si un componente de madera se encuentra en buen estado, es recomendable barnizarlo para prolongar su estado. Por lo que inmediatamente se barnizaron todos los componentes de madera ubicados desde la estación 233 a 655. ([Anexo DD](#))

### Figura 53

*Galley de comida*



**Figura 54**

*Restauración del galley de comida*



En la zona adyacente al galley previamente observado se detectaron 3 agujeros los cuales no presentan daños, ni afectan a la zona. Para compensar dicho desperfecto se determinó el tamaño de cada agujero y con una base acrílica de color blanco se sellaron los 3 agujeros.

**Figura 55***Compartimento de comida***Figura 56***Restauración de compartimento de comida*

La zona de iluminación se presentaba de tal forma como se observa en la figura 58, solo 2 focos a la intemperie, por lo que se optó por colocar la base de una lámpara. Se tomó las medidas que hay desde un foco hasta el otro y de esta forma adaptar una lampara. Mediante tornillos AN550 se procedió a montar la lampara y sujetarla firmemente a la base de la zona.

**Figura 57***Sección de luces***Figura 58***Base para lámpara***Figura 59***Instalación de lámpara*

Una zona un poco más abajo se encuentra ubicado un compartimento el cual permite albergar objetos, se observó que el compartimento no ha recibido mantenimiento en un largo tiempo, por lo cual se procedió a realizar la limpieza ya que el “**Handbook del técnico de aviación-General; Capítulo 8 Limpieza y control de la corrosión (Limpieza Interior)**”.

([Anexo O](#)) se menciona que de encontrar corrosión o zonas de humedad es necesario tomar medidas inmediatas y remover todo rastro de ellas. Por lo que se procedió a limpiar la zona mediante detergente y agua ya que como se menciona en el “**Handbook del técnico de aviación-General; Capítulo 8 Limpieza y control de la corrosión (Limpieza Interior)**” ([Anexo P](#)). Estos agentes de limpieza permiten eliminar rastros de moho y demás restos de suciedad sin comprometer el resto de componentes.

#### **Figura 60**

*Estado de compartimento secreto*



**Figura 61**

*Restauración de compartimento secreto*



En la entrada al pasillo para los baños se observa una puerta la cual no presenta rastros de deterioro, por lo cual, para preservar su estado se procedió a barnizarla tal como se indica en la “**AC 43.13 1-B; Sección 5 Terminado de estructuras de madera (Terminado de superficies de interior)**”. ([Anexo K](#)), la cual especifica que se debe aplicar una fina capa de barniz o un acabado similar.

El avión cuenta con más zonas de madera las cuales no presentan daños o deterioro por lo que se realizó el barnizado de todas las zonas de madera para preservar su estado, esto se realizó desde la estación 233 hasta la estación 655 que corresponde desde galleys hasta la parte posterior de la aeronave como se observa en la imagen. ([Anexo DD](#))

**Figura 62**

*Puerta de ingreso al pasillo*



Durante el ingreso por el pasillo se identificaron diversos daños en la pared del pasillo, uno de estos daños se observó en la zona de la cuerina ya que la base se encontraba suelta, por lo que inmediatamente se removieron varios tornillos que se ajustaban a la zona, para poder reubicar la cuerina adecuadamente. En la otra pared se identificaron varias manchas y rastros de una pegatina, finalmente se removieron todos los rastros de suciedad con detergente y agua, ya que como se especifica en el “**Handbook del técnico de aviación-General; Capítulo 8 Limpieza y control de la corrosión (Limpieza Interior)**”. ([Anexo O](#)). Estos agentes de limpieza no afectan la estructura.

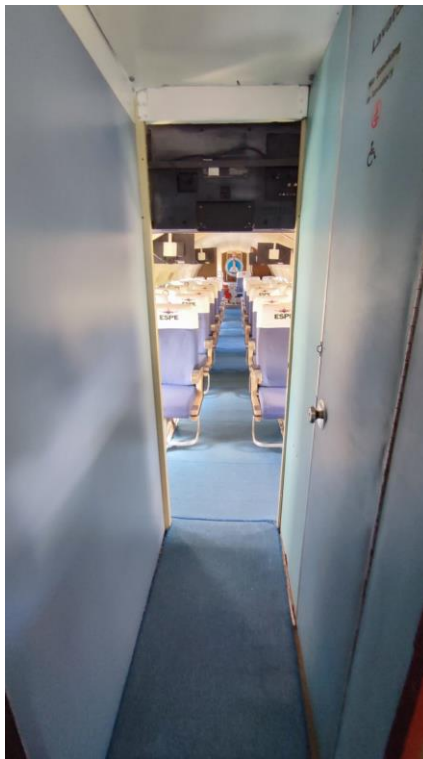


**Figura 63**

*Restos de cinta en la pared*

**Figura 64**

*Limpieza de la pared*



Al ingresar a la zona de baños, se evidenció una gran cantidad de moho, al igual que un olor a humedad. La zona al ser un espacio cerrado y pequeño se convierte un lugar ideal para albergar humedad y por ende generar moho en las paredes. Como se menciona en el

“Handbook del técnico de aviación-General; Capítulo 8 Limpieza y control de la corrosión (Limpieza Interior)”. ([Anexo O](#)). Es necesario remover todo el moho de las paredes para evitar un daño profundo en la estructura de la aeronave. Mediante detergente, agua y con ayuda de un cepillo se refregó toda la suciedad y moho presente. Para contrarrestar la humedad de la zona se escogió un producto capaz de absorber la humedad y de esta manera preservar el estado del baño.

### Figura 65

*Limpieza de moho*



Como dato adicional, la taza del baño presentaba un daño en el borde, por lo que se tomó las medidas y se realizó una adaptación del lugar para restaurar la zona. Esta restauración se realizó a partir de madera por lo que se tomaron las recomendaciones necesarias de la “AC 43.13 1-B; Sección 1 Prácticas y materiales (Preparación de superficies de madera y encolado)”. ([Anexo M](#)). En la zona contigua al espejo se

observaron 2 agujeros los cuales permitían el libre acceso a zonas de cableado de la aeronave, para lo cual se optó por realizar dos adaptaciones de madera, una vez tomadas las medidas y realizados los respectivos cortes se pintaron de café y finalmente se instalaron además de realizar un barnizado de la zona.

**Figura 66**

*Baño en el borde del baño*



**Figura 67**

*Restauración del baño*



**Figura 68**

*Adaptación y sellado de agujeros*



## Cabina de pasajeros

A lo largo de la zona de cabina de pasajeros, en el cielo o techo se pueden observar desprendimientos de la cuerina, los desprendimientos en ciertas zonas son apenas visibles, mientras que en otras se pueden evidenciar claramente.

### Figura 69

*Desprendimiento del techo*



### Figura 70

*Cuerina sucia y de distinto color*



En la circular de asesoramiento “**AC 43.13 1-B; Sección 3 Plásticos transparentes (reemplazo de paneles)**”. ([Anexo L](#)) se recomienda emplear un material similar al utilizado originalmente por el fabricante de la aeronave para reemplazar los paneles y al colocar un

panel de repuesto, se debe emplear el mismo método de montaje usado originalmente por el fabricante de la aeronave, aunque la instalación puede variar según el tipo de aeronave, se deben considerar estos principios al instalar cualquier panel de repuesto.

Posteriormente, en base a la circular de asesoramiento se realizó el procedimiento necesario para el reemplazo de los paneles o en su caso la restauración, por lo que inicialmente se tomaron las medidas de las varillas de sujeción y se ajustaron a presión de tal forma que no presenten nuevos desprendimientos.

Una vez corregido dicho desperfecto se procedió a implementar una medida de soporte en los bordes del techo, ya que los bordes se encontraban en mal estado o con ligeros desprendimientos.

Mediante la **“AC 43.13 1-B; Sección 1 Prácticas y materiales (Preparación de superficies de madera y encolado)”**. ([Anexo M](#)). Se determinó el tratamiento a realizar en la madera la cual especifica que no es aconsejable lijar las superficies lisas de la madera antes del encolado, ya que este proceso puede provocar irregularidades sobre el nuevo material.

Se formaron arcos mediante cortes de “tríplex” y posteriormente se realizaron los procedimientos necesarios para el encolado y se utilizó una materia similar al que se encontraba en la aeronave, en este caso el material utilizado fue la cuerina y una vez se realizaron los debidos cortes se forró la madera con cuerina. Ulteriormente se insertaron los arcos de cuerina. Para seleccionar la tornillería se revisó la **“AC 43.13 1-B; Sección 2 Tornillos”**. ([Anexo A](#)). Y se determinó que la tornillería aplicable para la estructura de madera correspondía a la numeración AN545, AN550, MS35492 y MS35495, por lo cual se optó por utilizar tornillería MS35492 como se observa en la imagen. ([Anexo E](#)). Para evitar que las cabezas sobresalgan de la estructura se colocaron capuchones. En 2 zonas ubicadas entre las

columnas del techo se instalaron unos paneles rectangulares, en total se colocaron 3 paneles rectangulares y 6 arcos de cuerina. Y como paso final se limpió la cuerina de todo el techo.

### **Figura 71**

*Restauración del techo*



### **Figura 72**

*Instalación de panel rectangular entre pilares*



**Figura 73**

*Instalación de un arco de cuerina*



Se instaló un panel adicional en la zona de máscaras de oxígeno ya que la base presentaba daños. Mediante la “**AC 43.13 1-B; Sección 3 Plásticos transparentes (reemplazo de paneles)**”. ([Anexo L](#)). Se determinó que para el reemplazo de un panel o la instalación de un nuevo panel se debe utilizar un material similar al material base, por lo que con cuerina y mediante madera se tomaron las medidas y se optó por realizar un reemplazo. Para su instalación al igual que los arcos de cuerina, se utilizó tornillería MS35492 y posteriormente se colocaron capuchones para evitar que la cabeza del tornillo sobresalga.



**Figura 74**

*Panel de máscaras de oxígeno*

**Figura 75**

*Instalación de nuevo panel en máscaras de oxígeno izquierdo*

**Figura 76**

*Instalación de nuevo panel en máscaras de oxígeno derecho.*



Sobre los asientos se encuentran la identificación de cada asiento y presentan el orden en el q los pasajeros deben ubicarse. Estas designaciones con el paso del tiempo se han desgastado y perdido su diseño. Como medida se optó por remover todas las designaciones y posteriormente pegar unas nuevas. El logotipo fue impreso del 1 al 7 tal como se indicaba previamente y finalmente se colocó un nuevo número sobre cada asiento.

### **Figura 77**

*Logo de números de asientos*



**Figura 78**

*Cambio de logo de números de asientos*



Continuando con el mantenimiento y restauración se pudo identificar un deterioro en las máscaras de oxígeno, este deterioro se evidenciaba con el desgaste de pintura en las máscaras de oxígeno. Se tomó en cuenta los pasos mencionados en el **“Manual de aplicación de pintura para aeronaves”**. ([Anexo H](#)). Para pintar las máscaras de oxígeno que se encontraban despintadas o a su vez presentaban rayaduras.

**Figura 79**

*Mascara de oxígeno despintada*



**Figura 80**

*Restauración de máscaras de oxígeno*



Debajo de las ventanas se observó una canaleta la cual albergaba cables. Para evitar que los cables sobresalgan y se encuentren expuestos se optó por instalar una canaleta que se acoplara adecuadamente y pudiese ocultar los cables. La canaleta adquirida fue de 6mm de grosor y a lo largo de la aeronave se ocuparon 8m por cada lado. Para su instalación y fijación se optó por realizar unos agujeros y sujetarla mediante tornillos.

**Figura 81**

*Canaleta de cables*



**Figura 82**

*Canaleta de cobertura*

**Figura 83**

*Parches de estructura.*



Finalmente se realizaron reparaciones menores como:

Parches de cuerina en zonas donde la cuerina se encontraba dañada o rota. Para estos parches se tomó como referencia la circular de asesoramiento “**AC 43.13 1-B; Sección 3 Plásticos transparentes (reemplazo de paneles)**”. ([Anexo L](#)). la cual menciona que para realizar un reemplazo de un panel se debe realizarlo con un material similar al utilizado en la aeronave. Por lo cual con parches de cuerina se sellaron los agujeros y se corrigieron los daños en el material base.

**Figura 84**

*Parches en mal estado*

**Figura 85**

*Renovación de parches de cuerina*



**Figura 86**

*Parche en la zona de la puerta posterior*



En la “**AC 43.13 1-B, Sección 7 Técnicas básicas de remoción de corrosión**”. ([Anexo N](#)). Se estipula que los componentes corroídos requieren de un reemplazo o a su vez de un tratamiento, por lo cual se optó por realizar un reemplazo total de toda la ferretería ya que estas contaban con un grado de corrosión moderado. Para el reemplazo se utilizaron tornillos AN550 y de esta manera preservar el estado de la estructura.

**Figura 87**

*Tornillería incompleta*

**Figura 88**

*Implementación de tornillería nueva*



Reemplazo de señalética



**Figura 89**

*Señalética en mal estado*

**Figura 90**

*Reemplazo de señalética*

**Figura 91**

*Luces indicadoras sin borde*

**Figura 92**

*Borde de luces restaurado*



Instalación de carcasa en 3 tomacorrientes faltantes.

**Figura 93**

*Implementación de cobertura del tomacorriente*



Se pintaron zonas donde la pintura se encontraba desgastada tomando en cuenta los pasos mencionados en el “**Manual de aplicación de pintura para aeronaves**”. ([Anexo H](#))

**Figura 94**

*Pintura en mal estado*

**Figura 95**

*Renovación de pintura*



Se ocultaron zonas por donde atraviesan cables.

**Figura 96**

*Cables sin cobertura*

**Figura 97**

*Protección en cables*



**Figura 98**

*Cobertura de cables*



Se colocó la alfombra adecuadamente.

**Figura 99**

*Implementación de alfombra*



**Figura 100**

*Restauración de alfombra*



## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- Las adaptaciones y reparaciones realizadas mejoran en cierta medida el estado de la aeronave precisamente en galleys y cabina de pasajeros, además mejora el índice de operatividad de tal forma que contribuye a un ambiente más cómodo para los estudiantes.
- Las modificaciones y reparaciones aparte de mejorar el estado estético de la aeronave presentan una mejor gestión del espacio, la accesibilidad y la funcionalidad general en las áreas restauradas.
- Mediante las inspecciones, modificaciones y reparaciones se ha mejorado la vida útil de ciertos componentes en la aeronave, de tal forma que se contribuye a la sostenibilidad de las aeronaves escuela.

## Recomendaciones

- Las constantes inspecciones y mantenimientos permiten mantener en buen estado la aeronave, además una correcta inspección permite tomar medidas y realizar acciones en el caso de ser necesario, de esta forma se asegura un tiempo de operatividad de la aeronave más largo de lo esperado.
- Establecer procedimientos y protocolos de reparación permite realizar reparaciones efectivas, incluso sin un manual registrado.
- Es necesario mantener un registro acerca de las inspecciones y reparaciones realizadas durante un período de tiempo para tener constancia de los lugares modificaciones o de las inspecciones realizadas.



### Bibliografía

AERONAUTICS GUIDE. (s.f.). Obtenido de Forms of Aircraft Corrosion:

<https://www.aircraftsystemstech.com/2019/04/forms-of-corrosion-aircraft-corrosion.html>

Airliners. (2012). *Hawker Siddeley HS-125-1/2/3/400/600*. Obtenido de

<https://www.airliners.net/aircraft-data/hawker-siddeley-hs-125-123400600/242>

Amilarg. (2013). *AVIACIÓN MILITAR ARGENTINA*. Obtenido de [https://amilarg.com.ar/hawker-](https://amilarg.com.ar/hawker-125-400.html)

[125-400.html](https://amilarg.com.ar/hawker-125-400.html)

AOPA. (2001). Obtenido de Aircraft Corrosion: [https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-](https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/maintenance-and-inspections/aircraft-corrosion)

[ownership/maintenance-and-inspections/aircraft-corrosion](https://www.aopa.org/go-fly/aircraft-and-ownership/maintenance-and-inspections/aircraft-corrosion)

Astros, I. J. (2016). Obtenido de Mantenimiento aeronáutico:

<https://www.monografias.com/trabajos98/mantenimiento-aeronautico/mantenimiento-aeronautico>

EASA. (10 de Enero de 2013). Obtenido de International Maintenance Review Board Policy Board (IMRBPB) Issue Paper (IP) :

<https://www.easa.europa.eu/download/imrbpb/IP%20141.pdf>

Eluniverso. (10 de Septiembre de 2004). *El avión de Fernández, para uso de autoridades*.

Obtenido de

<https://www.eluniverso.com/2004/09/10/0001/12/9B6B49B372A14C35B7C5A5DAAA01E971.html/>

Eluniverso. (29 de Agosto de 2010). *Narcos hallan cómplices para delinquir en Ecuador*.

Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2010/08/29/1/1360/narcos-hallan-complices-delinquir-ecuador.html/>

FAA. (Octubre de 2016). Obtenido de Requirement for Corrosion Prevention and Control

Program Study : chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.tc.faa.gov/its/worldpac/techrp  
t/tc16-13.pdf

FAA. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook-General*. Oklahoma.

FH227. (2008). Obtenido de <http://fh227.rwy34.com/>

Frawley, G. (2013). *AIRLINERS*. Obtenido de <https://www.airliners.net/aircraft-data/hawker-siddeley-hs-125-123400600/242>

HARTZELL PROPELLER. (11 de Junio de 2019). Obtenido de AIRCRAFT CORROSION PART

II: DETECTING CORROSION: [https://hartzellprop.com/detecting-aircraft-](https://hartzellprop.com/detecting-aircraft-corrosion/#:~:text=Areas%20of%20aircraft%20commonly%20damaged,frontal%20areas%20and%20the%20propeller.)

corrosion/#:~:text=Areas%20of%20aircraft%20commonly%20damaged,frontal%20areas%20and%20the%20propeller.

Mancuzo, G. (12 de Septiembre de 2020). *Comparasoftware*. Obtenido de

<https://blog.comparasoftware.com/mantenimiento-aeronautico/>

ORAPI. (s.f.). Obtenido de How To Choose The Right Corrosion Inhibitor:

[https://orapiasia.com/how-to-choose-the-right-corrosion-](https://orapiasia.com/how-to-choose-the-right-corrosion-inhibitor/#:~:text=What%20is%20Corrosion%20Inhibitor%3F,aircraft%20in%20a%20harsh%20environment.)

inhibitor/#:~:text=What%20is%20Corrosion%20Inhibitor%3F,aircraft%20in%20a%20harsh%20environment.

Paolomelo, I. (02 de 10 de 2022). *IPCM*. Obtenido de Tratamientos de superficies:

[https://www.ipcm.it/en/article/how-do-you-paint-an-](https://www.ipcm.it/en/article/how-do-you-paint-an-aircraft.aspx#:~:text=Painting%20an%20aircraft%20is%20a,while%20improving%20its%20aerodynamic%20properties.)

aircraft.aspx#:~:text=Painting%20an%20aircraft%20is%20a,while%20improving%20its%20aerodynamic%20properties.

Products Techniques, I. (Octubre de 2013). Obtenido de Aircraft Paint Application Manual:

<https://www.aircraftspruce.com/catalog/pdf/PTImanual.pdf>

Saeed, M. (05 de Enero de 2023). Obtenido de Aircraft Cargo Compartments Classification:

<https://www.linkedin.com/pulse/aircraft-cargo-compartments-classification-maged-saeed-al-hadabi>

SKY brary. (s.f.). Obtenido de <https://www.skybrary.aero/articles/passenger-cabin-loading>

SKY brary. (s.f.). Obtenido de Maintenance Steering Group-3 (MSG-3):

<https://www.skybrary.aero/articles/maintenance-steering-group-3-msg-3>

SOFEMA. (21 de Enero de 2021). Obtenido de [https://sassofia.com/blog/corrosion-prevention-](https://sassofia.com/blog/corrosion-prevention-control-program-cpcp-considerations/)

[control-program-cpcp-considerations/](https://sassofia.com/blog/corrosion-prevention-control-program-cpcp-considerations/)

Teknika4. (2015). *Aluminio aeronáutico* . Obtenido de [https://www.teknika4.com/es/aluminio-](https://www.teknika4.com/es/aluminio-aeronautico)

[aeronautico](https://www.teknika4.com/es/aluminio-aeronautico)

TMAS Aviación. (2023). Obtenido de Fuselaje: la estructura primaria del avión:

<https://www.tmas.es/blog/mecanica-de-aviones/fuselaje-la-estructura-primaria-del-avion/>

Travel The World. (11 de Noviembre de 2019). Obtenido de What is A Galley? And How Does it

Work?: <https://www.traveltheworldwith.us/en/cabin-crew-life/what-is-a-galley-and-how-does-it-work/>

# Anexos