



**“Inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227 de acuerdo al ATA 32 del manual de mantenimiento de la aeronave perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.”**

Yamberla Acosta Erick Marcelo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía, previa a la obtención del título de tecnólogo en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés

16 de febrero de 2023

Latacunga



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## Reporte de verificación de contenido



CERTIFICADO DE ANÁLISIS  
magister

### MONOGRAFÍA\_YAMBERLA\_MARCELO \_CORREGIDO

**5%**  
Similitudes

**< 1%** Texto entre comillas  
< 1% similitudes entre comillas  
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: MONOGRAFÍA\_YAMBERLA\_MARCELO\_CORREGIDO  
O.pdf  
ID del documento: ebb9eae4f24d19640d3d8d1d62b5b49f8078eb83  
Tamaño del documento original: 245,49 kb

Depositante: GABRIEL SEBASTIAN INCA YAJAMIN  
Fecha de depósito: 17/2/2023  
Tipo de carga: Interface  
fecha de fin de análisis: 17/2/2023

Número de palabras: 11.105  
Número de caracteres: 69.756

Ubicación de las similitudes en el documento:



**Fuentes principales detectadas**

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://www.aprendamos-aviacion.com/2022/01/tren-de-aterrizaje-landing-gear.html">www.aprendamos-aviacion.com</a>   <a href="#">Aviación -Tren de Aterrizaje - Landing Gear</a> <a href="http://www.aprendamos-aviacion.com/2022/01/tren-de-aterrizaje-landing-gear.html">http://www.aprendamos-aviacion.com/2022/01/tren-de-aterrizaje-landing-gear.html</a> 3 fuentes similares	4%		Palabras idénticas : < 4% (473 palabras)
2	<a href="http://www.aprendamos-aviacion.com/2021/08/factor-carga-load-avion-aerodinamica-aprendamos-...">www.aprendamos-aviacion.com</a>   <a href="#">Factor de carga en un avión - Load Factors</a> <a href="http://www.aprendamos-aviacion.com/2021/08/factor-carga-load-avion-aerodinamica-aprendamos-...">http://www.aprendamos-aviacion.com/2021/08/factor-carga-load-avion-aerodinamica-aprendamos-...</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (27 palabras)
3	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100033423/2/M-ESPEL-CMA-0648.pdf">repositorio.espe.edu.ec</a> <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100033423/2/M-ESPEL-CMA-0648.pdf">http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100033423/2/M-ESPEL-CMA-0648.pdf</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (25 palabras)

**Fuentes con similitudes fortuitas**

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100027363/4/M-ESPEL-CMA-0626.pdf.txt">repositorio.espe.edu.ec</a>   <a href="#">Inspección para el control de corrosión de cuerdo a la cart...</a> <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100027363/4/M-ESPEL-CMA-0626.pdf.txt">http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100027363/4/M-ESPEL-CMA-0626.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (29 palabras)
2	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100028328/3/M-ESPEL-CMA-0090.pdf.txt">repositorio.espe.edu.ec</a>   <a href="#">Diseño y construcción de herramientas especiales para el ...</a> <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100028328/3/M-ESPEL-CMA-0090.pdf.txt">http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100028328/3/M-ESPEL-CMA-0090.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (20 palabras)
3	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100029012/3/M-ESPEL-CMA-0294.pdf.txt">repositorio.espe.edu.ec</a>   <a href="#">Desmontaje del tren de aterrizaje izquierdo del Avión Fair...</a> <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100029012/3/M-ESPEL-CMA-0294.pdf.txt">http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/2100029012/3/M-ESPEL-CMA-0294.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (10 palabras)
4	<a href="https://respuestas.me/¿por-qué-los-aviones-tienen-que-retraer-el-tren-de-aterrizaje-60096348018f...">respuestas.me</a>   <a href="#">¿Por qué los aviones tienen que retraer el tren de aterrizaje?</a> <a href="https://respuestas.me/¿por-qué-los-aviones-tienen-que-retraer-el-tren-de-aterrizaje-60096348018f...">https://respuestas.me/¿por-qué-los-aviones-tienen-que-retraer-el-tren-de-aterrizaje-60096348018f...</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (10 palabras)
5	<a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/210003368/2/T-ESPEL-0455.pdf.txt">repositorio.espe.edu.ec</a>   <a href="#">Elaboración de un prototipo de inermovilismo.</a> <a href="http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/210003368/2/T-ESPEL-0455.pdf.txt">http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/210003368/2/T-ESPEL-0455.pdf.txt</a>	< 1%		Palabras idénticas : < 1% (11 palabras)



Tigo. Arellano Reyes, Milton Andrés

C.C.: 1723064513



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

Certifico que la monografía: **“Inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227 de acuerdo al ATA 32 del manual de mantenimiento de la aeronave perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”**, fue realizada por el señor **Yamberla Acosta, Erick Marcelo**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, conjuntamente 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, 16 de febrero del 2023

Una firma manuscrita en tinta azul que parece decir 'Milton Arellano Reyes'.

**Tlgo. Arellano Reyes, Milton Andrés**

C.C.: 1723064513



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Yamberla Acosta, Erick Marcelo**, con cédula de ciudadanía n° 1003118500, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227 de acuerdo al ATA 32 del manual de mantenimiento de la aeronave perteneciente a 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, 16 de febrero del 2023

Una firma manuscrita en tinta azul que dice "Marcelo Yamberla". La firma está sobre una línea horizontal punteada.

**Yamberla Acosta Erick Marcelo**

C.C.: 1003118500



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Autorización de Publicación**

Yo, **Yamberla Acosta, Erick Marcelo**, con cédula de ciudadanía n° 1003118500, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“Inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227 de acuerdo al ATA 32 del manual de mantenimiento de la aeronave perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 de febrero del 2023

Una firma manuscrita en tinta azul que dice "Marcelo Yamberla".

**Yamberla Acosta Erick Marcelo**

C.C.: 1003118500

## **Dedicatoria**

Esto lo dedico a Dios por mantenerme con esperanza y fe, a mi madre Rosa Acosta que a pesar de todas las dificultades y carencias me ha brindado su amor, apoyo y sabiduría, aconsejándome e incentivándome a no rendirme, siendo lo más importante en mi vida y ejemplo a seguir, a mi padre Marcelo Yamberla que ha dedicado mucho esfuerzo en el trabajo para poder tener las posibilidades de estudiar, a mi hermana Doménica que de una u otra manera me daba cualquier tipo de apoyo para seguir adelante, a mi hermanito Nathan que nunca se olvidó de mí.

Esto va dedicado especialmente para mi familia que desde el inicio de la carrera me supieron dar ese empujón, me han sabido comprender, ayudar y darme su compañía incondicional a pesar de los mucho problemas que se ha tenido a lo largo de todo este tiempo, demostrando con esto que todo lo que soy es gracias a ellos y a Dios que no me ha abandonado, demostrando de lo que soy capaz y que los valores y sencillez que me enseñó mi madre no fue en vano, que me ayudarán a seguir creciendo como persona y profesional, y de igual manera poder ayudar a mis hermanos con sus estudios y a mis padres con el trabajo, ya que no ha sido fácil sobrellevar y mantenerse constante hacia adelante, y poder tener la bendición de agradecerse los de todo corazón.

YAMBERLA ACOSTA ERICK MARCELO

## **Agradecimiento**

Expreso mis agradecimientos a la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" y a la Carrera de Mecánica Aeronáutica, a los docentes que forman parte del establecimiento por saber transmitir sus conocimientos y experiencias para que nosotros tengamos un buen desempeño y sobre todo seamos buenos profesionales, responsables y eficaces.

También quiero agradecer a mi familia por ser ese apoyo incondicional a lo largo de la carrera y nunca rendirse conmigo, a mi madre con quien estoy agradecido de tenerla como mi madre que estuvo siempre presente en los buenos y peores momentos, y a pesar de las dificultades me ha dado todo su inmenso amor, a mi novia Stefy por apoyarme y aconsejarme confiando en lo que soy.

Agradezco a mis amigos por ese compañerismo y esa unión que demostraron, en especial a mis amigos Diego, Leo, Melanny y Anthony que nunca dudaron en brindar su ayuda cuando más lo necesité, y aún después de culminar la carrera prevalezca la misma amistad y cariño.

YAMBERLA ACOSTA ERICK MARCELO

**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 figuras .....	12
Resumen.....	14
Abstract .....	15
Capítulo I: Planteamiento del problema .....	16
Tema.....	16
Antecedentes.....	16
Planteamiento del problema.....	17
Justificación e importancia.....	17
Objetivos.....	18
<i>Objetivos General</i> .....	18
<i>Objetivos Específicos</i> .....	18
Alcance .....	19
Capítulo II: Marco teórico .....	20

<b>Introducción.....</b>	<b>20</b>
<b>Datos técnicos.....</b>	<b>22</b>
<b>Tren de aterrizaje.....</b>	<b>23</b>
<b>Generalidades .....</b>	<b>23</b>
<b>Tipos de tren de aterrizaje.....</b>	<b>24</b>
<b>Tren de aterrizaje fijo y retráctil.....</b>	<b>26</b>
<b>Tren de aterrizaje fijo.....</b>	<b>29</b>
<b>Tren de aterrizaje retráctil .....</b>	<b>30</b>
<b>Trenes de aterrizaje según su disposición.....</b>	<b>31</b>
<b>Tren de aterrizaje con rueda de cola .....</b>	<b>31</b>
<b>Tren de aterrizaje tipo tándem .....</b>	<b>33</b>
<b>Tren de aterrizaje tipo triciclo .....</b>	<b>34</b>
<b>Trenes de aterrizaje con absorción de impacto y sin absorción de impacto.....</b>	<b>37</b>
<b>Engranaje de resorte tipo hoja .....</b>	<b>37</b>
<b>Rígido.....</b>	<b>38</b>
<b>Cuerda elástica.....</b>	<b>38</b>
<b>Los amortiguadores de un tren de aterrizaje .....</b>	<b>39</b>
<b>Amortiguadores de impacto .....</b>	<b>39</b>
<b>Alineación, soporte y retracción del tren de aterrizaje.....</b>	<b>43</b>
<b>Alineación.....</b>	<b>43</b>
<b>Soporte .....</b>	<b>44</b>

<b>Sistemas de extensión de emergencia.....</b>	<b>44</b>
<b>Dispositivos de seguridad del tren de aterrizaje.....</b>	<b>45</b>
<b>Interruptor de seguridad .....</b>	<b>45</b>
<b>Bloqueo en tierra .....</b>	<b>46</b>
<b>Indicadores de posición del tren de aterrizaje.....</b>	<b>46</b>
<b>Centrado de la rueda de nariz .....</b>	<b>46</b>
<b>Sistemas de dirección de la rueda de nariz.....</b>	<b>47</b>
<b>Aviones pequeños .....</b>	<b>47</b>
<b>Aviones grandes .....</b>	<b>47</b>
<b>Amortiguadores de vibración .....</b>	<b>48</b>
<b>Amortiguador de dirección.....</b>	<b>48</b>
<b>Amortiguador de pistón .....</b>	<b>49</b>
<b>Amortiguador de paletas .....</b>	<b>50</b>
<b>Amortiguador no hidráulico .....</b>	<b>50</b>
<b>Destalonadores de neumáticos.....</b>	<b>51</b>
<b>Plataformas rodantes de aire .....</b>	<b>51</b>
<b>Reguladores, adaptadores y conectores.....</b>	<b>52</b>
<b>Herramientas de servicio .....</b>	<b>52</b>
<b>Unidades de servicio de frenos.....</b>	<b>52</b>
<b>Centro de gravedad.....</b>	<b>53</b>
<b>Capítulo III: Desarrollo del tema.....</b>	<b>54</b>

<b>Preliminares.....</b>	<b>54</b>
<b>Situación actual del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz de la aeronave Fairchild FH-227 .....</b>	<b>54</b>
<b>Inspección visual.....</b>	<b>55</b>
<b>Limpieza de la zona del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz .....</b>	<b>56</b>
<b>Procedimiento de inspección del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz de la aeronave Fairchild fh-227 .....</b>	<b>56</b>
<b>Práctica de mantenimiento .....</b>	<b>58</b>
<b>Procedimientos para la inspección del tren de aterrizaje principal:.....</b>	<b>59</b>
<b>Materiales.....</b>	<b>60</b>
<b>Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>73</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>73</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>74</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Aeronave Fairchild 227</i> .....	221
<b>Figura 2</b> <i>Aeronave Fairchild 227</i> .....	22
<b>Figura 3</b> <i>Manual de Mantenimiento FH-227</i> .....	233
<b>Figura 4</b> <i>Tipos de tren de aterrizaje</i> .....	244
<b>Figura 5</b> <i>Los carenados de las ruedas</i> .....	299
<b>Figura 6</b> <i>Engranaje retráctil de un Boeing 737</i> .....	29
<b>Figura 7</b> <i>Tren de aterrizaje fijo</i> .....	30
<b>Figura 8</b> <i>Tren de aterrizaje retráctil</i> .....	30
<b>Figura 9</b> <i>Tren de aterrizaje de rueda de cola de una aeronave DC-3</i> .....	33
<b>Figura 10</b> <i>Tren de aterrizaje de cola de un STOL Maule MX-7-235</i> .....	333
<b>Figura 11</b> <i>Aeronaves con tren de aterrizaje en tándem</i> .....	344
<b>Figura 12</b> <i>Tren de aterrizaje</i> .....	366
<b>Figura 13</b> <i>Circuito hidráulico del tren de aterrizaje</i> .....	42
<b>Figura 14</b> <i>Tren de aterrizaje principal de la aeronave Fairchild 227</i> .....	555
<b>Figura 15</b> <i>Tren de aterrizaje de nariz</i> .....	555
<b>Figura 16</b> <i>Tren de aterrizaje principal</i> .....	566
<b>Figura 17</b> <i>Presentación de la tabla de contenido</i> .....	577
<b>Figura 18</b> <i>Tabla de contenido</i> .....	577
<b>Figura 19</b> <i>Instrucciones de inspección para el tren de aterrizaje principal</i> .....	588
<b>Figura 20</b> <i>Materiales a obtener para la práctica de mantenimiento</i> .....	60
<b>Figura 21</b> <i>Grasa AeroShell</i> .....	61
<b>Figura 22</b> <i>Destalonador y gata</i> .....	62
<b>Figura 23</b> <i>Caja de herramientas</i> .....	62
<b>Figura 24</b> <i>Juego de llaves</i> .....	63

<b>Figura 25</b> <i>Gata Hidráulica</i> .....	63
<b>Figura 26</b> <i>Waípe y caja de herramientas</i> .....	644
<b>Figura 27</b> <i>Hoja del capítulo 32-3-7</i> .....	655
<b>Figura 28</b> <i>Final de las instrucciones de la práctica de mantenimiento</i> .....	655
<b>Figura 29</b> <i>Literal B de la sección de instalación y remoción de los neumáticos</i> .....	666
<b>Figura 30</b> <i>Conjunto principal del tren de aterrizaje</i> .....	666
<b>Figura 31</b> <i>Inspección y chequeo del neumático</i> .....	677
<b>Figura 32</b> <i>Tren de aterrizaje principal sin un neumático</i> .....	677
<b>Figura 33</b> <i>Disco de freno</i> .....	688
<b>Figura 34</b> <i>Neumáticos del tren de aterrizaje principal</i> .....	688
<b>Figura 35</b> <i>Neumático y disco de freno</i> .....	699
<b>Figura 36</b> <i>Ubicación del neumático</i> .....	699
<b>Figura 37</b> <i>Neumático y disco de freno</i> .....	70
<b>Figura 38</b> <i>Ubicación del neumático</i> .....	70
<b>Figura 39</b> <i>Alineación del neumático</i> .....	71
<b>Figura 40</b> <i>Neumático del tren de aterrizaje principal</i> .....	72
<b>Figura 41</b> <i>Neumático del tren de aterrizaje principal</i> .....	72

## Resumen

El presente proyecto de titulación contiene una pequeña introducción acerca de la Aeronave Fairchild 227 e información acerca del tren de aterrizaje, los tipos de trenes de aterrizaje que existen y según su disposición y uso tienen diferente tipo de configuración, trenes con absorción de impactos y sin absorción de impactos, los tipos de amortiguadores y sistema de emergencia del tren de aterrizaje, las herramientas y unidades de servicio, y lo más primordial de este proyecto, la inspección del tren de aterrizaje, donde va a ser necesario la instalación y remoción de los neumáticos del tren de aterrizaje y estas instrucciones y procedimientos son dictadas por el manual de mantenimiento de la aeronave que nos ayudará a realizar con mayor efectividad y seguridad la tarea de mantenimiento. Esta aeronave Fairchild 227, perteneciente a la Carrera de Mecánica Aeronáutica, se encuentra ubicado en la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"-Belisario, para ello se requerirá el uso de herramientas especiales, materiales de limpieza, destalonadores de neumáticos, gatas hidráulicas, llaves, rachas y el uso del equipo de protección personal, todo esto para poder llevar a cabo correctamente la tarea de mantenimiento del tren de aterrizaje de la aeronave y poder conservarlo en las mejores condiciones, y posteriormente sirva para el reconocimiento y aprendizaje teórico y práctico de los estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica con los debidos estándares de seguridad.

*Palabras clave:* Inspección del tren de aterrizaje, Aeronave Fairchild 227, destalonador, mantenimiento, Neumáticos.

**Abstract**

The present graduation project contains a brief introduction about the Fairchild 227 aircraft and information about the landing gear, the types of landing gear that exist and depending on their arrangement and use, have different types of configurations, landing gear with shock absorption and without shock absorption, the types of shock absorbers and the landing gear emergency system, the tools and service units, and the most important part of this project, the inspection of the landing gear, where it will be necessary to install and remove the landing gear tires and these instructions and procedures are dictated by the aircraft maintenance manual that will help us to carry out the maintenance task more effectively and safely. This Fairchild 227 aircraft, belonging to the Aeronautical Mechanics Career, is located at the "ESPE"-Belisario Armed Forces University, for that purpose special tools, cleaning materials, tire bead breakers, hydraulic jacks, keys, wrenches, and the use of personal protective equipment will be required in order to properly carry out the landing gear maintenance task on the aircraft and keep it in the best conditions, and later it will serve for the recognition and theoretical and practical learning of the Aeronautical Mechanics students with the proper safety standards.

*Key words:* Landing gear inspection, Aircraft Fairchild 227, Bead breaker, maintenance, tires.

## Capítulo I:

### Planteamiento del problema

#### Tema

Inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227, perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas.

#### Antecedentes

La Universidad de las Fuerzas Armadas es un establecimiento de educación superior que prepara estudiantes de calidad, para que sean buenos profesionales en el campo de aviación, se procedió a la investigación acerca de lo que necesitaba los laboratorios de la Carrera de Mecánica Aeronáutica.

Por lo tanto, se observó que es necesario el mantenimiento de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild, con lo cual es preciso realizar inspecciones para verificar que sus componentes se encuentren en óptimas condiciones de aeronavegabilidad. Para la inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz, así como sus componentes requieren de herramientas especiales que facilitaran el procedimiento de las tareas de mantenimiento que requiere la aeronave.

Con el cometido de aportar positivamente a la Carrera de Mecánica Aeronáutica y mantener en óptimas condiciones los componentes de la aeronave que son recursos necesarios para el aprendizaje de los futuros estudiantes de la carrera.

## **Planteamiento del problema**

Para la operación de una aeronave es necesario que se encuentre en óptimas condiciones y así cumpla con los requisitos de aeronavegabilidad. Cuando se procede a ejecutar una de las tareas de mantenimiento es importante que se realice en base de lo que estipula el manual emitido por los fabricantes. La inspección adecuada de sus componentes es necesario para que la aeronave tenga una operatividad fiable. Para la ejecución de esta tarea de mantenimiento es necesario aplicar diferentes técnicas y el uso de diferentes herramientas para facilitar la remoción de los componentes. Las inspecciones deben ser realizadas con mucha precaución ya que nos detallara las condiciones en que se encuentre la aeronave, las inspecciones deben ser realizadas en base de lo que mencionen los manuales que son aplicables para la aeronave.

## **Justificación e importancia**

Anteriormente la aeronave Fairchild 227 se encontraba ubicado en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), y posteriormente se trasladó esta aeronave a las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" donde actualmente los alumnos realizan sus prácticas para el desarrollo de aprendizaje en el campo aeronáutico. Es necesario la inspección del tren de aterrizaje principal y de nariz, ya que se podrá identificar si existe algún tipo de problema respecto al estado material en el que se encuentran los trenes de aterrizaje y así distinguir que procedimiento es necesario para darle el mantenimiento apropiado y los pasos correctos para realizar la inspección y asegurar la aeronavegabilidad de la aeronave. Para ello dispondremos del uso del manual de mantenimiento de la aeronave Fairchild 227, el equipo de protección personal y el uso de herramientas especiales, herramientas de limpieza y lo que disponga el manual de mantenimiento, es necesario mantener en óptimas condiciones los recursos de aprendizaje que posee la carrera ya que esto beneficiará al aprendizaje y bienestar de la carrera y de los estudiantes de la Carrera de

Mecánica Aeronáutica. Con el mantenimiento de los trenes de aterrizaje se busca la seguridad y aeronavegabilidad de la aeronave Fairchild

## **Objetivos**

### ***Objetivos General***

Realizar la inspección de los trenes de aterrizaje principales y de nariz de la aeronave Fairchild 227 perteneciente a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

### ***Objetivos Específicos***

- Recopilar información acerca de las tareas de mantenimiento que se deben realizar al tren de aterrizaje de la aeronave Fairchild 227, para realizar la inspección adecuada estipulada por el Manual de Mantenimiento de la aeronave.
- Verificar que se encuentre en buenas condiciones el tren de aterrizaje principal y de nariz.
- Realizar la inspección recomendada por el Manual de Mantenimiento de la Aeronave.
- Analizar el estado actual del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz de la aeronave Fairchild 227

**Alcance**

El presente proyecto pretende ayudar a los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la inspección del tren de aterrizaje, en un mantenimiento mayor en el cual si es necesario se realizará el arreglo correspondido para mayor seguridad de la aeronave este proyecto brindará seguridad y optimización de los recursos para un mejor trabajo en el mantenimiento de la aeronave.

## Capítulo II:

### Marco teórico

#### Introducción

El Fokker F27 'Friendship' voló por primera vez en noviembre de 1955 y entró en servicio tres años después. El fabricante de aviones holandés fabricó 586 unidades de este tipo en un ciclo de producción que abarcó más de tres décadas. Dado que la viabilidad comercial del F27 se hizo evidente desde el principio, Fokker firmó un acuerdo para ayudar al modelo a ganar terreno en los EE. UU. Esto hizo que el fabricante holandés entrara en un acuerdo con Fairchild, quien acordó que produciría sus propias versiones del F27 bajo licencia. El Fairchild F-27 fabricado en EE. UU. tenía similitudes y diferencias en comparación con el Fokker F27 holandés. Por ejemplo, como ilustra la última oración, su nombre presentaba un guión, mientras que el original no. Otras diferencias incluyeron la nariz más larga del Fairchild F-27, que solía acomodar un radar meteorológico. El tipo también tenía una capacidad más baja, que generalmente rondaba la marca de los 40 pasajeros. Además, la parte trasera del turbohélice estadounidense producido con licencia presentaba su propia puerta de escalera de aire integrada. Voló por primera vez en abril de 1958 y entró en servicio ese mismo año. Fairchild F-27 y el Fairchild Hiller FH-227 fueron aviones procedentes del Fokker F27 holandés, también conocido como Amistad, este diseño holandés fue el predecesor del Fokker 50 y vendió cerca de 600 unidades entre 1955 y 1987. Menos de una década después de que el Fairchild F-27 entrara en servicio por primera vez, febrero de 1966 también vio una versión extendida despegar. Conocido como el Fairchild Hiller FH-227, este diseño fue un desarrollo independiente, aunque llegó después de que Fokker estirara el propio F27 para producir la versión Mk 500. El FH-227 era 1,83 metros más largo que el F-27 estándar. Esta longitud adicional aumentó la practicidad de la aeronave en términos de pasajeros y carga.

El espacio adicional que permitió elevó la capacidad máxima del FH-227 a 56 asientos, al tiempo que proporcionó más espacio para carga entre la cabina y la cabina de pasajeros. A pesar de estas aparentes ventajas, el FH-227 no se vendió tan bien como el F-27 original. En total, Fairchild Hiller produjo solo 78 unidades, en comparación con las 128 del diseño no estirado. Según los informes, un solo FH-227 activo estuvo en servicio con la Fuerza Aérea de Myanmar en 2010. Desafortunadamente, casi un tercio de los FH-227 (23 aviones) experimentaron accidentes. Al observar las cifras del Fairchild Hiller FH-227E extendido, podemos ver que normalmente tiene capacidad para entre 44 y 52 pasajeros. Alternativamente, las versiones de transporte de carga podrían transportar cargas útiles de hasta 5100 kg de peso. El avión tenía 25,5 metros de largo y una envergadura de 29 metros. Propulsado por un par de motores turbohélice Rolls-Royce Dart, el avión normalmente navegaba a 430 km/h (230 nudos) y tenía una velocidad máxima de 473 km/h (255 nudos). Su alcance era de 2.663 km (1.438 NM), o 1.056 km (570 NM) con una carga útil máxima. (Hardman, 1968)

### **Figura 1**

Aeronave Fairchild 227



*Nota.* Aeronave Fairchild 227 ubicado en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”-Belisario.

### Datos técnicos

Estas son las especificaciones de la aeronave en cuestión:

- Longitud: 25,5 metros
- Envergadura alar: 29 metros
- Altura: 8,41 metros
- Peso máximo al despegue: 20.640 kilogramos (45.500 libras)
- Velocidad máxima: 259 nudos (478 km/h)
- Velocidad de crucero: 220 nudos (407 km/h)
- Velocidad máxima de operación: 227 nudos (420 km/h) a 19.000 pies
- Tripulación: 2
- Pasajeros: 48 a 52
- Motores: 2 Rolls-Royce Dart 532-7L

### Figura 2

Aeronave Fairchild 227



*Nota.* Vista frontal de la aeronave Fairchild 227.

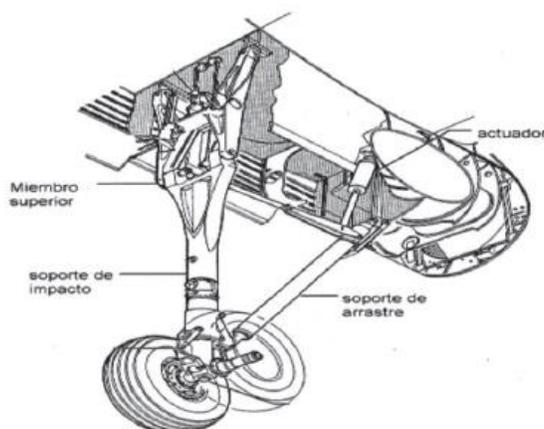
## Tren de aterrizaje

### Generalidades

El tren de aterrizaje es una parte fundamental de la aeronave, ya que es el soporte principal del avión en diferentes fases de la operación. Aunque el tipo más común de tren de aterrizaje es el que utiliza ruedas, también existen aviones con flotadores para operaciones acuáticas o esquís para aterrizajes en la nieve. El tren de aterrizaje con ruedas más común consta de tres ruedas, dos principales y una tercera rueda ubicada en la parte delantera o trasera del avión. Cuando la tercera rueda está montada en la parte trasera, se llama tren de aterrizaje convencional o avión de rueda de cola. En cambio, si la tercera rueda está en la nariz, se llama rueda de nariz y el diseño se conoce como engranaje de triciclo. La presencia de una rueda de nariz o rueda de cola permite que el avión sea controlado durante las operaciones en tierra. La mayoría de los aviones son dirigidos mediante los pedales del timón, ya sea rueda de nariz o rueda de cola. Algunos aviones también pueden ser controlados mediante el frenado diferencial.

### Figura 3

*Manual de Mantenimiento FH-227*



*Nota.* Manual de mantenimiento FH-227 Tomado de (Federal Aviation Administration, 2016).

## Figura 4

Tipos de tren de aterrizaje



*Nota.* Flotadores (arriba), esquís (medio) y ruedas (abajo). Tomado de (Federal Aviation Administration. Aircraft systems. 2016).

### ***Tipos de tren de aterrizaje***

El tren de aterrizaje es un componente crítico de la aeronave, ya que soporta el peso total de la aeronave durante el aterrizaje y las operaciones en tierra. Además, también juega un papel importante en la estabilidad y la maniobrabilidad de la aeronave. Mayormente los trenes de aterrizaje tienen ruedas para permitir que la aeronave se mueva fácilmente en superficies duras, como las pistas de los aeropuertos. Sin embargo, también hay algunos aviones que tienen esquís o flotadores en lugar de ruedas, dependiendo del entorno en el que operan.

Algunos tipos de aeronaves utilizan patines en lugar de ruedas como parte de su tren de aterrizaje. Por ejemplo, los helicópteros tienen patines que les permiten aterrizar y despegar en terrenos irregulares, así como sobre el agua o la nieve. Los globos aerostáticos utilizan una góndola que se asienta sobre un patín, y los aviones remolcados pueden tener patines en la cola que les permiten moverse por la pista sin necesidad de un tren de aterrizaje completo

El tren de aterrizaje deslizante se utiliza para operaciones en nieve y hielo, y consiste en una serie de esquís que se colocan debajo de la aeronave para permitir que deslice sobre la superficie. Los trenes de aterrizaje tipo flotador se utilizan en aeronaves que operan en el agua, como hidroaviones, y consisten en un conjunto de flotadores que se fijan al fuselaje para proporcionar flotación y estabilidad en el agua.

Todos los componentes que contribuyen al funcionamiento del tren de aterrizaje, como los sistemas de amortiguación, frenado y retracción, así como los elementos estructurales que soportan el tren de aterrizaje, se consideran parte integral del sistema de tren de aterrizaje de una aeronave. Estos componentes y sistemas deben ser diseñados y construidos para soportar el peso y las fuerzas que actúan sobre el tren de aterrizaje durante las operaciones de aterrizaje y despegue, y para garantizar la seguridad y fiabilidad de la aeronave en todo momento. Existen diferentes configuraciones de tipos de tren de aterrizaje según el diseño de la aeronave y su uso previsto. Algunas aeronaves pueden tener un tren de aterrizaje principal retráctil y un tren de aterrizaje delantero fijo, como en muchos aviones comerciales. Otras aeronaves pueden tener un tren de aterrizaje principal fijo y un tren de aterrizaje trasero retráctil, como en algunos aviones militares. Los aviones anfibios están diseñados para poder aterrizar tanto en agua como en tierra, y para ello tienen un tren de aterrizaje especial que les permite hacerlo. Además de los flotadores y las ruedas retráctiles, algunos aviones anfibios también tienen patines para aterrizar en nieve o hielo. Los flotadores en un avión anfibio son similares a los que se usan en los aviones flotadores.

Están diseñados para proporcionar flotabilidad y estabilidad en el agua y se despliegan antes del aterrizaje en el agua. Los flotadores pueden ser fijos o retráctiles, dependiendo del diseño del avión. Las ruedas retráctiles en el tren de aterrizaje permiten al avión aterrizar en superficies duras, como pistas de aterrizaje de aeropuertos. Estas ruedas pueden ser totalmente retráctiles o semi-retráctiles, dependiendo del diseño del avión. La combinación de flotadores y ruedas retráctiles en un avión anfibia le permite operar en áreas donde no hay pistas de aterrizaje disponibles y donde el agua es la única opción para aterrizar. Un sistema similar permite el uso de esquís y ruedas en aeronaves que trabajan tanto en superficies resbaladizas y congeladas, como en pistas secas. Los esquís suelen ser retráctiles para que se puedan usar ruedas si es necesario. Las aeronaves equipadas con un sistema de esquís y ruedas se utilizan comúnmente en regiones donde hay nieve y hielo en el invierno. Los esquís le permiten aterrizar y despegar en superficies suaves y resbaladizas, mientras que las ruedas se usan en pistas secas y pavimentadas. Algunas aeronaves están equipadas con un sistema de esquís retráctiles, lo que significa que los esquís se pueden retraer y dejar que las ruedas tomen el control cuando la aeronave aterriza en una pista pavimentada.

### **Tren de aterrizaje fijo y retráctil**

Los dos tipos principales de tren de aterrizaje para aeronaves son fijo y retráctil. El tren de aterrizaje fijo es común en aeronaves ligeras monomotor y algunas aeronaves ligeras bimotor. Esto se debe a que el tren de aterrizaje fijo es más simple y económico de fabricar, mantener y operar en comparación con el tren de aterrizaje retráctil. Además, en aeronaves ligeras, la reducción de la resistencia aerodinámica proporcionada por un tren de aterrizaje retráctil no es tan crítica como en aeronaves más grandes y rápidas. En las aeronaves con tren de aterrizaje fijo, el tren de aterrizaje está unido permanentemente al fuselaje y, por lo tanto, queda expuesto a la corriente de aire durante el vuelo, lo que aumenta la resistencia aerodinámica de la aeronave.

Esto puede hacer que la aeronave sea menos eficiente y requiera más combustible para volar. A medida que la velocidad de la aeronave aumenta, la resistencia parásita también aumenta debido a la fricción del aire con la superficie del tren de aterrizaje fijo que permanece expuesto a la corriente de deslizamiento.

Los mecanismos que retraen y almacenan el tren de aterrizaje suelen añadir peso a la aeronave, lo que a su vez reduce la carga útil y el rendimiento. Por esta razón, muchos aviones pequeños y algunos aviones grandes están diseñados con tren de aterrizaje fijo para mantener la simplicidad y reducir el peso. En los aviones de movimiento lento, la resistencia adicional generada por el tren de aterrizaje fijo es relativamente baja, por lo que el uso de un tren de aterrizaje retráctil no justifica el peso y la complejidad adicionales del mecanismo de retracción. Por lo tanto, muchas aeronaves ligeras de un solo motor y algunas aeronaves ligeras bimotor utilizan un tren de aterrizaje fijo. La medida que aumenta la velocidad de la aeronave, aumenta la resistencia aerodinámica ejercida por el tren de aterrizaje fijo y, por lo tanto, se requiere un medio para retraer el tren de aterrizaje para eliminar esta resistencia y reducir el consumo de combustible de la aeronave. Sin embargo, aunque el peso adicional del mecanismo de retracción añade cierta carga a la aeronave, este peso suele estar justificado por los beneficios en términos de eficiencia de combustible y velocidad de la aeronave. Los diseñadores de aeronaves trabajan para hacer que los componentes del tren de aterrizaje sean lo más aerodinámicos posible para minimizar la resistencia parásita. Además, pueden agregar protectores de ruedas o cubiertas para mejorar la eficiencia aerodinámica. Algunos diseños de trenes de aterrizaje también utilizan carenados para proteger las ruedas y reducir la resistencia. Todo esto ayuda a reducir la resistencia parásita y mejorar el rendimiento de la aeronave. El diseño aerodinámico del tren de aterrizaje puede ayudar a reducir la resistencia parásita que genera la aeronave. Al tener un perfil pequeño y suave, el tren de aterrizaje puede reducir significativamente la resistencia al viento, lo que a su vez puede aumentar la eficiencia del combustible y la velocidad de la aeronave.

El perfil delgado y suave en el viento de los puntales de resorte de acero y los carenados de las ruedas contribuyen a reducir la resistencia parásita del tren de aterrizaje fijo. Además, los frenos también pueden estar diseñados para minimizar el arrastre.

Cuando el tren de aterrizaje retráctil se retrae en el compartimento del fuselaje o del ala, se minimiza la resistencia parásita al reducir la superficie frontal de la aeronave expuesta al viento. Además, al estar dentro del fuselaje o ala, el tren de aterrizaje retráctil también está protegido de daños durante el vuelo. La mayoría de los aviones con tren de aterrizaje retráctil tienen un panel de control en la cabina que permite al piloto controlar el tren de aterrizaje. Cuando el tren está completamente retraído, se suele colocar un panel de cubierta en la abertura del tren para reducir la resistencia y mejorar la aerodinámica de la aeronave. Algunos aviones tienen puertas separadas en lugar de un panel de control integrado para permitir la retracción y extensión del tren de aterrizaje. Estas puertas se abren para permitir que el tren de aterrizaje se extienda durante la fase de aproximación y aterrizaje, y luego se cierran para sellar la abertura en el fuselaje. Del mismo modo, se abren para permitir la retracción del tren de aterrizaje durante la fase de despegue y luego se cierran para cerrar la abertura en el fuselaje y reducir la resistencia. El tren de aterrizaje extendido aumenta la resistencia y, por lo tanto, puede ser utilizado para reducir la velocidad de la aeronave. De hecho, algunos aviones utilizan esta técnica, conocida como "vuelo a velocidad reducida", para reducir la velocidad de la aeronave sin tener que reducir la potencia del motor. Sin embargo, es importante tener en cuenta que volar con el tren de aterrizaje extendido también aumenta el consumo de combustible y puede reducir la eficiencia de la aeronave. La mayoría de los trenes de aterrizaje retráctiles en aeronaves modernas se activan mediante sistemas hidráulicos. Los sistemas hidráulicos son comunes en la aviación porque pueden generar una gran cantidad de energía para mover y operar varios sistemas de la aeronave, como el tren de aterrizaje, los frenos y los flaps.

### Figura 5

Los carenados de las ruedas



*Nota.* estos reducen el arrastre parásito en aviones de tren fijo. Tomado de (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. 2018).

### Figura 6

Engranaje retráctil de un Boeing 737



*Nota.* Los conjuntos de ruedas se acoplan con sellos para proporcionar un flujo aerodinámico sin puertas. Tomado de (FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. 2018).

### ***Tren de aterrizaje fijo***

Los trenes de aterrizaje fijos son visibles y se utilizan comúnmente en aeronaves pequeñas y ligeras, ya que no requieren del peso adicional que supone un sistema de retracción hidráulico y mecánico, lo que los hace más económicos y sencillos de mantener.

Además, como mencionamos anteriormente, en aviones que vuelan a bajas velocidades, la resistencia parásita generada por el tren de aterrizaje extendido no tiene un impacto significativo en la eficiencia del vuelo, por lo que un tren de aterrizaje fijo es una opción viable.

### **Figura 7**

Tren de aterrizaje fijo



*Nota.* Tomado de (Federal Aviation Administration. Aircraft systems. 2016).

### ***Tren de aterrizaje retráctil***

Este tipo de tren de aterrizaje retráctil está diseñado para estar completamente oculto en la estructura del avión, generalmente en las alas o el fuselaje, para minimizar la resistencia al aire durante el vuelo. Los sistemas de accionamiento hidráulico o eléctrico son controlados por el piloto desde la cabina para extender y retraer el tren de aterrizaje en el momento adecuado.

### **Figura 8**

Tren de aterrizaje retráctil



*Nota.* Tomado de FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Aircraft systems (2016).

## **Trenes de aterrizaje según su disposición**

Existen tres disposiciones básicas del tren de aterrizaje que se utilizan en las aeronaves: el tren de aterrizaje tipo rueda de cola (también conocido como tren convencional), el tren de aterrizaje tándem y el tren de aterrizaje tipo triciclo. Cada uno tiene sus propias ventajas y desventajas y se utilizan en diferentes tipos de aeronaves según las necesidades de diseño y operación.

### ***Tren de aterrizaje con rueda de cola***

El tren de aterrizaje de cola es también conocido como tren de aterrizaje convencional o convencionalmente fijado porque esta fue la disposición más común en los primeros aviones y muchos aviones ligeros todavía la utilizan. En esta configuración, el tren de aterrizaje consta de dos ruedas principales ubicadas debajo de las alas, y una rueda más pequeña en la cola para proporcionar estabilidad direccional durante el despegue y el aterrizaje. La ubicación del tren principal delantero detrás del centro de gravedad de la aeronave significa que el avión tiende a apuntar hacia arriba en la parte delantera durante el despegue y hacia abajo durante el aterrizaje. Algunos de los primeros diseños de aeronaves, especialmente los planeadores, utilizaban patines en lugar de una rueda de cola. Los patines se deslizan sobre la superficie del terreno durante el despegue y el aterrizaje, proporcionando apoyo y frenado. Sin embargo, los patines tienen limitaciones en cuanto a la superficie sobre la que se pueden operar y la velocidad máxima que pueden soportar, lo que llevó al desarrollo de los trenes de aterrizaje convencionales con ruedas. El uso de un tren de aterrizaje de cola ayuda a la aeronave a reducir la velocidad al aterrizar y proporciona estabilidad direccional. La rueda trasera ayuda a controlar la dirección de la aeronave en tierra, lo que facilita el rodaje y la maniobrabilidad en espacios reducidos. El tren de aterrizaje convencional permite que la hélice sea montada en una posición más alta en el fuselaje, lo que proporciona mayor distancia al suelo para evitar que la hélice toque la pista.

Además, la configuración del tren de aterrizaje trasero y la posición de la hélice proporcionan un momento de inclinación hacia abajo que ayuda a compensar el momento de cabeceo hacia arriba causado por la fuerza del motor. Esa es otra ventaja del tren de aterrizaje de cola. Al tener el tren principal y la rueda de cola en línea, la aeronave puede tener un mayor espacio libre debajo del fuselaje delantero, lo que permite que la aeronave opere en pistas no pavimentadas sin que la rueda delantera se quede atascada en la tierra o en la grava. Esto es especialmente útil en operaciones de aviación general y en lugares remotos donde no hay pistas de aterrizaje pavimentadas o donde las pistas están en malas condiciones. Es cierto que algunos aviones modernos todavía utilizan un tren de aterrizaje convencional debido a sus ventajas en la operación en pistas sin pavimentar y la posibilidad de utilizar hélices más largas. Sin embargo, la elección del tipo de tren de aterrizaje depende de varios factores, incluyendo el tamaño y la forma de la aeronave, la velocidad de operación, el uso previsto y otros factores. La mayoría de las pistas de aterrizaje hoy en día son de superficie dura, lo que significa que una rueda de cola es más efectiva y segura que un patín. Además, una rueda de cola proporciona un mejor control direccional durante el aterrizaje y el despegue. La rueda trasera es responsable del control direccional de la aeronave en tierra. El piloto puede usar los frenos del tren de aterrizaje para controlar la dirección, aplicando más freno en un lado que en el otro para hacer girar la aeronave en esa dirección. Cuando la velocidad del avión aumenta, el timón del avión se vuelve efectivo y el piloto puede usarlo para controlar la dirección. Una rueda de cola controlable es una característica común en muchos aviones con tren de aterrizaje de cola. Esta rueda está conectada a un sistema de cables que permite que el piloto controle la dirección del avión en tierra a través del pedal del timón o del timón de dirección. Muchos trenes de aterrizaje, especialmente aquellos diseñados para aviones más grandes y pesados, incluyen muelles para absorber los impactos durante el aterrizaje.

### Figura 9

Tren de aterrizaje de rueda de cola de una aeronave DC-3



*Nota.* Tomado de (Federal Aviation Administration. 2018).

### Figura 10

Tren de aterrizaje de cola de un STOL Maule MX-7-235.



*Nota.* Tomado de (Federal Aviation Administration. 2018).

### ***Tren de aterrizaje tipo tándem***

Es cierto que el tren de aterrizaje en tándem es menos común que otras disposiciones. Los veleros suelen utilizar un tren de aterrizaje en tándem, aunque muchos tienen un tren de aterrizaje real justo en frente del fuselaje con un control deslizante debajo de la cola. Algunos bombarderos militares, como el B-47 y el B-52, tienen tren de aterrizaje en tándem, como el avión espía U2. El VTOL Harrier tiene un tren de aterrizaje en tándem, pero utiliza un pequeño tren de aterrizaje debajo de las alas como soporte. En general, colocar el tren de aterrizaje justo debajo del fuselaje facilita el uso de alas altamente flexibles.

## Figura 11

Aeronaves con tren de aterrizaje en tándem



*Nota.* El tren de aterrizaje en tándem en planeadores, aeronaves militares como el B-52 y el VTOL Harrier tiene engranajes en tándem con engranajes de tipo estabilizador. Tomado de (Federal Aviation Administration. 2018).

### ***Tren de aterrizaje tipo triciclo***

El tren de aterrizaje triciclo es el más comúnmente utilizado en la mayoría de los aviones modernos. Este tipo de tren de aterrizaje consta de una rueda de nariz en la parte delantera y dos ruedas principales debajo de las alas, creando una configuración de tres puntos de apoyo en tierra. El tren de aterrizaje de triciclo tiene varias ventajas sobre otros diseños de tren de aterrizaje. Algunas de estas ventajas incluyen: Le permite aplicar los frenos con más fuerza sin que se incline mientras frena, lo que ayuda a disminuir la velocidad de aterrizaje y a mantener el control direccional de la aeronave. otra de las ventajas del tren de aterrizaje triciclo es que proporciona una mejor visibilidad desde la cabina, especialmente durante el aterrizaje y las maniobras en tierra. El tren de aterrizaje de triciclo, al tener un punto de apoyo adicional en la rueda de nariz, proporciona una mayor estabilidad en tierra y evita que la aeronave se incline hacia adelante durante el despegue y el aterrizaje.

En un avión con tren de aterrizaje triciclo, el centro de gravedad está situado delante del tren de aterrizaje principal, lo que significa que cuando el avión se detiene, las fuerzas que actúan sobre el centro de gravedad lo empujan hacia adelante en lugar de hacia arriba o hacia abajo, como sucedería en un tren de aterrizaje de rueda de cola.

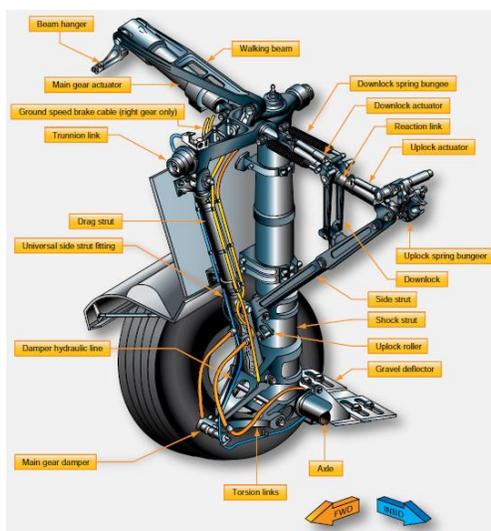
Es posible que algunos aviones estén diseñados con un tren de aterrizaje delantero fijo que no es controlable. La mayoría de los aviones con tren de aterrizaje delantero tienen la capacidad de dirigir la aeronave en tierra mediante el uso de un sistema de control del tren de aterrizaje, que suele estar conectado al volante de dirección en la cabina de pilotaje. En algunos casos, el control se realiza mediante los pedales del timón, pero en general, es una función separada que permite al piloto mover el tren de aterrizaje delantero en la dirección deseada. En las aeronaves más grandes y pesadas, el tren de aterrizaje puede ser controlado hidráulicamente o eléctricamente, en lugar de a través de un enlace mecánico con los pedales del timón. Los controles del tren de aterrizaje se encuentran en la cabina de vuelo y suelen ser accionados por el piloto o el copiloto. En algunos aviones más modernos, el tren de aterrizaje se puede controlar mediante un sistema de control de vuelo automático o incluso de forma remota desde una estación en tierra. En cualquier caso, el control del tren de aterrizaje es crucial para garantizar una operación segura y exitosa de la aeronave en todas las fases del vuelo. El tren de aterrizaje principal de un tren de aterrizaje tipo triciclo generalmente está unido a una estructura de ala reforzada o a la estructura del fuselaje, dependiendo del diseño de la aeronave. Sí, el número y la ubicación de las ruedas del tren de aterrizaje principal pueden variar según el diseño y el tamaño de la aeronave. Muchos trenes de aterrizaje principal de aviones tienen dos o más ruedas, que se colocan en paralelo en el puntal del tren de aterrizaje. Al tener más ruedas, se distribuye el peso de la aeronave sobre una superficie mayor, lo que reduce la presión sobre el suelo y previene el hundimiento o daño a la pista. Cuando hay más ruedas en el tren de aterrizaje principal, la carga se distribuye sobre un área más grande, lo que reduce la presión en cada rueda individual. Esto puede proporcionar un margen de seguridad en caso de que una de las ruedas se dañe durante el despegue o aterrizaje, ya que las otras ruedas pueden compartir la carga.

Los aviones pesados a menudo tienen más ruedas en cada tren de aterrizaje principal para soportar su mayor peso.

Un bogie es un mecanismo de acoplamiento de ruedas utilizado en algunos trenes de aterrizaje para distribuir el peso y soportar la carga de la aeronave de manera más efectiva. Los bogies se utilizan comúnmente en trenes de aterrizaje de aeronaves más pesadas, como aviones de carga y de pasajeros de gran tamaño. El número de ruedas en un bogie puede variar según el peso y el diseño de la aeronave. En algunos casos, se pueden usar hasta ocho ruedas en un bogie. La adición de más ruedas y bogies ayuda a reducir la carga por rueda y a proporcionar una mayor estabilidad en superficies irregulares o desiguales. El tren de aterrizaje de tipo triciclo es una estructura compleja y requiere varios componentes y conjuntos para su correcto funcionamiento, como por ejemplo amortiguadores, unidades de alineación del tren de aterrizaje, las unidades de soporte, dispositivos que son de seguridad y retracción, sistemas de dirección, los conjuntos de ruedas y frenos.

## Figura 12

### Tren de aterrizaje



*Nota.* Nomenclatura Tren de aterrizaje. Tomado de (Federal Aviation Administration. 2018).

### **Trenes de aterrizaje con absorción de impacto y sin absorción de impacto**

El tren de aterrizaje debe ser capaz de absorber las fuerzas de impacto durante el aterrizaje, lo que se logra principalmente mediante el uso de amortiguadores de impacto. Estos amortiguadores pueden ser de varios tipos, incluyendo hidráulicos, neumáticos o una combinación de ambos. En los trenes de aterrizaje con absorción de impactos, los amortiguadores de impacto están diseñados para comprimirse y absorber la energía del impacto durante el aterrizaje. En algunos casos, se utilizan resortes para ayudar a absorber la energía del impacto. El objetivo es ralentizar la tasa de transferencia de la energía del impacto al fuselaje y al pasaje, reduciendo así la cantidad de fuerza que se transfiere a la aeronave. Por otro lado, los trenes de aterrizaje sin absorción de impactos, como los utilizados en aviones ultraligeros o algunos modelos deportivos, no cuentan con sistemas de amortiguación hidráulicos o neumáticos, y la energía del impacto se transfiere directamente al fuselaje de la aeronave y al pasaje. En este caso, el piloto debe asegurarse de que el aterrizaje se realice suavemente y en una superficie adecuada para evitar daños en la estructura de la aeronave y lesiones en los pasajeros.

### **Engranaje de resorte tipo hoja**

Los puntales flexibles de acero, aluminio o compuestos son otra opción que se utiliza en algunos diseños de tren de aterrizaje. Los puntales flexibles pueden absorber la energía del impacto y devolverla al fuselaje de manera controlada y segura. Estos puntales pueden diseñarse para soportar una carga específica y también pueden ser ajustables para acomodar diferentes condiciones de aterrizaje y pesos de la aeronave. Es importante aclarar que los trenes de aterrizaje sin absorción de impactos no son necesariamente menos seguros que aquellos que tienen algún tipo de sistema de absorción.

Ambos tipos de trenes de aterrizaje tienen ventajas y desventajas, y la elección depende de diversos factores como el tipo de aeronave, el uso previsto y las condiciones de operación. En el caso de los aviones Cessna de un solo motor, su tren de aterrizaje sin absorción de impactos es adecuado para su uso debido a su tamaño y peso relativamente pequeños, y su diseño simple y confiable.

### **Rígido**

Las aeronaves modernas que utilizan trenes de aterrizaje de tipo deslizante, como muchos aviones comerciales, utilizan trenes de aterrizaje rígidos sin efectos negativos significativos. El diseño de estos trenes de aterrizaje rígidos permite que la aeronave soporte el impacto del aterrizaje de manera efectiva sin requerir la absorción de impactos que se encuentra en los puntales de aterrizaje flexibles. En lugar de ello, los neumáticos y los frenos ayudan a reducir la carga de impacto en el aterrizaje y permiten un aterrizaje suave y seguro. Aunque el uso de puntales flexibles de aterrizaje con amortiguadores de impacto es común en las aeronaves modernas, algunas aeronaves más antiguas o más pequeñas, como aviones deportivos, todavía usan un tren de aterrizaje rígido sin amortiguadores. Aunque este tipo de tren de aterrizaje puede ser menos cómodo para los pasajeros durante el aterrizaje, todavía puede absorber algunos impactos de aterrizaje de baja energía a través del fuselaje.

### **Cuerda elástica**

Las cuerdas elásticas y los cojines de goma maciza tienen una función similar en los trenes de aterrizaje sin absorción de impactos. Ambos sirven para absorber la energía del impacto del aterrizaje y disminuir las cargas que se transfieren al fuselaje. Los cojines de goma maciza son anillos de goma que se colocan entre la estructura rígida del fuselaje y el conjunto del tren de aterrizaje, mientras que las cuerdas elásticas son cuerdas que se estiran y se flexionan para absorber las cargas de impacto.

Ambos componentes deben ser inspeccionados regularmente para garantizar que estén en buen estado y puedan realizar su función correctamente. En algunos diseños de tren de aterrizaje se utilizan cojines de goma maciza de tipo donut como parte de la suspensión. Estos cojines de goma se colocan en la parte superior de la punta y se comprimen cuando el tren de aterrizaje se comprime durante el aterrizaje.

### **Los amortiguadores de un tren de aterrizaje**

La absorción de impactos en un sistema de amortiguación, como un tren de aterrizaje de puntal de choque, se produce al convertir la energía cinética del impacto en otra forma de energía, como la energía térmica, la energía sonora o la energía de deformación elástica. En el caso del tren de aterrizaje de puntal de choque, el puntal está diseñado para comprimirse y absorber la energía cinética del aterrizaje, convirtiéndola en energía térmica a través de la fricción y la resistencia de los materiales.

### **Amortiguadores de impacto**

Los amortiguadores de impacto o puntales de choque son el método más común de disipación de impactos de aterrizaje en la aviación. Estos sistemas se utilizan en aviones de todos los tamaños y están diseñados para absorber la energía del impacto del aterrizaje convirtiéndola en calor a través de la compresión de un material elástico como la goma o el aceite. Los amortiguadores son componentes importantes de los trenes de aterrizaje de las aeronaves y su función es absorber la energía del impacto del aterrizaje y reducir la carga de impacto en la estructura de la aeronave. Es esencial que se realicen inspecciones y mantenimiento regular de los amortiguadores para garantizar su correcto funcionamiento y evitar fallas. Es importante seguir las instrucciones de mantenimiento del fabricante y contar con técnicos y mecánicos capacitados para realizar estas tareas. Además, en caso de que se detecte alguna falla o mal funcionamiento en los amortiguadores, es importante tomar las medidas necesarias para su reparación o reemplazo antes de volver a operar la aeronave.

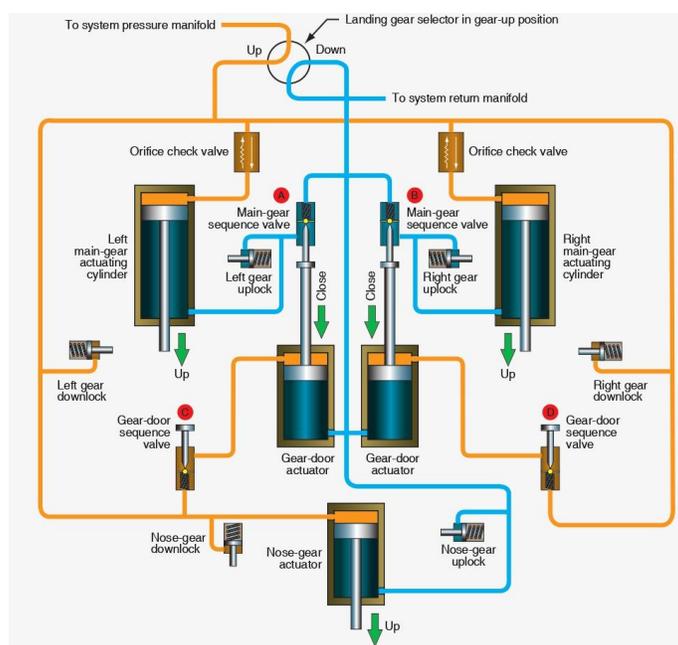
Los amortiguadores neumáticos/hidráulicos, también conocidos como amortiguadores oleoneumáticos, utilizan una combinación de aire comprimido o nitrógeno y fluido hidráulico para absorber y disipar las cargas de choque durante el aterrizaje. El pistón del amortiguador se mueve dentro de un cilindro lleno de aceite hidráulico. El aire comprimido o nitrógeno se encuentra en una cámara separada y comprimido por un pistón separado. Cuando el tren de aterrizaje toca el suelo, la fuerza del impacto se transfiere al pistón del amortiguador, lo que comprime el gas en la cámara. A medida que el gas se comprime, la presión aumenta y el aceite hidráulico es forzado a través de una pequeña abertura, proporcionando la resistencia necesaria para amortiguar el impacto. Cuando la aeronave aterriza, la carga del impacto hace que el pistón se comprima en la cámara inferior, lo que empuja el aceite hidráulico a través de una pequeña abertura hacia la cámara superior que contiene el gas comprimido. La energía del impacto se disipa cuando el aceite hidráulico fluye a través de la abertura y se comprime el gas en la cámara superior. El gas comprimido se expande lentamente para empujar el aceite de vuelta a la cámara inferior, lo que ayuda a la aeronave a recuperar su posición original. De esta manera, la energía del impacto se convierte en energía térmica y se disipa a través del sistema de enfriamiento del avión. La abertura entre los dos cilindros funcionaría como una válvula unidireccional, permitiendo el flujo de fluido desde la cámara inferior hacia la cámara del cilindro superior cuando se comprime el puntal. Durante la carrera de compresión el caudal de fluido no es constante, ya que la velocidad de compresión puede variar en función de la fuerza aplicada y de las características del fluido y del sistema en el que se está utilizando el puntal. La forma cónica de la varilla medidora está diseñada de manera específica para proporcionar una restricción en el orificio de la cámara, esto podría limitar el caudal de fluido y controlar el flujo de manera automática en función de la posición de la varilla medidora. Cuando el pasador está parcialmente insertado en el orificio, se crea una abertura que permite el flujo de líquido adicional desde la cámara inferior hacia la cámara superior.

A medida que el diámetro de la parte de la varilla medidora que está en el orificio aumenta, se reduce la cantidad de fluido que puede pasar a través del orificio. La acumulación de presión causada por la compresión de la pata de apoyo y el fluido hidráulico forzado a través del puerto de medición genera calor debido a la fricción y la resistencia del fluido en movimiento. El calor producido se convierte en energía cinética. Para algunos tipos de choque se usa un tubo de medición. La idea general es similar a la de una válvula de pasador dosificador, en la que se controla el flujo de líquido a través de un orificio ajustable en el pasado. En el caso del puntal hidráulico, la compresión de la pata de apoyo y el fluido hidráulico forzado a través del puerto de medición generan la presión que controla el flujo de fluido desde la cámara inferior a la superior a través de un orificio en el tubo dosificador. La diferencia principal es que el puntal hidráulico está diseñado específicamente para absorber impactos y soportar cargas en aplicaciones industriales y automotrices, mientras que las válvulas de pasador dosificador se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo sistemas de riego y sistemas de combustible. El rebote en los amortiguadores se produce cuando la energía almacenada en el resorte del amortiguador se libera repentinamente, provocando que la parte superior del amortiguador rebote hacia arriba después de una compresión. Es posible que un amortiguador que rebote rápidamente al final de la carrera pueda causar daños en su estructura y disminuir su vida útil. Para evitar que los amortiguadores reboten o se muevan demasiado rápido al final de la carrera, se suelen equipar con dispositivos de amortiguación adicionales. Un amortiguador típico consta de un pistón, un tubo de retroceso y un cilindro inferior, y tiene una válvula de retención para reducir el flujo de fluido durante la carrera de extensión. La mayoría de los amortiguadores tienen un eje para la instalación de ruedas neumáticas, mientras que los que no lo tienen poseen un equipo para montarlo al final del cilindro inferior. Todos los cilindros superiores están equipados con racores para fijar el amortiguador a la carrocería. Un prensaestopas se utiliza para sellar la junta deslizante entre los cilindros telescópicos superior e inferior y evitar la entrada de suciedad y otros elementos en

el interior. La mayoría de los amortiguadores están equipados con un eslabón de torsión o un brazo de torsión para mantener alineados el pistón y la rueda y un conjunto de levas de localización para alinear el conjunto de la rueda y el eje. Los puntales del tren de aterrizaje también están equipados con pasadores de bloqueo o pasadores de separación para permitir que la aeronave gire rápidamente. El amortiguador viene con una placa de instrucciones que indica cómo llenarlo con fluido hidráulico y cómo inflarlo con aire o nitrógeno, especificando el tipo correcto de fluido y la presión adecuada. Es importante leer estas instrucciones antes de llenar o inflar el puntal de choque.

### Figura 13

#### Circuito hidráulico del tren de aterrizaje



*Nota.* Circuito Hidráulico del tren de aterrizaje Tomado de (Federal Aviation Administration. 2018).

## **Alineación, soporte y retracción del tren de aterrizaje**

El mecanismo del tren de aterrizaje retráctil se compone de diversos elementos que trabajan juntos para garantizar su correcto funcionamiento. Entre ellos, se encuentran los eslabones de torsión, los muñones y soportes, los eslabones del puntal de arrastre, los dispositivos eléctricos e hidráulicos que permiten su retracción, así como los componentes que se encargan del bloqueo, la detección y la indicación. Además, el tren de aterrizaje también cuenta con un sistema de dirección que está unido al mismo.

### ***Alineación***

El conjunto de brazo de torsión o eslabones de torsión es importante para prevenir la rotación del cilindro inferior del puntal y mantener su alineación con el eje longitudinal del avión. En algunos casos, este es el único método para asegurar el pistón en el cilindro superior del puntal. Los extremos del conjunto de brazo de torsión están conectados por un cilindro superior fijo y un cilindro inferior móvil, unidos por un pasador de bisagra en el centro para permitir que el puntal se extienda y se contraiga. Además, la alineación de las ruedas del avión también es crucial y se establece generalmente por el fabricante. La alineación de las ruedas principales puede requerir ajustes después de un aterrizaje forzoso, y se debe garantizar el acceso adecuado al remolque y la inclinación adecuada. Las instrucciones de mantenimiento del fabricante proporcionan procedimientos para inspeccionar y ajustar el acceso al remolque, y se pueden realizar ajustes para corregir una ligera desalineación de las ruedas. Para aviones con tren de aterrizaje de acero para resortes, se pueden agregar o quitar espaciadores cónicos entre el eje atornillado y la brida de montaje del eje en el puntal. Los aviones equipados con palancas de aire/aceite generalmente usan un espaciador entre los dos brazos de los eslabones de torsión como medio para alinear la entrada y la salida del remolque.

## ***Soporte***

El tren de aterrizaje de una aeronave se fija a elementos estructurales como los largueros de las alas, y está diseñado para ser retráctil y poder pasar por un hueco o pozo durante el vuelo. El muñón es una extensión fija del cilindro de soporte superior que permite el movimiento del tren de aterrizaje desde la posición vertical hasta la posición de estiba. La abrazadera de arrastre se utiliza para frenar la acción de pivote integrada en la fijación del muñón. Durante las operaciones en tierra, el tirante de arrastre se endereza y se bloquea en su posición para mantener el tren de aterrizaje rígido. En algunas aeronaves, los cilindros hidráulicos reemplazan la acción de la barra de tiro para proporcionar apoyo durante las maniobras en tierra.

## ***Sistemas de extensión de emergencia***

En caso de una falla en el sistema de alimentación principal de una aeronave, se activa el sistema de extensión de emergencia para bajar el tren de aterrizaje. La forma en que esto se lleva a cabo varía según el tamaño y complejidad de la aeronave. Algunos aviones tienen una manija de liberación de emergencia en la cabina de vuelo que, al ser accionada, libera los bloqueos y permite que el tren de aterrizaje caiga por gravedad en posición extendida. Otros aviones utilizan un respaldo no mecánico, como la energía neumática, para desenganchar el tren de aterrizaje. Este sistema se activa mediante una válvula que permite que el fluido hidráulico fluya, lo que hace que la presión que mantiene el tren arriba disminuya y el tren se extienda por su propio peso. Las aeronaves más grandes y de mayor rendimiento tienen sistemas hidráulicos redundantes, lo que hace que la extensión de emergencia sea menos común. Si el tren de aterrizaje no se extiende, se usa un dispositivo de desbloqueo para permitir que caiga libremente. En algunos aviones pequeños, la extensión de emergencia del tren de aterrizaje por gravedad y cargas aéreas no es posible sin aplicar alguna fuerza adicional. En estos casos, se utilizan sistemas de extensión manual en los que el piloto activa el tren de aterrizaje manualmente.

Es importante seguir las instrucciones de funcionamiento, normas de rendimiento y pruebas de extensión de emergencia requeridas para todos los sistemas de extensión del tren de aterrizaje de emergencia según lo indicado en el manual de mantenimiento de la aeronave.

### **Dispositivos de seguridad del tren de aterrizaje**

Hay muchos mecanismos de seguridad del tren de aterrizaje, siendo los más habituales los que evitan su retraimiento o colapso mientras la aeronave está en tierra. Asimismo, existen los indicadores del tren que permiten al piloto conocer la posición de cada tren de aterrizaje en todo momento, y que también cumplen una función de seguridad.

#### ***Interruptor de seguridad***

La mayoría de los aviones tienen interruptores de seguridad que se encienden y apagan según la extensión o compresión de los puntales principales del tren de aterrizaje. Estos interruptores están conectados a circuitos eléctricos que evitan que el tren de aterrizaje se retraiga mientras la aeronave está en tierra. Para lograr esto, se utilizan diferentes métodos, como un solenoide que extiende un eje para bloquear físicamente el selector de posición del tren de aterrizaje. Durante el despegue, el interruptor de seguridad se cierra, permitiendo que la corriente fluya y que el solenoide se energice para retraer el pasador de bloqueo. Los interruptores de seguridad de posición de marcha también son comunes en aeronaves de alto rendimiento, y utilizan sensores de proximidad que detectan la posición del tren de aterrizaje sin contacto físico. Es importante que los técnicos se aseguren de que el objetivo del sensor esté ubicado a la distancia correcta del sensor, utilizando herramientas de calibración para establecer la distancia adecuada.

### ***Bloqueo en tierra***

Los bloqueos en tierra son una medida adicional de seguridad para evitar que el tren de aterrizaje se retraiga accidentalmente mientras la aeronave está en tierra. Es importante que los bloqueos estén diseñados y posicionados adecuadamente para garantizar que cumplan su función correctamente y evitar daños a la aeronave o lesiones a las personas en tierra. Los pilotos y el personal de mantenimiento deben seguir las instrucciones del fabricante de la aeronave y cumplir con los procedimientos de seguridad recomendados al utilizar bloqueos en tierra.

### ***Indicadores de posición del tren de aterrizaje***

El indicador de posición del tren de aterrizaje es crucial para la seguridad del vuelo y está diseñado para proporcionar información clara y precisa sobre la posición del tren de aterrizaje. Además de las luces indicadoras, algunos aviones también pueden tener un indicador visual en forma de una pequeña maqueta de la aeronave con los trenes de aterrizaje representados en ella. El piloto puede ver fácilmente la posición del tren de aterrizaje en la maqueta y compararla con la posición real del tren utilizando las luces indicadoras. Es importante que los pilotos estén familiarizados con el sistema de indicación del tren de aterrizaje de su aeronave para poder tomar decisiones informadas y seguras durante el vuelo.

### ***Centrado de la rueda de nariz***

Las levas de centrado son muy importantes para alinear el tren de aterrizaje antes de la retracción. También permiten que el amortiguador inferior gire en el cilindro del amortiguador superior, lo que ayuda a dirigir el avión durante el rodaje. Además, es interesante mencionar que algunos aviones pequeños utilizan un rodillo o pasador de guía en el puntal para ayudar a enderezar la rueda de nariz al entrar en el hueco de la rueda durante la retracción. Estos detalles son importantes para garantizar un correcto funcionamiento del sistema de dirección

de la rueda de nariz y, por lo tanto, una operación segura en tierra.

### **Sistemas de dirección de la rueda de nariz**

En algunos casos, la rueda de la nariz también puede ser direccionada mediante el uso de frenos diferenciales, lo que permite girar la aeronave mientras se desplaza por la pista de rodaje. Este sistema funciona al aplicar el freno en una rueda mientras se deja que la otra siga girando, lo que hace que la aeronave gire hacia el lado opuesto. Sin embargo, el sistema de dirección de la rueda de nariz es más común y más preciso, y se encuentra en la mayoría de las aeronaves modernas.

### ***Aviones pequeños***

Las aeronaves pequeñas suelen utilizar sistemas de control de dirección mecánicos que funcionan mediante conexiones físicas entre los pedales y el conjunto de la rueda de dirección en el tren de aterrizaje. Al presionar los pedales, se genera un movimiento que se transfiere al eje puntal, lo que hace que la rueda gire a la izquierda o a la derecha para dirigir la aeronave. Este sistema de control se conoce como control de dirección por pedales, y es común en aeronaves ligeras y de entrenamiento.

### ***Aviones grandes***

El sistema de dirección de nariz para aviones grandes consta de una pequeña rueda, una caña de timón o una palanca de mando en la cabina de vuelo para controlar la dirección. Los enlaces mecánicos, eléctricos o hidráulicos transfieren el movimiento de entrada del controlador a una unidad de control de la dirección, que es una válvula de medición o control hidráulico. La unidad de control conduce el fluido hidráulico bajo presión a uno o dos actuadores que están diseñados con una variedad de enlaces para rotar el puntal inferior. Un acumulador y una válvula de alivio preservan el fluido en los actuadores y el sistema bajo presión por completo siempre.

Un mecanismo de seguimiento reside en varios engranajes, cables, varillas, tambores y/o manivela, etc. Una vez que se ha logrado conseguir el ángulo de dirección se restaura la válvula dosificadora a una postura neutral. El sistema contiene válvulas de seguridad cuya función es apaciguar la presión en el transcurso de un fallo hidráulico, a manera que la rueda de nariz pueda rodar. El tren de aterrizaje es girado por el eje de dirección cuando el pistón del cilindro A se extiende. La parte trasera del husillo contiene dientes de engranaje que se engrana con un engranaje en la parte inferior del vástago del orificio. En resumen, el sistema de dirección de nariz de un avión grande es un complejo sistema hidráulico que utiliza una variedad de enlaces mecánicos, eléctricos o hidráulicos para transmitir el movimiento del controlador en la cabina de vuelo a la dirección del tren de aterrizaje.

### **Amortiguadores de vibración**

Para evitar la vibración o el bamboleo que muchos trenes de aterrizaje de la nariz experimentan a ciertas velocidades, se utilizan eslabones de torsión que se conectan desde el cilindro superior estacionario del tren de nariz al cilindro móvil inferior o pistón del mismo. Sin embargo, estos eslabones de torsión por sí solos no son suficientes para controlar completamente la vibración, por lo que se requiere un amortiguador de vibración hidráulico adicional. Este tipo de amortiguador puede estar integrado en el tren de aterrizaje o ser una unidad externa que se fija entre los amortiguadores superior e inferior. El amortiguador de vibración es activo en todas las fases de la operación en tierra y ayuda a mantener un rendimiento normal del sistema de dirección del tren de aterrizaje.

### **Amortiguador de dirección**

Grandes aeronaves con dirección hidráulica utilizan la presión en los cilindros de dirección para proporcionar la amortiguación necesaria. A este tipo de amortiguación se le conoce como "amortiguación de la dirección".

Sin embargo, algunas aeronaves más antiguas utilizan amortiguadores de dirección de tipo paletas para amortiguar las vibraciones y controlar la rueda de nariz. Estos amortiguadores de paletas funcionan de manera similar a los amortiguadores de paletas descritos anteriormente, pero están diseñados específicamente para su uso en la dirección de la aeronave. En cualquier caso, es importante que los amortiguadores de dirección sean inspeccionados y mantenidos regularmente para garantizar su correcto funcionamiento y evitar cualquier problema durante el aterrizaje o el despegue.

### **Amortiguador de pistón**

Las aeronaves que no están equipadas con dirección hidráulica de la rueda de nariz pueden utilizar una unidad adicional de amortiguación externa para proporcionar la amortiguación necesaria durante el aterrizaje. Esta unidad consta de una carcasa que está fijada firmemente al cilindro del amortiguador superior, mientras que el eje está enlazado al cilindro del amortiguador inferior y a un pistón dentro del amortiguador. Cuando el cilindro inferior del amortiguador trata de sacudirse, el fluido hidráulico es forzado por medio del orificio de purga, lo que amortigua la oscilación. Un amortiguador de pistón puede contener un orificio de llenado para añadir líquido, o también puede ser una unidad sellada. En cualquier caso, la unidad debe ser examinada regularmente para encontrar fugas. Para asegurar un funcionamiento correcto del amortiguador hidráulico de pistón, es importante que se llene en totalidad su capacidad. Además, se debe comprobar el nivel de líquido y rellenar si es necesario durante el mantenimiento periódico. De esta forma se garantiza que el amortiguador funcione de manera óptima y proporcione la amortiguación necesaria durante el aterrizaje.

### **Amortiguador de paletas**

El amortiguador de paletas es otro tipo de amortiguador utilizado en algunas aeronaves para proporcionar una amortiguación efectiva durante el aterrizaje. Este tipo de amortiguador utiliza cámaras de fluidos creadas por las paletas separadas por un orificio de la válvula en un eje central. Cuando el tren de aterrizaje intenta oscilar, las paletas giran para intercambiar el tamaño de las cámaras internas, lo que permite la amortiguación de la vibración. Es importante tener en cuenta que la proporción de tamaño de las cámaras solo puede cambiar rápidamente si el fluido puede ser forzado a través del orificio. Por lo tanto, la oscilación del engranaje se dispersa por la velocidad del flujo de fluido. Además, un depósito interno de reposición con resorte conserva el fluido presurizado en las cámaras de trabajo y se incorpora la compensación térmica del tamaño del orificio. Al igual que con cualquier otro tipo de amortiguador, el amortiguador de paletas debe ser inspeccionado regularmente para encontrar fugas y mantenerse en un buen funcionamiento y estado. Es importante realizar la inspección de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y en intervalos regulares de mantenimiento. Un indicador de nivel de fluido suele sobresalir del extremo del depósito de la unidad, lo que permite una fácil comprobación del nivel de fluido en el amortiguador.

### **Amortiguador no hidráulico**

Los amortiguadores no hidráulicos son una alternativa a los amortiguadores de tipo pistón convencionales que utilizan líquido en su interior para proporcionar amortiguación. Aunque se parecen en su aspecto y ajuste a los amortiguadores de tipo pistón, los amortiguadores no hidráulicos utilizan un pistón de goma en lugar de un pistón metálico y no contienen líquido en su interior. La forma en que funcionan los amortiguadores no hidráulicos es mediante la amortiguación de efecto superficial.

Cuando se produce un movimiento de sacudida en el eje, el pistón de goma fuerza contra el diámetro interior de la carcasa del amortiguador y se desliza sobre una película muy fina de grasa, lo que proporciona la amortiguación necesaria. Los materiales utilizados en la construcción de los amortiguadores no hidráulicos proporcionan una larga duración de vida útil sin necesidad de añadir líquido a la unidad. Aunque están certificados por muchas aeronaves, es importante tener en cuenta que cada tipo de amortiguador tiene sus propias especificaciones y requisitos de mantenimiento, y deben ser utilizados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

### **Destalonadores de neumáticos**

Se usa un destalonador de llantas de avión para destalonar o unir una llanta y una rueda. Requiere poco esfuerzo y separa los dos sin dañar las costosas ruedas fundidas.

- Destalonadores hidráulicos
- Destalonadores Neumáticos
- Destalonadores manuales
- Anillos adaptadores para destalonadores

### **Plataformas rodantes de aire**

El transporte eficiente de las ruedas es crucial para mantener los procedimientos de mantenimiento en movimiento y ahorrar costos innecesarios. Una plataforma rodante para ruedas de aviones permite a los operadores transportar ruedas de manera segura, fácil y eficiente.

- Plataformas rodantes
- Plataformas rodantes del tren de aterrizaje
- Plataformas rodantes para ruedas y frenos

### **Reguladores, adaptadores y conectores**

El oxígeno puede tener una reacción negativa con el caucho cuando se usa en altitudes más altas. Debido a esto, el nitrógeno se usa para inflar los neumáticos de los aviones. Las herramientas adecuadas de servicio de nitrógeno para aeronaves son necesarias para cumplir con todos los requisitos neumáticos.

Nuestra selección de adaptadores, conectores y reguladores incluye lo siguiente:

- Accesorios de mantenimiento de ruedas y puntales
- Indicadores y reguladores de nitrógeno

### **Herramientas de servicio**

El mantenimiento y el servicio adecuados de las aeronaves son cruciales para la seguridad. Por lo tanto, es importante utilizar las herramientas de servicio del tren de aterrizaje adecuadas en cualquier rutina y sistema de mantenimiento. Esto permitirá que el personal realice el servicio de puntales, frenos y neumáticos de manera segura y eficiente.

- Herramientas de servicio de puntal,
- Herramientas de localización de disco
- Herramientas universales

### **Unidades de servicio de frenos**

Las unidades de servicio de frenos de aeronaves se utilizan para dar servicio al sistema de frenos de una aeronave y probar la presión de los frenos y las posibles hemorragias. Si bien poder volar es importante, es igualmente crítico poder detenerse. Cualquier hangar o taller de ruedas y frenos debe estar equipado con el siguiente equipo de tren de aterrizaje.

- Unidades de Servicio de Frenos
- Unidades de prueba antideslizante
- Unidades purga de frenos (Tronair, 2021).

### **Centro de gravedad**

El equilibrio y la ubicación del centro de gravedad son cruciales para la estabilidad y seguridad del vuelo de una aeronave. El centro de gravedad es el punto en el que se concentra toda la masa de la aeronave y es un factor clave en el rendimiento y manejo de la aeronave.

La posición del tren de aterrizaje con respecto al centro de gravedad también es importante, ya que puede afectar la capacidad de la aeronave para despegar y aterrizar de manera segura. En un tren convencional con rueda de cola (tradicional), el centro de gravedad debe estar detrás de la rueda principal, mientras que, en un tren de tres ruedas, donde la tercera rueda está al frente, el centro de gravedad debe estar ligeramente por delante de la rueda principal. En un triciclo con una carga más liviana en la rueda delantera, la rueda trasera está más cerca del centro de gravedad

### **Capítulo III:**

#### **Desarrollo del tema**

##### **Preliminares**

Se llevó a cabo una revisión del tren de aterrizaje del avión Fairchild FH-227 en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, el cual anteriormente se encontraba en el Ala de Transporte N°11 en Quito.

##### **Situación actual del avión Fairchild FH-227.**

La aeronave Fairchild FH-227 se encontraba en malas condiciones ya que al ser trasladada donde actualmente se encuentra en las instalaciones de la ESPE Belisario, está ubicado en un área verde donde se deteriora progresivamente el estado de la aeronave en este caso se ve más afectado la parte del tren de aterrizaje donde es necesario realizar una inspección y limpieza de la zona del tren de aterrizaje.

##### **Situación actual del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz de la aeronave Fairchild FH-227**

La aeronave Fairchild FH-227 al estar situada en un área verde se encontraba afectado el tren de aterrizaje principal y de nariz, por lo cual se procedió a realizar un tipo de ensayo no destructivo, que es inspección visual.

**Figura 14**

Tren de aterrizaje principal de la aeronave Fairchild 227



*Nota.* la imagen muestra el tren de aterrizaje principal de la aeronave y la gata hidráulica que lo sostiene.

**Inspección visual**

Procedemos a realizar la inspección visual en el tren de aterrizaje principal y de nariz, no se utilizó ningún instrumento visual, ya que se podía apreciar a simple vista de que tenía suciedad y corrosión por la humedad y lluvia del ambiente.

**Figura 15**

Tren de aterrizaje de nariz



*Nota.* en la imagen se procede a realizar la inspección visual del tren de aterrizaje de nariz.

### **Limpieza de la zona del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz**

Se procedió a deshierbar los alrededores de los neumáticos de la aeronave Fairchild FH-227, limpiar con waípe y alcohol industrial la suciedad y telarañas que se encontraba en la zona de los neumáticos y gatas hidráulicas que soportan el avión, y lijar las partes oxidadas de la tapa central de los neumáticos del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz.

#### **Figura 16**

Tren de aterrizaje principal



*Nota.* En la imagen se puede observar que se retiró todas las hierbas y suciedad

### **Procedimiento de inspección del tren de aterrizaje principal y tren de aterrizaje de nariz de la aeronave Fairchild fh-227**

Procedemos a leer en el manual de mantenimiento de la aeronave Fairchild FH-227, en el capítulo 32 sección 0 unidad 0, donde detalla información del tren de aterrizaje, revisar anexo 1.

Figura 17

Presentación de la tabla de contenido

FAIRCHILD  
F-27 SERIES  
MAINTENANCE MANUAL

**LANDING GEAR PRESENTATION**

This chapter contains information concerning the nose and main landing gears and the associated systems that supply operating power, position indicating and warning, main wheel braking and nose wheel steering. The control section includes the electrical and pneumatic components necessary to operate the gears' retracting and extending movements from the crew compartment. Trouble shooting covering complete gear operation is included in our charts in the control section while the position indication and warning, brakes and steering sections contain their own trouble shooting charts.

**TABLE OF CONTENTS**

- 32-1-0 LANDING GEAR CONTROL SYSTEM
- 32-1-1 Strut Switch
- 32-1-2 Control Valve
- 32-1-3 Pressure Reducer (1000-100 psi)
- 32-1-4 Check Valve
- 32-1-5 Main Gear Actuator
- 32-1-6 Nose Gear Actuator
- 32-1-7 Main Gear Uplock Actuator
- 32-1-8 Nose Gear Uplock Actuator
- 32-1-9 Emergency Control Valve
- 32-1-10 Pressure Reducer (3300-100 psi)
- 32-1-11 Nose Gear Centering Switch
- 32-1-12 Drag Brake Solenoid Valve
- 32-1-13 Emergency Control Valve Telex Assembly
- 32-2-0 LANDING GEAR INDICATING AND WARNING SYSTEM
- 32-2-1 Landing Gear Lock Switches
- 32-3-0 MAIN LANDING GEAR
- 32-3-1 Main Gear Assembly
- 32-3-2 Shock Strut
- 32-3-3 Drag Strut
- 32-3-4 Lock Strut
- 32-3-5 Uplock Assembly
- 32-3-6 Wheels
- 32-3-7 Tires
- 32-3-8 Door Track and Trolley
- 32-3-9 Main Gear Doors

32  
Page 7

Nota. en la imagen se muestra la tabla de contenido de la ATA 32

Figura 18

Tabla de contenido

FAIRCHILD  
F-27 SERIES  
MAINTENANCE MANUAL

**TABLE OF CONTENTS (Continued)**

- 32-4-0 NOSE LANDING GEAR
- 32-4-1 Nose Gear Assembly
- 32-4-2 Shock Absorber
- 32-4-3 Uplock Assembly
- 32-4-4 Downlock Mechanism
- 32-4-5 Wheel
- 32-4-6 Tire
- 32-4-7 Door Swivel Rod
- 32-4-8 Nose Gear Doors
- 32-4-9 Nose Gear Pivot Bracket
- 32-5-0 BRAKE SYSTEM
- 32-5-1 Brake Operating Mechanism
- 32-5-2 Parking Brake Control
- 32-5-3 Brake Valve
- 32-5-4 Anti-Skid Unit
- 32-5-5 Brake Assembly
- 32-5-6 Brake Bottle
- 32-5-7 Pressure Gage
- 32-5-8 Emergency Brake Valve
- 32-5-9 Swivel Units
- 32-5-10 Shuttle Valve
- 32-6-0 NOSE GEAR PNEUMATIC STEERING SYSTEM
- 32-6-1 Control Mechanism
- 32-6-2 Centering and Follow-Up Mechanism
- 32-6-3 Steer Control Valve
- 32-6-4 Solenoid Valve and Pressure Reducer
- 32-6-5 Steer Actuator Assembly
- 32-6-6 Strut Switch
- 32-6-7 70-Degree Limit Switch
- 32-6-8 Steering Actuator Air Motor
- 32-7-0 NOSE GEAR HYDRAULIC STEERING SYSTEM
- 32-7-1 Control Mechanism
- 32-7-2 Follow-Up Mechanism
- 32-7-3 Steer Selector Valve

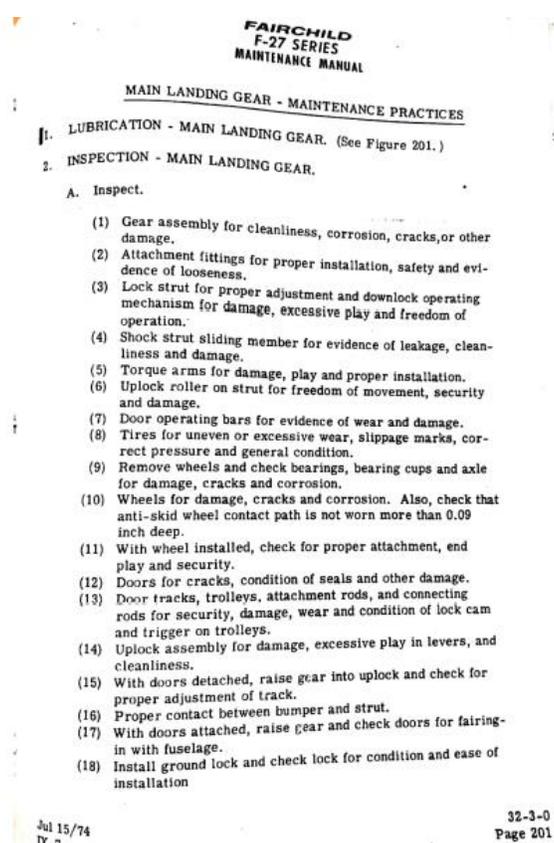
Nota. información de la tabla de contenido.

## Práctica de mantenimiento

Después de encontrar la ATA 32 nos dirigimos a la página 201 del manual de mantenimiento de la aeronave Fairchild FH-227 en el capítulo 32-3-0, en el numeral 1 y 2 (INSPECCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL), revisar anexo 3, anexo 4 y anexo 5 donde detalla gráficamente las partes que requieren lubricación:

### Figura 19

Instrucciones de inspección para el tren de aterrizaje principal.



*Nota.* Pasos para la inspección del tren de aterrizaje obtenidos del AMM de la aeronave Fairchild 227.

**Procedimientos para la inspección del tren de aterrizaje principal:**

1. Conjunto de engranajes para limpieza, corrosión, grietas u otros daños
2. Accesorios de fijación para una instalación adecuada, seguridad y evidencia de holgura
3. Bloquee el puntal para un ajuste adecuado y el mecanismo de operación de bloqueo para daños, juego excesivo y libertad de operación.
4. Miembro deslizante del puntal de choque para evidencia de fugas, limpieza y daños
5. Brazos de torsión para daños, juego e instalación adecuada.
6. Rodillo Uplock en puntal para libertad de movimiento, seguridad y daño.
7. Barras de operación de la puerta para evidencia de desgaste y daño.
8. Neumáticos por desgaste irregular o excesivo, marcas de patinaje, presión correcta.
9. Retire las ruedas y revise los cojinetes, las copas de los cojinetes y el eje en busca de daños, grietas y corrosión.
10. Ruedas por daños. Grietas y corrosión, también. Verifique que la ruta de contacto de la rueda antideslizante no esté desgastada más de 0,09 pulgadas de profundidad.
11. Con la rueda instalada, verifique que la fijación, el juego longitudinal y la seguridad sean adecuados.
12. Puertas por grietas, estado de los sellos y otros daños.
13. Rieles de puertas, carros, varillas de fijación y bielas para seguridad, daño, desgaste y condición de la leva de bloqueo y el gatillo en los carros.
14. Bloquee el conjunto en busca de daños, juego excesivo en las palancas y limpieza.
15. Con las puertas desmontadas, levante el engranaje y verifique que el riel esté correctamente ajustado.
16. Contacto adecuado entre el parachoques y el puntal.
17. Con las puertas unidas, levante el tren y verifique que las puertas no tengan carenado con el fuselaje.
18. Instale la traba a tierra y verifique la condición y la facilidad de instalación de la traba.

## Materiales

Antes de realizar la práctica de mantenimiento se debe tener los materiales y herramientas necesarias para poder llevar a cabo dicha tarea, se procedió a utilizar los siguientes materiales, página detallada en el anexo 6:

- Alcohol desnaturalizado
- Lubricante-MIL-G-4343
- Compuestos antiadherente-Especificaciones MIL-T-5544

## Figura 20

Materiales a obtener para la práctica de mantenimiento.



*Nota.* en el literal A muestra los 3 materiales que vamos a necesitar que es el alcohol, lubricante y antiadherente.

**Figura 21**

Grasa Aero Shell



*Nota.* Esta grasa es necesario para engrasar los rodamientos de los neumáticos del tren de aterrizaje.

Las herramientas necesarias para el servicio fueron las siguientes:

- Martillo de goma
- Punzón
- Alicata
- Gatas
- Llave de tubo
- Llave mixta
- Destornilladores: Estrella y Plano
- Destalonador de neumáticos

**Figura 22**

Destalonador y gata



*Nota.* Destalonador y punzón

**Figura 23**

Caja de herramientas



*Nota.* en la imagen se muestra el juego de rachas, llaves, hexagonales y juego de puntas de destornilladores que necesitaremos para la práctica.

**Figura 24**

Juego de llaves



*Nota.* Este juego de llaves es en pulgadas

**Figura 25**

Gata Hidráulica



*Nota.* Aquí se muestra la gata hidráulica de soporte para elevar la aeronave y poder realizar la práctica.

Para proceder con el servicio del avión se realizó una limpieza y posteriormente la inspección visual donde se utilizaron los siguientes materiales:

- Equipo de seguridad
- Guaípe
- Franela
- Herramientas

### Figura 26

Waípe y caja de herramientas

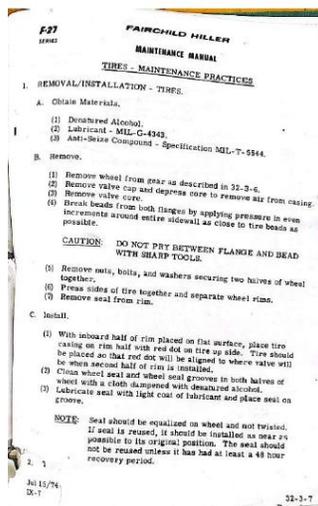


*Nota.* Es necesario los waípes para poder realizar la limpieza de los componentes que vamos a montar y desmontar.

Después de tener nuestros materiales continuamos con los procedimientos de la práctica según lo indicado en el manual de mantenimiento de la aeronave Fairchild en la ATA 32-3-7, literal B, procedemos a interpretar lo que dicta la sección de remoción e instalación de neumáticos, donde nos menciona que nos dirijamos a 32-3-6 que detalla la remoción e instalación del neumático, remoción e instalación, además de ciertas precauciones que se debe tomar en cuenta para la práctica.

## Figura 27

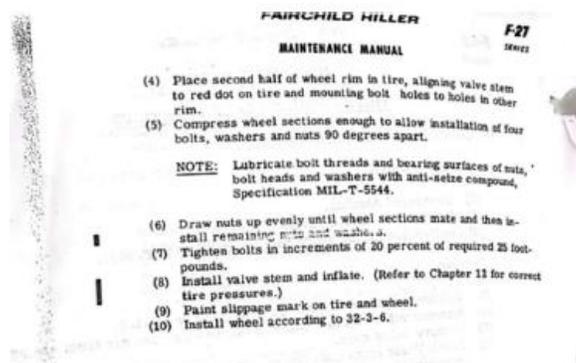
Hoja del capítulo 32-3-7



*Nota.* se describe las instrucciones de la práctica de mantenimiento del neumático.

## Figura 28

Final de las instrucciones de la práctica de mantenimiento de los neumáticos.

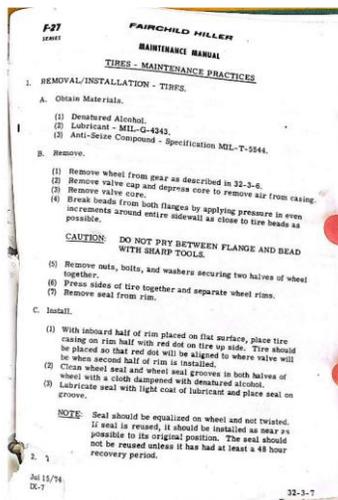


*Nota.* Limpiar con el antiadherente y lubricar los tornillos, superficie de los rodamientos y tuercas.

Procedemos con el literal B, que nos dice que debemos seguir las instrucciones de 32-3-6 del manual de mantenimiento de la aeronave Fairchild.

## Figura 29

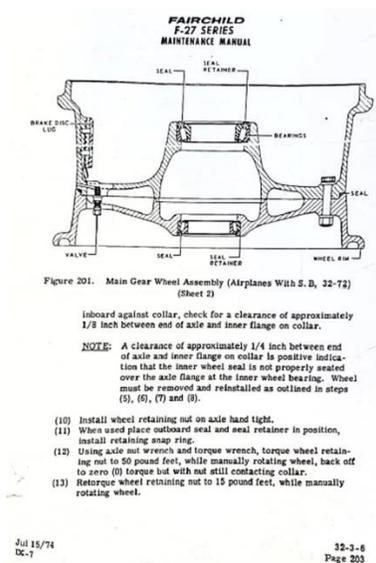
Literal B de la sección de instalación y remoción de los neumáticos.



Nota. En la imagen se muestran las instrucciones para la remoción e instalación además de una nota para facilitar la instalación.

## Figura 30

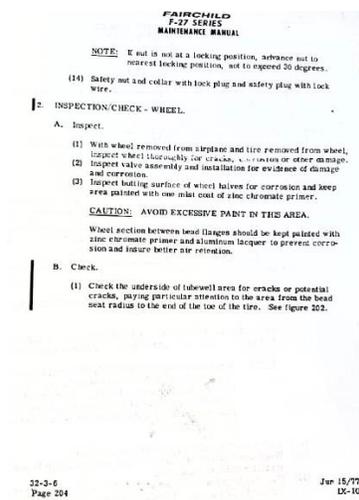
Conjunto principal del tren de aterrizaje



Nota. En el manual detalla una imagen del conjunto de rueda del engranaje principal del tren de aterrizaje

## Figura 31

### Inspección y chequeo del neumático



*Nota.* En esta página detalla la inspección y el chequeo del neumático.

## Figura 32

Desmontaje del conjunto de rueda del tren de aterrizaje principal de la aeronave Fairchild.



*Nota.* remoción del neumático del tren de aterrizaje.

Luego de remover el neumático procedemos a desajustar con la racha las tuercas del disco de freno.

**Figura 33**

Tren de aterrizaje principal sin un neumático



*Nota.* Desajuste del disco de freno del tren de aterrizaje.

Después de retirar las tuercas del disco de freno procedemos a inspeccionar por alguna anomalía, rajadura o corrosión existente, procedemos a limpiar la grasa e impurezas del disco de freno.

**Figura 34**

Disco de freno.



*Nota.* Vista del disco de freno, donde se puede observar que está desgastado, en el aterrizaje de la aeronave siempre se consumirá una parte del disco para poder reducir la velocidad de la aeronave.

Después de realizar la limpieza e inspección procedemos a la alineación de los discos de freno y verificamos que esté ubicado correctamente para poder instalar el neumático del tren de aterrizaje.

**Figura 35**

Disco de freno.



*Nota.* Alineación de los orificios del disco de freno.

Procedemos a verificar que el neumático esté en buenas condiciones.

**Figura 36**

Neumáticos del tren de aterrizaje principal.



*Nota.* verificación de los neumáticos del tren de aterrizaje.

Antes de instalar los neumáticos verificamos que estén en el lugar correcto para ubicarlos luego con la ayuda de una palanca procedemos a instalar el neumático en el tren de aterrizaje principal.

### **Figura 37**

Neumático y disco de freno.



*Nota.* instalación del neumático del tren de aterrizaje principal.

### **Figura 38**

Ubicación del neumático.



*Nota.* Se realiza la ubicación del neumático.

Se procede a realizar la alineación de los orificios del disco de rueda con el neumático, para poder instalar el neumático correctamente.

### Figura 39

Alineación del neumático.



*Nota.* Siguiendo las instrucciones logramos alinear los orificios del neumático con el disco de freno.

Una vez ubicado el neumático en el tren de aterrizaje procedemos a asegurar con una tuerca de seguridad el neumático del tren de aterrizaje principal y procedemos a ajustar con un torquímetro con los estipulado en el manual de mantenimiento que son 15 libras-pie.

**Figura 40**

Neumático del tren de aterrizaje principal



*Nota.* Neumático ubicado correctamente y ajustado en el tren de aterrizaje.

Inmediatamente después de instalar el neumático del tren de aterrizaje, posteriormente se procede a liberar la presión de las gatas hidráulicas para que se asiente en la superficie y limpiamos el área.

**Figura 41**

Tren de aterrizaje principal.



*Nota.* Finalización de la inspección del tren de aterrizaje.

## **Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones**

### **Conclusiones**

- El manual de mantenimiento es documentación técnica indispensable para quien lo emplee al momento de realizar una tarea de mantenimiento.
- Las herramientas especiales como el destalonador de neumáticos facilitan la remoción de los neumáticos.
- El uso de gatas hidráulicas es importante para tener mayor seguridad al momento de realizar cualquier tipo de mantenimiento mayor a la aeronave.
- Las instrucciones del manual de mantenimiento para instalar el disco de frenos fueron de gran ayuda para poder alinear correctamente los orificios y poder encajar el neumático con facilidad y rapidez.
- El área en el que se encuentra la aeronave hace susceptible que esté a problemas de corrosión y humedad.
- El equipo de protección personal es muy útil no solo para protección sino al momento de realizar la limpieza de los neumáticos.

## Recomendaciones

- Tener el equipo de protección personal necesario al momento de realizar la práctica de mantenimiento.
- Usar amoladora o cepillo de acero si es necesario para quitar el óxido de los componentes.
- Siempre guiarse del manual de mantenimiento para realizar la práctica de mantenimiento ya que si se omite pasos que dictan en el manual puede conllevar a una mala práctica de mantenimiento y un accidente.
- Tener supervisión de alguien con experiencia por si se requiere ayuda al momento de realizar la práctica.
- Usar las herramientas en pulgadas para evitar aislar tuercas o tornillos de un componente.
- Trabajar en un ambiente que sea favorable para realizar la práctica de mantenimiento.
- Aprender a identificar los capítulos, sección y unidades de un manual de mantenimiento para facilitar la investigación y búsqueda de información.

## Bibliografía

- ADMINISTRATION, F. A. (2016). *Pilot's Handbook of Aeronautical Knowledge*. Obtenido de [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/handbooks\\_manuals/aviation/phak/media/pilot\\_handbook.pdf](https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/phak/media/pilot_handbook.pdf)
- ADMINISTRATION, F. A. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook–Airframe* (Vol. 2). Obtenido de [https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-06/amt\\_airframe\\_hb\\_vol\\_2.pdf](https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/2022-06/amt_airframe_hb_vol_2.pdf)
- Hardman, J. (1968). *La historia del turbohélice Fairchild F-27 fabricado en EE. UU.*
- Tronair. (2021). *Tronair*. Obtenido de <https://www.tronair.com/resources/types-of-landing-gear-equipment-and-aircraft-servicing-tools#:~:text=Landing%20gear%20usually%20comes%20in,inside%20an%20aircraft%20during%20flight.>

**ANEXOS**