



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

**Inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento del helicóptero AS332B Super Puma, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”.**

Quizhpi Cambay, Marco Antonio

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

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

Ing. Arcos Castillo, Rogelio Paul

30 de enero del 2024

Latacunga



## Plagiarism and AI Content Detection Report

QUIZHPI CAMBAY MARCO ANTONIO ....

### Scan details

Scan time:  
January 30th, 2024 at 20:32 UTC

Total Pages:  
44

Total Words:  
10925

### Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	2.4% 260
Minor Changes	0.2% 23
Paraphrased	3.2% 347
Omitted Words	0% 0

5.8%

### AI Content Detection

Text coverage	Words
AI text	0% 0
Human text	100% 10925

0%

[Learn more](#)

### Plagiarism Results: (11)

[M-ESPEL-CMA-0666.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/27849/m-espel-cma-0666.pdf?sequence=1&isAllowed=y) 2.2%

<https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/27849/m-espel-cma-0666.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

USUARIO

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGA...

[M-ESPEL-CMA-0756.pdf](https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28531/2/m-espel-cma-0756.pdf) 1.8%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28531/2/m-espel-cma-0756.pdf>

Rosa Elena Oña Fauta

1 CARÁTULA Sustitución de los cojinetes y de las juntas de un conjunto "muñón mangueta" de acuerdo a la carta de trabajo 62-35-00-701 de...

[M-ESPEL-ENT-0201.pdf](https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25886/2/m-espel-ent-0201.pdf) 1.5%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25886/2/m-espel-ent-0201.pdf>

TouchSmart

1 CARÁTULA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DEL INDICADOR TRIPLE DE UN HELICÓPTERO SUPER PUMA AS...

[T-ESPEL-0801.pdf](https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3820/1/t-espel-0801.pdf) 1.3%

<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3820/1/t-espel-0801.pdf>

MAELO GARZON

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO EXTENSIÓN LATACUNGA DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ "DISEÑO Y ELA...

Ing. Arcos Castillo Rogelio Paul  
C.C 0401515192

Certified by  
 Copyleaks

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

[copyleaks.com](https://copyleaks.com)



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica

### Certificación

Certifico que la monografía: **Inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento del helicóptero as332 b super puma, perteneciente a la Brigada De Aviación Del Ejercito N° 15 "PAQUISHA".** fue realizada por el señor **Quizhpi Cambay, Marco Antonio**, la misma que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se la sustente públicamente.

Latacunga, 29 de enero del 2024.



Ing, Arcos Castillo, Rogelio Paul  
C. C: 0401515192



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

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Responsabilidad de Autoría**

Yo, **Quizhpi Cambay, Marco Antonio**, con cédula de ciudadanía 1722493614, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento del helicóptero AS332 B Super Puma, perteneciente a la Brigada De Aviación Del Ejercito N° 15 "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, 29 de enero del 2024.

**Quizhpi Cambay, Marco Antonio**

C.C.: 1722493614



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

**Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Aeronáutica**

**Autorización de Publicación**

Yo **Quizhpi Cambay, Marco Antonio** con cédula de ciudadanía n° 1722493614, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento del helicóptero as332 b super puma, perteneciente a la Brigada De Aviación Del Ejercito N° 15 "PAQUISHA".** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 29 de enero del 2024.

**Quizhpi Cambay, Marco Antonio**

C.C.: 1722493614

## **Dedicatoria**

Este trabajo realizado con mucho esfuerzo se lo dedico a Dios, quien siempre cuida de mí y mis pasos durante todos estos años, dedicado a mis padres quien siempre son la fuente de sabiduría y comprensión, ellos me han apoyado con sus palabras, con su amor, con sus consejos de ser siempre un apersona mejor, y en especial a mi esposa María Isabel Fernández quien me ha sabido comprender todo el tiempo que no les he dedicado por enfocarme a mis estudios, y todos ellos me motivaron para llegar hasta este momento especial en mi carrera profesional.

**Quizhpi Cambay, Marco Antonio**

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas por permitir que sea asignada una beca en la carrera de Mecánica Aeronáutica, de igual forma agradezco a la Fuerza Terrestre por brindarme las facilidades para poder dedicar tiempo a los estudios y permitir que me siga formando en mi perfil profesional, agradezco a los docentes de la carrera los cuales fueron un pilar importante durante la formación, por medio de sus enseñanzas, experiencias, y consejos he sabido desarrollarme de una mejor manera, y se ha ampliado y esclarecido todas las dudas en el aula y en el campo con las aeronaves.

**Quizhpi Cambay, Marco Antonio**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Carátula .....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de verificación de contenido.....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de autoría .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento.....</b>	<b>7</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>14</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>16</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>17</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>18</b>
<b>Capítulo I: Planteamiento del problema .....</b>	<b>19</b>
<b>Tema .....</b>	<b>19</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>19</b>
<b>Planteamiento del problema.....</b>	<b>21</b>
<b>Justificación e importancia .....</b>	<b>22</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivo general.....</i></b>	<b>23</b>
<b><i>Objetivos específicos .....</i></b>	<b>23</b>
<b>Alcance .....</b>	<b>24</b>
<b>Capítulo II: Marco teórico. ....</b>	<b>25</b>

<b>Funciones del Grupo Aéreo del Ejército N° 45 “PICHINCHA”</b> .....	<b>25</b>
<b>Historia de la Aeronave Super Puma AS332B</b> .....	<b>25</b>
<b>Misiones del Helicóptero Super Puma</b> .....	<b>26</b>
<b>Generalidades del Helicóptero Super Puma</b> .....	<b>26</b>
<b>Mantenimiento</b> .....	<b>28</b>
<i>Tipos de mantenimiento</i> .....	<b>28</b>
<i>Modos de mantenimiento</i> .....	<b>29</b>
<b>Mantenimiento con tiempo límite.</b> .....	<b>30</b>
<b>Mantenimiento límite entre revisiones</b> .....	<b>30</b>
<b>Mantenimiento tiempo límite de vida.</b> .....	<b>30</b>
<b>Mantenimiento según verificación del estado</b> .....	<b>30</b>
<b>Mantenimiento con vigilancia de comportamiento.</b> .....	<b>31</b>
<i>Niveles de mantenimiento</i> .....	<b>31</b>
<b>Mantenimiento a nivel organizacional.</b> .....	<b>31</b>
<b>Mantenimiento a nivel de campo</b> .....	<b>31</b>
<b>Mantenimiento a nivel depósito.</b> .....	<b>32</b>
<i>Tipos de inspecciones de mantenimiento</i> .....	<b>32</b>
<b>Inspecciones programadas.</b> .....	<b>32</b>
<b>Inspecciones programadas.</b> .....	<b>32</b>
<b>Inspecciones no programadas.</b> .....	<b>33</b>
<b>Ensayos de materiales (N.D.I)</b> .....	<b>34</b>

	10
<b>Rotor principal del helicóptero Super Puma .....</b>	<b>35</b>
<b>Descripción de funcionamiento del rotor principal .....</b>	<b>35</b>
<b>Conjunto mástil- cabeza del rotor principal .....</b>	<b>37</b>
<i>Componentes del mástil-cabeza del rotor principal.....</i>	<i>38</i>
<i>Componentes del mástil-cabeza del rotor principal.....</i>	<i>39</i>
<i>Conjunto mangueta – muñón.....</i>	<i>40</i>
<i>Articulaciones combinadas de arrastre y batimiento.....</i>	<i>41</i>
Articulación de arrastre. ....	42
Articulación de batimiento.....	42
<i>Platos cíclicos .....</i>	<i>42</i>
<i>Bieletas de paso.....</i>	<i>43</i>
<i>Adaptadores de frecuencia .....</i>	<i>44</i>
<i>Cárter cónico.....</i>	<i>45</i>
Dos captadores autónomos de NR.. ....	45
Un respiradero.....	46
Tapón magnético. ....	46
Transmisor de paso.....	46
<i>Dispositivos de lubricación de las articulaciones .....</i>	<i>46</i>
<i>Topes automáticos bajos .....</i>	<i>46</i>
<i>Topes automáticos altos .....</i>	<i>47</i>
<i>Funcionamiento de los topes altos. ....</i>	<i>47</i>

	11
Rotor parado o girando a poca velocidad. ....	47
Rotor girando a velocidad normal.....	48
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	49
Preliminares.....	49
Rehabilitación de gatos hidráulicos y bomba hidráulica .....	51
<i>Cambio de sellos de los gatos hidráulicos .....</i>	<i>52</i>
<i>Reemplazo de manómetro .....</i>	<i>54</i>
<i>Mantenimiento bomba hidráulica .....</i>	<i>54</i>
<i>Pintura .....</i>	<i>55</i>
Inspección de 500 horas del mástil cabeza rotor principal. ....	57
Cambio de aceite sintético en la CRP .....	59
<i>Cambio de aceite en la CRP, según MET 60.00.00.302 .....</i>	<i>59</i>
Cabeza del rotor principal verificación detallada del conjunto.....	60
<i>Preparación del trabajo .....</i>	<i>60</i>
Desmontaje de las palas principales MET 62-10-00-401.....	61
Desmontaje de la bieleta de mando de paso MET 62-35-00-402. ....	61
Desmontaje del conjunto compás MET 62-35-00-407. ....	62
<i>Verificación del conjunto cabeza y mástil rotor.....</i>	<i>62</i>
Cabeza rotor.....	62
Cúpula.....	63
Topes bajo.....	64

	12
Topes altos.....	65
<i>Adaptadores de frecuencia. ....</i>	<i>66</i>
Verificación del elastómero adaptador P/N 704A33-6400-98.....	66
Verificación del juego axial de la rótula grande. ....	66
Verificación visual del estado de la zona de la rótula. ....	67
<i>Muñones de palas y maguetas. ....</i>	<i>67</i>
Desmontaje del conjunto muñón mangueta.....	67
<i>Desmontaje del conjunto muñón mangueta según MET 62-35-00-405 .....</i>	<i>67</i>
Desmontaje del adaptador de frecuencia según MET 62-35-00-403. ....	68
Desmontaje de los dispositivos de topes altos según MET 62-35-00-409.....	69
Procedimiento desmontaje de la mangueta. ....	69
Sustitución de las juntas del conjunto "mangueta-muñón .....	70
<i>Desmontaje del muñón.....</i>	<i>71</i>
<i>Desmontaje de los cojinetes .....</i>	<i>72</i>
<i>Montaje de la junta de estanqueidad .....</i>	<i>72</i>
<i>Montaje del muñón .....</i>	<i>73</i>
Prueba de estanqueidad "mangueta-muñón". s. ....	74
<i>Montaje del conjunto muñón mangueta.....</i>	<i>74</i>
Tras el desmontaje de la mangueta.....	75
Verificar el gran collarín de fijación de la palanca de paso. ....	75
Desmontaje de la palanca de paso.. ....	76

	13
<b>Palanca de paso del muñón. S .....</b>	<b>77</b>
<b>Perno de argolla. ....</b>	<b>77</b>
<b>Platos cíclicos. ....</b>	<b>79</b>
<b>Mangueta muñón.....</b>	<b>79</b>
<b><i>Verificación por reajuste del par de apriete .....</i></b>	<b>79</b>
<b><i>Verificación del par de apriete del eje de batimiento.....</i></b>	<b>80</b>
<b>Adaptadores de frecuencia – verificación del par de apriete .....</b>	<b>81</b>
<b><i>Verificación en el helicóptero.....</i></b>	<b>81</b>
<b><i>Verificación del par de apriete .....</i></b>	<b>81</b>
<b>Verificación del par de apriete de la tuerca del eje de batimiento.....</b>	<b>81</b>
<b><i>Inspección y verificación MET 62-35-00-604 .....</i></b>	<b>81</b>
<b>Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>82</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>82</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>83</b>
<b>Glosario .....</b>	<b>84</b>
<b>Abreviaturas .....</b>	<b>87</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>88</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	<i>Componentes principales del helicóptero Super Puma</i>	27
<b>Figura 2</b>	<i>Inspecciones a consecuencia de incidentes</i>	33
<b>Figura 3</b>	<i>Tipos de ensayos de materiales en las aeronaves</i>	34
<b>Figura 4</b>	<i>Rotor Principal del helicóptero Super Puma</i>	36
<b>Figura 5</b>	<i>Ejes de rotor Principal del helicóptero Super Puma</i>	37
<b>Figura 6</b>	<i>Mástil cabeza rotor principal</i>	38
<b>Figura 7</b>	<i>Componentes del conjunto Mástil-cabeza del rotor principal</i>	39
<b>Figura 8</b>	<i>Conjunto árbol rotor</i>	40
<b>Figura 9</b>	<i>Conjunto mangueta muñón</i>	41
<b>Figura 10</b>	<i>Platos cíclicos fijo y rotatorio del rotor principal</i>	43
<b>Figura 11</b>	<i>Partes de la bieleta de paso</i>	44
<b>Figura 12</b>	<i>Adaptador de frecuencia del helicóptero Super Puma</i>	45
<b>Figura 13</b>	<i>Sistema de lubricación del muñón de las mangas y de las articulaciones</i>	47
<b>Figura 14</b>	<i>Helicóptero AS 332 B Super Puma</i>	50
<b>Figura 15</b>	<i>Estado del conjunto hidráulico del helicóptero Super Puma</i>	52
<b>Figura 16</b>	<i>Cambio de sellos de los cilindros de los gatos hidráulicos</i>	53
<b>Figura 17</b>	<i>Mantenimiento de los cilindros hidráulicos</i>	53
<b>Figura 18</b>	<i>Reemplazo de manómetro</i>	54
<b>Figura 19</b>	<i>Mantenimiento de la bomba hidráulica</i>	55
<b>Figura 20</b>	<i>Proceso de pintura en los cilindros hidráulicos</i>	56
<b>Figura 21</b>	<i>Conjunto hidráulico</i>	56
<b>Figura 22</b>	<i>Cambio de aceite de las mangas del helicóptero AS 332 B Super Puma</i>	60
<b>Figura 23</b>	<i>Desmontaje de la bieleta de mando de paso</i>	62
<b>Figura 24</b>	<i>Verificación del cabeza rotor, limpieza y verificación</i>	63

<b>Figura 25</b>	<i>Verificación de la cúpula</i> .....	64
<b>Figura 26</b>	<i>Verificación de los topes bajos y fuelle</i> .....	65
<b>Figura 27</b>	<i>Verificación de los topes altos y limpieza</i> .....	65
<b>Figura 28</b>	<i>Verificación de los adaptadores de frecuencia</i> .....	66
<b>Figura 29</b>	<i>Desmontaje de adaptador de frecuencia</i> .....	69
<b>Figura 30</b>	<i>Desmontaje del conjunto “mangueta-muñón”</i> .....	70
<b>Figura 31</b>	<i>Desmontaje del muñón</i> .....	71
<b>Figura 32</b>	<i>Desmontaje del conjunto “mangueta-cojinetes”</i> .....	72
<b>Figura 33</b>	<i>Cambio de juntas del conjunto “mangueta-muñón”</i> .....	73
<b>Figura 34</b>	<i>Montaje del conjunto muñón mangueta</i> .....	75
<b>Figura 35</b>	<i>Verificación de las palas y manguetas</i> .....	77
<b>Figura 36</b>	<i>Verificación de la palanca de paso del muñón</i> .....	78
<b>Figura 37</b>	<i>Verificación del perno de argolla</i> .....	78
<b>Figura 38</b>	<i>Verificación de los platos cíclicos</i> .....	79
<b>Figura 39</b>	<i>Verificación por reajuste del par de apriete</i> .....	80

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> <i>Características del helicóptero Super Puma</i> .....	28
<b>Tabla 2</b> <i>Herramientas hidráulicas a rehabilitar</i> .....	52
<b>Tabla 3</b> <i>Inspección de 500 horas del rotor principal</i> .....	57
<b>Tabla 4</b> <i>Herramientas especiales para la inspección</i> .....	58
<b>Tabla 5</b> <i>Materiales consumibles para la inspección del conjunto rotor</i> .....	58
<b>Tabla 6</b> <i>Repuestos sistemáticos para la inspección</i> .....	59
<b>Tabla 7</b> <i>Herramientas especiales para el desmontaje del conjunto muñón-mangueta</i> .....	68

## Resumen

El Grupo Aéreo N 45° "PICHINCHA" Es una unidad operativa del Ejército Ecuatoriano el cual cumple misiones de vuelo con su flota de helicópteros AS 332 B Super Puma, es por eso que las aeronaves cumplen horas de funcionamiento en el cual se ven afectados en su operabilidad, el mantenimiento de aeronaves según los manuales técnicos se debe cumplir con satisfacción, en el presente trabajo se realiza una inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal de la aeronave mencionada, en el cual se recopila información sobre el funcionamiento de estos componentes, se realiza la investigación de trabajos anteriores en la aeronave, y se verifica los materiales consumibles, repuestos y herramientas especiales para poder garantizar la eficiencia y la aeronavegabilidad de la aeronave. Se procede a verificar los ítems de inspección del rotor principal y a verificar minuciosamente cada detalle y parámetro. Los manuales que se utilizaron son: Manual de mantenimiento, Manual de reparación, Manual de técnicas corrientes, Catalogo ilustrado de Partes, Catalogo ilustrado de herramientas y el Master Service Manual. Se realiza la rehabilitación de la bomba hidráulica y de 03 gatos hidráulicos de diferentes toneladas, remplazando juntas, componentes internos etc. Finalmente se realiza la inspección de 500 horas de forma satisfactoria y eficiente cumpliendo con las normas de seguridad y las políticas de la Brigada de Aviación del Ejército N.º 15 "PAQUISHA"

*Palabras claves:* Conjunto bomba-gato hidráulico, Conjunto muñón-mangueta, Estanqueidad

### **Abstract**

The 45th Air Group "PICHINCHA" is an operational unit of the Ecuadorian Army which carries out flight missions with its fleet of AS 332 B Super Puma helicopters, which is why the aircraft complete hours of operation in which they are affected in their operability, aircraft maintenance according to technical manuals must be carried out satisfactorily, in this work a 500-hour inspection of the main rotor head mast of the aforementioned aircraft is carried out, in which information on the operation of these components is collected. , the investigation of previous work on the aircraft is carried out, and consumable materials, spare parts and special tools are verified in order to guarantee the efficiency and airworthiness of the aircraft. We proceed to verify the inspection items of the main rotor and thoroughly verify each detail and parameter. The manuals that were used are: Maintenance Manual, Repair Manual, Current Techniques Manual, Illustrated Parts Catalog, Illustrated Tools Catalog and the Master Service Manual. The rehabilitation of the hydraulic pump and 03 hydraulic jacks of different tons is carried out, replacing gaskets, internal components, etc. Finally, the 500-hour inspection is carried out in a satisfactory and efficient manner, complying with the safety standards and policies of the Army Aviation Brigade No. 15 "PAQUISHA".

*Key words:* Hydraulic pump-jack assembly, Trunnion-knuckle assembly, Tightness

## Capítulo I

### Tema

Inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento del helicóptero AS332 B Super Puma, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “Paquisha”.

### Antecedentes

El helicóptero AS332 B Super Puma es una aeronave de uso militar que pertenece a la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA” procedente de Francia, en estas aeronaves se requiere el mantenimiento periódico, el cual garantiza su funcionamiento y seguridad operativa, dentro de su programa de mantenimiento esta la inspección de 500 horas en el cual involucra varios sistemas que comprende la aeronave.

Están inspección de 500 horas se toma como relevancia el sistema del mástil cabeza del rotor principal del helicóptero AS332 B Super Puma, el cual es fundamental para su funcionamiento, el contexto de las operaciones de la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA” es una unidad militar que esta con la responsabilidad de ejecutar misiones de abastecimiento, transporte de personal, misiones de reconocimiento, evacuaciones médicas y transporte de personas VIP. El helicóptero AS332 B Super Puma juega un papel muy importante el cumplimiento de estas misiones, esta aeronave proporciona un plataforma versátil y confiable que enfrenta diversos escenarios operativos.

La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA” depende en gran medida de la operatividad de la flota de helicópteros con los que cuenta, el mantenimiento se convierte en un aspecto vital para asegurar el funcionamiento correcto de todos los componentes que comprende la aeronave. La inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal se

destaca la comprobación de todos los elementos que componen el conjunto “Cabeza-rotor” en el cual se determina el estado general, ausencia de grietas y corrosión, ausencia de fugas, la ausencia de fricciones en los cojinetes, ejes y fijaciones por último la presencia de las líneas de referencia.

El manual de mantenimiento AS332 nos brinda la documentación técnica necesaria para llevar a cabo la inspección en la orden técnica 65-35-00-604 se detallan las tareas específicas que se deben realizar, incluyendo el engrase del conjunto cabeza mástil rotor principal, verificación de los topes bajos, equilibrado del rotor principal, montaje y desmontaje de las palas principales, de igual manera se revisa el juego en la bieleta de paso y las fijaciones del adaptador de frecuencia en el cuerpo de buje.

Sin embargo, durante la planificación y preparación de esta inspección, se ha evidenciado que algunas herramientas hidráulicas necesarias para remover los muñones en caso de presencia de grietas en las mangas, es necesario desmontar del mástil rotor, por lo tanto, es fundamental reacondicionar estas herramientas para llevar a cabo la inspección de 500 horas del helicóptero AS332 B Super Puma de manera adecuada y segura.

Chicaiza (2020) realiza el trabajo de la sustitución de cojinetes y de la junta de un conjunto muñón-magüeta en una inspección de 500 horas, con la implementación de la bomba Betex Hydraulic PB700, en donde este fue imprescindible para la ejecución satisfactoria de la inspección.

Dentro del mantenimiento aeronáutico es necesario la mejora continua para lograr optimizar los trabajos, por lo cual se deben tener las herramientas necesarias y calibradas para la ejecución de los trabajos en mantenimiento así como concluye (Flores & Geovanny, 2021) “ciertas actividades podían ser ejecutadas por alguno de los operarios del área de planificación lo que en cierto modo generaba retraso en los procesos de mantenimiento”(p. 50).

Además de los trabajos mencionados se a realizado bancos de pruebas para determinar el estado funcional de los componentes de la aeronave. Según (Cañar, 2020) “El Banco de prueba para un indicador triple del helicóptero AS332 B Super Puma, cubre una de las necesidades existentes en el taller de Aviónica del Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército CEMAE-15”. Con estos antecedentes se evidencia que la ejecución de inspecciones siempre va de la mano con herramientas especiales con las cuales estas deben estar en buenas condiciones para poder culminar el mantenimiento en las aeronaves de la Brigada de Aviación del Ejército.

### **Planteamiento del problema**

El helicóptero AS332 B Super Puma, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejercito N° 15 “PAQUISHA”, requiere un mantenimiento de tiempo periódico para asegurar su optimo rendimiento y la seguridad en las operaciones. Una de las tareas fundamentales dentro de los ítems de inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal se realiza de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento AS332 B.

Esta inspección es esencial ya que el mástil cabeza del rotor principal es una parte critica para la operación adecuado de la aeronave. Es responsable de transmitir la energía desde los motores hasta el rotor principal, lo que permite el vuelo y maniobras, por lo tanto, cualquier desgaste, daño o problema en el área puede tener consecuencias graves afectando la seguridad y eficiencia operativa.

Durante la etapa de planificación de la inspección se ha evidenciado que las herramientas hidráulicas N/P 703A98000000 (conjunto bomba hidráulica) y N/P 703A98001401 (gato hidráulico 12T) están inoperable, estas herramientas son esenciales para realizar la inspección de manera adecuada y segura, su estado inoperables presenta un desafío

significativo y esencial desarrollar un plan detallado para reacondicionar las herramientas hidráulicas y asegurarse de que estén en perfecto funcionamiento antes de llevar a cabo la inspección. Se deberá implementar normas y procedimientos que respalden y garanticen el correcto uso y mantenimiento de las gatas hidráulicas, con la finalidad de evitar maniobras que afecten la integridad de las herramientas.

### **Justificación e importancia**

La ejecución de la inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal del helicóptero AS332 B Super Puma, se realiza mediante la documentación técnica del fabricante como el manual de mantenimiento, y estos se someten a estándares de calidad por lo que la seguridad operacional y el rendimiento óptimo de la aeronave es fundamental para lograr el éxito de las misiones que se encarga la Brigada de Aviación del Ejército. Una inspección minuciosa y precisa permitirá detectar posibles desgastes, daños o irregularidades en el mástil cabeza rotor, para prevenir posibles fallos mecánicos y asegurando la integridad estructural del helicóptero durante sus operaciones.

El mástil cabeza del rotor principal desempeña un papel crítico en la transferencia de energía del motor hasta el rotor principal, lo que está directamente relacionado con el vuelo y control de la aeronave, la detección temprana de cualquier anomalía en el área evita la maximización de problemas y posibles fallas catastróficas que podrían poner en riesgo la vida de la tripulación y pasajeros, así mismo el mantenimiento preventivo adecuado ayuda a reducir costos operativos a largo plazo, también disminuye la necesidad de reparaciones y cambio de componentes más costosos.

El reacondicionamiento de las herramientas hidráulicas descritas en la sección B herramientas especiales de la orden técnica MET 62-35-00-405, es un aspecto clave para este

trabajo de titulación, ya que su funcionamiento garantizara la ejecución efectiva de la inspección. La resolución de esta problemática no solo impacta en la seguridad de las operaciones de vuelo, sino que también asegura la operabilidad y fiabilidad de la flota de helicópteros militares, lo que fortalece las misiones y responsabilidades encomendadas a la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "PAQUISHA".

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

- Realizar la inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal del helicóptero AS332 B Super Puma, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento y asegurar que la aeronave esté en condiciones óptimas para su operación segura y eficiente.

### ***Objetivos específicos***

- Recopilar la información necesaria previa a la inspección de 500 horas del helicóptero AS332 B Super Puma, basándose en las tareas de mantenimiento descritas en el MET.
- Ejecutar los procedimientos de la inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal del helicóptero AS 332 B Super Puma, siguiendo los procedimientos de la documentación técnica del manual de mantenimiento.
- Realizar comprobaciones precisas del montaje de los muñones de la cabeza del rotor principal, siguiendo las directrices del manual de mantenimiento de la aeronave para asegurar el correcto montaje.
- Reacondicionar la herramienta hidráulica y accesorios necesarios para remover los muñones de la cabeza del rotor principal descritos en la sección B herramientas especiales de la orden técnica MET 62-35-405, garantizando su funcionalidad y cumplimiento de las normas del fabricante.

## **Alcance**

El alcance de este anteproyecto se centra en la Inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal del helicóptero AS332 B Super Puma, propiedad de la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "Paquisha". El trabajo se llevará a cabo de acuerdo con la documentación técnica proporcionada en el manual de mantenimiento AS332, específicamente en la carta de trabajo 62-35-00-601, la cual detalla los procedimientos y tareas específicas a seguir durante la inspección. El este trabajo incluye la identificación de las herramientas hidráulicas descritos en la sección B herramientas especiales de la orden técnica MET 62-35-00-405, las cuales son necesarias para remover los muñones de la cabeza del rotor y la evaluación de su estado operativo. Si alguna de las herramientas se encuentra inoperable, se establecerá la reparación de este, garantizando que estén en perfecto funcionamiento antes de la inspección. Es importante destacar que el alcance de este proyecto se limita a la inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal del helicóptero AS 332 B Super Puma y no incluye otras áreas de mantenimiento o inspecciones adicionales, de igual forma el trabajo se realizara exclusivamente en el helicóptero AS332 B Super Puma de la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "Paquisha".

## **Capítulo II**

### **Marco teórico**

#### **Funciones del Grupo Aéreo del Ejército N° 45 “PICHINCHA”**

Esta unidad representativa del ejército cumple con misiones de operaciones de vuelo el cual están dirigidas por el mando militar, el centro de operaciones aéreas establecido en el comando de la Brigada de Aviación del Ejército, coordina y planifica los vuelos según la operabilidad de sus aeronaves, las cuales cuentan con una flota de helicópteros pequeños y medianos, estos para garantizar su perfecto funcionamiento es necesario que se realicen mantenimientos programados y no programados, según lo requiera la aeronave. Por otro lado, las misiones que cumple esta unidad son en las tres regiones que cuenta el Ecuador, al encontrarse en una posición estratégica puede llegar a cualquier punto del territorio ecuatoriano con facilidad.

El Grupo de Aviación del ejército cuenta con una flota de 5 helicópteros Super Puma los cuales; 02 se encuentran inoperables en espera de una inspección mayor, y 2 helicópteros se encuentran operativos, ya que el programa de mantenimiento a permitido la fiabilidad y garantiza que las aeronaves puedan seguir volando y así poder contribuir con la larga labor que cuenta esta unidad operativa del ejército. Los trabajos que realiza en el área técnica es inspecciones mayores de helicópteros Super Puma, mantenimiento profundo de motores Makila, reparaciones estructurales y especialidades en aviónica (Ejército Ecuatoriano, 2020).

#### **Historia de la Aeronave Super Puma AS332B**

La llegada de estos helicópteros a la aviación del ejército fue con la finalidad de realizar operaciones antinarcóticos y antiterroristas que se ejecutaban en la frontera norte. Además, se vio la necesidad de tener medios especializados en búsqueda y rescate, evacuación medica

aérea, y misiones que ayuden al estaco ecuatoriano con las ocurrencias del fenómeno del niño. Esta aeronave es de procedencia francesa y su fabricante actual es Eurocopter, tiene dos motores Makila 1A que dan la potencia a las 4 palas principales y al rotor de cola, cuenta con la capacidad para transportar 19 pasajeros armados y equipados (InfoDefensa, 2023).

### **Misiones del Helicóptero Super Puma**

Este helicóptero se caracteriza de las otras aeronaves de la brigada por su versatilidad en maniobras y misiones que realiza, dentro de su amplio rango de utilidades para el ejercito ecuatoriano está el salto de paracaidistas en diferentes escenarios, el transporte de tropas hacia los destacamentos de los límites fronterizos y a unidades militares, vuelo NVG que se enfoca es misiones en la noche, carga interna y externa para transporte de abastecimientos, transporte V.I.P de los altos mandos del ejército como del Ecuador, el transporte de personal tanto militar o personal civil en el territorio ecuatoriano y Bamby Bucket que se trata de extinción de incendios en áreas inaccesibles por lo que es necesario la intervención de esta aeronave.

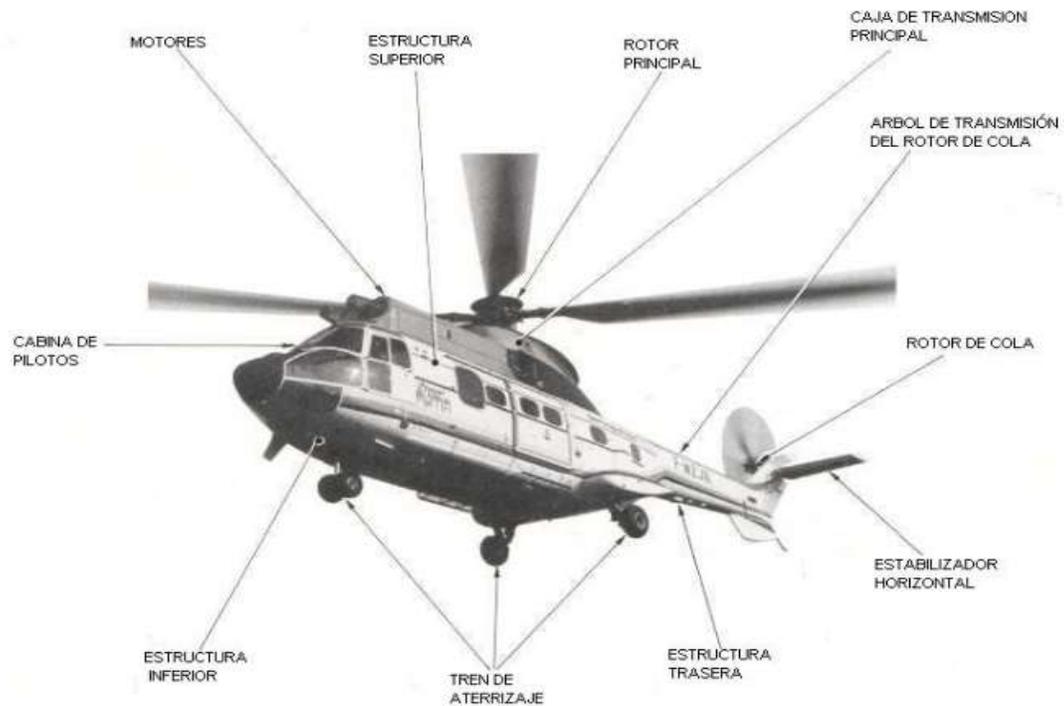
### **Generalidades del Helicóptero Super Puma.**

El helicóptero AS 332 Super Puma es una aeronave tecnológicamente avanzada bimotor, el cual fue diseñado para transporte de pasajeros, servicio de transporte en el mar, carga externa, el cual cuenta con dos versiones una alargada y otra estándar. Los circuitos principales con los que cuenta esta aeronave es en motores que utiliza 2 modelo Makila con eje de turbina libre es de diseño modular cuenta 1310 KW a máxima potencia de emergencia controlado por un circuito de regulación electrónica, El rotor principal conformado por un adaptador de frecuencia y 4 palas de material compuesto, una caja de transmisión principal y eje rotor accionado por servomandos, este componente envía el movimiento al rotor de cola a

través del eje de transmisión horizontal pasando por las CTI y CTP el rotor de cola tiene 5 palas de material compuesto y es de articulación de batimiento.

### Figura 1

#### *Componentes principales del helicóptero Super Puma*



*Nota.* La figura se observa los componentes principales con los que está diseñado la aeronave.

Tomado del Manual instrucción AS 332 (p,3)

**Tabla 1***Características del helicóptero Super Puma*

<b>Descripción</b>	<b>Detalle</b>
Peso vacío	4256 kg (8390 lb)
Peso máximo	8350 kg (18410 lb)
Pasajeros	22 pax
Rango de temperaturas	-30°C a +50°C
Altitud máxima	20000 ft (6100 m)
Régimen de ascenso	1614 ft/min (492 m/min)
Velocidad máxima	160 kt
Potencia máxima	1130 Kw por motor
Consumo de combustible	140 kt --> 325 l/hr (254 kg)

*Nota.* Estos datos técnicos son los de la aeronave con los cuales su operación es efectiva.

Tomado del Manual instrucción AS 332.

**Mantenimiento**

Es la ejecución de los trabajos necesarios para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de aeronaves, lo que involucra ciertas tareas como: reacondicionamiento de partes, inspecciones, cambio de componentes, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación de acuerdo con las normativas vigentes.(DGAC, 2020, p. 9).

El mantenimiento es la ejecución de tareas de forma planificada para poder restablecer la condición de inoperatividad de una aeronave al estado operativo cumpliendo con los procesos para que este garantice su funcionamiento y seguridad en las actividades de vuelo.

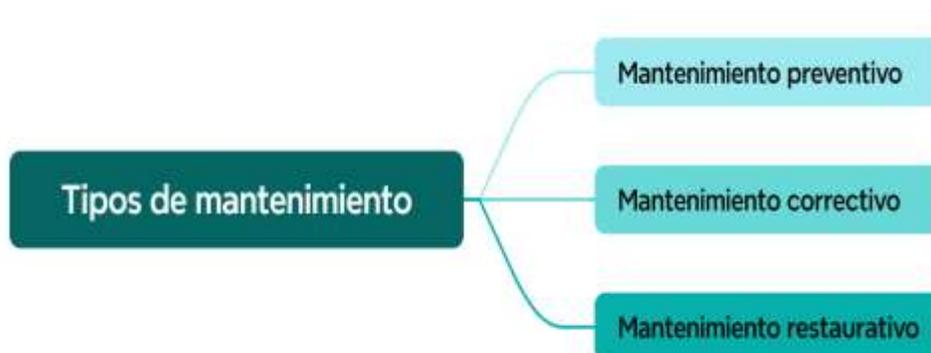
***Tipos de mantenimiento***

Según la Fuerza Terrestre (2013) en el mantenimiento aeronáutico se conoce tres tipos de mantenimiento: Mantenimiento Preventivo hace referencia a un conjunto de acciones programadas y repetitivas que permiten verificar y mantener un estado o condición de

funcionamiento dado, mantenimiento correctivo hace mención a el conjunto de acciones que se ejecutan después de la aparición de una avería y permite establecer el estado de funcionamiento inicial, y el mantenimiento restaurativo que re el conjunto de acciones que permiten remediar definitivamente una anomalía o una situación previamente identificada y juzgada inadmisible a pesar de las acciones de mantenimiento preventivo y correctivo.

## Figura 2

### *Tipos de mantenimiento*



*Nota.* La figura representa los tipos de mantenimiento que existen de forma general.

### ***Modos de mantenimiento***

Los diferentes componentes (conjuntos, subconjuntos, piezas, equipos) de una aeronave pueden ser objeto de tres modos de mantenimiento principales exhaustivos y mutuamente exclusivos que relaciona el tiempo límite, la verificación del estado y por medio de la vigilancia de comportamiento. Esto se caracteriza por la sustitución del componente por otro en buen estado de funcionamiento se lo conoce como *serviceable* (Fuerza Terrestre, 2013).

### Figura 3

#### *Modos de mantenimiento*



*Nota.* La figura muestra los diferentes modos de mantenimiento.

**Mantenimiento con tiempo límite.** Este se caracteriza por el control de tiempo de funcionamiento con el cual indica que debe ser desmontado cuando alcance un envejecimiento determinado sea; tiempo límite entre revisiones o tiempo límite de vida.

**Mantenimiento límite entre revisiones.** Este mantenimiento hace mención a que TLR y TBO de un componente debe sufrir una intervención en un taller especializado y autorizado por el fabricante para brindarle un nuevo periodo de funcionamiento.

**Mantenimiento tiempo límite de vida.** Es la condición de un componente desmontado debe ser retirado de servicio y dar de baja el TLV son valores que se deben respetar imperativamente. Esto se expresa de varias maneras como en horas, ciclos, tiempo calendario, aterrizajes o como lo determine cada fabricante.

Mantenimiento según verificación del estado. Indica que un elemento sujeto a la verificación de estado debe someterse a inspecciones periódicas que permitan comprobar

ausencia de alteraciones, y que estas permanezcan dentro de los criterios de desmontaje o de reparación indicados en la documentación. En ambos casos, el elemento se mantiene en servicio hasta una próxima inspección.

Mantenimiento con vigilancia de comportamiento. Esto indica que se debe aplicar cuando un componente haya sufrido una avería o falla. Este mantenimiento no es aplicable más que en componentes cuya avería no afecta la aeronavegabilidad o en componentes cuyo funcionamiento puede ser supervisado por la tripulación (Fuerza Terrestre, 2013, p. 5).

### ***Niveles de mantenimiento***

**Mantenimiento a nivel organizacional.** Es el tipo de mantenimiento que ejecuta inspecciones diarias como el pre-vuelo y pos-vuelo, el cual permite que el mecánico esté enterado de la situación actual de la aeronave, de igual manera se incluyen las inspecciones complementarias que consisten en un rango de horas de funcionamiento (Fuerza Terrestre, 2013).

**Mantenimiento a nivel de campo.** Se trata del mantenimiento que se puede realizar en los talleres aeronáuticos autorizados que cuenten con los medios para realizar trabajos de desmontaje y montaje, prueba de equipos, ensayos no destructivos (N.D.I), reparación estructural, pintura. Al igual que cuentan con el personal de técnicos capacitados para realizar estos trabajos que no se podría hacer en el nivel de campo (Fuerza Terrestre, 2013).

**Mantenimiento a nivel depósito.** En este nivel se trata de la reparación de componentes que afectan la aeronavegabilidad de las aeronaves, y no se lo puede realizar en los talleres y hangares, debe ser especializado este tipo de trabajos, por lo que se lo realiza en la casa fabricante, al igual que reconstrucción completa de piezas, la modificación de componentes solo lo puede realizar estas fábricas ya que no por medio de pruebas y fallas se ha logrado mejorar los diseños (Fuerza Terrestre, 2013).

### ***Tipos de inspecciones de mantenimiento***

**Inspecciones programadas.** Son las que se ejecutan siguiendo el programa de mantenimiento de la empresa como las inspecciones diarias que se caracterizan por ser las primeras en realizarse al iniciar el día y terminar.

De ahí se tiene las inspecciones complementarias que se centra en verificar los componentes que están controlados por horas y ciclos, en el cual se adjunta un conjunto de tareas de engrase, lubricación, limpieza y verificación de estanqueidad, adicional se emplean los boletines de servicio vigentes y verificar si hay directivas de aeronavegabilidad aplicables.

**Inspecciones programadas.** Son las que se ejecutan siguiendo el programa de mantenimiento de la empresa como las inspecciones diarias que se caracterizan por ser las primeras en realizarse al iniciar el día y terminar, de ahí se tiene las inspecciones complementarias que se centra en verificar los componentes que están controlados por horas y ciclos, en el cual se adjunta un conjunto de tareas de engrase, lubricación, limpieza y verificación de estanqueidad, adicional se emplean los boletines de servicio vigentes y verificar si hay directivas de aeronavegabilidad aplicables.

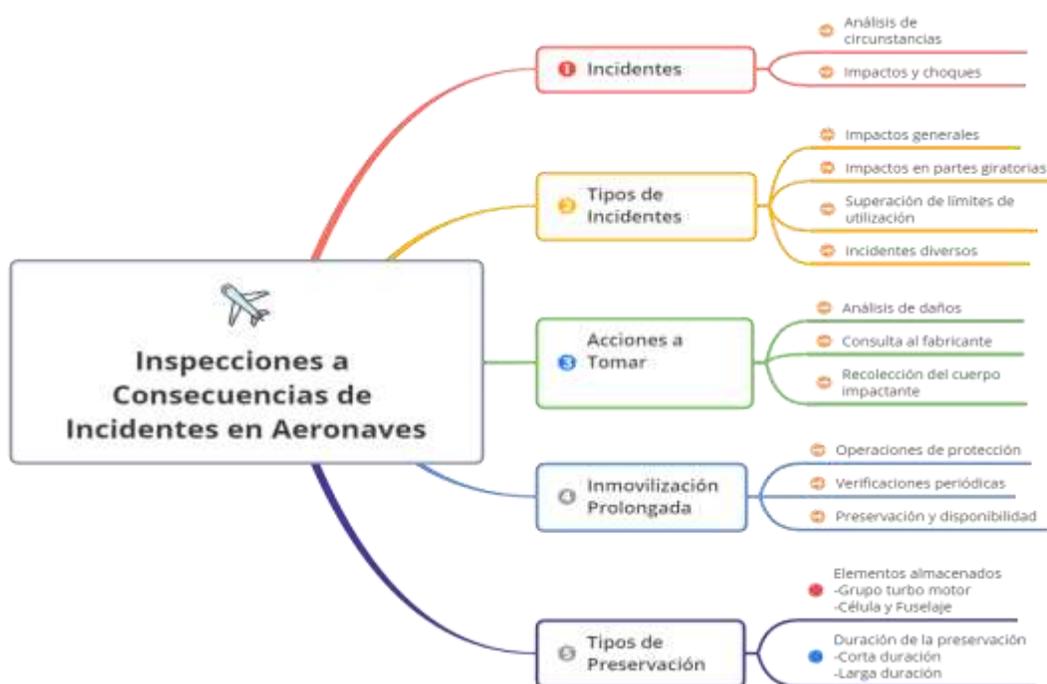
Las inspecciones periódicas aplican a todos los componentes y accesorio que se controlan por las horas de funcionamiento el cual tiene la finalidad de brindar un nuevo periodo

de operatividad y por ultimo las inspecciones mayores en la cual a aeronave se restaura a una condición mayor de horas de vuelo, y se realizan pruebas de funcionamiento, se cambian los lubricantes, se remplace los componentes rotables, se controla el desgaste de los mismo el cual es indicado por la casa fabricante (Fuerza Terrestre, 2013).

Inspecciones no programadas. Esencialmente hace referencia a casos fortuitos en donde exista una reparación por medio, además por boletines de servicios emitidos por el fabricante o la autoridad aeronáutica, se considera casos fortuitos a los accidentes e incidentes ocasionados por las condiciones climáticas, impactos con aves, no respetar el performance de la aeronave, o cuando un componente de clase I queda fuera de servicio.

#### Figura 4

##### *Inspecciones a consecuencia de incidentes*



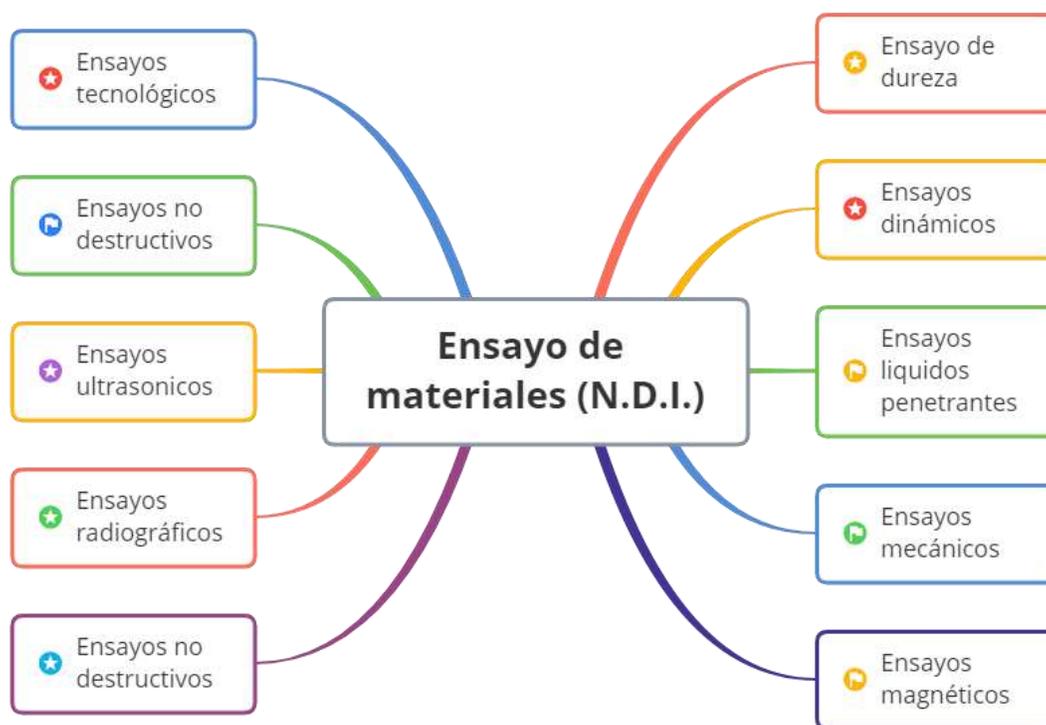
*Nota.* La figura se detallan las inspecciones que se deben seguir cuando se suscitan accidentes en las aeronaves.

### Ensayos de materiales (N.D.I.)

La utilización de métodos y técnicas para determinar que un componente es fiable depende de gran parte de los medios con el cual se realizan las pruebas de ensayos no destructivos, en la sección del Super Puma se utiliza más el método de líquido penetrantes que permiten visibilizar las rajaduras en los materiales, y poder evaluar parámetros con el manual de mantenimiento, permitiendo determinar si son confiables los elementos para su instalación respectiva en la aeronave.

**Figura 5**

*Tipos de ensayos de materiales en las aeronaves*



*Nota.* La figura se detallan los tipos de ensayos que se pueden ejecutar en los materiales para determinar su fiabilidad en el mantenimiento.

## **Rotor principal del helicóptero Super Puma**

El rotor principal es el componente principal de un helicóptero ya que permite generar movimiento a todas direcciones por medio en un cambio de ángulo de paso en las palas puede moverse en los planos horizontal y vertical, por medio de una combinación de movimientos en los árboles de transmisión y un combinador de movimientos longitudinales o transversales, tiene dos mandos desde la cabina de pilotos, el mando cíclico en donde obtiene dirección de traslación, y el mando colectivo que da la potencia al motor y al rotor principal lo que permite trabajar en diferentes alturas.

El rotor principal está constituido por cuatro palas del rotor principal y el mástil cabeza del rotor, la función principal del rotor es asegurar la sustentación y la traslación del helicóptero. Con un diámetro de 15.58 m, esta gira en sentido horario con un régimen nominal de 265 rpm el cual es suficiente para poder elevarse con la estructura, la resultante de esta fuerza es la sustentación de las palas por medio de las barras de suspensión fijadas en la plataforma de transmisión.

El conjunto “Pala-muñón-bieleta” están marcados de manera sincronizada y para su identificación se más sencilla están marcados con un color “amarillo - azul - negro - rojo” en el cual el conjunto amarillo sirve como referencia para realizar los ajustes y reglajes necesarios al rotor principal, las palas están constituidas de material estratificado de vidrio y resina, el cual están fijadas a los muñones articulados del mástil cabeza rotor (AIRBUS HELICOPTER, 2013a).

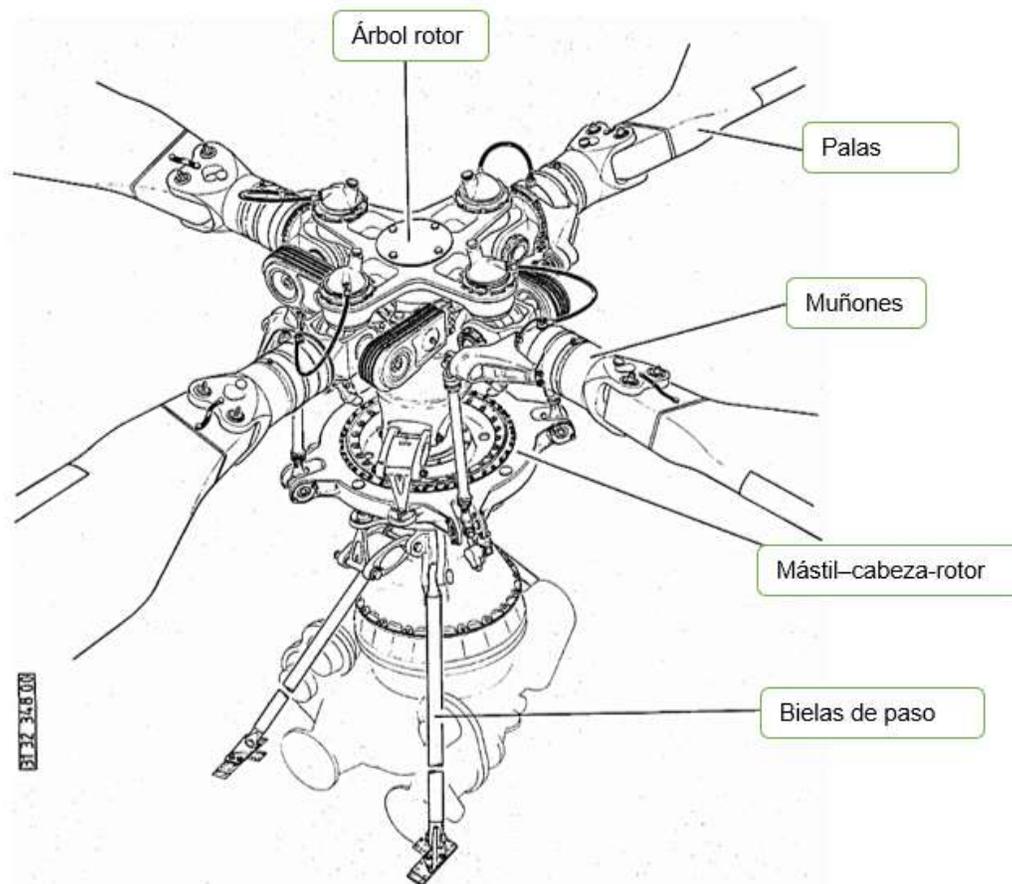
## **Descripción de funcionamiento del rotor principal**

El rotor principal es de tipo articulado, el cual permite realizar un determinado número de maniobras en la fase de vuelo, este movimiento es arrastrado por la C.T.P. en las que se

engranan las canaladuras del árbol rotor, los movimientos de los platos cíclicos es asistido por servomandos hidráulicos lo cual provoca un desplazamiento igual de los tres vástagos de potencia de los servomandos moviendo el conjunto platos cíclicos que sube y baja perpendicularmente al conjunto del mástil – cabeza -rotor, el cual produce la variación de paso colectivo. (AIRBUS HELICOPTER, 2013a)

### Figura 6

*Rotor Principal del helicóptero Super Puma*

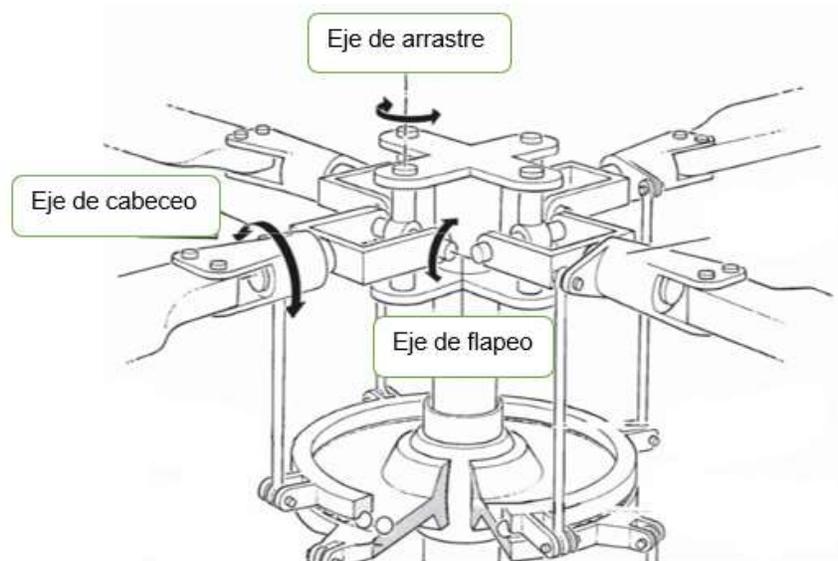


*Nota.* La figura muestra las partes que conforman el rotor principal del helicóptero Super Puma.

Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p, 2).

## Figura 7

### Ejes de rotor Principal del helicóptero Super Puma



*Nota.* La figura muestra las articulaciones en los diferentes ejes que tiene rotor principal del helicóptero Super Puma. Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p, 3).

De igual forma este produce un desplazamiento de cualquier servomando, haciendo bascular el conjunto de platos cíclicos alrededor de la rótula, generando una variación de paso cíclico. EL plato cíclico giratorio gira sobre el plato cíclico fijo, el cual está conectado a los muñones por medio de bieletas de paso. Estas transmiten a las palas las variaciones de paso afectando el ángulo de ataque de las palas, actuando sobre los muñones que giran sobre las manguetas, efectuando así las articulaciones de paso.(AIRBUS HELICOPTER, 2013)

### Conjunto mástil- cabeza del rotor principal

El conjunto mástil-cabeza del rotor, del tipo articulado, sirve como punto de fijación de las cuatro palas principales y permite que las articulaciones de batimiento, de arrastre y de paso, también el equilibrado dinámico del rotor, y el plegado manual de palas.

**Figura 8*****Mástil cabeza rotor principal***

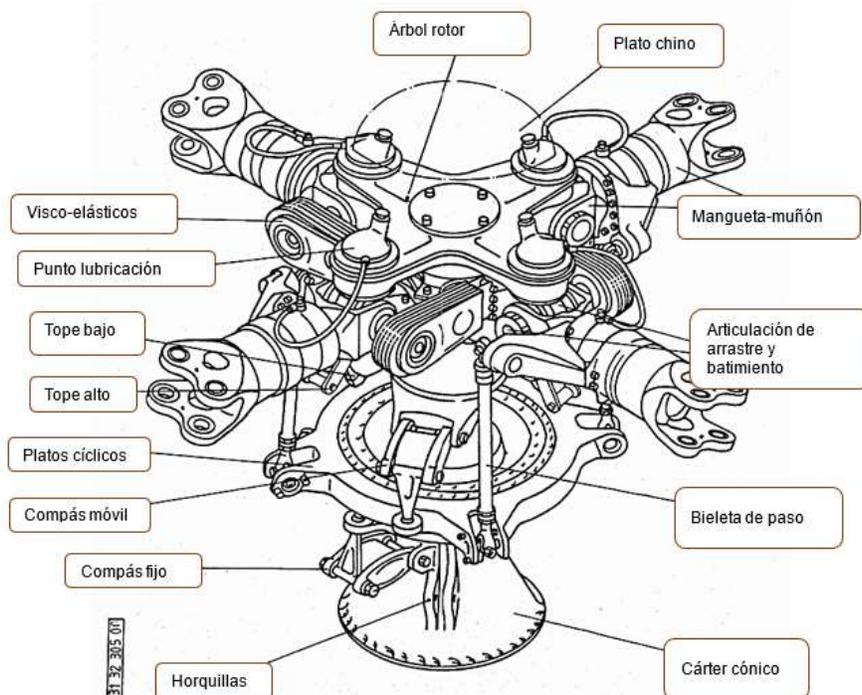
*Nota.* La figura muestra el conjunto rotor cabeza del helicóptero desmontado y instalado en la herramienta especial.

***Componentes del mástil-cabeza del rotor principal***

El conjunto de mástil-cabeza del rotor principal está conformado por los siguientes elementos principales: el árbol rotor encajado por medio de canaladuras en la segunda etapa del reductor epicicloidal de la C.T.P., conjuntos mangueta-muñón que proporciona la articulación de paso, las articulaciones combinadas de arrastre y batimiento que aseguran el acoplamiento entre el árbol rotor y el conjunto mangueta-muñón que soporta la pala. Los platos cíclicos transmiten las variaciones de paso a las palas, a través de bielas de paso a las palas, a través de bieletas de paso.

**Figura 9**

*Componentes del conjunto Mástil-cabeza del rotor principal.*



*Nota.* En la figura se muestra los componentes que conforman el conjunto mástil-cabeza rotor.

Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p, 7).

Tiene adaptadores de frecuencia de tipo visco-elásticos que atenúan las oscilaciones de la pala alrededor de la articulación de arrastre, el cárter cónico asegura la fijación del conjunto mástil-cabeza del rotor a la C.T.P. y a la fijación de las barras de suspensión por las horquillas, y la cúpula que mejora las características aerodinámicas del rotor principal.

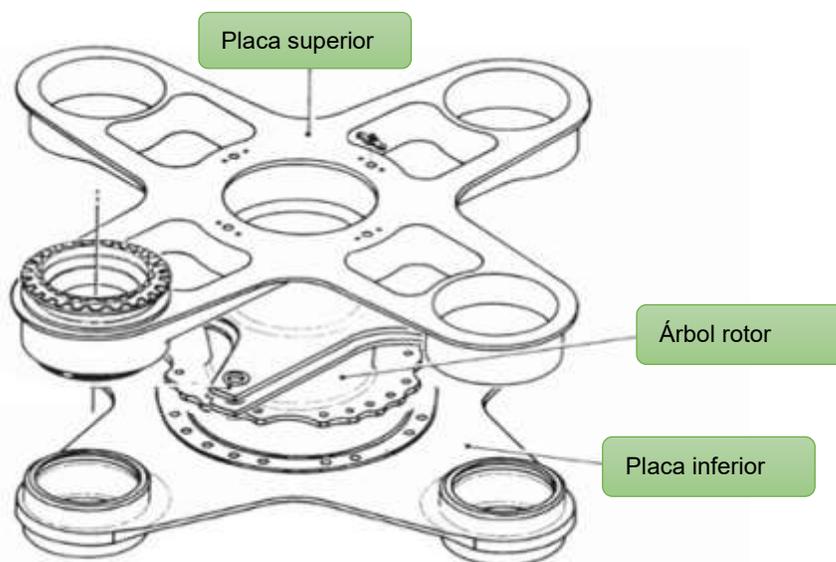
### ***Componentes del mástil-cabeza del rotor principal***

El árbol rotor es de material de acero el cual está compuesto de una placa superior y engranada por canaladuras en un portasatélite de la C.P.T. equipado con una placa inferior de titanio que soporta la parte inferior de la articulación de arrastre, cuatro horquillas de fijación

para los adaptadores de frecuencia, y un accionador de compases. (AIRBUS HELICOPTER, 2013)

### Figura 10

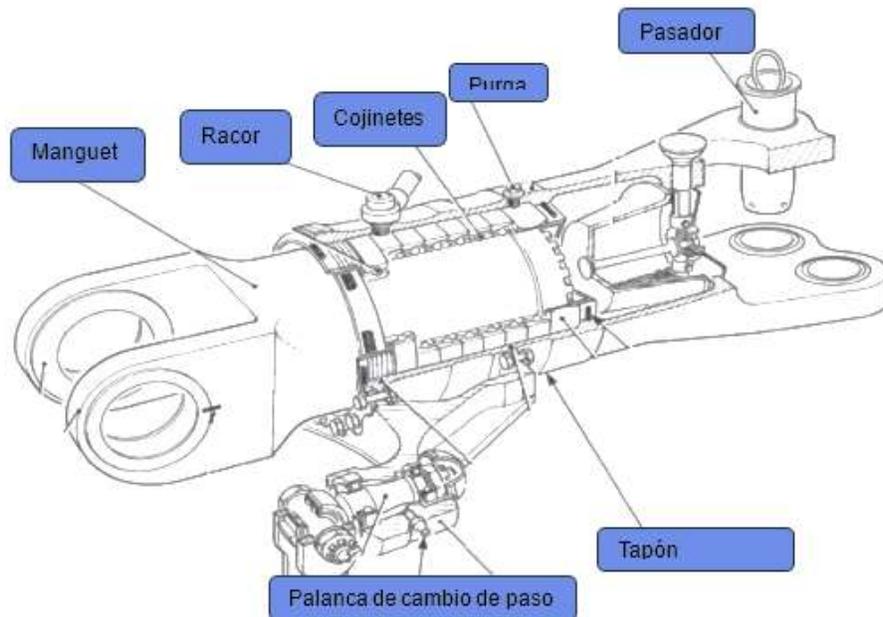
#### Conjunto árbol rotor



*Nota.* En la figura se muestra la placa superior e inferior del árbol rotor principal. Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p, 8).

#### Conjunto mangueta – muñón

El conjunto mangueta muñón está asegurado por una batería de seis cojinetes y un cojinete precargado montado sobre la mangueta, el muñón gira sobre el conjunto de la mangueta proporcionado la articulación de paso, estas están protegidas por dos arandelas de carbono, estas mangas están protegidas con una capa fina de barniz D148 y tungsteno que mejoran el acoplamiento mangueta-muñón en la articulación de arrastre. (AIRBUS HELICOPTER, 2013)

**Figura 11***Conjunto mangueta muñón*

*Nota.* La figura describe los componentes que conforman la mangueta y muñón con accesorios internos como los rodamientos. Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento (p. 9).

El componente muñón recibe la palanca de paso que está fijada a los collarines del muñón, en el sector graduado que está fijado al muñón entre el nonio y la mangueta lo que permite así una lectura directa del ángulo de paso, también el muñón tiene un circuito de lubricación en los cojinetes de las articulaciones de arrastre y batimiento, y en la parte inferior consta de un tapón magnético de purga y detector de limallas.

### ***Articulaciones combinadas de arrastre y batimiento***

Estas articulaciones combinadas de arrastre y de batimiento sincronizan el acoplamiento cinemático entre el mástil rotor y los conjuntos mangueta-muñón, el cual su funcionamiento se describe a continuación.

**Articulación de arrastre.** La articulación se constituye por medio de un eje que dentro de un cojinete de rodillo oblicuos del lóbulo de la placa superior del mástil rotor, juntamente con los cojinetes de agujas del lóbulo de la placa inferior, en el cual el eje de arrastre esta atravesado por el eje de batimiento

**Articulación de batimiento.** Esta articulación es del conjunto mangueta-muñón formada por un eje que gira dentro de dos cojinetes de agujas. El cual, por medio de la horquilla de la mangueta del muñón de pala, en el extremo del eje está ubicado el adaptador de frecuencia viscoelástico el cual funciona como amortiguador de arrastre.

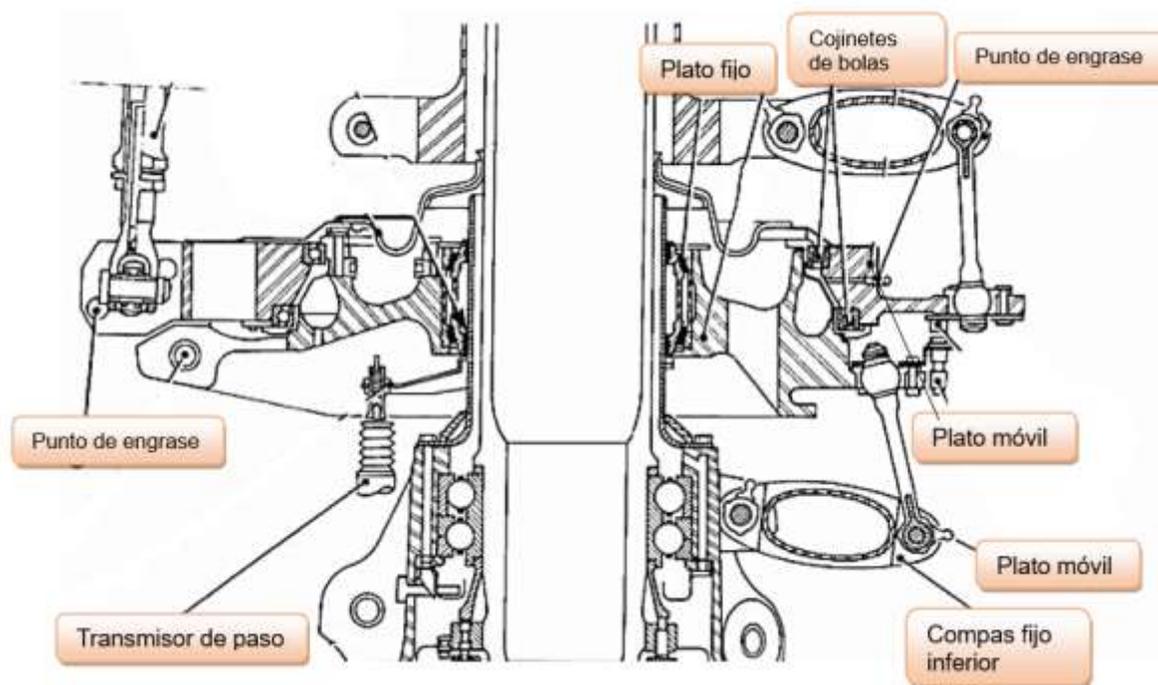
### ***Platos cíclicos***

Los platos cíclicos están divididos por dos, uno fijo y otro móvil o giratorio, el plato fijo es accionado por las bieletas de ataque a través de los servomandos principales. Este está inmovilizado en rotación por un compa inferior fijo y que está equipado con un plato de mando del transmisor de paso mismo que está anclado al cárter cónico.

El plato giratorio es movido por dos compases móviles del mástil rotor que gira sobre el plato fijo, este sigue todas las inclinaciones del plato fijo inferior y las transmite a las palancas de paso de los muñones por medio de las bieletas de paso, este tiene un fuelle desmontable que ayuda contra el polvo, agua o hielo. Cada elemento de este conjunto está equipado con un punto de grasero para garantizar el libre movimiento y lubricación, y para asegurar que no exista vapores de aceite de la C.T.P, está previsto con dos semi-anillos una junta labiada, de esta forma se asegura una estanqueidad correcta entre el árbol rotor y los platos cíclicos.

**Figura 12**

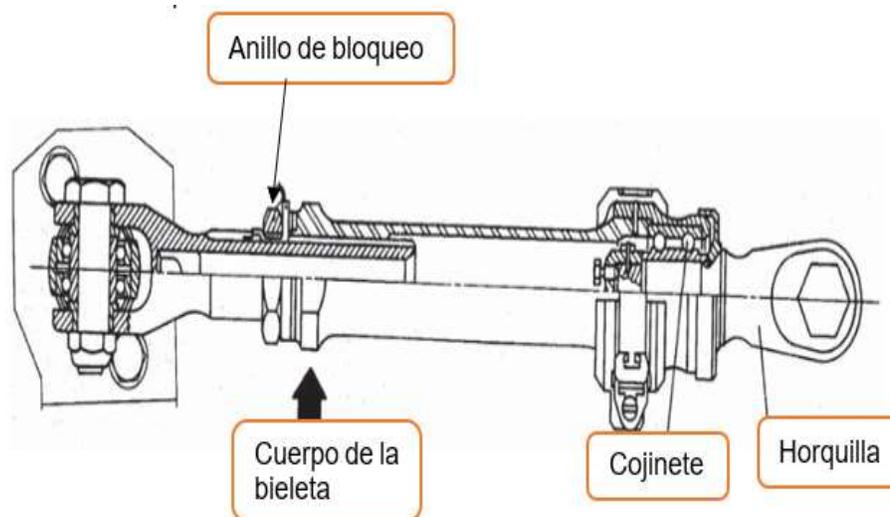
*Platos cíclicos fijo y rotatorio del rotor principal*



*Nota.* La figura describe los componentes del plato fijo y el plato rotatorio. Tomado del Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p. 11).

### ***Bieletas de paso***

La bieleta de paso transmite los movimientos de los platos cíclicos permitiendo ajustar la incidencia de los muñones por medio del ajuste de su longitud. Están ubicadas a un lado de las articulaciones del plato cíclico giratorio y las palancas de paso de los muñones. Este tiene un anillo de bloqueo ajustable con 60 estrías permitiendo variaciones en 3 minutos.

**Figura 13***Partes de la bieleta de paso*

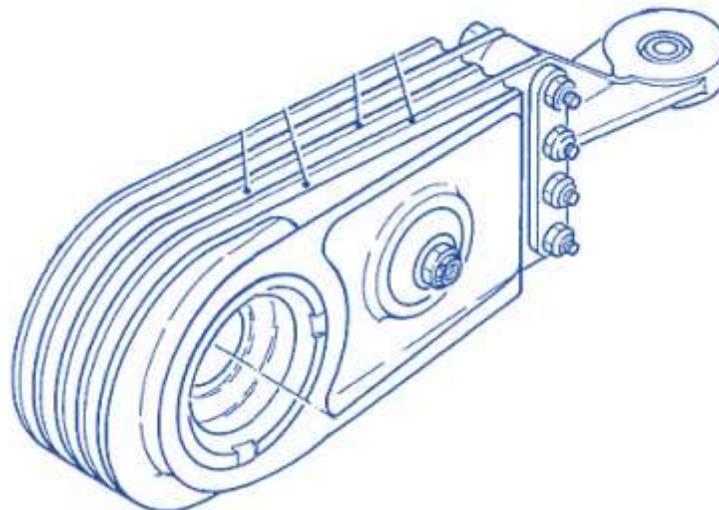
*Nota.* La figura muestra como está conformada la bieleta de paso y su función principal.

Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p. 12).

### ***Adaptadores de frecuencia***

El adaptador de frecuencia es visco-elástico que permite amortiguar y limitar las oscilaciones de la pala alrededor de la articulación de arrastre, y a su vez modifica la frecuencia propia de la pala arrastrada, está ubicado en el eje de batimiento junto a un collarín de fijación del mástil rotor. Dependiendo de la modificación se pueden encontrar un adaptador de frecuencia de tipo sándwich de láminas soportes de aleación ligera y capas elastoméricas, en cambio hay otro que es elaborado por capas elastoméricas y una cámara de amortiguación.

Este componente hay en varias modificaciones por lo que se necesita revisar la lista de modificaciones y ver cual adaptador de frecuencia es compatible con el rotor principal, esto se detallan en SB de la aeronave emitidos por el fabricante

**Figura 14***Adaptador de frecuencia del helicóptero Super Puma*

*Nota.* La figura muestra el adaptador de frecuencia formado por capas elastoméricas. Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1(p. 13).

**Cárter cónico**

El cárter cónico asegura el acoplamiento entre el mástil rotor y la caja de transmisión principal, la transmisión de la sustentación del rotor principal a la estructura principal a través de las barras de suspensión, dentro de las funciones que cumple es soportar el mástil, por medio de dos orejetas permiten la fijación del compás del plato cíclico fijo, la lubricación del cojinete se asegura mediante el surtidor calibrado con el aceite de la C.T.P.

Este componente está conformado por:

**Dos captadores autónomos de NR.** Conjunto de rueda fónica está fijado al mástil, que transmiten la velocidad de rotación del rotor a dos indicadores situados en el tablero de instrumentos.

**Un respiradero.** Asegura la ventilación de la caja de transmisión principal y del cárter cónica, el cual tiene un soporte para evitar fugas.

**Tapón magnético.** Permite detectar partículas metálicas incipientes procedentes del cojinete, además este tapón lleva un manguito absorbedor, este permite la verificación del funcionamiento de la lubricación entre la C.T.P y el mástil del rotor principal.

**Transmisor de paso.** Este es accionado por el plato fijo y tiene por objeto indicar al piloto el ángulo de ataque de las palas del rotor principal.

### ***Dispositivos de lubricación de las articulaciones***

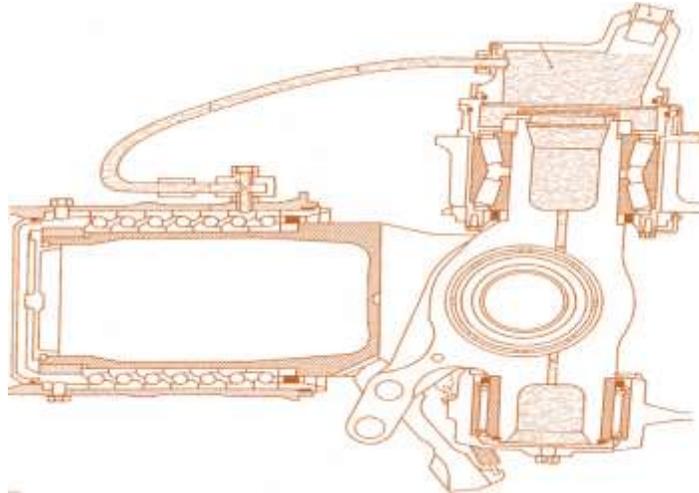
Cada articulación de arrastre-batimiento y de paso está lubricada de forma autónoma desde un depósito de plástico fijado sobre el brazo del buje del rotor por abrazaderas, en el cual el llenado del depósito es por el orificio de apertura que se encuentra en la parte superior. Para la lubricación de las articulaciones de arrastre-batimiento se realizan por gravedad, y de la batería de cojinetes de la articulación de paso está asegurada por centrifugación. Las articulaciones están equipadas con tapones de purga, mismo que tiene un núcleo magnético, el tapón magnético superior del muñón asegura la ventilación durante el preengrase y el llenado.

### ***Topes automáticos bajos***

Cada articulación de arrastre-batimiento está equipada con dos topes retráctiles que tienen por objeto limitar, en tierra el ángulo de bajada de los muñones. Es por eso que cada muñón está constituido por un contrapeso y un muelle de recuperación, los dos contrapesos están montados sobre el mismo eje de articulación. En parado la mangueta del muñón reposa sobre las áreas de contactos de los contrapesos que son atraídos por el fuelle, la posición del tope en tierra es  $-3^\circ$ , en cambio con el rotor girando hace que la fuerza centrífuga actúe sobre los contrapesos permitiendo que la pala del rotor bata hacia abajo hasta el tope fijo que es de  $-6^\circ$

## Figura 15

*Sistema de lubricación del muñón de las mangas y de las articulaciones*



*Nota.* La figura muestra como el circuito de la lubricación de las articulaciones principales del rotor principal. Tomado de Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 (p. 15).

### ***Topes automáticos altos***

La articulación de arrastre y batimiento está equipada con un tope alto de batimiento que tiene por objeto evitar que la masa batiente se levante verticalmente alrededor de la articulación de batimiento, cuando se efectúa el plegado y despliegue de las palas por medio de las pértigas de plegado o con fuerte viento. Cada tope alto está constituido por dos bieletas articuladas sobre un contrapeso en el cual se desliza la guía, por lo que estas están ubicadas sobre la articulación de arrastre el cual le permite girar alrededor del eje.

### ***Funcionamiento de los topes altos.***

Rotor parado o girando a poca velocidad. Estando el rotor parado o girando a poca velocidad, la masa batiente es atraída hacia abajo por su propio peso, el contrapeso solicitado por el muelle está fijado a la bieleta el cual es atraído hacia abajo, entonces la guía se

encuentra empujada a fondo en el alojamiento del contrapeso como consecuencia de la presión ejercida por la articulación de arrastre y la posición vertical del contrapeso.

El compás formado por los brazos A-C y B-C, se bloquea geométricamente, la guía no puede salir del alojamiento para liberar la masa batiente. Se puede, por lo tanto, eliminar el peso de las palas por medio de las pértigas durante las operaciones de plegado y despliegue, así como arrancar con fuerte viento sin peligro de que las palas se levanten hacia arriba

**Rotor girando a velocidad normal.** Por el efecto de la fuerza centrífuga del rotor cuando gira a velocidad normal, el contrapeso gira alrededor de la articulación y desbloquea el tope, y las bieletas se mueven hacia arriba y la guía puede desplazarse libremente en su alojamiento y permitir el batimiento de las palas el cual el batimiento máximo de las palas es  $30^\circ$  hacia arriba.

## Capítulo III

### Desarrollo del tema

En el presente capítulo se procede a realizar la fase práctica de la investigación y en donde se aplican los conocimientos adquiridos, con las medidas de seguridad, manuales técnicos actualizados, se debe realizar los trabajos de mantenimiento con las herramientas correctas y calibradas, con la finalidad de no tener fallas en la hora de realizar ajustes, mediciones, con esto se minimiza el riesgo de cometer errores en el mantenimiento, adicional se debe realizar las tareas de mantenimiento con los técnicos de la aeronave.

Con base a los conocimientos adquiridos se tiene una idea con los sistemas que se van a trabajar, conocer el funcionamiento es importante, los sistemas que componen e implican en la rotación del rotor principal, de igual forma cada componente que conforma el mástil rotor principal, se describe y detalla el funcionamiento, así como los principales mantenimientos que se pueden dar durante una inspección.

En este capítulo se enfoca de la inspección de 500 horas del mástil cabeza del rotor principal, de acuerdo con la documentación técnica aplicable del manual de mantenimiento del helicóptero AS332 B Super Puma, perteneciente a la Brigada de Aviación del Ejército N° 15 "Paquisha". El cual es verificar la información de la aeronave en los manuales técnicos como el manual de mantenimiento, manual de reparación mecánica, manual de descripción y funcionamiento, programa de mantenimiento y el manual de instrucción de la aeronave.

### Preliminares

La Brigada Aérea N° 15 "Paquisha" cumple con misiones que involucran las aeronaves que están operativas y es por eso por lo que la misión de los grupos aéreos como el GAE 45 "Pichincha" debe realizar estos trabajos de mantenimiento conjuntamente con el Centro de Mantenimiento Aéreo de la Brigada se encargan de la planificación y ejecución de inspecciones

rutinarias, complementarias, tiempo calendario y especiales además de otras que intervienen la reparación de conjuntos mecánico, estructuras y aviónica.

### **Figura 16**

*Helicóptero AS 332 B Super Puma*



*Nota.* En la figura se muestra la aeronave en donde se realizará la inspección de 500 horas en el mástil cabeza rotor principal.

El Helicóptero Super Puma orgánico del GAE 45 “Pichincha” cumple 500 horas de funcionamiento, lo que requiere que se realice dicha inspección, esta involucra varios sistemas en la inspección dentro del cual se va a tomar el sistema del mástil cabeza rotor principal en donde se debe verificar ciertos parámetros y de ser el caso proceder con su desmontaje en caso de fuga o alguna anomalía que el manual de mantenimiento no lo permita y se requiera el desmontaje de la misma. Dentro de estos desmontajes es imperativo el uso de herramientas especiales por lo que estas deben estar calibradas y en buen estado.

En MSM (Master Service Manual) se encuentran todos los mantenimientos clasificado por horas de funcionamiento, o tiempo calendario y se detalla con las cartas de trabajo, permitiendo al usuario organizar y realizar su planificación por horas o tiempo calendario, es por eso que se

ha verificado este manual y se detallan las inspecciones que aplican al tema propuesto que es sobre el rotor principal en el conjunto muñón mangueta, por lo que se han encontrado cinco inspecciones que se detallan en la tabla a continuación (AIRBUS HELICOPTER, 2018).

Las herramientas especiales son fundamental para realizar inspecciones periódicas y no periódicas, las reparaciones de conjuntos en el cual involucran el uso de gatos hidráulicos y bombas hidráulicas, estas herramientas deben estar operables a la hora de realizar el mantenimiento, es por eso, este proyecto se enfoca a reacondicionar el conjunto de bombas y gatos hidráulicos que se encuentran en mal estado y necesitan realizar un mantenimiento profundo con el remplazo de piezas, juntas y aceite hidráulico el cual pueda soportar la presión que ejercen los componentes del helicóptero Super Puma.

### **Rehabilitación de gatos hidráulicos y bomba hidráulica**

Se procede a rehabilitar el conjunto de gatos hidráulicos en cual en ese momento se encontraban en mal estado y con fuga, no aguantaba la presión, por lo que es indispensable para realizar el mantenimiento de las manguetas y remplazar las juntas, rodamientos o algún otro componente interno de la mangueta por lo que se referencia en el manual de reparación mecánica del helicóptero.

**Tabla 2***Herramientas hidráulicas a rehabilitar*

Orden	Herramienta	N/P	Observación
1	Conjunto bomba hidráulica	703A90-0000-00	No da presión
2	Gato hidráulico 12 Toneladas	703A98-0014-01	Fuga aceite
3	Gato hidráulico 10 Toneladas	703A98-0007-00	Fuga aceite
4	Gato hidráulico 23 Toneladas	RC-256	Mal estado
5	Tubería	703A98-0000-23	Sin novedad
6	Manómetro	703A98-0000-21	Remplazar por uno de 500 Bares

*Nota.* En la tabla se detallan las herramientas especiales, en la cual se determina su mal funcionamiento, por lo que se deben reparar.

**Figura 17***Estado del conjunto hidráulico del helicóptero Super Puma*

*Nota.* En la figura se muestra las herramientas en mal estado, fuga de aceite de las gatas hidráulicas y de la bomba hidráulica.

**Cambio de sellos de los gatos hidráulicos**

Se procede a realizar el desmontaje de los gatos hidráulicos, realizar una limpieza, dar mantenimiento, remplazo de sellos por unos nuevos.

**Figura 18**

*Cambio de sellos de los cilindros de los gatos hidráulicos*



*Nota.* En la figura se muestra que se realizó el cambio de los sellos de los cilindros.

**Figura 19**

*Mantenimiento de los cilindros hidráulicos*



*Nota.* En la figura se muestra el mantenimiento que se le dio a los cilindros.

### ***Reemplazo de manómetro***

Se realiza la adquisición de un manómetro de alta presión, se realiza el reemplazo del manómetro de 1000 bares por uno de 500 bares, ya que el otro era muy grande e impedía la manipulación correcta de la bomba hidráulica.

### **Figura 20**

#### ***Reemplazo de manómetro***



*Nota.* En la figura se muestra que se reemplazó el manómetro.

### ***Mantenimiento bomba hidráulica***

Se procede a desmontar la bomba hidráulica, se da mantenimiento y se pone aceite hidráulico MIL H 5606 que soporta grandes presiones, se verifica el estado general de las piezas y los sellos.

**Figura 21*****Mantenimiento de la bomba hidráulica***

*Nota.* En la figura se muestra el mantenimiento de la bomba.

***Proceso de pintura***

El proceso de pintura se realiza en el taller de pinturas, en el cual se aplica removedor de pintura en todos los componentes, obturando los orificios para impedir que ingresen partículas, se realiza una limpieza con aire comprimiendo, se procede a poner una primera capa de prime para proteger de la corrosión, después se aplicó pintura de alto tráfico de color amarillo para que resistan su manipulación constante.

**Figura 22**

*Proceso de pintura en los cilindros hidráulicos*



*Nota.* En la figura se muestra el proceso de pintura y decapado que se le dio a los cilindros hidráulicos y la bomba hidráulica.

**Figura 23**

*Conjunto hidráulico*



*Nota.* En la figura se muestra las gatas hidráulicas y la bomba hidráulica que se entregó a la sección Super Puma del Grupo Aéreo 45 "PICHINCHA"

### **Inspección de 500 horas del mástil cabeza rotor principal.**

En la Tabla 3 se detallan las inspecciones que se realizan en el conjunto mástil rotor, que están aplicables a la aeronave Super Puma AS 332B, estas se realizan con la ayuda de los manuales técnicos, materiales consumibles, equipo de protección personal y herramientas especiales, que son necesarias para el procedimiento de la inspección.

**Tabla 3**

*Inspección de 500 horas del rotor principal*

<b>ORD</b>	<b>Sistema CAP 62.35</b>	<b>Descripción de la tarea</b>
1	60-00-00-302	Cabeza del rotor principal- Cambio de aceite mineral y/o sintético
2	62-35-00-601	Cabeza del rotor principal – Verificación detallada del conjunto.
3	62-35-00.601 & G.7.b	Verificación de pasador de pala
4	62-35-00-604 & F.2	Mangueta muñón
5	62-35-00-604 & I.1	Verificación del par de apriete de la tuerca del eje de batimiento en la mangueta
6	62-35-00-605 & F.2.b	Adaptadores de frecuencia – verificación del par de apriete

*Nota.* Estas cartas de trabajo corresponden a la inspección de 500 horas del mástil cabeza rotor principal. Tomado de Master Service Manual del helicóptero Super Puma AS 332.

Las herramientas especiales para la inspección se detallan, ya que estas son esenciales para proceder con la inspección en el cual estas están detalladas en las cartas de trabajo MET 62-35-00-601, MET 62-35-00-405, MET 62-35-00-604.

**Tabla 4***Herramientas especiales para la inspección*

Orden	Herramienta	N/P
1	Comparador juegos y tolerancias	703A94-0000-00
2	Bomba de engrase	703A95-0200-03
3	Conjunto obturadores capós GTM	Complemento lote de a bordo
4	Espátula no metálica y sin filo	703A90000000
5	Pasarelas de capó GTM	Lote de a bordo
6	Llave de vaso eje de batimiento	330A93-2006-20

*Nota.* En la tabla se muestran las herramientas especiales para poder realizar la inspección.

Tomado del Manual de Mantenimiento AS332MK1.

**Tabla 5***Materiales consumibles para la inspección del conjunto rotor*

Orden	CM	Referencia	Material Consumibles
1	CM 103	Aceite	Mobil Grease 28
2	CM115	Grasa	Mobil Grease 33
3	CM 116	Grasa	Aerogrease 6
4	CM 150	Grasa	Aeroshell Grease 6
5	CM 154	Grasa	Aeroshell Grease 14
6	CM 168	Grasa	Lubriplate
7	CM 208	Agente de limpieza	White spirit
8	CM 487	Primario	PRC
9	CM 515	Barniz	D148 PTFE
10	CM 516	Agente anticorrosivo	DHN1-005-V22
11	CM 518	Agente anticorrosivo	DHN1-005-M56
12	CM 6019	Cola	MIL-A-46106 TYP 1
13	CM 776	Alambre de frenado	Alambre 0.80

*Nota.* En la tabla se muestran las herramientas especiales para poder realizar la inspección.

Tomado del Manual de Mantenimiento AS332MK1.

En la tabla 5 de repuestos sistemáticos se detallan con el número de parte y en el IPC de la aeronave, y estos de deben tener para el desarrollo de la inspección.

**Tabla 6**

*Repuestos sistemáticos para la inspección*

Orden	Nombre	N/P	IPC
1	Pasador	703A94-0000-00	62-35-10-10-931
2	Junta de aluminio	DHS613-595.00	62-35-10-03
3	Junta de aluminio	460158012001DA	62-36-09-01
4	Freno de tuerca	330A31-1146-20	62-35-10-07

*Nota.* En la tabla se muestran los repuestos sistemáticos para poder realizar la inspección.

Tomado del Catalogo Ilustrado de Herramientas AS 332/532 MK1.

### **Cambio de aceite sintético en la CRP**

Esta carta de trabajo indica el cambio de aceite sintético en los diferentes conjuntos como CRP, CTP, CTI y CTT, las operaciones se ejecutan con el helicóptero en el suelo llano con una pendiente máxima de 10° en longitudinal y 5° en lateral. Para esta tarea se procede a revisar MET 60.00.00.302.

### ***Cambio de aceite en la CRP, según MET 60.00.00.302***

Se desmonta y verifica los tapones magnéticos y el tapón de la articulación de incidencia y articulación de arrastre de batimiento. Se verifica de la limpieza del depósito de aceite, si fuera necesario se desmonta el depósito, limpiar el depósito de aceite con agente de limpieza CM 208, instalar el depósito, instalar los tapones magnéticos y el tapón de articulación de incidencia y articulación de arrastre de batimiento, y proceder con el llenado de aceite CM 103 (MOVIL JET Oil II), verter por el tapón de llenado de los depósitos de aceite de arrastre y batimiento,

**Figura 24**

*Cambio de aceite de las mangas del helicóptero AS 332 B Super Puma*



*Nota.* En la figura se muestra el depósito de aceite de las mangas, y procedimiento de drene de aceite.

**Cabeza del rotor principal verificación detallada del conjunto.**

En este ítem de inspección consiste en comprobar sobre todos los elementos que componen el conjunto Cabeza-rotor, por lo que se debe realizar con la carta de trabajo MET 62.35.00.601 y tomar en cuenta todas las indicaciones señalas por el manual de mantenimiento. Con la finalidad de verificar el estado general del rotor, y la ausencia de grietas, corrosión, fugas, fricciones en los cojinetes, ejes y fijaciones. La correcta fijación de los diversos elementos, líneas de referencia, comportamientos de cordones de estanqueidad.

(AIRBUS HELICOPTER, 2017)

***Preparación del trabajo***

Para realizar la inspección es necesario abrir el fuelle guardapolvo de protección, seguido del desmontaje de las palas principales, según MET 62-10-00-401, el desmontaje de las bielas

de paso a nivel de los pernos de argolla, según MET 62-35-00-402, y el desmontaje de los compases giratorios, según MET 62-35-00-407.

**Desmontaje de las palas principales MET 62-10-00-401.** Para realizar el desmontaje se debe considerar tener las herramientas adecuadas para realizar el trabajo como la eslinga de pala, grúa portátil y un mazo plástico.

Se orienta la pala hacia la grúa y que estén verticalmente hacia la pinza de la eslinga. enganchar las pinzas de la eslinga, tensar el cable de la grúa para bloquear el alivianar los puntos de fijación de la pala, poner el freno rotor, soltar la trenza de metalización, extraer los pasadores de seguridad, y extraer los anillos de desbloqueo, liberar axialmente la pala con la grúa, bajar la pala y colocar la armadura de soporte.

**Desmontaje de la bieleta de mando de paso MET 62-35-00-402.** Para proceder de debe tomar en cuenta que las referencias de color cuando sr monten las bieletas en su muñón respectivo.

Desmontar el perno de anilla de la palanca de paso, el pasador, turca y perno de la horquilla superior de la bieleta, la articulación del plato cíclico, el pasador, la tuerca y el perno de la horquilla inferior, desmontar la bieleta.

**Figura 25***Desmontaje de la bieleta de mando de paso*

*Nota.* La figura muestra cómo se procede a desmontar la bieleta de mando y del perno argolla.

**Desmontaje del conjunto compás MET 62-35-00-407.** Para proceder de debe tomar en cuenta que deben estar desmontado las bieletas de paso, tener precaución durante el montaje, las cabezas de los tornillos deben estar instaladas en sentido de rotación del rotor principal.

Desmontaje del conjunto compás, se debe marcar la orientación de las flechas de los brazos de compás, desmontar el brazo de la rótula, el anillo elástico y el resorte y la tuerca, desmontar del brazo de compás de las fijaciones, desmontar el conjunto compás.

***Verificación del conjunto cabeza y mástil rotor***

**Cabeza rotor.** Se verificó el buen estado de las articulaciones combinadas de batimiento y arrastre y sus ejes, en la articulación de muñón de verificó que no existan puntos duros en la rotación de incidencia, se ve la ausencia de corrosión y agrietamiento de tuberías y racores.

La limpieza de los filtros de colador de los depósitos de aceite y sus bases, juntamente con la eficiencia de los muelles de las bocas de llenado y sus tapones, y verificar el correcto estado de los tapones magnéticos de vaciado de los muñones.

### **Figura 26**

*Verificación del cabeza rotor, limpieza y verificación*



*Nota.* La figura muestra cómo se realizó la inspección en la cabeza rotor.

**Cúpula.** Se verifica el soporte cónico, asegurándose la ausencia de grietas a nivel de los puntos de fijación, verificar la fijación de la cúpula se verifica el correcto par de apriete de 30.98 a 35.40 lbf.in de las tuercas sobre los tornillos de fijación de la cúpula.

**Figura 27***Verificación de la cúpula*

*Nota.* La figura muestra la cúpula del helicóptero que se realizó la inspección.

**Topes bajo.** Se comprueba la ausencia de golpe o agrietamiento en los soportes de topes, se revisa visualmente que no exista agrietamiento de pintura en las zonas de nervadura de los soportes, Se comprueba el estado y la fijación de los muelles de recuperación, los cuales se encuentran en buen estado.

Se realizó la comprobación de los muelles de recuperación, según su desgaste en la sección de una espira en el cual se da dos condiciones: Si el diámetro superior a 1.1 mm se debe invertir el muelle, si el diámetro inferior a 1.1 mm se debe sustituir el muelle.

**Figura 28**

*Verificación de los topes bajos y fuelle*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación de los topes bajo y la medida de los fuelles encontrándose en la medida de 1mm el cual está en buenas condiciones.

**Topes altos.** Se reviso la integridad de los muelles, el comportamiento d ellos anillos de retención del eje y la limpieza del del orificio de desgasificación.

**Figura 29**

*Verificación de los topes altos y limpieza*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación de los topes altos y la limpieza del orificio de desgasificación cual está en buenas condiciones.

### ***Adaptadores de frecuencia.***

**Verificación del elastómero adaptador P/N 704A33-6400-98.** Se verifica la ausencia de fugas en las tapas de la etapa de cizallamiento, en las armaduras y alrededor de la rótula grande, en caso de presencia de fuga se reemplaza el adaptador, verificar si existe desgarramiento continuo de elastómero que supere los 30 mm (1.18 in) de longitud se debe reemplazar el adaptador.

**Verificación del juego axial de la rótula grande.** Se realiza la comprobación con el comparador de juegos y tolerancias el cual queda posicionado perpendicularmente al adaptador de frecuencia. Después de la verificación el juego axial es inferior a 0.35 mm, el manual de mantenimiento indica si el juego es menor a 0.40 mm dejar tal como esta y poner el helicóptero en configuración de vuelo.

### **Figura 30**

*Verificación de los adaptadores de frecuencia*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación de los adaptadores de frecuencia con el comprobador de juegos y tolerancias en el cual se encuentran dentro de los parámetros establecidos.

**Verificación visual del estado de la zona de la rótula.** Se verificó el buen estado de la rótula en el cual se revisa que no exista usura por fricción, verificar el juego radial de la rótula que se encuentra dentro del rango admisible 0.2 mm.

***Muñones de palas y maguetas.***

Se verificó en buen estado del cable de masa, el plegado del sector graduado y del frenado del vernier (nonios). Se puede apreciar durante la inspección que se encontraba con aceite las mangas, por lo que se realizó la limpieza del mismo, más tarde se verificó nuevamente y se determinó que era necesario cambiar las juntas del conjunto mangueta-muñón.

**Desmontaje del conjunto muñón mangueta**

***Desmontaje del conjunto muñón mangueta según MET 62-35-00-405***

La carta de trabajo es sobre el conjunto cabeza mástil rotor principal, el desmontaje y montaje del conjunto muñón mangueta en el cual se necesitan herramientas especiales para poder proceder. Empezamos con la preparación del área del trabajo, se orienta la cabeza rotor que se encuentre perpendicular al eje del helicóptero, se desmonta el adaptador de frecuencia visco-elástico, según MET 62-35-00-403 y el dispositivo de topes altos, según MET 62-35-00-409. Las herramientas que se utiliza en esta inspección son las siguientes:

**Tabla 7**

*Herramientas especiales para el desmontaje del conjunto muñón-mangueta*

<b>Orden</b>	<b>Herramienta</b>	<b>N/P</b>
1	Eslinga para manga CRP	330A91202201
2	Llave tuerca eje batimiento	330A93200620
3	Extractor eje batimiento	330A98203801
4	Conjunto bomba hidráulica	703A90000000
5	Gato hidráulico 12T	703A98001401
6	Pasarelas de capó GTM	Lote de a bordo

*Nota.* En la tabla se muestran las herramientas especiales para poder realizar el desmontaje de la manga del rotor principal, el conjunto bomba hidráulica y gato hidráulico se encontraban en mal estado.

#### **Desmontaje del adaptador de frecuencia según MET 62-35-00-403.**

Se debe retirar el alambre de frenado, y la arandela de freno, lado eje de batimiento, con la llave dinamométrica para extraer la tuerca de fijación, retirar arandelas y espaciador, lado cuerpo de buje, quitar el freno y el tornillo, retirar la trenza de metalización, extraer el perno, pasador, turca y arandela, y retirar el adaptador de frecuencia con el extractor adaptador de frecuencia.

**Figura 31***Desmontaje de adaptador de frecuencia*

*Nota.* En la figura se muestra el desmontaje del adaptador de frecuencia.

**Desmontaje de los dispositivos de topes altos.** Según, MET 62-35-00-409 se debe quitar los pernos, espaciador, arandela, las dos bieletas y el contrapeso equipado, retirando el conjunto de bieletas-contrapeso hacia abajo para soltar la guía, sobre el plano de trabajo desmontar los pasadores de aletas, las tuercas, el eje interior del contrapeso, las arandelas, y las bieletas.

Como recomendación tenemos que al desmontar varios conjuntos se debe marcar su emplazamiento, en cambio para sustituir juntas, se debe vaciar la manga por los dos tapones.

**Procedimiento desmontaje de la mangueta.** Se empieza a desbloquear y retirar el tapón hembra, desconectar la tubería flexible, retirar las juntas y desechar las juntas de aluminio, y obturar los orificios, desconectar las trenzas de conexión a masa, eliminar el cordón de masilla en las orejas de mangueta / eje batimiento.

Desbloquear la tuerca del freno de la manga y retirar la arandela de seguridad, colocar el extractor del eje de batimiento y el gato hidráulico 12 toneladas el eje de batimiento, conectar la

tubería del conjunto bomba hidráulica en el racor del gato hidráulico 12 toneladas, colocar la eslinga para manga CRP en el conjunto “manga-mangueta” y aplicar una ligera tensión al conjunto.

Alimentar el gato hidráulico 12T para extraer el eje de batimiento, desacoplar el conjunto “manga-mangueta” de la articulación de arrastre, no desplazar la pista de rodadura de la articulación de batimiento a fin de evitar cualquier deterioro de juntas de estanqueidad.

### **Figura 32**

*Desmontaje del conjunto “mangueta-muñón”*



*Nota.* En la figura se muestra el desmontaje conjunto “mangueta-muñón” con ayuda del Jack hidráulico de 10 toneladas y la bomba hidráulica.

### **Sustitución de las juntas del conjunto "mangueta-muñón"**

Este procedimiento se lo realiza cuando existe presencia de aceite en las mangas y es necesario sustituir las juntas del conjunto “mangueta-muñón” según la carta de trabajo descrita en el manual de reparación de la aeronave MRM 62-35-00-701.

### ***Desmontaje del muñón***

Colocar y fijar el conjunto "mangueta-muñón" en el soporte útil de sujeción muñón (y) [330A93-2060-00], desfrenar el tornillo y desenroscarlo: quitar las arandelas, los cables de masa, el soporte de vernier o nonio y el suplemento, quitar el tapón magnético y la junta, Quitar la tuerca, la arandela, el cable de masa y la junta, desenroscar la tuerca entallada con la llave de tuerca de muñón (z).

Sacar el conjunto "mangueta-cojinetes" del muñón con los extractores de muñón (w), gato (v) [703A98-0011-00] y bomba hidráulica (u) [703A98-0000-00], Desmontar el espaciador con el extractor de muñón [ 330A98-2050-00], colocar el conjunto "mangueta-cojinetes" en el útil de sujeción mangueta, quitar el anillo de retención, el tapón con el extractor [330A98-2048-00].

### **Figura 33**

#### *Desmontaje del muñón*



*Nota.* En la figura se muestra el desmontaje del muñón.

Durante el desmontaje se utiliza la herramienta especial soporte útil de sujeción de muñón, un multiplicador para retirar la tuerca entallada. Se debe utilizar el extractor de muñón (w) conjuntamente con el gato de 12 toneladas y la bomba hidráulica.

### ***Desmontaje de los cojinetes***

Extraer la batería de cojinetes (23) con los extractores de cojinetes mangueta, gato hidráulico 12T [ 703A98-0014-01], tas de inserción [ 330A98-2045-01] y bomba hidráulica (u) [ 703A98-0000-00], y desmontar la portajunta, las juntas y la tuerca entallada.

El desmontaje debe estar en el soporte útil de sujeción mangueta, y se desmonta el anillo de retención, el tapón, y la tuerca de mangueta, con ayuda del extractor de cojinetes y el gato hidráulico 12T se extrae la batería de cojinetes.

### **Figura 34**

*Desmontaje del conjunto “mangueta-cojinetes”*



*Nota.* En la figura se muestra el desmontaje de los cojites.

### ***Montaje de la junta de estanqueidad***

Se debe realizar la limpieza de los componentes con el agente de limpieza CM 208, verificando que no existan corrosión. Se incluye una protección con barniz CM 515. Se instala el portajunta de estanqueidad sobre la mangueta con cola CM 664, se procede a montar la tuerca entallada con la junta y los demás componentes.

**Figura 35**

*Cambio de juntas del conjunto "mangueta-muñón"*



*Nota.* En la figura se muestra la sustitución de las juntas de estanqueidad de la mangueta.

***Montaje del muñón***

Se colocar el muñón en el útil de sujeción muñón (y) [ 330A93-2060-00], montar en el muñón, el espaciador equipado con la junta con el tas [ 330A98-2049-2], haciendo coincidir los agujeros del espaciador con los del muñón. Se debe calentar el muñón en el horno y acoplar el muñón sobre la mangueta.

Introducir de 2 a 3 vueltas la tuerca entallada girando el manguito. Se aplica una presión vertical con la mangueta sobre el muñón, Aplicar un par de apriete de 120 daN.m (10621 lbf.in) a la tuerca entallada con la llave de tuerca de muñón (z), volver a cero y después aplicar el par de apriete nominal, poner el tapón magnético equipado con la junta. Aplicar el par de apriete adecuado. Poner el espárrago equipado con la junta, aplicar el par de apriete adecuado, efectuar una prueba de estanqueidad del conjunto "mangueta-muñón" según 62-35-00-502 MET.

**Prueba de estanqueidad “mangueta-muñón”.** Según MET 62-35-00-502, para realizar esta operación se debe obturar la tubería, después se aplica una presión de 5 bares (72.5 psi) en el circuito de preengrase durante 3 minutos, en el cual no se admite ninguna fuga, en esta prueba se verifico la estanqueidad en condiciones estáticas.

### ***Montaje del conjunto muñón mangueta***

Una vez realizado el montaje de la mangueta se realiza el montaje en la cabeza del rotor principal, según MET 62-35-00-405. Se procede a limpiar con Agente de limpieza CM 208 el eje de batimiento y la horquilla de la mangueta según MTC y secar con aire seco, se comprueba visualmente y al tacto el estado de las superficies de contacto del eje de la horquilla y de la pista de rodadura.

En la parte lisa del eje de batimiento y las zonas marcadas (B), aplicar una capa uniforme y ligera de Barniz CM 515, se equipa el eje de batimiento con el obús [330A98203722], se procede a enfriar el eje de batimiento un día antes en el congelador, normalmente se usa nieve carbónica o nitrógeno líquido.

Se coloca el conjunto "manga-mangueta" en la articulación de arrastre / batimiento en apoyo sobre el tope bajo automático, luego se procede a introducir el eje de batimiento lo antes posible, orientando la cabeza hacia el adaptado de frecuencia visco-elástico con las caras planas en posición vertical, después colocar a tope el eje de batimiento en la manga y mantener el conjunto herramienta y "manga-mangueta" durante la aplicación de presión del gato hidráulico 12T [703A98001401].

Tras volver a la temperatura ambiente, apoyar el reborde del eje contra la horquilla con el gato hidráulico 12T [703A98001401], se verifica de la ausencia de juego entre el contorno del

reborde del eje de batimiento y la orejeta de la mangueta, y se procede a realizar un cordón de Masilla CM 6068 en las orejetas de la mangueta y el eje de batimiento.

### **Figura 36**

*Montaje del conjunto muñón mangueta*



*Nota.* En la figura se muestra el montaje de la mangueta de los rodamientos en el muñón, y el montaje de la manga en el rotor principal utilizando las herramientas especiales.

**Tras el desmontaje de la mangueta.** Se verifica la ausencia de desprendimiento de las arandelas de protección antidesgaste por rozamiento por rozamiento interior y exterior, se verifica el perfecto estado de las arandelas de protección, en caso de corrosión limpiar con lija de agua, los anillos de los escariados de la mangueta, se verifica la ausencia de grietas en las arandelas de protección, mediante líquidos penetrantes en caso de presencia de grietas, se marca la posición de los rodamientos, se retira el camino de rodamientos y se verifica el buen estado.

**Verificar el gran collarín de fijación de la palanca de paso.** Se debe retirar la palanca de paso, según MET 62-35-00-408.

**Desmontaje de la palanca de paso.** Según, MET 62-35-00-408 marcar la posición de los tornillos, frenos de tuercas y arandela de frenos, quitar las tuercas, arandelas, espaciadores, frenos de tuercas, Desfrenar y quitar la arandela de freno, quitar los tornillos, arandelas, desmontar la palanca de paso.

Decapar localmente la pintura según el MTC en el radio de unión del gran collarín, inspeccionar la presencia de grietas, y no se encuentran grietas retocar con pintura según MTC, y instalar la palanca de paso, según MET 62-35-00-408.

**Montaje de la palanca de paso.** Según, MET 62-35-00-408 colocar en posición los tornillos y el collarín respetando las marcas efectuadas antes del desmontaje, colocar en posición la palanca de paso sobre los collarines junto a los tornillos y arandelas, colocar en posición la arandela de freno y tuercas de freno según las marcas realizadas.

Colocar las arandelas, los espaciadores y las tuercas, apretar al par de apriete 147 a 168 lbf.in, frenar el tapón magnético de vaciado del muñón y marcar un trazo de pintura roja la posición de las tuercas con relación a la palanca de paso, antes de montar la mangueta con el eje de batimiento.

El eje de batimiento se verifica que no exista corrosión en el radio de unión del eje de batimiento, lijar con lija 400, aplicar agente anticorrosivo CM 518 en el collarín de apoyo, y se debe revisar el camino de rodamientos, si es necesario lijar con lija 600.

**Figura 37**

*Verificación de las palas y manguetas*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación del cable de masa, el sector graduado y el correcto frenado del vernier.

**Palanca de paso del muñón.** Se verificó en correcto par de apriete 146.04 a 168.16 lbf.in de las fijaciones de la palanca de paso al muñón, se verificó el libre giro del perno de argolla.

**Perno de argolla.** Se comprobó que no exista juego axial en el anillo exterior del doble cojinete colocado en el orificio del perno de argolla. El cojinete debe estar correctamente centrado en la anchura de la horquilla. El juego axial máximo autorizado en los dobles cojinetes de los muñones giratorios del lado del plato cíclico y del lado del perno de argolla es 0.1 mm y el juego radial del perno de argolla 0.15 mm.

**Figura 38**

*Verificación de la palanca de paso del muñón*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación el par de apriete se encuentra dentro del rango aceptable.

**Figura 39**

*Verificación del perno de argolla*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación del perno de argolla que se encuentre dentro de las tolerancias.

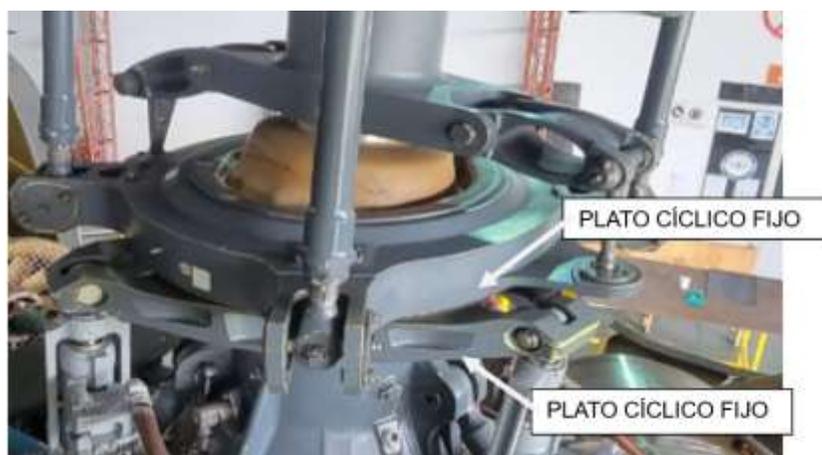
## Platos cíclicos.

**Plato móvil y deflector superior.** Se verificó el buen estado del plano de unión del deflector superior, las bielas de paso, la ausencia de fricciones, la libre rotación de los muñones de fijación de la biela, el perfecto estado del transmisor de paso y el perfecto estado del compás móvil revisando la ausencia de puntos duros.

**Plato cíclico fijo y cárter cónico.** Se realizo una verificación de estado, ausencia de color, se revisó grietas a nivel de las sujeciones de las barras de suspensión y del compás fijo en el cárter cónico.

### Figura 40

*Verificación de los platos cíclicos*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación del plato cíclico el buen estado del plano de unión, ausencia de grietas, y verificación de juegos el cual se encuentran en los rangos permitidos.

## Mangueta muñón

### **Verificación por reajuste del par de apriete**

Se verifico el par de apriete 2479 A 2832 lbf.in por reajuste tras el montaje del conjunto mangueta-manga, según MET 62-35-00-405, que indica reajustar el par de apriete de la tuerca

del eje de batimiento, utilizando la llave de vaso de eje de batimiento, desbloqueando la tuerca y frenando la tuerca con alambre de frenado CM 776.

#### **Figura 41**

*Verificación por reajuste del par de apriete*



*Nota.* En la figura se muestra la verificación el par de apriete y se dejó en el rango permitido de 2479 a 2832 lbf.in.

#### ***Verificación del par de apriete del eje de batimiento***

Se realizó el apunte de la posición de la tuerca respecto a la oreja de la horquilla de la mangueta (trazo fino de pintura roja), se libera la patilla de la arandela de freno enganchada en la entalladura de tuerca y romperla para no poder utilizarla nuevamente, y apretar al par correspondiente la tuerca con la llave de vaso eje de batimiento, el cual como precaución dice “No superar el valor del par de apriete”. Por otro lado, en caso de ausencia de rotación, se debe reajustar el par de apriete de la tuerca de eje de batimiento con una llave de vaso eje de batimiento como se indica en la verificación por reajuste del par de apriete.

## **Adaptadores de frecuencia – verificación del par de apriete**

### ***Verificación en el helicóptero***

Esta verificación se la realiza para determinar que no exista grietas en las horquillas, mediante un control visual y según los casos con líquidos penetrantes, la inspección visual se debe realizar en los flancos de las horquillas del cuerpo de cabeza.

### ***Verificación del par de apriete***

Ausencia de polvo de fretting en la zona de la rótula, se debe retirar el pasador, después efectuar la verificación del par de apriete de la tuerca, según MET 62-35-00-403, figura 403 que indica de 7.6 a 13.5 daN.m, en este caso la pérdida es menor al 15% del par min por lo cual se deja tal cual y se coloca la tuerca al par de apriete solicitado.

## **Verificación del par de apriete de la tuerca del eje de batimiento en la mangueta**

### ***Inspección y verificación MET 62-35-00-604***

Se realiza la verificación según el MET 62-35-00-604 & I.1 en el cual indica que se debe realizar los siguientes pasos: retirar y desechar el pasador, verificar el par de apriete de la tuerca, si fuera necesario, aplicar el par de apriete de 7.7 -8.2 daN.m (682-725 lbf.in) la tuerca, frenar la tuerca con el pasador.

## Capítulo IV

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- La información que se recopiló es de los manuales técnicos de la aeronave en el cual fue fundamental para poder entender el funcionamiento del sistema del rotor principal y de cada componente que lo conforma, al igual que se verificó los ítems de inspección de 500 horas del helicóptero AS332 B Super Puma en el manual.
- La inspección se realizó según el programa de mantenimiento de la aeronave de acuerdo a las 500 horas de funcionamiento del ATA 62 del rotor principal, según el manual de mantenimiento, manual de reparación y el manual de técnicas corrientes.
- Se realizó la verificación de medidas, juegos e tolerancias permitidas en el manual de mantenimiento, el rango de par de apriete, pruebas de estanqueidad necesarios para garantizar que la inspección se haya realizado con éxito.
- Se reacondicionó el conjunto bomba hidráulica 703A90-0000-00, gato hidráulico 10 toneladas 703A98-0007-00, gato hidráulico 12 toneladas 703A98-0014-01, gato hidráulico 23 toneladas RC-256, necesarios para remover los muñones de la cabeza del rotor principal y cambiar la junta de estanqueidad de la mangueta.

**Recomendaciones**

- La implementación rigurosa del manual de mantenimiento para realizar los trabajos, en el cual se sigan las pautas y procedimientos establecidos en el manual de la aeronave.
- Programa de capacitación continua para el personal de mantenimiento enfocado a las directrices, reglamentos aeronáuticos y a las últimas actualizaciones tecnológicas, para la mejora continua, procesos y eficiencia en el mantenimiento de aeronaves.
- El uso de herramientas de medición que se encuentren calibradas y certificadas con una duración máxima de dos años, ya que esto garantiza que los trabajos se estén realizando con seguridad y calidad en el mantenimiento de aeronaves.

## Glosario

### A

**Adaptador de frecuencia:** Dispositivo que permite reducir las vibraciones generadas por el movimiento del rotor principal, este permite disipar las vibraciones.

**Articulación de arrastre:** Permite el movimiento de la pala en eje lateral

**Articulación de batimiento:** Este es un conjunto de componentes que hace posible que la pala tenga movimiento en el eje vertical.

**Articulación de paso:** Permite el movimiento en el eje horizontal de la pala con la cual se realizan las maniobras de traslado y ascenso y descenso.

### B

**Bamby Bucket:** Dispositivo que se utiliza para la extinción de incendios, el cual esta suspendido en el aire.

**Bieleta:** Dispositivo que se utiliza para transmitir movimientos, normalmente son ajustables o fijos.

### C

**Cojinete:** Este permite el movimiento axial dentro de un eje entre dos componentes giratorios.

**Cúpula:** Conocido como plato chino, reduce parcialmente las vibraciones en el rotor principal.

### E

**Equilibrado dinámico:** Es una tarea de mantenimiento en donde se realiza el equilibrio del rotor principal para evitar que se produzcan vibraciones.

**Estanqueidad:** Es el estado que un sistema sellado con presión y aceite no se encuentra en mal estado.

## F

**Fuelle:** Considerado como fuello a los resortes de los topes automáticos de la aeronave del rotor principal.

## H

**Horquilla:** Es un buje de horquilla por donde ingresa un espaciador, tornillo etc.

## J

**Junta:** Es el sello de caucho el cual permite la estanqueidad en un sistema con presión.

## M

**Mangueta:** Componente que une el muñón con la pala, el cual hace posible el cambio de paso del ángulo de ataque en las palas.

**Mástil:** Denominado el conjunto de la cabeza del rotor principal del helicóptero.

**Muñón:** Componente que soporta los cojinetes y une a la pala con el eje principal.

## N

**Nonio:** Es el espacio en el sector graduado que permite la indicación del el mismo.

## P

**Palanca de paso:** Son bieletas móviles que permiten realizar reglajes en el rotor principal, transmiten el movimiento de los mandos hacia las palas principales.

**Par de apriete:** Es el rango de ajuste que se permite en las tuercas y pernos, el cual es medido por un torquímetro.

**Plato cíclico:** Es un plato giratorio en cual permite transmitir movimientos de un eje fijo hacia otro eje móvil.

## R

**Rotor:** Sistema conformado por palas, mangas, mástil y eje principal, permite que se genere la sustentación del helicóptero.

## S

**Sector graduado:** Es la indicación en el cual se puede mover la articulación de paso el cual este graduado con grados, normalmente empieza con  $13.30^\circ$  antes de su configuración.

## T

**Tapón magnético:** Un dispositivo que permite detectar limallas dentro de mecanismo.

**Tuerca entallada:** Es una turca tipo castillo.

## V

**Visco-elástico:** Permite amortiguar las vibraciones de una forma más segura limitando las oscilaciones de la pala.

## Abreviaturas

### C

**CM:** Material consumible

**CTI:** Caja de transmisión intermedia

**CTP:** Caja de transmisión principal

### G

**GTM:** Grupo turbo motor

### M

**MET:** Manual de mantenimiento

**MGM:** Manual general de mantenimiento

**MSM:** Master Service Manual

### N

**NDI:** Ensayos no destructivos

### T

**TBO:** Tiempo límite overhaul

**TLR:** Tiempo límite de revisión

**TLV:** Tiempo límite de vida

## Bibliografía

- AEROSPASTIALE. (2015). *Manual instrucción AS 332*. Airbus.
- AIRBUS HELICOPTER. (2013a). *Manual de Descripción y Funcionamiento AS332MK1 62-00-00*. Airbus.
- AIRBUS HELICOPTER. (2013b). *MANUAL DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO AS332MK1 62-35-00*. Airbus.
- AIRBUS HELICOPTER. (2017). *MANUAL DE MANTENIMIENTO AS332MK1 MET 62-35-00-601*. Airbus.
- AIRBUS HELICOPTER. (2018). *Master Service Manual AS MSM Chapter 5005-20-00 ATA 62*. Airbus.
- AIRBUS HELICOPTER. (2019a). *ALL Manual de Técnicas Corrientes (Vol. 1)*. Direction Technique Support; D:\Drive\MARCO ANTONIO QUIZHPI\DOCUMENTOS\DOCUMENTOS EJERCITO\MANUALES SUPER PUMA AS332\MTC.
- AIRBUS HELICOPTER. (2019b). *Catálogo Ilustrado de Herramientas AS 332/532 MK1*. Airbus.
- Cañar, M. (2020). *IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DEL INDICADOR TRIPLE DE UN HELICÓPTERO SUPER PUMA AS-332B, DE LA BRIGADA DE AVIACIÓN DEL EJÉRCITO N.º 15 “PAQUISHA”*.
- Chicaiza Guamangallo, J. I. (2020). *Sustitución de los cojinetes y de las juntas de un conjunto “muñón mangueta” de acuerdo a la carta de trabajo 62-35-00-701 del helicóptero Súper Puma AS332B perteneciente al Centro de Mantenimiento de Aviación del Ejército N° 15 “Paquisha”* [ESPE]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/28531/2/M-ESPEL-CMA-0756.pdf>

- Dirección General de Aviación Civil. (2020). *9-RDAC-145-Organizaciones de Mantenimiento Aprobadas*. DGAC. <https://www.aviacioncivil.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/02/9-RDAC-145-Nueva-Edicio%CC%81n-Enmienda-5-30-Enero-2020.pdf>
- Ejército Ecuatoriano. (2020, mayo 25). *Aviación del Ejército*. Ejército Ecuatoriano. <https://ejercitoecuadoriano.mil.ec/institucion/fftt/sistema-de-armas/aviacion-del-ejercito>
- Flores, G., & Geovanny, I. (2021). *Propuesta de mejora de procesos para optimizar la gestión administrativa en el Escuadrón Mantenimiento de Sistemas Aeronáuticos Nro. 2122*.
- Fuerza Terrestre. (2013). *Manual General de mantenimiento MGM de la Brigada de Aviación del Ejército*. Fuerza Terrestre.
- InfoDefensa, R. D. (2023, octubre 7). *Ecuador adquiere cinco helicópteros Airbus Super Puma*. Infodefensa - Noticias de defensa, industria, seguridad, armamento, ejércitos y tecnología de la defensa. <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/4458650/127-primicia-ecuador-ecuador-adquiere-cinco-helicopteros-airbus-superpuma>

## **Anexos**