



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

**Inspección de las ruedas del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS-332B  
de acuerdo a la tarea de mantenimiento N° 32-40-00-408 perteneciente a la 15 BAE**

**Paquisha**

Barrionuevo Guamani, Edison Gustavo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Mecánica Aeronáutica Mención Aviones

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

Ing. Bautista Zurita, Rodrigo Cristobal

Latacunga, 22 de marzo del 2021



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

## Certificación

Certifico que el trabajo de titulación, “Inspección de las ruedas del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS-332B de acuerdo a la tarea de mantenimiento n. 32-40-00-408 perteneciente a la 15 BAE Paquisha”, fue realizado por el señor, **Barrionuevo Guamani Edison Gustavo**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 22 de marzo del 2021

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer "Rodrigo Cristobal Bautista Zurita".

**Bautista Zurita, Rodrigo Cristobal**

C. C.:1720240991

## Reporte de verificación

## Curiginal

## Document Information

Analyzed document	MONOGRAFIA BARRIONUEVO GUSTAVO .pdf (D98959497)
Submitted	3/19/2021 6:30:00 PM
Submitted by	
Submitter email	egbarrionuevo@espe.edu.ec
Similarity	4%
Analysis address	rcbautista.espe@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / TESIS SUPER PUMA (2).pdf</b> Document TESIS SUPER PUMA (2).pdf (D47197783) Submitted by: hainca@espe.edu.ec Receiver: eaarevalo1.espe@analysis.arkund.com	4
<b>SA</b>	<b>MONOGRAFÍA_CHICAIZA GUAMANGALLO JOSÉ IVÁN.docx</b> Document MONOGRAFÍA_CHICAIZA GUAMANGALLO JOSÉ IVÁN.docx (D77067080)	1
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Proyecto de Titulación-Corrección Final.docx</b> Document Proyecto de Titulación-Corrección Final.docx (D26261522) Submitted by: ojgracia@espe.edu.ec Receiver: jfvalencia2.espe@analysis.arkund.com	1
<b>W</b>	URL: <a href="https://avia-es.com/blog/kolesa-shassi-vertoleta">https://avia-es.com/blog/kolesa-shassi-vertoleta</a> Fetched: 3/20/2021 12:39:00 AM	2
<b>W</b>	URL: <a href="http://www.aama.es/aama/los-neumaticos-del-avion-2/">http://www.aama.es/aama/los-neumaticos-del-avion-2/</a> Fetched: 3/20/2021 12:39:00 AM	4
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis Carlos Saquinga.docx</b> Document Tesis Carlos Saquinga.docx (D43771986) Submitted by: clsaquinga@espe.edu.ec Receiver: eszabala.espe@analysis.arkund.com	1
<b>SA</b>	<b>Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Capitulo 1-4 Farinango Diego.pdf</b> Document Capitulo 1-4 Farinango Diego.pdf (D98335988) Submitted by: dafarinango1@espe.edu.ec Receiver: gsinca.espe@analysis.arkund.com	1

  
 .....  
**Bautista Zurita, Rodrigo**  
**Cristobal**  
**DIRECTOR**



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

### Responsabilidad de autoría

Yo, **Barrionuevo Guamani Edison Gustavo** con cédula de ciudadanía N° **1804653242**, declaró que el contenido, ideas y criterios del trabajo de la monografía: **“Inspección de las ruedas del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS-332B de acuerdo a la tarea de mantenimiento n. 32-40-00-408 perteneciente a la 15 BAE Paquisha”**, 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, 22 de marzo del 2021

Una firma manuscrita en tinta azul que parece corresponder al nombre Barrionuevo Guamani Edison Gustavo.

.....  
**Barrionuevo Guamani, Edison Gustavo**

C.C.: 1804653242



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN AVIONES

### Autorización de publicación

Yo **Barrionuevo Guamani Edison Gustavo**, con cédula de ciudadanía N° **1804653242**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: “**Inspección de las ruedas del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS-332B de acuerdo a la tarea de mantenimiento n. 32-40-00-408 perteneciente a la 15 BAE Paquisha**”, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 22 de marzo del 2021

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del Sr. Barrionuevo Guamani Edison Gustavo.

.....  
**Barrionuevo Guamani, Edison Gustavo**

C.C.: 1804653242

### **Dedicatoria**

El presente trabajo de graduación quiero comenzar dedicándole a Dios y a mi madre Magdalena Guamani, quien se ha esforzado para que sea un hombre de buenos valores, gracias por enseñarme a ser perseverante en cada uno de mis objetivos por alcanzar, a mi hermana por estar junto a mí, siempre dándome apoyo y fuerza para ser una persona de bien.

A mi esposa Norma y mis hijos Keyla y Anderson, por quienes cada día me esfuerzo mucho más para mantener una familia unida y ser mejor en la sociedad.

Igualmente, a todas las personas que de una u otra manera han estado apoyándome y me impulsaron a ser mejor, para culminar con éxito esta carrera y cumplir uno de mis objetivos.

## **Agradecimiento**

Quiero agradecer primero a mi Dios por darme fuerza, salud y sabiduría para seguir adelante y lograr cumplir con este trabajo de graduación.

De la misma manera agradezco a la Universidad de las Fuerza Armadas ESPE, por su espacio brindado en el cual se impartieron los conocimientos a través de sus catedráticos que me brindaron sus conocimientos en la carrera de MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN "AVIONES"

Igual mención a mis compañeros y a todas aquellas personas que de una y otra forma han colaborado para lograr este objetivo.

A toda mi familia que me han estado brindado su apoyo, sus consejos para que me esfuerce todos los días para la culminación de esta carrera y seguir cumpliendo mis metas propuestas.

## Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación .....	2
Reporte de verificación .....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos .....	8
Índice de tablas .....	11
Índice de figuras .....	12
Resumen .....	14
Abstract.....	15
Problema de la investigación .....	16
Tema.....	16
Antecedentes. ....	16
Planteamiento del problema.....	16
Justificación.....	17
Objetivos.....	18
<i>Objetivo general</i> .....	18
<i>Objetivos específicos</i> .....	18
Alcance. ....	18
Marco teórico .....	19
Historia del arma aviación del ejército.....	19
Especificaciones del helicóptero Super Puma AS 332B. ....	20



<i>Principales dimensiones (Versión Alargada)</i> .....	20
<i>Principales características de las diferentes versiones</i> .....	21
Principales sistemas del helicóptero Super Puma AS 332B.....	22
Estructura del helicóptero Super Puma.....	22
<i>Componentes principales estructurales</i> .....	23
Mandos de vuelo.....	25
Instalación motriz. ....	26
Tren de aterrizaje. ....	29
<i>Elementos del tren de aterrizaje principal</i> .....	30
Las posiciones características del tren de aterrizaje principal. ....	31
<i>Helicóptero en tierra (configuración tren extensión normal)</i> .....	31
<i>Helicóptero en vuelo- Tren aterrizaje fuera</i> .....	32
<i>Helicóptero en vuelo tren fuera con el sistema hidráulico de emergencia</i> .....	33
Tren de aterrizaje delantero.....	34
<i>Posiciones características del tren y detectores de posición</i> ....	35
Ruedas y neumáticos.....	36
<i>Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros</i> .....	37
<i>Frenos de un helicóptero</i> .....	39
<i>Tapones fusibles (o térmicos)</i> .....	39
<i>Válvula de alivio de sobrepresión (OPRV)</i> .....	40
<i>Características de los neumáticos de un helicóptero</i> .....	41
<i>Inflado de los neumáticos</i> .....	43
Desarrollo del tema.....	45
Preliminares. ....	45
Medidas de seguridad para realizar la inspección.....	46

<b>Aplicación de la carta de trabajo 32.40.00.408.....</b>	<b>46</b>
<i>Medios necesarios.....</i>	<b>46</b>
<i>Utillajes especiales.....</i>	<b>46</b>
<i>Materiales.....</i>	<b>47</b>
<i>Repuestos sistemáticos.....</i>	<b>48</b>
<i>Documentos a consultar.....</i>	<b>48</b>
<i>Preparación del trabajo.....</i>	<b>48</b>
<i>Desmontaje de la rueda. ....</i>	<b>49</b>
<i>Instalación del neumático.....</i>	<b>52</b>
<i>Inflar el neumático con nitrógeno seco: .....</i>	<b>55</b>
<i>Verificación del neumático sobre la rueda.....</i>	<b>56</b>
<i>Operaciones finales.....</i>	<b>60</b>
<b>Conclusiones y recomendaciones. ....</b>	<b>63</b>
<b>Conclusiones. ....</b>	<b>63</b>
<b>Recomendaciones. ....</b>	<b>64</b>
<b>Bibliografía. ....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>66</b>

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Características principales de las dos versiones.</i> .....	22
<b>Tabla 2.</b> <i>Principales componentes de la estructura del helicóptero Super Puma.</i> ....	25
<b>Tabla 3.</b> <i>Partes del motor MAKILA 1A.</i> .....	28
<b>Tabla 4.</b> <i>Elementos que conforman el tren de aterrizaje principal y delantero.</i> .....	30
<b>Tabla 5.</b> <i>Componentes del tren de aterrizaje principal.</i> .....	31
<b>Tabla 6.</b> <i>Componentes principales del tren de aterrizaje delantero.</i> .....	35

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Misiones que realiza el helicóptero Super Puma</i> .....	20
<b>Figura 2.</b> <i>Dimensiones de la Aeronave (Versión alargada)</i> . ....	21
<b>Figura 3.</b> <i>Medidas de la Aeronave (Versión alargada)</i> . ....	21
<b>Figura 4.</b> <i>División del fuselaje del helicóptero Super Puma</i> .....	23
<b>Figura 5.</b> <i>Principales componentes de la estructura del helicóptero Super Puma</i> ....	24
<b>Figura 6.</b> <i>Mandos de vuelo del helicóptero Super Puma</i> . ....	26
<b>Figura 7.</b> <i>Ubicación de los motores en el helicóptero Super Puma</i> .....	27
<b>Figura 8.</b> <i>Motor MAKILA 1A</i> .....	28
<b>Figura 9.</b> <i>Tren de aterrizaje tipo triciclo del helicóptero Super Puma</i> .....	29
<b>Figura 10.</b> <i>Tren de aterrizaje Principal</i> . ....	30
<b>Figura 11.</b> <i>Configuración normal del tren aterrizaje en tierra</i> . ....	32
<b>Figura 12.</b> <i>Configuración del tren de aterrizaje en vuelo</i> . ....	33
<b>Figura 13.</b> <i>Configuración del tren de aterrizaje en emergencia</i> .....	34
<b>Figura 14.</b> <i>Tren de aterrizaje delantero</i> . ....	35
<b>Figura 15.</b> <i>Posiciones características del tren de aterrizaje</i> . ....	36
<b>Figura 16.</b> <i>Ruedas del tren de aterrizaje</i> . ....	37
<b>Figura 17.</b> <i>Rueda y neumático de un helicóptero</i> . ....	38
<b>Figura 18.</b> <i>Sistema de frenos de un helicóptero</i> . ....	39
<b>Figura 19.</b> <i>Tapón fusible y válvula de alivio de sobrepresión</i> . ....	40
<b>Figura 20.</b> <i>Válvula de alivio de sobrepresión</i> . ....	41
<b>Figura 21.</b> <i>Rueda y neumático unidos</i> .....	42
<b>Figura 22.</b> <i>Identificación de las capas de lona en un neumático</i> .....	43
<b>Figura 23</b> <i>Manómetro de 0 a 25 bares</i> .....	47
<b>Figura 24</b> <i>Materiales principales para realizar la inspección</i> .....	47
<b>Figura 25.</b> <i>Helicóptero Super Puma en elevadores hidráulicos</i> .....	49
<b>Figura 26.</b> <i>Colocación de los elevadores</i> .....	50
<b>Figura 27.</b> <i>Levantamiento del helicóptero con los elevadores hidráulicos</i> .....	50

<b>Figura 28.</b> <i>Verificación de la rueda y sus elementos</i> .....	51
<b>Figura 29.</b> <i>Desmontaje de la rueda</i> .....	51
<b>Figura 30.</b> <i>Desmontaje del neumático</i> .....	52
<b>Figura 31.</b> <i>Inspección del neumático</i> .....	53
<b>Figura 32.</b> <i>Montaje del neumático</i> .....	53
<b>Figura 33.</b> <i>Pernos frenados</i> .....	54
<b>Figura 34.</b> <i>Marca del desequilibrio</i> .....	54
<b>Figura 35.</b> <i>Inflado del neumático</i> .....	55
<b>Figura 36.</b> <i>Verificación de fugas en el neumático</i> .....	56
<b>Figura 37.</b> <i>Verificación de caídas de presión</i> .....	57
<b>Figura 38.</b> <i>Elementos del medidor de presión de nitrógeno</i> .....	57
<b>Figura 39.</b> <i>Unión la rueda y el medidor de presión</i> .....	58
<b>Figura 40.</b> <i>Medidor de presión a unirse con el acople</i> .....	59
<b>Figura 41.</b> <i>Estanqueidad de los pernos</i> .....	60
<b>Figura 42.</b> <i>Montaje del neumático y la rueda en el tren de aterrizaje</i> .....	60
<b>Figura 43.</b> <i>Montaje del neumático y la rueda en el tren de aterrizaje</i> .....	61
<b>Figura 44.</b> <i>Verificación de los fusibles y válvulas de sobrepresión</i> .....	61
<b>Figura 45.</b> <i>Bajada del helicóptero de los elevadores hidráulicos</i> .....	62

## Resumen

El presente trabajo de graduación tuvo como objetivo realizar la inspección del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B utilizando toda la información de existente en los diferentes manuales, en los cuales se identificó la tarea de mantenimiento respectiva para ejecutar la inspección respetando todos los ítems y parámetros establecidos dentro del campo de mantenimiento aeronáutico, de igual manera se adoptó todas las normas de seguridad y herramientas necesarias para realizar la medición del nitrógeno en el tren de aterrizaje ( neumáticos) del helicóptero Super Puma AS 332B perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército 15 BAE "PAQUISHA"; es así que al realizar esta inspección fue necesario utilizar una herramienta especial, debido a que se manipuló un gas altamente delicado como es el nitrógeno a altas presiones, es así que se procedió a realizar un ajuste de una mejor manera, respetando las características de los elementos que constituyen mencionada herramienta, para realizar el ajuste de la herramienta se realizó un estudio previo en los manuales de mantenimiento de la aeronave, igualmente en las herramientas que se emplean para realizar mencionada inspección, con el ajuste realizado a los componentes de la herramienta permitirá al personal de técnicos reducir el tiempo de trabajo que necesita esta inspección, también proporciona una seguridad integra a todo el personal de técnicos que realizan estas tareas de mantenimiento.

Palabras clave:

- **HELICÓPTERO SUPER PUMA**
- **PRESION DE NITROGENO**
- **NEUMÁTICOS**
- **TREN DE ATERRIZAJE**

### **Abstract**

The objective of this graduation work was to perform the inspection of the landing gear of the Super Puma AS 332B helicopter using all the existing information in the different manuals, in which the respective maintenance task was identified to perform the inspection respecting all the items and parameters established within the field of aeronautical maintenance, Likewise, all safety standards and necessary tools were adopted to perform the nitrogen measurement in the landing gear (tires) of the Super Puma AS 332B helicopter belonging to the Army Aviation Brigade 15 BAE "PAQUISHA"; Thus, when performing this inspection it was necessary to use a special tool, due to the handling of a highly delicate gas such as nitrogen at high pressures, so we proceeded to make an adjustment in a better way, respecting the characteristics of the elements that constitute said tool, to make the adjustment of the tool a previous study was made in the maintenance manuals of the aircraft, Also in the tools that are used to perform this inspection, with the adjustment made to the components of the tool will allow the technical staff to reduce the work time required for this inspection, also provide a security integrates all technical personnel who perform these maintenance tasks.

Key Words:

- **SUPER PUMA HELICOPTER**
- **NITROGEN PRESSURE**
- **TIRES**
- **LANDING GEAR**

## Capítulo I

### 1. Problema de la investigación

#### 1.1 Tema.

“Inspección de las ruedas del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS-332B de acuerdo a la tarea de mantenimiento n. 32-40-00-408 perteneciente a la 15 BAE Paquisha”,

#### 1.2 Antecedentes.

La Aviación del Ejército es una organización perteneciente al Ejército Ecuatoriano el cual se encarga de satisfacer las necesidades en: apoyo logístico, administrativo y de reconocimiento con las diferentes aeronaves pertenecientes a la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”, considerando que la misión de la aviación del ejército es de planificar, organizar y controlar la ejecución del mantenimiento del equipo aeronáutico a través del empleo de las unidades de mantenimiento y abastecimiento de los Grupos Aéreos de la 15-BAE “PAQUISHA”, mediante soluciones integrales, efectivas que se sustentan en la innovación y excelencia en la gestión.

El Centro de Mantenimiento de la Aviación del Ejército apoya a la misión antes descrita, mediante el mantenimiento en los distintos sistemas de los helicópteros, Puma SA 330, Super Puma AS 332 B, MI 171, Lama, Gazelle SA 341 y Fennec C3, con las secciones Puma, Super Puma y Lama.

Además, cuenta con las áreas de motores, estructuras, aviónica y conjuntos mecánicos, donde se procede a realizar inspecciones mayores, menores y overhaul de los helicópteros descritos en el párrafo anterior, para mantener las aeronaves en condiciones de operatividad y aeronavegabilidad en el cumplimiento de las misiones cuando el ejército lo amerite.

#### 1.3 Planteamiento del problema.

El CEMAE-15 es la unidad encargada de realizar el mantenimiento de los diferentes helicópteros que pertenecen al ejército ecuatoriano, la sección Super



Puma se encarga de realizar la inspección y medición del nivel del nitrógeno en las ruedas del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B, la misma que permitirá a la aeronave entrar en todos los parámetros de calidad y aeronavegabilidad que son emitidos por el fabricante.

La sección Súper Puma como parte de una unidad operativa como lo es el CEMAE-15 dedicada al mantenimiento de las aeronaves de ala rotatoria que posee el Ejército Ecuatoriano manifiesta la necesidad de realizar una inspección y serviceo del amortiguador del tren principal con la ayuda del elevador hidráulico y su acople, los cuales permitirán cumplir con los ítems de inspección que emite el manual de mantenimiento dado por el fabricante.

Se debe realizar la inspección y verificación de los niveles de nitrógeno en cada chequeo diario para evitar los diferentes tipos de accidentes que la omisión de la misma podría provocar una explosión del neumático por un nivel de nitrógeno inadecuado, el cual conlleva pérdidas tanto materiales como humanas.

La inspección del tren de aterrizaje a realizarse debe de contar con personal capacitado y herramientas autorizadas para los trabajos a desarrollarse, ya que al no contar con lo anteriormente descrito desembocará en un trabajo ineficiente e inseguro, evidenciando así un bajo rendimiento en la operatividad del helicóptero el cual no cumplirá con todas las normas de aeronavegabilidad.

#### **1.4 Justificación.**

El centro de manteniendo CEMAE 15 es la unidad responsable de ejecutar las diferentes inspecciones que se encuentran en los manuales del helicóptero Super Puma AS 332B, para mantenerla así en condiciones operativas y aeronavegables.

En el Manual de mantenimiento de la aeronave Super Puma, se encuentra establecido la ejecución para la inspección del tren de aterrizaje (nivel de nitrógeno en los neumáticos), tarea que se la debe realizar en cada mantenimiento y chequeo pre-vuelo.

Esta actividad es mandatoria según la documentación existente en los manuales, para que se pueda cumplir con todas las normas de calidad, operatividad y aeronavegabilidad del helicóptero Super Puma AS 332B.

## **1.5 Objetivos.**

### **1.5.1 Objetivo general.**

Inspeccionar el tren de aterrizaje del helicóptero Súper Puma AS-332B de acuerdo a la carta de trabajo N°32-40-00-408, en el Centro de Mantenimiento CEMAE 15.

### **1.5.2 Objetivos específicos.**

- Recopilar la información necesaria en los diferentes manuales de la aeronave Super Puma AS 332B, referente a la inspección del tren de aterrizaje
- Adquirir herramientas necesarias para el proceso de inspección del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B.
- Realizar la inspección de los componentes y accesorios del tren de aterrizaje del helicóptero Súper Puma AS-332B
- Ejecutar las diferentes pruebas de funcionamiento.

## **1.6 Alcance.**

El propósito del presente proyecto, es realizar la inspección del tren de aterrizaje (niveles de nitrógeno en los neumáticos) cumpliendo con todas las medidas de seguridad y los ítems de inspección considerados en el manual de mantenimiento del helicóptero Super Puma AS 332B.

## Capítulo II

### 2. Marco teórico

#### 2.1 Historia del arma aviación del ejército.

La Aviación del Ejército fue creada en 1954, por la iniciativa del señor Capitán Colón Grijalva Herdoíza, quien una vez obtenida su licencia de piloto tubo el deseo y el valor para solicitar al comando del ejército la creación del Servicio de Aviación del Ejército, iniciando así los trámites para materializar su firme idea de brindar el apoyo aéreo en las distintas unidades de frontera en donde se encontraban muchos de sus compañeros .(Rivadeneira, 2020)

En 1978 con orden del comando el Servicio Aéreo del Ejército dejó de depender del departamento de logística del ejército, desde ese momento pasando a ser llamada Aviación del Ejército Ecuatoriano. Este cambio condujo una nueva perspectiva en la organización, comenzando a utilizar las aeronaves para el empleo en operaciones tácticas, brindando apoyo a las diferentes unidades operativas en la frontera.(Rivadeneira, 2020)

La Aviación del ejército una vez llanada así de igual manera necesitaba del mantenimiento de sus aeronaves para mantenerlas operativas. Se implemento un centro de mantenimiento con el personal técnico capacitado para desarrollar los distintos trabajos inclusive los que debían ser autorizados por el fabricante. (Rivadeneira, 2020)

Con la creación del centro de mantenimiento CEMAE 15 se empezó a realizar los distintos tipos de mantenimiento en las aeronaves:

- Mantenimiento preventivo, correctivo y restaurativo de las diferentes aeronaves de ala rotativa.
- Mantenimiento overhaul de los motores
- Mantenimiento estructural.
- Mantenimiento de conjuntos mecánicos

- Mantenimiento a equipos de tierra
- Mantenimiento en electrónica y aviónica

El centro de mantenimiento CEMAE 15 cuenta con el personal capacitado en las diferentes especialidades para realizar todo tipo de inspecciones en las aeronaves, de la misma manera cuenta con talleres e instalaciones que lo certifican como una unidad operativa para el mantener operativas y así cumplir con la misión del escalón superior. (Rivadeneira, 2020)

## **2.2 Especificaciones del helicóptero Super Puma AS 332B.**

El helicóptero Super Puma AS 332B es bimotor con tecnología avanzada, ha sido diseñado especialmente para el transporte de pasajeros, comunicaciones, reconocimientos aéreos, como se puede ver en la figura 1 (EUROCOPTER, 2013)

### **Figura 1.**

*Misiones que realiza el helicóptero Super Puma.*



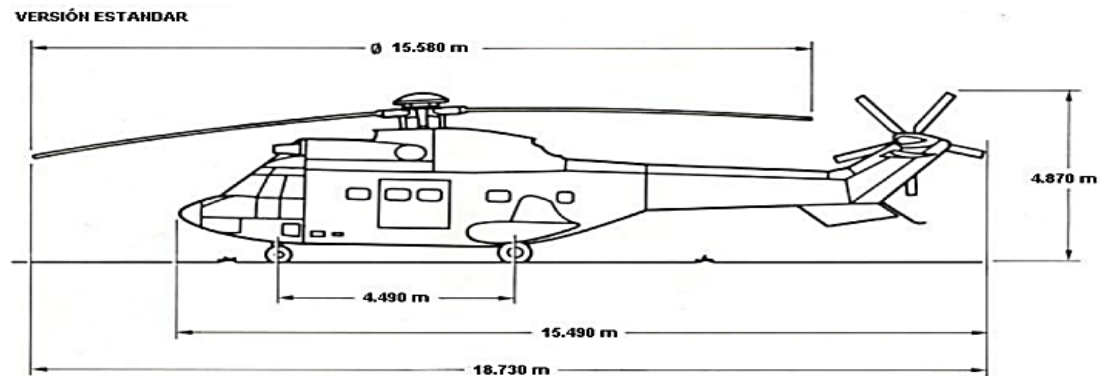
*Nota.* El gráfico representa una de las varias misiones que cumple la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### **2.2.1 Principales dimensiones (Versión Alargada).**

Existen diferentes modelos de la aeronave cada una de estas con nuevas modificaciones a las anteriores versiones, como se puede ver en la figura 2 y 3, dependiendo de la necesidad y requerimientos para las que fueron fabricadas.(EUROCOPTER, 2013)

**Figura 2.**

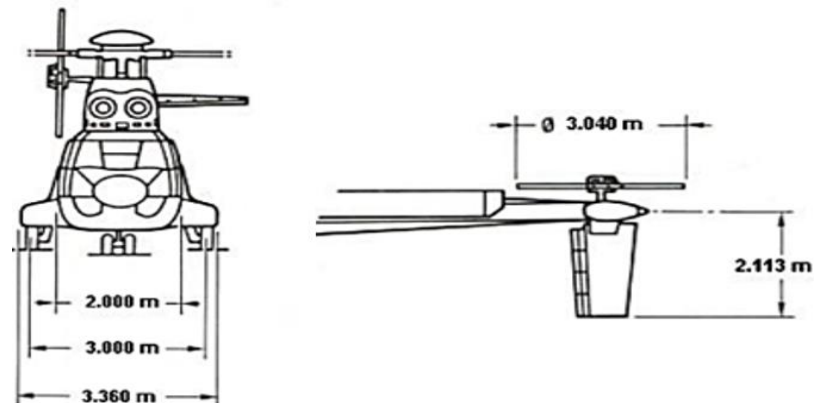
*Dimensiones de la Aeronave (Versión alargada).*



*Nota.* El gráfico representa las principales dimensiones tomadas desde la nariz al rotor de cola de la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

**Figura 3.**

*Medidas de la Aeronave (Versión alargada).*



*Nota.* El gráfico representa las principales dimensiones a lo ancho también del rotor de cola de la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### **2.2.2 Principales características de las diferentes versiones.**

EL helicóptero Super Puma AS 332B se fabrica en dos versiones dependiendo el empleo de la aeronave, existen dos versiones una para el campo militar y otra para el campo civil, cada una con diferentes modificaciones aplicadas por el fabricante, dependiendo en el campo que se vaya a desempeñar. En la tabla 1 se puede identificar mencionadas características.(EUROCOPTER, 2013)

**Tabla 1.**

*Características principales de las dos versiones.*

<b>COMPARTIMIENTO DE CARGA ESTÁNDAR</b>	<b>COMPARTIMIENTO DE CARGA ALARGADA</b>
Dimensión de 11,4 m <sup>3</sup> o 22 pasajeros Peso, versión normal; modelo corto: 4265 kg (8390 lb) modelo alargado: 4500kg (9920 lb)	765mm (largo)  Dimensión de 13,4 m <sup>3</sup> o 24 pasajeros
Capacidad máxima de pasajeros: Modelo corto:22 Modelo alargada: 24	No sobrepase la velocidad (VNE) 160 nudos (310 km/hr) Potencia máxima continua por cada motor de 1130 kW
Rango de funcionamiento: -30 a +50°C	Consumo de combustible por motor Velocidad de crucero 140 nudos

*Nota.* La tabla representa las principales características de las dos versiones existentes de la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### **2.3 Principales sistemas del helicóptero Super Puma AS 332B.**

El helicóptero Super Pumas está constituido por diferentes sistemas para su funcionamiento, encontrando así que estos sistemas están compuestos por componentes principales y secundarios los mismos que trabajan conjuntamente para que cada uno de los sistemas operen de una forma segura y la aeronave pueda volar. Para cada sistema el fabricante emite un manual como guía para el mantenimiento y funcionamiento del mismo.

El Helicóptero Super Puma cuenta con los siguientes sistemas principales:

- Motores Makila 1A
- Mandos de vuelo
- Estructura principal
- Sistema hidráulico
- Transmisión trasera
- Tren de aterrizaje

### **2.4 Estructura del helicóptero Super Puma.**

El fuselaje del helicóptero Super Puma AS 332B es de estructura monocoque, con mamparos y revestimientos unidos a la piel de la aeronave para

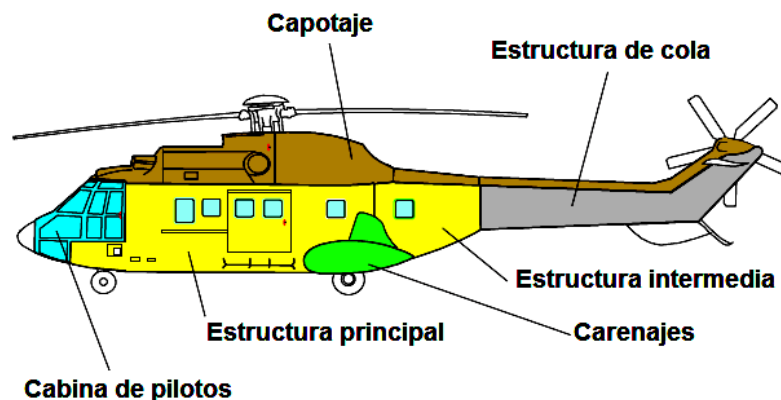
formar la estructura desde adelante hacia atrás, está dividida por las siguientes secciones para una mejor identificación para realizar las diferentes inspecciones:

- Compartimiento de pilotos
- Compartimiento de carga
- Fuselaje intermedio
- Fuselaje de cola

Los carenajes protectores de la parte superior de la aeronave y el fuselaje protector del tren de aterrizaje están diseñados de un material especial para proteger a los sistemas que se alojan en la aeronave, figura 4.(EUROCOPTER, 2013)

**Figura 4.**

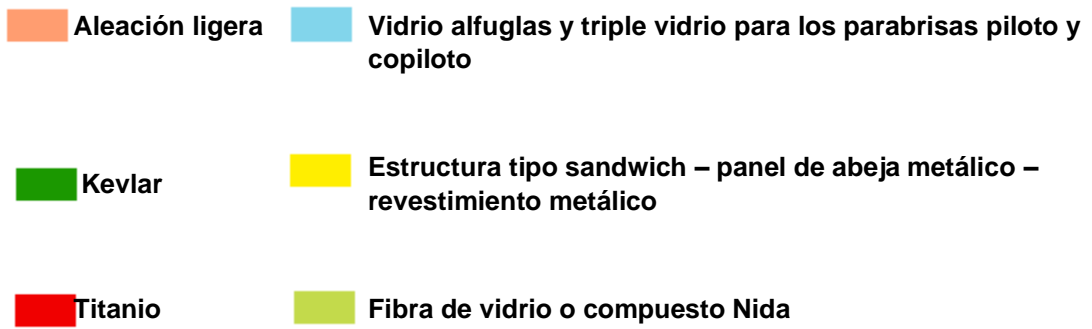
*División del fuselaje del helicóptero Super Puma.*



*Nota.* El gráfico muestra las principales secciones en las que se divide el fuselaje del helicóptero. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

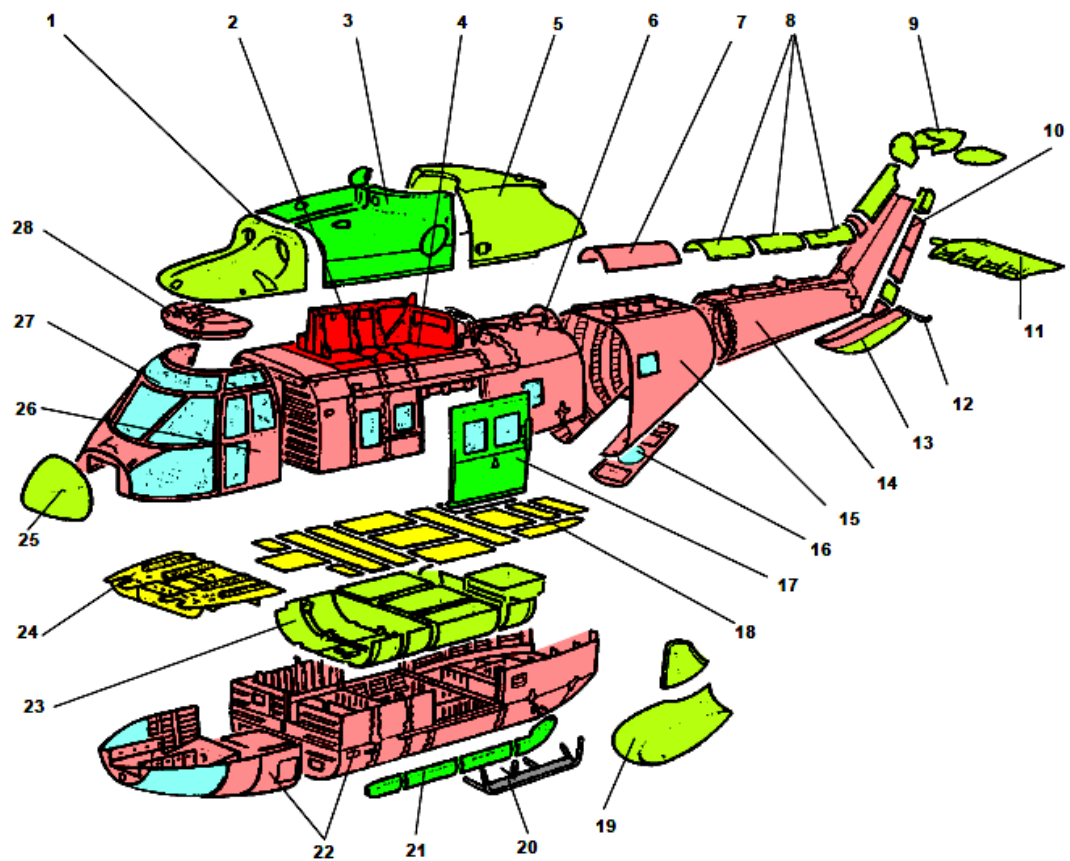
**2.4.1 Componentes principales estructurales.**

El helicóptero Super Puma al ser una aeronave mediana está fabricada por diferentes componentes, los mismos que están elaborados por materiales especiales o aleaciones que permiten a la aeronave tener una buena resistencia a los diferentes cambios climáticos que se presentan en las distintas operaciones que realiza, todas estas aleaciones se las puede identificar en la figura 8.



**Figura 5.**

*Principales componentes de la estructura del helicóptero Super Puma.*



*Nota.* El gráfico representa los componentes principales de la estructura en general del helicóptero. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)



**Tabla 2.**

*Principales componentes de la estructura del helicóptero Super Puma.*

NUM	NOMBRE	NUM	NOMBRE
1	Carenaje de entrada de aire	15	Estructura intermedia
2	Pared de fuego de los motores	16	Escotilla de carga
3	Cubierta de los motores	17	Puerta de cabina
4	Plataforma de transmisión	18	Piso de cabina
5	Capot deslizante de la C.T.P.	19	Carenaje de tren
6	Estructura superior	20	Escalón
7	Carenado fijo de la transmisión de cola	21	Canal de protección de las cañerías hidráulicas
8	Carenajes obturantes de la transmisión de cola	22	Estructura inferior
9	Carenaje de la C.T.T.	23	Corte del compartimiento de los reservorios de combustible
10	Carenaje del pilón	24	Piso de la cabina de pilotos
11	Estabilizador horizontal	25	Radomo
12	Patín de cola (acero)	26	Puerta del copiloto
13	Aleta inferior	27	Ventanas
14	Botalón de cola	28	Carenado fijo delantero (techo de cabina del piloto)

*Nota.* La tabla detalla los principales componentes de la estructura del helicóptero.

Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

## 2.5 Mandos de vuelo.

Los mandos de vuelo, son elementos que permiten al piloto controlar el vuelo de la aeronave, mediante el control del rotor principal y el rotor de cola: variación de altitud, de velocidad y de rumbo, los mandos de vuelo pueden ser mecánicos, electrónicos y mediante un sistema de poleas que pueden ser accionados por los mandos cíclicos, colectivos y los pedales como se puede ver en la figura

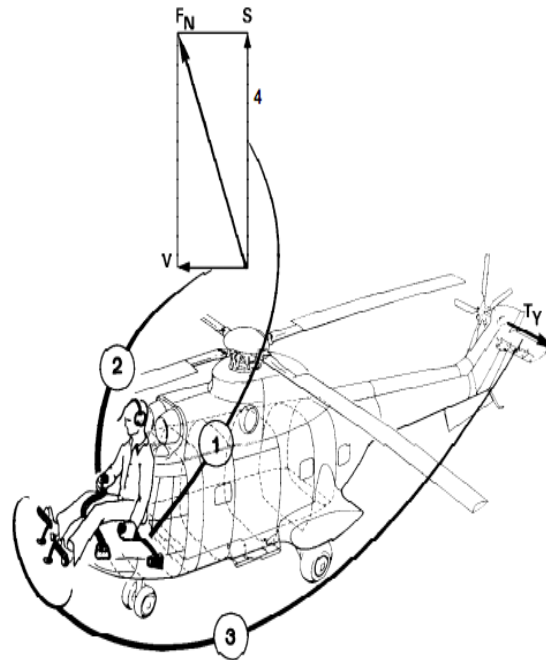
6.(EUROCOPTER, 2013)

El paso colectivo mediante una palanca (1) permite controlar la sustentación ( $F_n$ ) en el rotor principal (variación colectiva del paso). Recuerden que:  $F_n$  se descompone en un vector <sustentación> (S) y un vector <velocidad> (V) cuyo sentido e intensidad son controlados por la palanca cíclica (2) que da la inclinación al disco del rotor (variación cíclica del paso). Mediante un bloque de pedales (3) se puede controlar el empuje ( $T_y$ ) al rotor de cola, es decir, el rumbo del aparato, todas

estas operaciones de los mandos de vuelo están descritas en la figura 6.(EUROCOPTER, 2013)

### Figura 6.

*Mandos de vuelo del helicóptero Super Puma.*



*Nota.* El gráfico muestra como como se controlan los mandos de vuelo en el del helicóptero. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### 2.6 Instalación motriz.

Los motores (grupo turbo motor de turbina libre) están instalados delante de la B.T.P. en compartimientos estancos al fuego, con ventilación y orificios de drenaje que protegen al motor del derrame de cualquier líquido.(EUROCOPTER, 2013)

Este helicóptero tiene dos motores MAKILA 1A (figura 7), instalados a cada lado del mismo como se detalla a continuación.

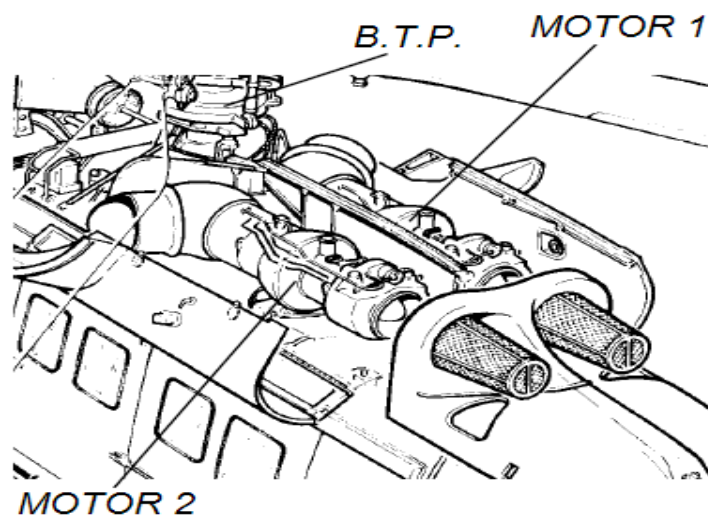
- Motor izquierdo o llamado N°1
- Motor derecho o llamado N°2

Los dos motores pueden ser intercambiados de lugar debido a que son idénticos, todo esto después de invertir la tobera y algunos cables eléctricos. Las

tuberías de combustible y aceite, los mandos motores, circuitos eléctricos están fabricados a prueba de incendios, o bien protegidos contra el fuego. Los elementos que cumplen la función de cortafuegos y se encuentran instalados en la plataforma de transmisión, pared y capos están hechos o revestidos de titanio. Debajo de la zona caliente de los motores (turbina y tobera), estos elementos cuentan con una protección térmica adicional un material aislante que protege a la plataforma de transmisión contra las fuertes radiación térmicas que produce el motor.(EUROCOPTER, 2013)

### Figura 7.

*Ubicación de los motores en el helicóptero Super Puma.*



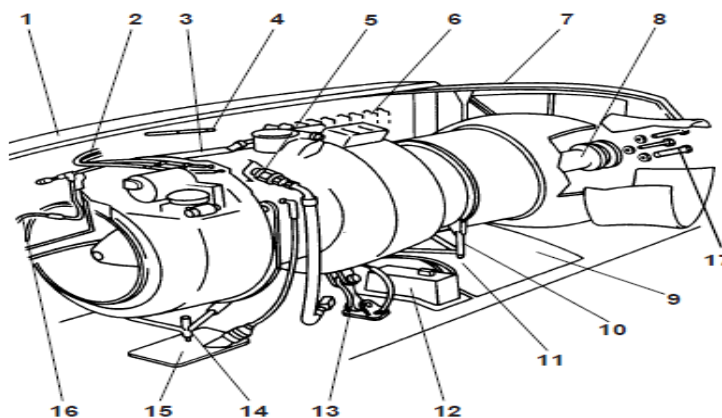
*Nota.* El gráfico muestra la ubicación donde se encuentran instalados cada uno de los motores del helicóptero. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

Los motores están fijados en su parte delantera por dos bieletas de rótulas y en la trasera, sobre los carteles de los reductores delanteros de la B.T.P., mediante un tubo de unión cardan. De esta forma, los motores son libres de moverse longitudinalmente sobre las bieletas, están asociados a los movimientos vibratorios de poca amplitud de la B.T.P., lo que tiende a minimizar los esfuerzos. La fijación a la B.T.P. aguanta los esfuerzos del motor en el sentido longitudinal, transversal y

vertical, así como el par. La fijación por bieletas amortigua únicamente los esfuerzos en el sentido vertical y transversal.(EUROCOPTER, 2013)

### Figura 8.

Motor MAKILA 1A.



Nota. El gráfico representa al Motor MAKILA 1A instalado en la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### Tabla 3.

Partes del motor MAKILA 1A.

NUM.	NOMBRE	NUM.	NOMBRE
1	Pared cortafuego axial	10	Soporte auxiliar trasero (2 soportes simétricos)
2	Cableado arrancador	11	Placa de apoyo y de guía del soporte auxiliar trasero
3	Arrancador	12	Caja de interconexión de los circuitos eléctricos del motor
4	Bieleta de seguridad de la B.T.P.	13	Bieleta de fijación
5	Racor auto obturante de entrada combustible	14	Soporte auxiliar delantero
6	Resistencia de arranque	15	Placa de apoyo y de guía del soporte auxiliar delantero
7	Pared cortafuego oblicuo	16	Tubería de P2 de la junta inflable entre la entrada de aire motor y carenado de entrada de aire
8	Tubo de unión <<motor-B.T.P.>>	17	Tornillos de fijación trasera del motor (3 tornillos)
9	Protección térmica debajo de zona caliente motor		

Nota. La tabla detalla los principales componentes del motor MAKILA 1A que se encuentra instalado en la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

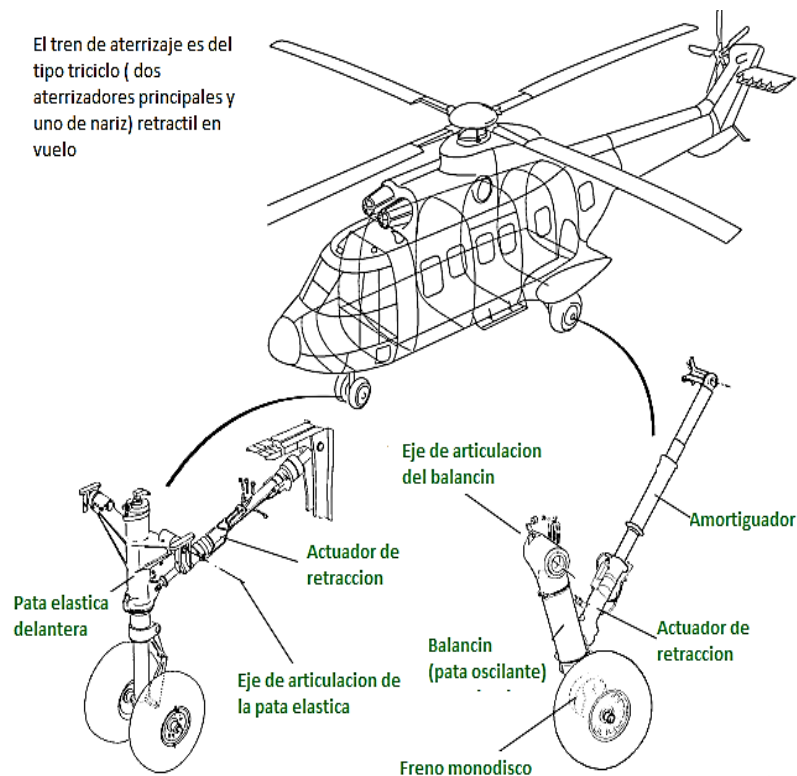
## 2.7 Tren de aterrizaje.

Los helicópteros poseen un tren de aterrizaje tipo triciclo que son retractiles estos brinda una seguridad y permiten corregir su trayectoria de forma natural. Todo esto debido a que el centro de gravedad se encuentra ubicado junto al tren de aterrizaje principal. La implementación de este tipo de trenes fue una solución a los diferentes inconvenientes que generaban los patines de cola, debido a estos problemas generados se implementó en la mayoría de aeronaves este tipo de trenes que son los más utilizados en la actualidad..(Castro Ruiz, 2020)

El helicóptero Super Puma tiene instalado este tipo de tren de aterrizaje triciclo con dos trenes principales y uno de nariz, siendo estos de tipo retráctil en el vuelo, como se puede ver en la figura 9.

### Figura 9.

*Tren de aterrizaje tipo triciclo del helicóptero Super Puma.*



*Nota.* El gráfico representa el tren de aterrizaje que tiene instalado la aeronave.

Tomado del Manual de (EUROCOPTER, 2013)

**Tabla 4.**

*Elementos que conforman el tren de aterrizaje principal y delantero.*

<b>TREN DELANTERO</b>	<b>TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL</b>
Pata elástica con amortiguador oleo neumático	Pata oscilante (montaje en balancín)
Dos ruedas independientes con neumático sin cámara de aire	Montaje que comprende un amortiguador con actuador hidráulico para la retracción
Actuador hidráulico de retracción	Frenos de disco con mando hidráulico
Sistema de centrado automático y mando de bloqueo en el eje Dispositivo anti shimmy.	Rueda con neumático sin cámara

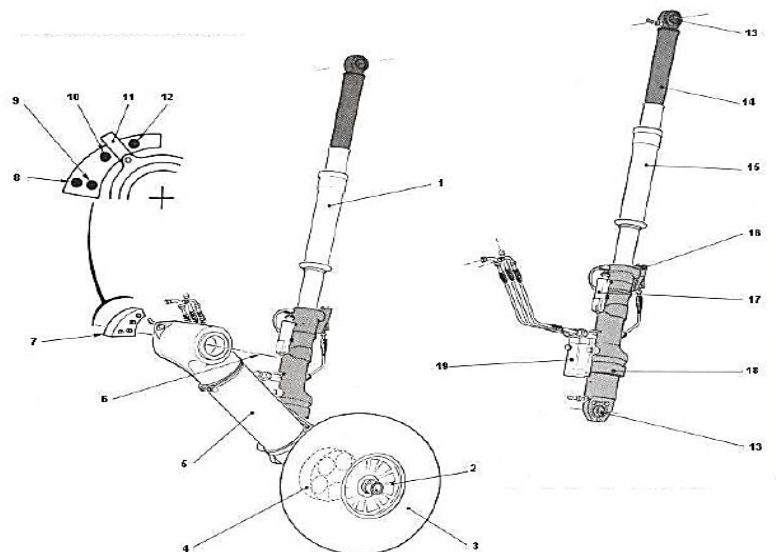
*Nota.* La tabla detalla los principales elementos del tren de aterrizaje principal y delantero de la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### **2.7.1 Elementos del tren de aterrizaje principal.**

La rueda está montada sobre un balancín (5) que unido a un montaje elástico (1) este se mueve junto del eje de mangueta (6). Este tipo de montaje hace que a su vez realice el trabajo como amortiguador y actuador de retracción en el sistema de tren de aterrizaje.(EUROCOPTER, 2013)

**Figura 10.**

*Tren de aterrizaje Principal.*



*Nota.* El gráfico representa las partes del tren de aterrizaje principal de la aeronave.

Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

**Tabla 5.**

*Componentes del tren de aterrizaje principal.*

NUM.	NOMBRE	NUM.	NOMBRE
1	Tornapunta (conjunto amortiguador actuador)	11	Índice de detección de posición
2	Rueda	12	Detector de proximidad "actuador extendido-amortiguador extendido"
3	Neumático sin cámara	13	Terminal de fijación de rótula
4	Bloque freno monodisco	14	Vástago amortiguación baja presión
5	Balancín pata oscilante	15	Cuerpo del amortiguador
6	Eje de mangueta estructural	16	Detector actuador dentro AR
7	Caja de detección de posición	17	Detector actuador extendido AE
8	Micro interruptor "tren dentro"	18	Cuerpo del actuador y amortiguador de alta presión (anti-crash)
9	Detector de proximidad "actuador dentro- amortiguador comprimido"	19	Bloque de distribución hidráulica
10	Detector de proximidad "actuador dentro-amortiguador extendido"		

*Nota.* La tabla detalla los principales componentes del tren de aterrizaje principal de la aeronave. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

## **2.8 Las posiciones características del tren de aterrizaje principal.**

El helicóptero Super Puma tiene diferentes configuraciones en su tren de aterrizaje de acuerdo al trabajo o actividad que se encuentre realizando.

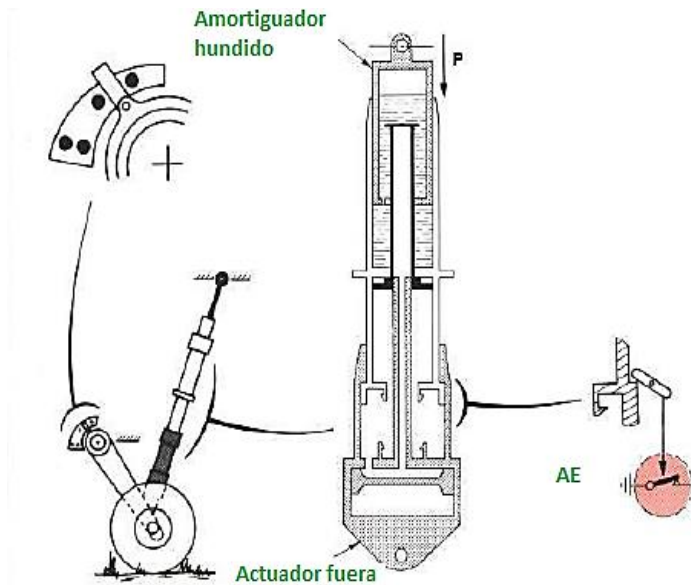
### **2.8.1 Helicóptero en tierra (configuración tren extensión normal).**

El helicóptero al no encontrarse en ninguna operación de vuelo, su tren de aterrizaje se encuentra en una extensión normal en tierra, debido a esto ciertos elementos están realizando diferentes trabajos que se detalla a continuación;

- El amortiguador esté comprimido bajo el peso **P** del helicóptero.
- El actuador está extendido y bloqueado hidráulicamente
- El detector de posición " Actuador extendido" **AE** está cerrado.

**Figura 11.**

*Configuración normal del tren aterrizaje en tierra.*



*Nota.* El gráfico representa la configuración del tren de aterrizaje cuando se encuentra en tierra. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### **2.8.2 Helicóptero en vuelo- Tren aterrizaje fuera.**

El helicóptero al momento de encontrarse en operaciones (en vuelo), el tren de aterrizaje comienza a realizar una operación diferente con sus componentes que se detalla a continuación;

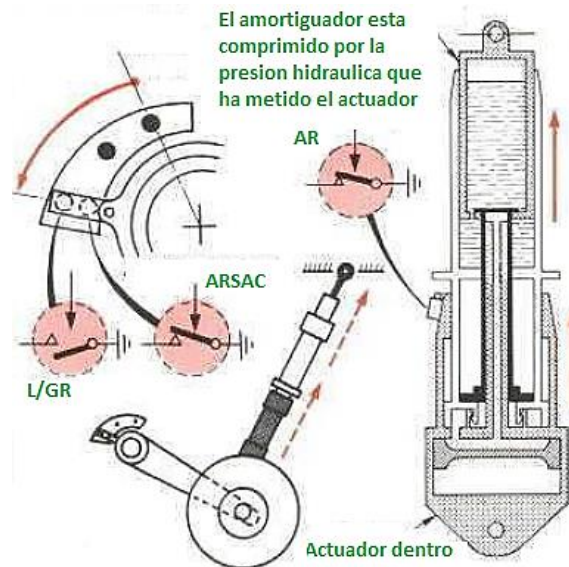
- Después del despegue el amortiguador se extiende.
- El actuador está extendido.
- El detector de posición “Actuador Extendido-  
Amortiguador extendido” (AESAE) está cerrado.
- El detector de posición Actuador  
Extendido (AE) también está cerrado

Las flechas rojas indican el paso de la posición “Tierra” a la configuración “vuelo-tren extendido”



## Figura 12.

Configuración del tren de aterrizaje en vuelo.



*Nota.* El gráfico representa la configuración del tren de aterrizaje cuando se encuentra en vuelo. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### 2.8.3 Helicóptero en vuelo tren fuera con el sistema hidráulico de emergencia.

El helicóptero Super Puma tiene una configuración en caso de emergencia falla del tren de aterrizaje es así que para extender el tren principal usando el sistema de emergencia se desbloquea la presión que mantiene comprimidos los amortiguadores. En bajada en emergencia hidráulica el amortiguador está extendido pero el actuador permanece dentro.(EUROCOPTER, 2013)

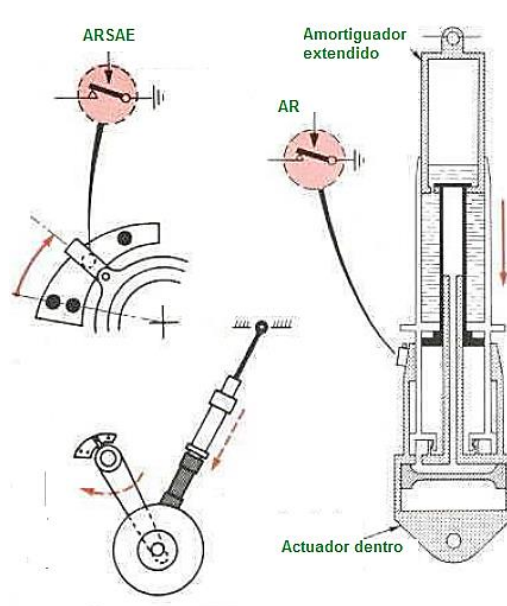
Los detectores de posición realizarán el siguiente trabajo al momento de presentarse una emergencia;

- ARSAE “actuador retractado, amortiguador extendido”
- AR “actuador retractado “

Los detectores de posición están cerrados, las flechas indican el paso del tren principal a la posición tren extendido en emergencia hidráulica.

**Figura 13.**

*Configuración del tren de aterrizaje en emergencia.*



*Nota.* El gráfico representa la configuración del tren de aterrizaje cuando se encuentra en emergencia. Tomado de (EUROCOPTER, 2013).

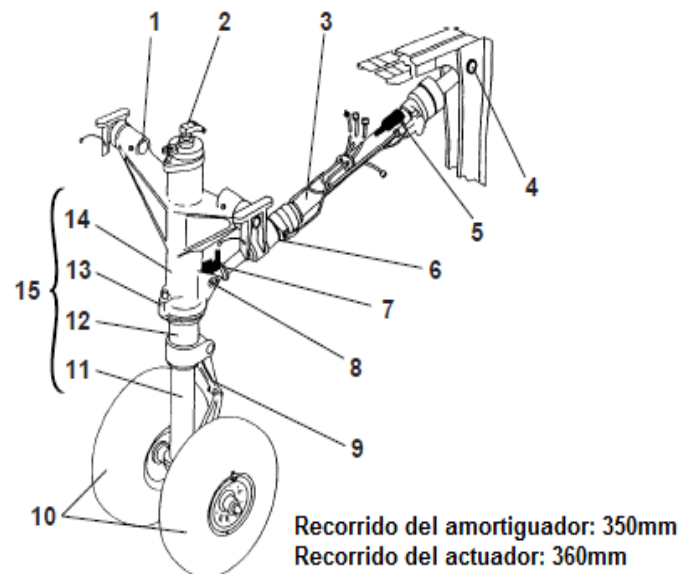
## **2.9 Tren de aterrizaje delantero.**

El helicóptero Super Puma AS 332B posee un tren delantero retráctil, es decir que este se retrae cuando la aeronave está en vuelo, permitiendo así la conservación del mismo y evitando que el tren cause algún inconveniente al momento que está en vuelo, el tren se retrae hacia un compartimiento donde se aloja y se asegura hasta que la aeronave aterrice, todo este trabajo de retracción es controlado por la tripulación de vuelo piloto y copiloto.

La pata elástica (15) con amortiguador oleo neumático soporta dos ruedas gemelas. La elevación de la pata hacia atrás se obtiene mediante un actuador hidráulico (3). Dos detectores de posición (5-6) señalan el bloqueo mecánico del actuador en posición tren abajo y tren arriba. Un 3er detector (7) señala la configuración "tren centrado y extendido". Las articulaciones de fijación de la pata elástica y del actuador son autos lubricados (recubiertos de teflón). (EUROCOPTER, 2013)

**Figura 14.**

*Tren de aterrizaje delantero.*



*Nota.* El gráfico representa al tren de aterrizaje delantero y sus componentes. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

**Tabla 6.**

*Componentes principales del tren de aterrizaje delantero.*

NUM.	NOMBRE	NUM.	NOMBRE
1	Eje de fijación retráctil	9	Compás
2	Válvula (llenado y carga amortiguadora)	10	Rueda con neumática sin cámara
3	Actuador de retracción	11	Vástago deslizante
4	terminal de fijación de rótula	12	Tubo giratorio
5	Micro contacto "tren bloqueado alto" LU	13	Clavija de bloqueo en el eje
6	Micro contacto "tren bloqueado bajo" LD	14	Cajón de pata del tren de aterrizaje
7	Detector de proximidad "tren centrado y Extendido" CE	15	Pata elástica
8	Terminal de fijación de rótula		

*Nota.* La tabla detalla los principales componentes del tren de aterrizaje delantero.

Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### **2.9.1 Posiciones características del tren y detectores de posición.**

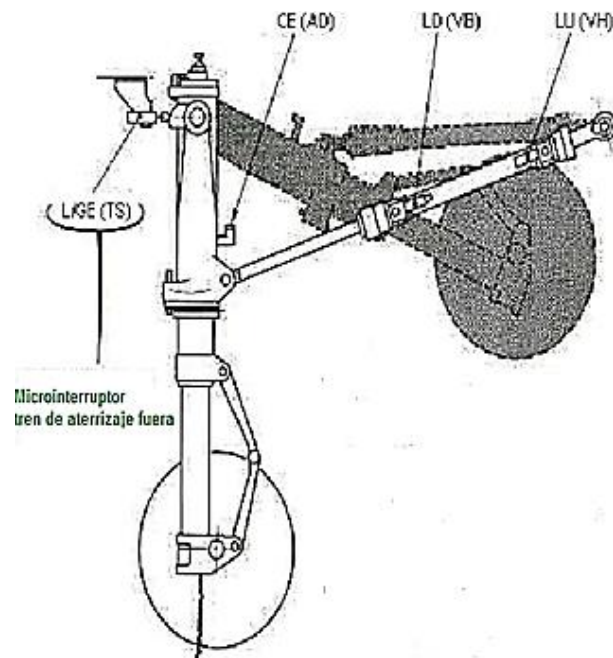
Los detectores de posición sirven para controlar (autorizar o prohibir) las secuencias de subida y bajada del tren y para confirmar al piloto que estas

secuencias se desarrollan correctamente (señalización luminosa). La figura 17 indica el estado (abierto – cerrado) de estos detectores para cada posición características del tren de aterrizaje.(EUROCOPTER, 2013)

**LD: bloqueo bajo**      **LU: bloqueo alto (arriba)**  
**L/GE: tren fuera**      **CE: centrado-extendido**

**Figura 15.**

*Posiciones características del tren de aterrizaje.*



*Nota.* El gráfico representa las posiciones características del tren de aterrizaje e igualmente a sus detectores de posición. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

## 2.10 Ruedas y neumáticos.

Las ruedas de los aviones de pasajeros están sujetas al castigo diario de múltiples despegues y aterrizajes. Los neumáticos están expuestos a temperaturas inferiores a  $-40^{\circ}\text{C}$  durante el vuelo de crucero. En el momento del aterrizaje, la temperatura del caucho puede superar momentáneamente los  $200^{\circ}\text{C}$ .(Aircraft Wheels, 2019)

Las ruedas deben soportar la tortura más extrema en la aviación: un despegue rechazado de alta velocidad de peso máximo: un avión completamente

cargado acelera a la velocidad de despegue y luego se detiene en la pista restante. Los neumáticos soportan el calor y el estrés extremos hasta que la aeronave se detiene de forma segura. (*Aircraft Wheels*, 2019)

### **2.10.1 Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros.**

Las ruedas de un helicóptero, son de vital importancia para el funcionamiento y operación de la aeronave, se debe realizar el mantenimiento a cada uno de los elementos que conforman la rueda. El fabricante emite los manuales donde se encuentra la información del mantenimiento a realizar a cada uno de los componentes de la misma.

#### **Figura 16.**

*Ruedas del tren de aterrizaje.*



*Nota.* El gráfico representa a una de las ruedas que tienen los helicópteros en su tren de aterrizaje. Tomado de (*Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros*, 2015)

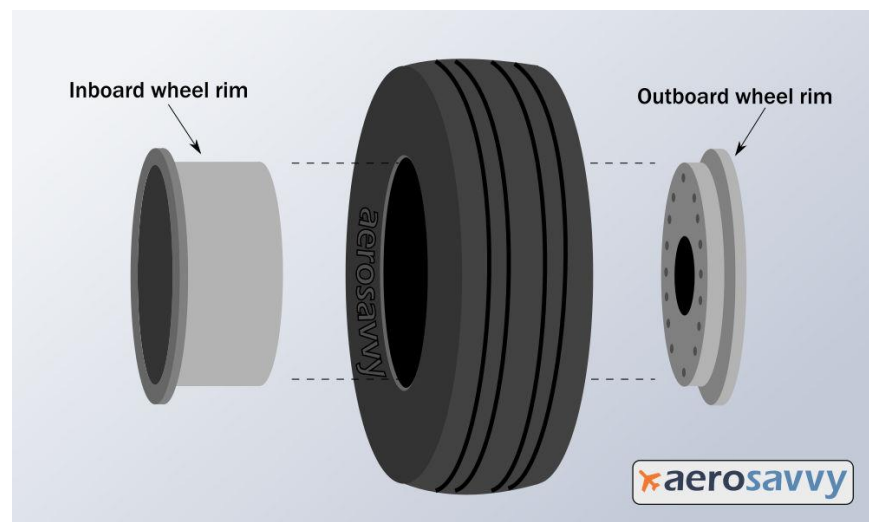
La principal causa para el deterioro de las cubiertas de los neumáticos es el calor, esto debido a que la aeronave al realizar los aterrizajes la rueda choca con el suelo y ejercen una fricción que genera calor en menos de 3 segundos. En las aeronaves grandes se debe esperar el tiempo por horas de vuelo o aterrizaje para realizar un mantenimiento en este caso un vulcanizado del neumático, este

tratamiento se lo debe realizar una sola vez para las aeronaves grandes, mientras que en las aeronaves pequeñas se lo puede realizar 8 veces verifican que no exista grietas en el neumático.

Una de las particularidades de los neumáticos en los aviones grandes es que estos no tienen cámara de aire. Para este tipo aeronaves se utiliza el nitrógeno para el llenado de los neumáticos esto para evitar que exploten con el calor que se provoca cuando la aeronave impacta con la pista de aterrizaje. Una de las principales características del nitrógeno es que evita que se produzca un incendio dentro del neumático cuando el mismo este en un bajo nivel de nitrógeno.

**Figura 17.**

*Rueda y neumático de un helicóptero.*



*Nota.* El gráfico representa la como se instala el neumático en la rueda de un helicóptero. Tomado de (*Aircraft Wheels*, 2019)

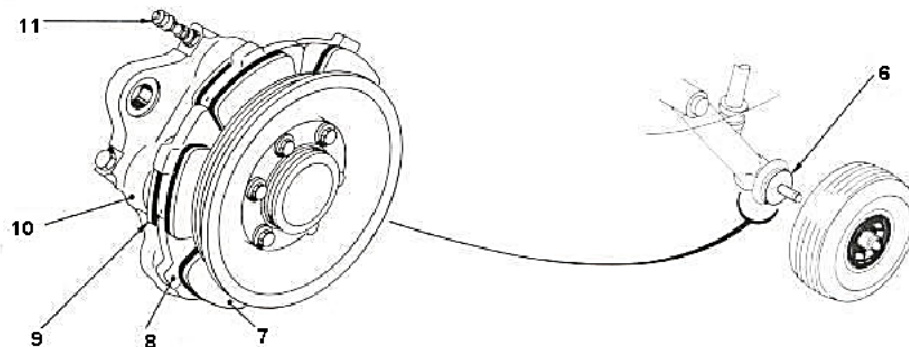
Las ruedas son fabricadas de aleación de aluminio de última generación. Este material permite que la que la rueda resista los diferentes impactos o golpes bruscos, de la misma manera a los cambios de temperatura que se presentan en las diferentes zonas donde se encuentre operando la aeronave. Dentro de las ruedas, va instalado todo el sistema de frenado. («Curiosidades», 2013)

### 2.10.2 Frenos de un helicóptero.

Las aeronaves modernas suelen utilizar frenos de disco. Cuando se aplica los frenos una pinza estacionaria resiste la rotación de la rueda está causando una fricción contra el disco deteniendo así a todo el conjunto de la rueda. El tamaño, el peso y la velocidad de aterrizaje de la aeronave influyen en el diseño y la complejidad de este sistema. Los frenos de disco simple, doble y múltiple son tipos comunes de frenos. Los frenos que se utilizan en la actualidad en aviones grandes son los segmentados. El uso de frenos constituidos de discos de carbono está aumentando en la flota de la aviación moderna. (*Frenos de aviones | Sistemas de aeronaves*, s. f.)

#### Figura 18.

*Sistema de frenos de un helicóptero.*



*Nota.* El gráfico representa cómo está compuesto el sistema de frenos de un helicóptero. Tomado de (EUROCOPTER, 2013)

### 2.10.3. Tapones fusibles (o térmicos).

Los tapones fusibles protegen los neumáticos y las ruedas para que no exploten si los frenos se calientan demasiado. Un tapón fusible es un pequeño perno hueco relleno con metal de bajo punto de fusión (como soldadura que se usa para electrónica o plomería). En el caso de que una rueda se caliente demasiado, el metal blando del tapón se derrite a una temperatura predeterminada para permitir que el neumático se desinflen con seguridad. (*Aircraft Wheels*, 2019)



Los tapones fusibles a menudo entran en juego después de un frenado fuerte, como sucedería durante un despegue rechazado a alta velocidad. Después de que la aeronave se detiene, los conjuntos de frenos calientes continúan calentando las ruedas hasta que los núcleos de los fusibles alcanzan su temperatura de fusión y desinflan los neumáticos. (*Aircraft Wheels*, 2019)

**Figura 19.**

*Tapón fusible y válvula de alivio de sobrepresión.*



*Nota.* El gráfico representa una vista en corte de una válvula de alivio de sobrepresión: perno hueco con un disco incrustado en el interior que se romperá bajo presión. Tomado de (*Aircraft Wheels*, 2019)

**2.10.4 Válvula de alivio de sobrepresión (OPRV).**

Una válvula de alivio de sobrepresión es un perno hueco con un disco de ruptura en el interior. El disco se rompe cuando la presión de nitrógeno excede el límite de diseño. Los OPRV se instalan en la mayoría de neumáticos para protegerlos de la sobrepresión o la explosión que puede ocurrir durante el servicio de nitrógeno. (*Aircraft Wheels*, 2019)

Los accidentes de sobre presurización han desmembrado y matado al personal de mantenimiento. Los neumáticos de las aeronaves son tan fuertes que el propio neumático y los pernos de la rueda fallan, lanzando el aire/nitrógeno como



metralla hacia afuera. Las válvulas OPR reducen este riesgo. Los técnicos de mantenimiento reciben capacitación especial antes de que puedan dar servicio a las ruedas. (*Aircraft Wheels*, 2019)

**Figura 20.**

*Válvula de alivio de sobrepresión.*



*Nota.* El gráfico representa la ubicación de la válvula de alivio de sobrepresión de un helicóptero. Tomado de (*Aircraft Wheels*, 2019)

**2.10.5 Características de los neumáticos de un helicóptero.**

Los neumáticos se componen de cámaras para aumentar su resistencia, dureza y desgaste, las mismas que están determinadas por el número de capas que posea el neumático. La capa externa (la banda de rodadura) está fabricada de un caucho vulcanizado que en la superficie exterior posee un patrón de perfilado (rebajes) la cual crea resistencia al deslizamiento lateral. La parte interna del neumático (cuerda) está conformada de muchas capas de goma sin hilos que están elaboradas de algodón, fibras de alta resistencia sintéticas o metálicas. (*Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros*, 2015)

La carga normal desde el suelo hasta el neumático está equilibrada principalmente por la presión de aire en su interior. Cuando existe un exceso de presión sobre el área de contacto ocurre un aplastamiento del neumático. La mayoría de elementos que sufren este aplastamiento son los que se encuentran cercanos a la

tierra es así que se son dobladas y comprimidas en algunas áreas de la misma. (*Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros*, 2015)

**Figura 21.**

*Rueda y neumático unidos*



*Nota.* El gráfico representa un corte entre el neumático y la rueda para identificar como están unidos. Tomado de (*LOS NEUMÁTICOS DEL AVIÓN – Asociación Amigos del Museo del Aire*, 2013)

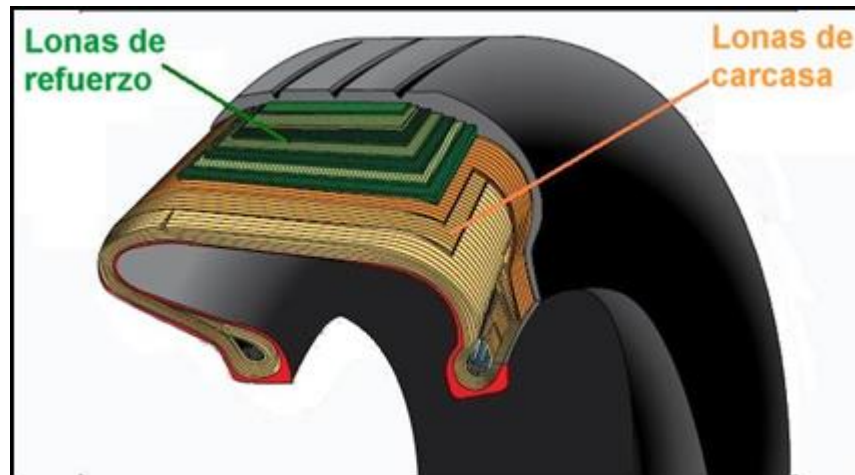
La resistencia que posee el neumático con el suelo se la conoce como permeabilidad, el coeficiente de resistencia del neumático se debe a la profundidad de la pista cuando la aeronave realice los despegues y aterrizajes, las ruedas, patines son los que hacen contacto y se desplazan por el suelo al conducir directamente en la profundidad de la pista, también depende de la presión en los neumáticos y sus dimensiones. (*Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros*, 2015)

En los neumático de aviones se distinguen dos partes en las lonas las cuales constituyen el neumático del avión: lonas de carcasa, las lonas son muy numerosas por lo que se puede diferenciar con el neumático de un automóvil, pero estas

colocadas junto a las lonas de refuerzo ocupan solo las bandas de rodadura. (LOS NEUMÁTICOS DEL AVIÓN – Asociación Amigos del Museo del Aire, 2013)

**Figura 22.**

*Identificación de las capas de lona en un neumático*



*Nota.* El gráfico representa como están distribuidas las diferentes capas de lona junto con sus refuerzos en un neumático. Tomado de (LOS NEUMÁTICOS DEL AVIÓN – Asociación Amigos del Museo del Aire, 2013)

**2.10.6 Inflado de los neumáticos.**

Los neumáticos de un helicóptero al ser de diferente constitución debido a su fabricación ya que este debe soportar diferentes fuerzas al momento de los aterrizajes, deben ser llenados con un gas inerte y seco, es así que el más adecuado para estos neumáticos es el nitrógeno debido a sus características.

Los neumáticos llenos de nitrógeno reducen la posibilidad de incendio o explosión (es una regulación de la FAA). El caucho de los neumáticos es inflamable y los frenos de las ruedas alcanzan temperaturas muy altas. Un neumático grande con 200 psi de aire atmosférico proporciona una gran cantidad de poder oxidante para alimentar un fuego. El nitrógeno no favorece la combustión, lo que reduce en gran medida el riesgo de incendio o explosión de los neumáticos. (Aircraft Wheels, 2019)

Al utilizar el nitrógeno para el llenado de los neumáticos podemos encontrar los siguientes beneficios:

- El nitrógeno seco no contiene vapor de agua. La falta de humedad reduce las variaciones de presión de los neumáticos a temperaturas extremas (la densidad del agua varía significativamente a diferentes temperaturas). Con los efectos de la humedad eliminados, el cambio en la presión de los neumáticos debido a la temperatura es lineal y predecible
- El oxígeno y la humedad del aire atmosférico provocan corrosión en las ruedas de aluminio y acero. El nitrógeno seco elimina este problema.
- El aire y la humedad provocan la oxidación del revestimiento interior de un neumático. El nitrógeno no degradará la goma.
- Debido a su mayor tamaño molecular efectivo, las moléculas de nitrógeno penetran a través del caucho del neumático a una velocidad ligeramente más lenta que las moléculas de oxígeno. El uso de nitrógeno puede contribuir marginalmente a la reducción de la pérdida de inflado de los neumáticos por permeación.

## Capítulo III

### 3. Desarrollo del tema

La finalidad del presente proyecto de titulación es realizar la inspección del tren de aterrizaje (neumáticos) del helicóptero Super Puma AS 332B, tomando en cuenta que el mismo es una parte principal del helicóptero, es de suma importancia ejecutar los diferentes tipos de mantenimiento establecidos, para mantener en óptimas condiciones todos los accesorios y/o componentes para preservar su condición, cumpliendo con todos los requisitos de aeronavegabilidad.

#### 3.1 Preliminares.

La Brigada de Aviación del Ejército 15 BAE "Paquisha" cuenta con el Centro de Mantenimiento CEMAE 15, unidad encargada de mantener la operatividad en las diferentes aeronaves que pertenecen a la 15 BAE "Paquisha", esta unidad realiza un mantenimiento preventivo, correctivo y restaurativo de acuerdo a los manuales de mantenimiento que cada una de las diferentes aeronaves posee, es así que el personal de mantenimiento está debidamente capacitado para ejecutar las diferentes inspecciones emitidas por el fabricante y establecidas en los manuales.

En el presente capítulo se detallan todos los procedimientos que se utilizaron para realizar la inspección del tren de aterrizaje, mediante la medición y llenado de nitrógeno en los neumáticos del helicóptero Super Puma AS 332B.

Para realizar esta inspección se respetó todos los procedimientos que están establecidos en el manual de mantenimiento, cada uno de los ítems de inspección al momento de realizar el mantenimiento del tren de aterrizaje (neumáticos), de igual manera se respetó todas las normas de seguridad que se encuentra establecidas para, manipulación de herramientas neumáticas, transporte y manejo de nitrógeno seguridad en talleres y entre otros.

### **3.2 Medidas de seguridad para realizar la inspección**

Para realizar la inspección del tren de aterrizaje se debe acatar las diferentes medidas de seguridad establecidas para mencionada inspección como son:

- Uso del equipo de protección personal
- Uso de letreros y señales de seguridad
- Uso del equipo y herramienta especial
- Personal técnico capacitado

### **3.3 Aplicación de la carta de trabajo 32.40.00.408**

Para ejecutar esta carta de trabajo se tomó en cuenta los tiempos que se encuentran establecidos para este tipo de mantenimiento, todo esto se encuentra en la planificación que el fabricante emite en el manual de mantenimiento de la aeronave, la cual la brigada adopta y planifica los tiempos en los que se realiza la inspección del tren de aterrizaje, tomando en cuenta las horas de vuelo o ciclos, los aterrizajes o el tiempo límite de vida del componente principal, esta carta de trabajo se la aplica cada 300 o 500 horas de vuelo de la aeronave, debido a que el tren de aterrizaje es un componente principal de la aeronave.

#### **3.3.1 Medios necesarios.**

En los "Medios Necesarios" se revisó la documentación citada en punto 1.4, la cual indica los diferentes manuales que se utilizó en esta carta de trabajo. ANEXO "A"

#### **3.3.2 Utilajes especiales.**

Como utilaje especial se utilizó un manómetro con capacidad de 9,3 bares (134,8 psi).

**Figura 23**

*Manómetro de 0 a 25 bares*



*Nota.* El gráfico representa al manómetro con el que se realizó medición de la presión de nitrógeno.

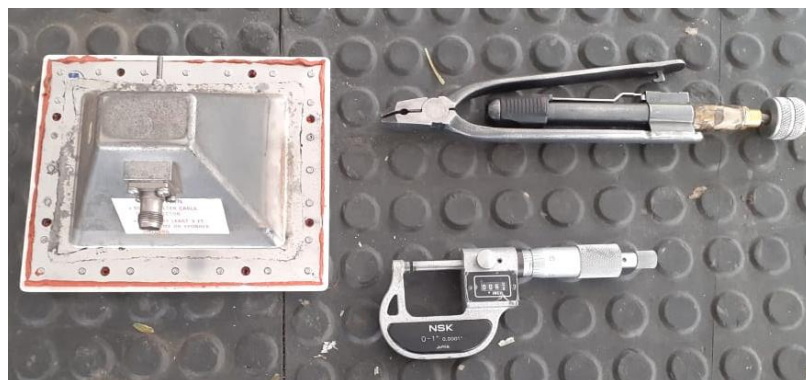
### **3.3.3 Materiales.**

Los materiales principales que se utilizó para realizar la inspección y que están detallados en la carta de trabajo fueron los siguientes:

Nitrógeno seco	Comercial	R
Solución jabonosa	Comercial	R
Grasa silicona	G-392	R
Grasa	S-720	R

**Figura 24**

*Materiales principales para realizar la inspección*



*Nota.* El gráfico representa los materiales principales que son el entorchador, alambre de freno manómetro utilizados para la inspección.

### **3.3.4 Repuestos sistemáticos.**

Ninguno.

### **3.3.5 Documentos a consultar.**

Este ítem indica los manuales con los que se realizó la inspección, como se detalla a continuación;

Manual de mantenimiento (MET), en este manual se encontró la información a ser aplicada en esta tarea de mantenimiento.

Manual de Técnicas Corrientes (MTC), en este manual se encontró toda la información de cómo se debe realizar un frenado, aplicación de masilla y los principios generales de remoción e instalación de un neumático de aeronave, cabe recalcar que este manual indica cómo realizar mencionadas tareas paso a paso, esta información está detallada en los siguientes capítulos del MTC:

FT 20.02.06.402	Frenado por alambre de frenar	R
FT 20.05.06.222	Aplicación de masilla PR 1771 B2	R
FT 20.07.06.411	Principios generales sobre la utilización de los neumáticos de la aeronave	

Manual de Mantenimiento del Equipo (CMM), en este manual se encontró toda la información de cómo realizar el mantenimiento a cada uno de los elementos, componentes que conforman el tren de aterrizaje del helicóptero, toda esta información se encuentra detallada en este manual.

### **3.3.6 Preparación del trabajo.**

Como preparación del trabajo se revisó toda la información necesaria en los manuales de mantenimiento antes mencionados, igualmente las normas de seguridad que se encuentran establecidas para realizar este tipo de inspección.

**PRECAUCIÓN:** REFERIRSE IMPERATIVAMENTE LAS INSTRUCCIONES GENERALES QUE SE ENCUENTRAN DETALLADOS EN EL MTC. ANTES DE CUALQUIER INTERVENCIÓN EN EL TREN DE ATERRIZAJE.



Para desmontar la rueda se aplicó la carta de trabajo FT 32.40.00.401, donde indica toda la información para desmontar paso a paso la rueda del tren de aterrizaje, de igual manera el material y equipo necesario, siendo el elevador hidráulico unos de los principales equipos.

**Figura 25.**

*Helicóptero Super Puma en elevadores hidráulicos*



*Nota.* El gráfico representa la instalación ubicación de los elevadores hidráulicos en los puntos de anclaje del helicóptero.

**3.3.7 Desmontaje de la rueda.**

Se desmonto la rueda y el neumático del tren de aterrizaje utilizando los manuales, material y equipo necesario para realizar la inspección, teniendo en cuenta los procedimientos descritos en el MTC;

**PELIGRO**

**NO DESMONTAR EL NEUMÁTICO Y LA RUEDA HASTA QUE EL HELICÓPTERO ESTÉ COMPLETAMENTE ELEVADO.**

Se colocó los elevadores hidráulicos en los puntos de anclaje de la aeronave, estos elevadores deben ser capaces de soportar el peso de la aeronave 4500kg (9920 lb), el helicóptero dispone de tres puntos de anclaje instalados en su estructura.

**Figura 26.***Colocación de los elevadores*

*Nota.* El gráfico representa la instalación de los elevadores hidráulicos en los puntos de anclaje del helicóptero.

Una vez que se colocó los elevadores hidráulicos se procedió a elevar el helicóptero a una altura adecuada para manipular la rueda, de igual manera se puso el freno a las ruedas para que no giren al momento de realizar el desmontaje de la misma.

**Figura 27.***Levantamiento del helicóptero con los elevadores hidráulicos*

*Nota.* El gráfico representa el momento cuando los elevadores hidráulicos son accionados para elevar al helicóptero.

Se verificó que los tapones de los fusibles y las válvulas de sobrepresión que se encuentran instalados en rueda no hayan sido removidos o sufrido algún tipo de daño, cuando el helicóptero fue elevado.

**Figura 28.**

*Verificación de la rueda y sus elementos*



*Nota.* El gráfico representa la verificación de los fusibles y válvulas de sobrepresión que se encuentran en la rueda.

Se procedió a retirar los pernos y los rodamientos de los rodillos de las juntas de la rueda que unen al tren de aterrizaje, para este procedimiento se utilizó llaves de boca, escariadores como herramientas principales.

**Figura 29.**

*Desmontaje de la rueda*



*Nota.* El gráfico representa el desmontaje de la rueda en el tren de aterrizaje del helicóptero.

Desmontado la rueda del tren de aterrizaje se procedió a desmontar el neumático de la rueda, para este procedimiento se utilizó una herramienta especial que sirve para desensamblar el neumático de la rueda.

**Figura 30.**

*Desmontaje del neumático*



*Nota.* El gráfico representa el desmontaje del neumático de la rueda del helicóptero mediante el uso de la herramienta especial.

**3.3.8 Instalación del neumático.**

**PRECAUCIÓN:** TREN PRINCIPAL:  
LOS NEUMÁTICOS DERECHO E IZQUIERDO DEBEN SER  
DEL MISMO FABRICANTE/PART NUMBER/TAMAÑO Y  
NÚMERO DE LONAS IDÉNTICOS.

**NOTA:** Es posible tener neumáticos de fabricantes diferentes entre el tren de aterrizaje delantero y el tren principal.

Se hizo una inspección visual del neumático con una lupa y linterna del número de parte y fabricante del neumático antes de ser montado sobre la rueda, y se comprobó que no exista ninguna anomalía o desperfecto.

Se comprobó que los talones del neumático a montar se encontraban perfectamente limpios y sin ningún tipo de desgaste o falla de fábrica en las lonas o capas del mismo.

**Figura 31.***Inspección del neumático*

*Nota.* El gráfico representa la inspección que se realizó verificando que este se encuentre en perfecto estado.

Verificado que el neumático se encontraba en perfectas condiciones, se procedió a ser montado sobre la rueda, mediante el uso de la herramienta adecuada para el montaje de la misma.

**Figura 32.***Montaje del neumático*

*Nota.* El gráfico representa el montaje del neumático sobre la rueda, mediante el uso de una herramienta especial.



Se realizó el frenado en la cabeza de los pernos de fijación de las ruedas con alambre de freno EN 3628-0.80 y un entorchador, para evitar que los pernos se aflojen debido a las diferentes vibraciones a los que estos encuentran sometido

**Figura 33.**

*Pernos frenados*



*Nota.* El gráfico representa a todos los pernos que fueron frenados para evitar que se aflojen

Durante el montaje del neumático, se hizo coincidir la marca del desequilibrio situada sobre el talón del neumático (punto rojo) con la válvula situada en la rueda.

**Figura 34.**

*Marca del desequilibrio*



*Nota.* El gráfico muestra los puntos o marcas de equilibrio coincidos entre el neumático y la rueda.

### 3.3.9 Inflar el neumático con nitrógeno seco:

Para el inflado del neumático se utilizó nitrógeno seco como indica el MTC, tomado en cuenta los niveles de presión establecidos para el inflado del neumático para helicópteros versión militar como se detalla a continuación:

- DESP MOD 0722928 presión 9 bares (130,6 psi) para los helicópteros militares.
- DESP MOD 0725659 presión 9 bares (130,6 psi) y 9,3 bares (134,8 psi) para todas las versiones de helicópteros.
- DESP MOD 0726008 presión 9 bares (130,6 psi) y 9,3 bares (134,8 psi) para todas las versiones de helicópteros.

Se inflo el neumático con nitrógenos seco, el mismo que fue suministrado desde los tanques de nitrógeno, estos tanques tienen un sistema de regulación los cuales nos permiten suministrar la presión necesaria hacia el neumático, de igual manera se conectó un acople con seguro roscable a la válvula de la rueda así evitar que se estos desprendan al momento de suministrar el nitrógeno desde los tanques al neumático, el neumático fue llenado con 9 bares (130,6 psi).

#### Figura 35.

*Inflado del neumático*



*Nota.* El gráfico representa el inflado del neumático con nitrógeno seco con la presión establecida.

### 3.3.10 Verificación del neumático sobre la rueda.

Para verificar que el neumático se instaló correctamente sobre la rueda, se realizó el siguiente procedimiento de comprobación, con la solución jabonosa, se comprobó que no existan fugas en los siguientes componentes:

- Entre el neumático y la rueda.
- Entre la válvula y el obús.

#### Figura 36.

*Verificación de fugas en el neumático*



*Nota.* El gráfico representa la comprobación que no exista fugas de nitrógeno entre el neumático y la rueda.

Se espero 24 horas para controlar la presión suministrada al neumático y se verificó, que la caída de presión sea inferior o igual al 5% de la presión inicial de 9 bares (130,6 psi); si la caída de presión es superior al 5% de la presión inicial, se deberá desmontar el neumático para una nueva inspección.

Para este control de presión se utilizó una herramienta especial para medir la presión de nitrógeno suministrada al neumático, este medidor de presión debe estar correctamente armado e instalado a la rueda debido a que si existe algún tipo de fuga podría ocasionar alguna eventualidad tanto en el material utilizado, como al personal técnico que realiza esta verificación, el medidor de presión consta de algunos elementos delicados como son los manómetros que deben estar calibrados



a la fecha actual para que no existía ninguna lectura errónea cuando se esté suministre el nitrógeno.

**Figura 37.**

*Verificación de caídas de presión*



*Nota.* El gráfico representa la verificación que no exista ningún tipo de caídas de presión entre el neumático y la rueda.

De la misma manera se debe verificar que los demás accesorios sean los adecuados para soportar la presión con la que se va trabajar, en este caso los acoples deben ser de bronce para que estos al estar en contacto con el nitrógeno no causen alguna reacción secundaria, principalmente el acople que va unir el medidor de presión con la válvula de la rueda.

**Figura 38.**

*Elementos del medidor de presión de nitrógeno*



*Nota.* El gráfico representa todos los elementos que conforman al medidor de presión de nitrógeno con sus respectivos acoples.

Para unir la válvula con el acople del medidor este se debe realizar, mediante el roscado del mismo para asegurar que no exista ningún tipo de fuga entre estos dos elementos, y así obtener una lectura exacta y precisa de la presión que se suministró al neumático del helicóptero.

**Figura 39.**

*Unión la rueda y el medidor de presión*



*Nota.* El gráfico representa como se debe realizar la unión entre la válvula de la rueda con el acople del medidor de presión.

Una vez unido la válvula de la rueda con el acople del medidor de presión, se debe instalar el medidor de presión ya armado con los demás elementos, tomando en cuenta todas las medidas de seguridad y verificar que los manómetros estén calibrados a la fecha, los acoples sean de bronce con características para soportar la presión que se va suministrar por el interior de mencionados elementos.

**Figura 40.**

*Medidor de presión a unirse con el acople*



*Nota.* El gráfico representa como se debe realizar la unión entre el medidor de presión armado completamente con el acople que se unió a la rueda.

Para verificar su correcta instalación se procedió a abrir la válvula de paso para que la presión que se encuentra en el neumático circule por la manguera y llegue hasta el manómetro, este debe indicar la presión con la que se encuentra el neumático, que debe ser la que se suministró cuando se infló el neumático con los 9 bares (130,6 psi), así evidenciar que el medidor de presión funciona correctamente, y de la misma manera que no existen fugas en el neumático y la rueda.

Comprobado que la instalación se realizó correctamente y no existe ninguna fuga de presión, se hizo la estanqueidad de la cabeza de los pernos de fijación con masilla PR 1771 B2, esta masilla evita que los pernos estén libres y en contacto con la superficie, líquidos que dañe al mismo.

**Figura 41.**

*Estanqueidad de los pernos*



*Nota.* El gráfico representa la estanqueidad que se hizo a los pernos para que no sean afectados por ningún tipo de líquido.

**3.3.11. Operaciones finales.**

Como operación final se procedió a colocar la rueda y el neumático en el tren de aterrizaje del helicóptero Súper Puma AS 332B de acuerdo a la tarea de mantenimiento citada en el MTC, donde indica el siguiente procedimiento:

Una vez que se realizó el montaje de la rueda y el neumático, se procedió a instalarlos en el tren de aterrizaje.

**Figura 42.**

*Montaje del neumático y la rueda en el tren de aterrizaje*



*Nota.* El gráfico representa el montaje del neumático y la rueda al tren de aterrizaje del helicóptero.

Una vez montado el neumático y la rueda en el tren de aterrizaje, se procedió a verificar que los pernos, los rodamientos de los rodillos de las juntas de la rueda que unen al tren de aterrizaje no se hayan aflojado al momento de ser unido al tren de aterrizaje

**Figura 43.**

*Montaje del neumático y la rueda en el tren de aterrizaje*



*Nota.* El gráfico representa el montaje del neumático y la rueda al tren de aterrizaje del helicóptero.

Se verificó que los fusibles térmicos y las válvulas de sobrepresión estén instaladas correctamente entre el tren de aterrizaje y la rueda, de igual manera se instaló el sistema de frenos.

**Figura 44.**

*Verificación de los fusibles y válvulas de sobrepresión*



*Nota.* El gráfico representa la verificación de los fusibles y válvulas de sobrepresión, que se encuentren correctamente instalados.

Terminado todo el procedimiento de montaje de la rueda y sus componentes al tren de aterrizaje, se procedió a bajar los elevadores evidenciando que el helicóptero quede en óptimas condiciones, cumplidos todos los ítems de inspección.

**Figura 45.**

*Bajada del helicóptero de los elevadores hidráulicos*



*Nota.* El gráfico representa la bajada del helicóptero de los elevadores una vez se terminó la inspección.

## Capítulo IV

### 4. Conclusiones y recomendaciones.

#### 4.1 Conclusiones.

- Se recopiló toda la información concerniente a la inspección del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B en los manuales de mantenimiento como son AMM, MET y MTC.
- Se adquirió y se dispuso de las herramientas para realizar el proceso de inspección del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B, conforme establece los manuales de mantenimiento.
- Se realizó la inspección de cada uno de los componentes y/o accesorios del del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B, siguiendo cada uno de los ítems de inspección descritos en el manual de mantenimiento de la aeronave.
- Se ejecutó las diferentes pruebas de comprobación y funcionamiento del tren de aterrizaje (neumáticos).

#### **4.2 Recomendaciones.**

- Todo el personal de mantenimiento que realice las diferentes inspecciones del tren de aterrizaje del helicóptero Super Puma AS 332B debe de poseer conocimientos sólidos de cómo realizar las mencionadas inspecciones.
- El personal de mantenimiento debe poseer la información de todos los manuales de mantenimiento de la aeronave actualizados, igualmente los equipos de medición de precisión deben estar calibrados correctamente.
- El personal técnico que va realizar la inspección del tren de aterrizaje debe adoptar todas las medidas de seguridad, equipo y material que se encuentran estipuladas tanto para el uso hangar como para cuando se trabaja con nitrógeno.



### Bibliografía.

*Aircraft Wheels*. (2019, octubre 8). AeroSavvy. <https://aerosavvy.com/aircraft-wheels/>

Castro Ruiz, O. (2020, abril 22). Trenes de aterrizaje y sus características.

*Mundaéreo*. <https://mundaereo.wordpress.com/2020/04/22/tren-aterrizaje/>

Curiosidades: La rueda de un avión. (2013, septiembre 20). *Me gusta volar*.

<https://megustavolar.iberia.com/2013/09/curiosidades-la-rueda-de-un-avion/>

EUROCOPTER. (2013). *Manual de Instrucción del Helicóptero Super Puma AS 332B*.

*Frenos de aviones | Sistemas de aeronaves*. (s. f.). Recuperado 16 de marzo de

2021, de [https://www.aircraftsystemstech.com/p/aircraft-brakes\\_9081.html](https://www.aircraftsystemstech.com/p/aircraft-brakes_9081.html)

*Las ruedas del tren de aterrizaje de helicópteros*. (2015, junio 12). Avia.Pro.

<https://avia-es.com/blog/kolesa-shassi-vertoleta>

*LOS NEUMÁTICOS DEL AVIÓN – Asociación Amigos del Museo del Aire*. (2013, noviembre 17). Asociación Amigos del Museo del Aire.

<http://www.aama.es/aama/los-neumaticos-del-avion-2/>

Rivadeneira, C. (2020, mayo 25). *Aviación del Ejército*. Ejército Ecuatoriano.

<https://ejercitoecuadoriano.mil.ec/institucion/fft/sistema-de-armas/aviacion-del-ejercito>

# ANEXOS