

**ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE  
HELICÓPTEROS UH-60L EN LA COMPAÑÍA PAE**

**JOE SERGIO VARGAS VILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO - MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2014**

**ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE  
HELICÓPTEROS UH-60L EN LA COMPAÑÍA PAE**

**JOE SERGIO VARGAS VILLA**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director  
Carlos Aguirre  
Administrador de Empresas**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA  
2014**

*A Mi Padre y Madre, quienes me han brindado su apoyo, han sido mis guías y ejemplo en las distintas etapas de mi vida.*

*A Mi Novia, que por su ánimo, paciencia y consejos, fue posible el desarrollo de este proyecto.*

*A la UIS por contribuir a mi desarrollo como profesional*

*Gracias.....*

*JOE SERGIO VARGAS VILLA*

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	19
<b>1. MARCO CONTEXTUAL</b>	20
1.1 PAE – PACIFIC ARCHITECTS AND ENGINEERS	20
1.1.1 PAE en Colombia	21
1.2 HELICÓPTERO SIKORSKY UH-60L (BLACKHAWK)	22
1.2.1 Estructura	24
1.2.2 Planta motriz	25
1.2.3 Rotor principal	25
1.2.4 Rotor de cola	26
1.2.5 Sistema de transmisión	26
1.2.6 Sistema de combustible	27
1.2.7 Sistema hidráulico	27
1.2.8 Sistema eléctrico	27
1.2.9 Planta auxiliar de potencia (APU)	28
1.2.10 Tren de aterrizaje	28
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
1.4 OBJETIVOS	30

1.4.1 Objetivo general	30
1.4.2 Objetivos específicos	30
1.5 JUSTIFICACIÓN	31
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	<b>32</b>
2.1 MANTENIMIENTO	32
2.1.1 Mantenimiento correctivo	33
2.1.2 Mantenimiento preventivo	34
2.1.2.1 Mantenimiento basado en condición	35
2.1.2.2 Mantenimiento basado en tiempo	36
2.2 MANTENIMIENTO AERONÁUTICO	37
2.2.1 Estructura organizacional	38
2.2.2 Mantenimiento línea	40
2.2.3 Mantenimiento base	41
2.2.4 Mantenimiento de componentes	41
2.2.4.1 Limitaciones de aeronavegabilidad de componentes	42
2.3 MANTENIMIENTO AERONÁUTICO MILITAR	43
2.3.1 Niveles de mantenimiento	43
2.3.2 Organización y funciones	44
2.3.3 Mantenimiento preventivo de aeronaves militares	46
2.3.4 Programa control corrosión	48

2.4 PUBLICACIONES TÉCNICAS AERONÁUTICAS	50
2.4.1 Manuales de operación	50
2.4.1.1 Manual de vuelo	50
2.4.1.2 Lista de chequeo	50
2.4.2 Manuales de mantenimiento	51
2.4.2.1 Manual de mantenimiento	51
2.4.2.2 Manual de mantenimiento de componentes	51
2.4.2.3 Manual de prácticas estándar	51
2.4.2.4 Catalogo de partes	51
2.4.2.5 Manual de reparaciones estructurales	52
2.5 PUBLICACIONES TÉCNICAS AERONÁUTICAS MILITARES	52
2.5.1 Panfletos	52
2.5.2 Manuales técnicos	52
<b>3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DEL HELICÓPTERO UH-60L EN PAE</b>	54
3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	54
3.2 PROCESO MANTENIMIENTO	56
3.2.1 Mantenimiento no programado	56
3.2.2 Mantenimiento programado	56
3.2.3 Cambios controlados	57

3.2.4 Pruebas no destructivas (NDI)	57
3.2.5 Equipos de diagnóstico, medición y prueba	58
3.2.6 Sistemas de información	58
3.2.7 Registros de mantenimiento	59
3.3 DIAGNOSTICO	59
3.3.1 Análisis criticidad de la flota	60
3.3.1.1 Factor de Frecuencia de fallo	63
3.3.1.2 Factor de impacto en la producción	64
3.3.1.3 Factor de flexibilidad operacional	64
3.3.1.4 Factor costos de mantenimiento	65
3.3.1.5 Factor SHA	65
3.3.1.6 Criticidad total por riesgo	65
3.3.2 Conclusión	66
<b>4. PROPUESTA ORGANIGRAMA ÁREA DE MANTENIMIENTO</b>	<b>67</b>
4.1 ORGANIGRAMA ÁREA DE MANTENIMIENTO	67
4.2 INGENIERÍA	68
4.2.1 Líder Ingeniería	68
4.2.1.1 Funciones	68
4.2.1.2 Perfil	69
4.2.2 Ingeniero soporte	70

4.2.2.1 Funciones	70
4.2.2.2 Perfil	71
4.2.3 Coordinador publicaciones	71
4.2.3.1 Funciones	71
4.2.3.2 Perfil	72
4.3 CONFIABILIDAD	72
4.3.1 Líder confiabilidad	73
4.3.1.1 Funciones	73
4.3.1.2 Perfil	73
4.3.2 Analista confiabilidad	74
4.3.2.1 Funciones	74
4.3.2.2 Perfil	74
4.4 CONTROL CALIDAD	75
4.4.1 Líder control calidad	75
4.4.1.1 Funciones	75
4.4.1.2 Perfil	76
4.4.2 Inspector Técnico	76
4.4.2.1 Funciones	76
4.4.2.2 Perfil	77
4.5 MANTENIMIENTO	77

4.5.1 Líder mantenimiento	78
4.5.1.1 Funciones	78
4.5.1.2 Perfil	78
4.5.2 Jefe mantenimiento UH-60L	79
4.5.2.1 Funciones	79
4.5.2.2 Perfil	80
4.5.3 Jefe Control Producción	80
4.5.3.1 Funciones	80
4.5.3.2 Perfil	81
4.5.4 Técnico de mantenimiento	81
4.5.4.1 Funciones	81
4.5.4.2 Perfil	82
<b>5. PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO</b>	<b>83</b>
5.1 INSPECCIONES PROGRAMADAS	83
5.1.1 Inspección diaria (PMD)	84
5.1.2 Inspección mantenimiento preventivo (PMS)	87
5.1.3 Inspección mantenimiento fase (PMI)	92
5.2 INSPECCIONES ESPECIALES	102
5.3 LUBRICACIÓN	104
5.4 COMPONENTES CON VIDA LIMITE / OVERHAUL	105

5.2 PLANEACIÓN	112
<b>6. INDICADORES DE GESTIÓN</b>	114
6.1 DISPONIBILIDAD	114
6.2 ÍNDICE DE CUMPLIMIENTO DE LA EJECUCIÓN	115
6.3 CONFIABILIDAD	115
<b>7. CONCLUSIONES</b>	116
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	118
<b>ANEXOS</b>	120

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Características técnicas helicóptero UH-60L	22
Tabla 2. Formas de inspección y monitoreo de equipos	35
Tabla 3. Listado aeronaves apoyadas	60
Tabla 4. Valores de ponderación	62
Tabla 5. Factor frecuencia de fallo	63
Tabla 6. Factor impacto en la producción	64
Tabla 7. Factor de flexibilidad operacional	64
Tabla 8. Factor costos de mantenimiento	65
Tabla 9. Factor SHA	65
Tabla 10. Criticidad total por riesgo	66
Tabla 11. Áreas de Inspección	84
Tabla 12. Ítems inspección PMD	84
Tabla 13. Ítems inspección PMS	87
Tabla 14. Ítems inspección PMI	92
Tabla 15. Inspecciones especiales por mantenimiento	102
Tabla 16. Inspecciones especiales por operación	103
Tabla 17. Lubricación	104
Tabla 18. Componentes con vida limite / overhaul	105

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. PAE en el mundo	21
Figura 2. Helicóptero UH-60L	22
Figura 3. Dimensiones helicóptero UH-60L	23
Figura 4. Secciones helicóptero UH-60L	24
Figura 5. Motor T700-GE-701C	25
Figura 6. Sistema de transmisión helicóptero UH-60L	26
Figura 7. APU	28
Figura 8. Tren de aterrizaje	29
Figura 9. Relación entre mantenimiento y otras dependencias	32
Figura 10. Reparación basada en el tiempo	36
Figura 11. Elementos del mantenimiento aeronáutico	38
Figura 12. Diagrama Organizacional	39
Figura 13. Diagrama Organizacional unidad mantenimiento militar	45
Figura 14. Diagrama de flujo programa CPCP	49
Figura 15. Estructura organizacional PAE	55
Figura 16. Tabla de criticidad	63
Figura 17. Tabla criticidad final	66

Figura 18. Organigrama propuesto	67
Figura 19. Áreas de Inspección	83
Figura 20. Carta de flujo	113

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Formas de mantenimiento	120
Anexo B. Registros históricos	123

## RESUMEN

**TÍTULO:** ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA DE HELICÓPTEROS UH-60L EN LA COMPAÑÍA PAE\*

**AUTOR:** JOE SERGIO VARGAS VILLA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Plan de mantenimiento, publicaciones técnicas, mantenimiento aeronáutico, estructura organizacional, mantenimiento programado, indicadores de gestión.

### DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto de Monografía tiene como propósito la estructuración del plan actual de mantenimiento, que realiza la compañía Pacific, Architects and Engineers, PAE, a la flota de helicópteros UH-60L, de la Policía Nacional de Colombia. El planteamiento comienza a partir de la recopilación y clasificación de la información técnica de la aeronave y del análisis de la situación actual de PAE, con lo cual, se permite trazar objetivos claros, guías en la formulación de la propuesta.

A partir de esto, se desarrolla un análisis de criticidad, que muestre el estado actual operativo de la flota de los UH-60L y la importancia que representa esta para el cuerpo aeronáutico de la Policía Nacional. Teniendo en cuenta la información analizada y las recomendaciones hechas en las publicaciones técnicas, emitidas por el fabricante y la normatividad aplicada al mantenimiento aeronáutico, es posible la organización y la formulación del plan de mantenimiento basado en inspecciones programadas.

La estructuración del ya mencionado plan de mantenimiento, amplía y mejora la actual estructura organizacional de la compañía, estableciendo los perfiles profesionales del personal técnico y administrativo implicado en las actividades de mantenimiento, indicando cargos y definiendo funciones. Finalmente se plantean una serie de indicadores de gestión, los cuales conformarán una herramienta clave, para la medición del rendimiento de las actividades desarrolladas en el departamento de Mantenimiento.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de Ingenierías FísicoMecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánicas. Director: Carlos Aguirre

## SUMMARY

**TITLE:** ORGANIZATION OF THE PLAN OF MAINTENANCE FOR UH-60L HELICOPTERS FLEET IN THE COMPANY PAE\*

**AUTHOR:** JOE SERGIO VARGAS VILLA\*\*

**KEY WORDS:** Maintenance plan, technical publications, aeronautical maintenance, organizational structure, scheduled maintenance, performance indicators.

### DESCRIPTION:

This project aims to structure the current maintenance plan which carries out by the company Pacific Architects and Engineers, PAE on the UH-60L helicopters fleet of the Colombian National Police. The proposal begins from the collection and classification of the aircraft technical information and the analysis of the PAE current situation which allows us to draw clear objectives, guidelines to formulate the proposal.

From this point, it was necessary to develop a criticality analysis where is showed the current operating condition of the UH-60L fleet and its importance for the aviation unit of the Colombian National Police. Taking into account the information analyzed and technical publications issued by manufactures and aviation authorities, was possible to organize and formulate a plan of maintenance based on scheduled inspections.

The structuring of the aforementioned maintenance plan, improves the current organizational structure of the company, establishing the professional profiles of the technical and administrative people involved in the maintenance activities, indicating positions and defining functions. Finally, a series of performance indicators are set out in order to form a key tool for measuring the performance of the activities in the maintenance department.

---

\* Degree paperwork

\*\* Physical-Mechanical Engineering faculty. Mechanical Engineering school. Director: Carlos Aguirre

## INTRODUCCIÓN

A finales de los años noventa, con la llegada y puesta en marcha del denominado Plan Colombia, la Dirección Antinarcóticos de la Policía Nacional de Colombia, específicamente el programa de Aviación Policial, reciben un importante impulso a nivel económico, de infraestructura y equipo aéreo, con el cual empiezan a operar helicópteros UH-60L (Black Hawk), permitiendo así, incrementar la seguridad y efectividad de las operaciones aéreas realizadas por la institución.

Con lo anterior, se establece la llegada de personal entrenado y especializado para el desarrollo de las operaciones de asesoramiento y ejecución del mantenimiento de los helicópteros y aviones de la Policía, entre ellos el UH-60L. La compañía Pacific, Architects and Engineers, PAE, lidera estas labores a partir del mes de enero del año 2013, basándose en los modelos desarrollados por empresas antecesoras. El UH-60L es un equipo aéreo fundamental para la Policía, que gracias a su tecnología y rendimiento permite llevar a cabo operaciones aéreas especiales y complejas; de aquí la importancia de contar con un plan de mantenimiento tendiente a mantener una alta disponibilidad de dicha flota.

El presente trabajo busca estructurar el actual plan de mantenimiento, que desarrolla PAE específicamente para la flota de helicópteros UH-60L, tomando como punto de partida, la situación actual del área de mantenimiento, logrando aumentar la disponibilidad de la flota, sin olvidar los requisitos establecidos por la autoridad aeronáutica y la casa fabricante en sus manuales de mantenimiento.

La estructura del proyecto se enmarca en una previa contextualización de las características técnicas y físicas del helicóptero, siguiendo con una evaluación del plan de mantenimiento actual, para así estructurar el planteamiento de la propuesta, finalizando con los indicadores de gestión.

## 1. MARCO CONTEXTUAL

### 1.1 PAE – PACIFIC ARCHITECTS AND ENGINEERS

Fundada en 1955 Pacific, Architects and Engineers (PAE) es una compañía estadounidense creada originalmente como una firma de arquitectura y diseño centrada en la construcción de bases militares del gobierno de los Estados Unidos en Japón; desde entonces, PAE constantemente ha transformado su capacidad operativa en búsqueda de cumplir con los exigentes requerimientos de los actuales y futuros clientes de la compañía.

Es esa capacidad de búsqueda de nuevos negocios, transformación y crecimiento, lo que hace que PAE se convierta en el año 2006 en una entidad subsidiaria de la corporación Lockheed Martin, logrando con esto poder fortalecer su infraestructura corporativa, para así ofrecer servicios de calidad en las áreas de logística y asesoramiento al gobierno de los Estados Unidos, organizaciones de ayuda internacional y agencias gubernamentales alrededor del mundo.

En 2011, PAE es adquirida por la firma privada Lindsay Goldberg, quien determina mantener operacional y administrativamente la razón social PAE. A finales de ese mismo año PAE, adquiere en su totalidad a la compañía Defense Support Services LLC (DS2), siendo esta última, una compañía proveedora de servicios en mantenimiento aeronáutico, logística y mantenimiento de instalaciones.<sup>1</sup>

Actualmente, PAE hace presencia alrededor del mundo en más de 45 países, ofreciendo servicios y asesoramiento en los campos de construcción y mantenimiento de instalaciones, operación y mantenimiento aeronáutico, logística, entre otros.

---

<sup>1</sup> <https://www.pae.com/about-pae>



## 1.2 HELICÓPTERO SIKORSKY UH-60L (BLACKHAWK)

El helicóptero UH-60L o Black Hawk como comúnmente se conoce, es una aeronave fabricada por el constructor aeronáutico Estadunidense Sikorsky Aircraft Corporation, diseñado en los años 90s principalmente para misiones de transporte táctico de tropas, suministros y equipos.

**Figura 2. Helicóptero UH-60L**



**Fuente: Policía Nacional de Colombia**

Helicóptero militar de gran versatilidad desarrollado con tecnología de punta en aerodinámica y materiales. En la actualidad, más de 25 países cuentan con este equipo para desarrollar misiones de transporte, salvamento, ataque y evacuación médica.<sup>2</sup>

**Tabla 1. Características técnicas helicóptero UH-60L**

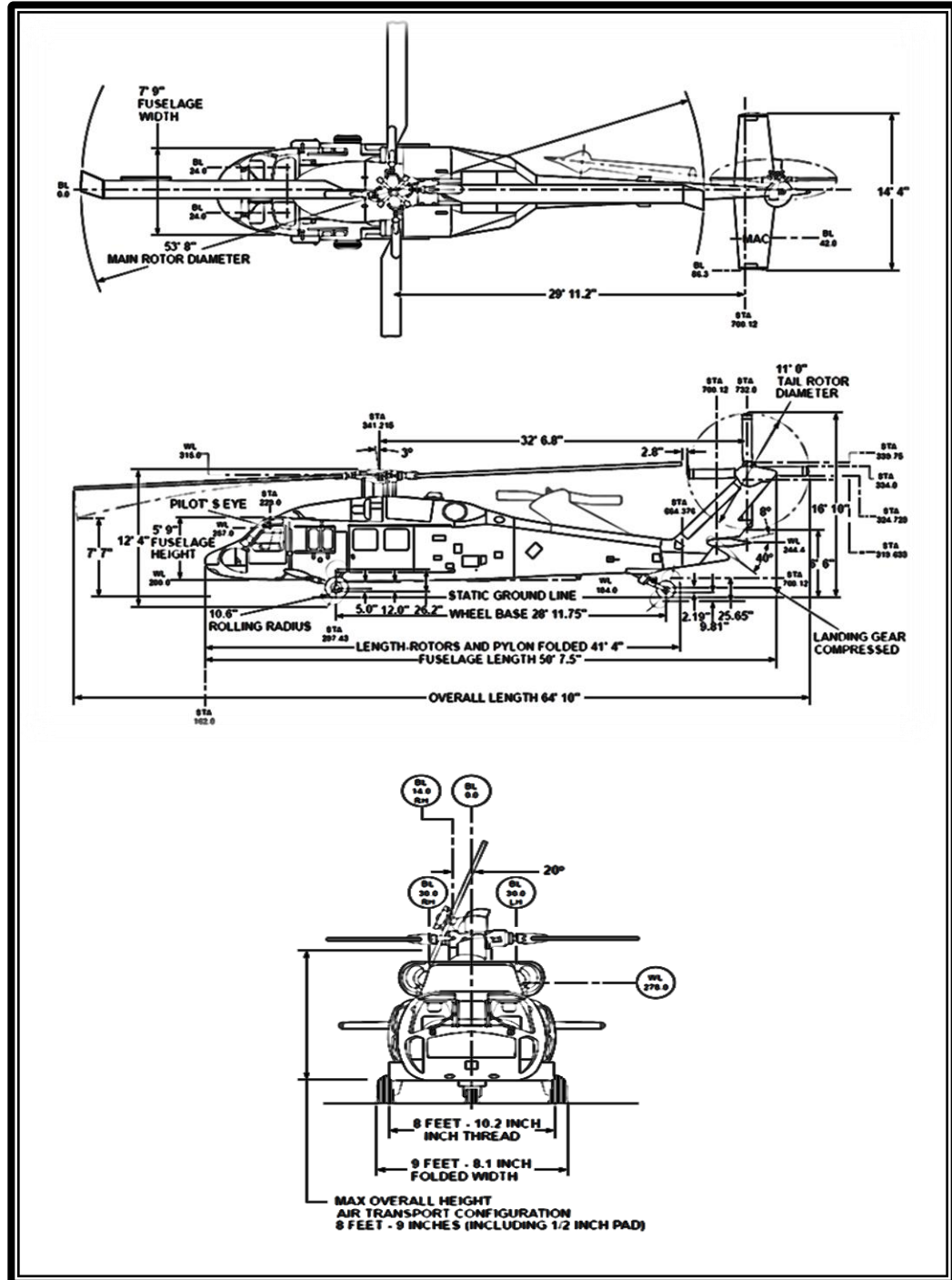
Motores	2, T700-GE-701C
Peso máximo	22000 lbs
Velocidad máxima	151 kts
Techo máximo	10520 ft
Rango máximo	276 nm

**Fuente: Sikorsky**

<sup>2</sup><http://www.sikorsky.com/Products/Product+Details/Model+Family+Details?provcmid=bfa955f4a9d98110VgnVCM1000001382000aRCRD&mofvcmid=57aaebb600e98110VgnVCM1000001382000aRCRD&mofid=47aaebb600e98110VgnVCM1000001382000a>

Las dimensiones del helicóptero UH-60L se pueden observar en la figura 3.

Figura 3. Dimensiones helicóptero UH-60L



Fuente: TM 1-1520-237-10

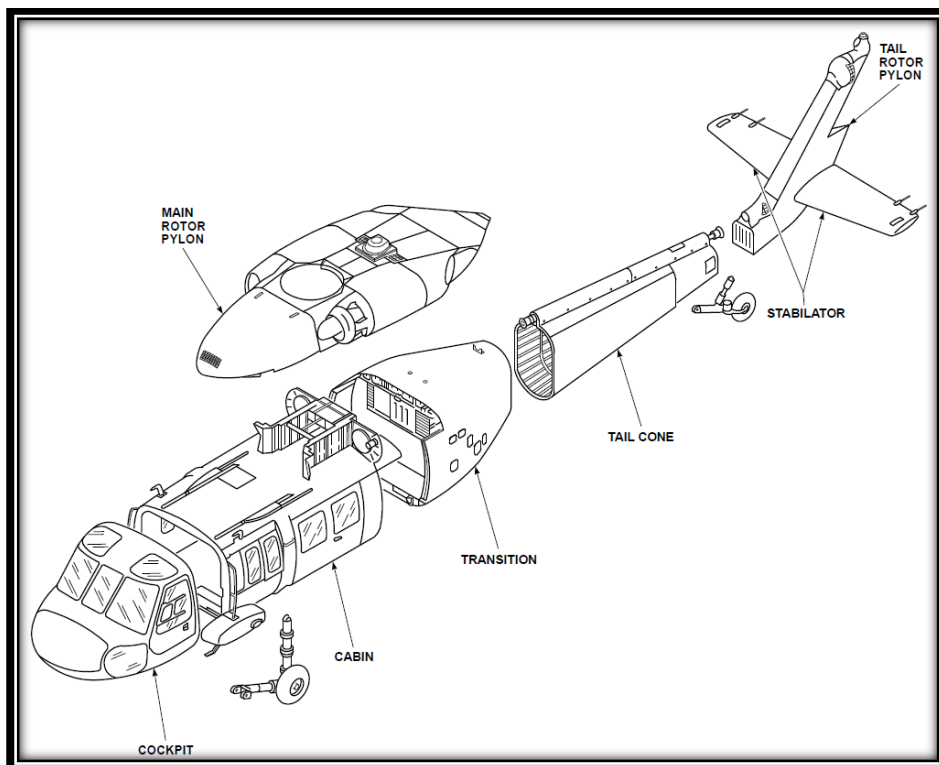
### 1.2.1 Estructura

Fuselaje de tipo semi-monocoque, con elementos estructurales primarios contruidos de aleación de aluminio. Materiales compuestos como fibra de vidrio y Kevlar, son empleados en carenajes y cubiertas; mientras que el acero y el titanio se utilizan en las paredes de fuego y sujetadores.<sup>3</sup>

La estructura del helicóptero se divide en 6 secciones:

- Sección Nariz
- Cabina principal
- Sección de transición
- Cono de cola
- Pylon Rotor de cola
- Pylon Rotor principal

**Figura 4. Secciones helicóptero UH-60L**



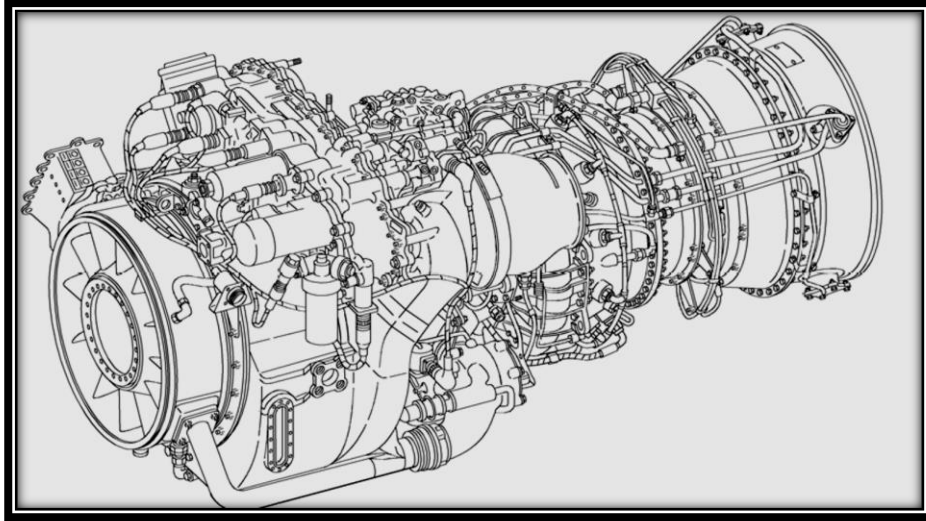
**Fuente: TM 1-1520-237-10**

<sup>3</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Army Model UH-60L Helicopter. TM 1-1520-BLACKHAWK. Estados Unidos: 2013.

### 1.2.2 Planta Motriz

La planta de potencia está compuesta por dos motores turbosje General Electric T700-GE-701C. Cada uno suministra una potencia de 1800 SHP (shaft horse power) a 20.900 rpm.<sup>4</sup>

**Figura 5. Motor T700-GE-701C**



**Fuente: EM 0271**

### 1.2.3 Rotor principal

La función principal de este sistema es generar las fuerzas de sustentación y empuje necesarias para el desplazamiento vertical, longitudinal y lateral del helicóptero.

El sistema de rotor principal del helicóptero UH-60L, de tipo full articulado, consiste de un conjunto central y 4 palas fabricadas en material compuesto titanio/fibra de vidrio. Su diámetro es de 53 pies, 8 pulgadas. La velocidad de rotación de este conjunto es de 258 RPM

---

<sup>4</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Engine Turboshaft T700-GE-701C. TM 1-2840-248-23&P-1. Estados Unidos. 2010.

### 1.2.4 Rotor de cola

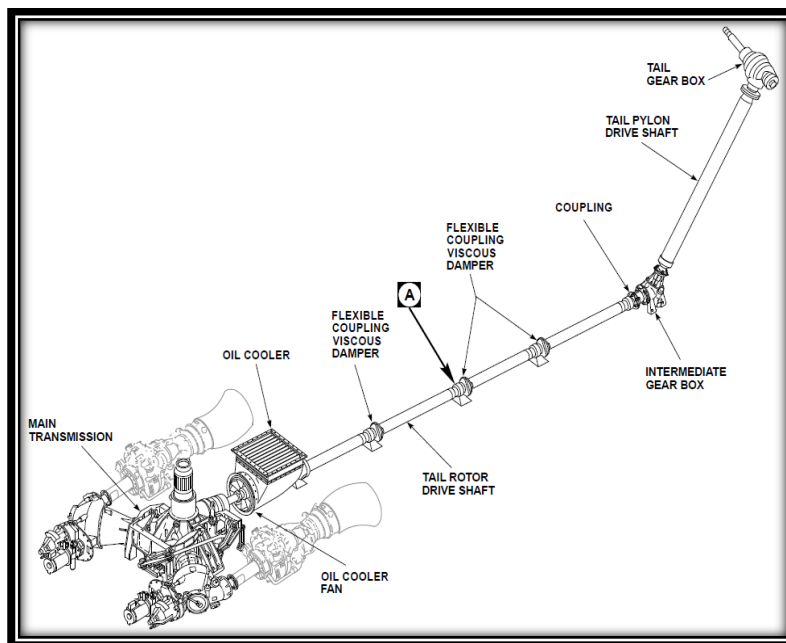
Es el encargado de brindar control direccional contrarrestando el torque generado por el rotor principal.

El rotor de cola del helicóptero UH-60L consiste de dos vigas entre cruzadas, conformando 4 palas, construidas en material grafito y cubiertas de fibra de vidrio para así formar la superficie aerodinámica. Este rotor gira 1190 RPM.<sup>5</sup>

### 1.2.5 Sistema de transmisión

Este sistema es el encargado de transferir el torque generado por el motor hacia el rotor principal y el rotor de cola. El sistema consta de una transmisión principal, una caja de engranajes intermedia, caja de engranajes del rotor de cola y los respectivos ejes conductores.<sup>6</sup>

**Figura 6. Sistema de transmisión helicóptero UH-60L**



**Fuente: EM 0013**

<sup>5</sup> UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION. SIKORSKY S-70 Helicopter Description. Estados Unidos: 1996. p. 6.

<sup>6</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Army Model UH-60L Helicopter. TM 1-1520-BLACKHAWK. Estados Unidos. 2013.

### **1.2.6 Sistema de combustible**

Este sistema consiste de dos celdas intercambiables, bombas impulsadas por los motores, bombas tipo succión y las respectivas líneas. El objetivo de este sistema es proveer combustible a ambos motores y a la unidad de potencia auxiliar en las distintas condiciones de vuelo. La capacidad total de combustible es de 359.7 galones.<sup>7</sup>

### **1.2.7 Sistema hidráulico**

El sistema hidráulico suministra entre 3000 y 3100 psi de presión hidráulica para operar los servos principales, los servos del rotor de cola y los servos de asistencia del piloto.

Este modelo de helicóptero tiene tres sistemas hidráulicos; dos principales y uno de respaldo. Las bombas de los sistemas principales son accionadas por la transmisión principal y la bomba de respaldo es accionada de manera eléctrica por la unidad de potencia auxiliar o por los generadores principales.<sup>8</sup>

### **1.2.8 Sistema eléctrico**

La potencia eléctrica AC es suministrada por dos generadores AC ubicados en la transmisión principal y un generador ubicado en la unidad auxiliar de potencia. El sistema está diseñado para operar todos los sistemas esenciales de vuelo y de operación, con un solo generador en servicio.

Por otro lado, el sistema eléctrico DC consiste de dos convertidores trifásicos y una batería de níquel cadmio. Los convertidores operan a 115/200 vac, 400 hz y 200 amperios.<sup>9</sup>

---

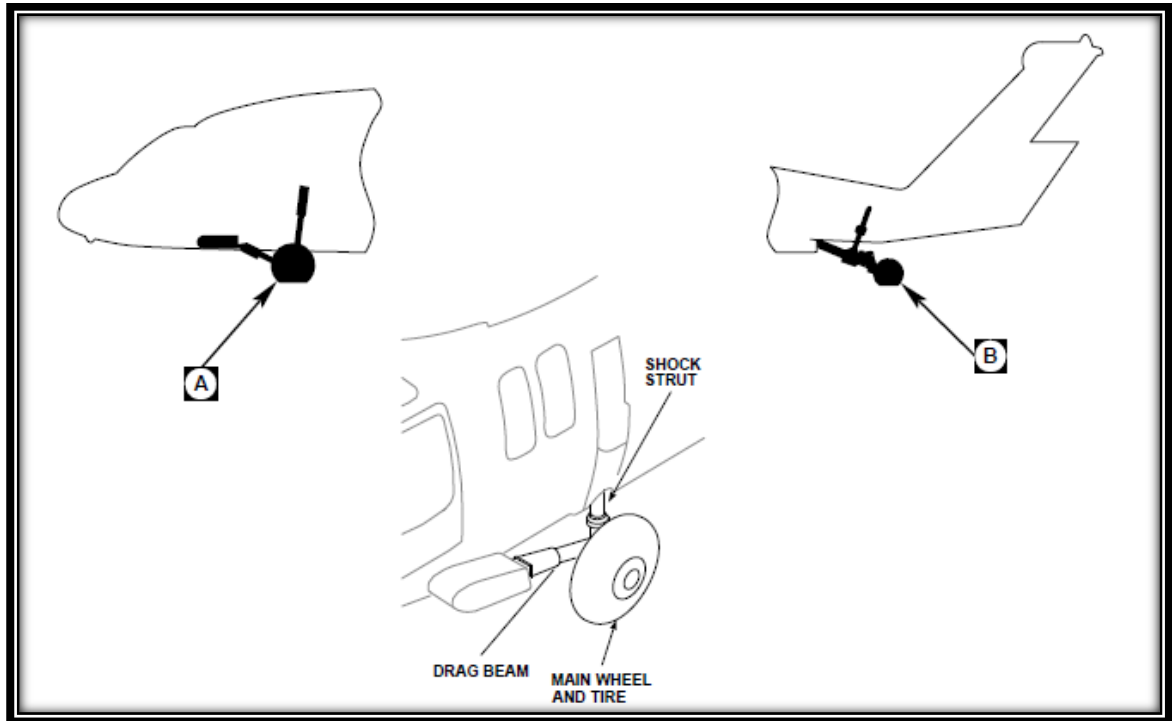
<sup>7</sup> UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION. SIKORSKY S-70 Helicopter Description. Estados Unidos. 1996. p. 14.

<sup>8</sup> Ibid, p. 16.

<sup>9</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Army Model UH-60L Helicopter. TM 1-1520-BLACKHAWK. Estados Unidos. 2013.



**Figura 8. Tren de aterrizaje**



**Fuente: EM 0013**

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

PAE inició la labor de asesoramiento técnico y administrativo en las actividades de mantenimiento, logística, operación, compras y entrenamiento del programa de aviación de la Policía Nacional de Colombia (ARAVI) a mediados del mes de Enero del año 2013 bajo parámetros establecidos por compañías antecesoras, sin contar con un programa de mantenimiento elaborado por la misma compañía, que permita el desarrollo eficaz, la estandarización y medición de las respectivas tareas de mantenimiento de la flota de helicópteros UH-60L, adicionalmente, cabe mencionar que PAE es una compañía nueva incursionando en el campo de servicios y/o asesoramiento de mantenimiento aeronáutico en Colombia, lo cual representa la necesidad de conocer y entender el medio y la normatividad aeronáutica colombiana.

Con base en lo anterior, surge la necesidad de proponer una estructuración al plan de mantenimiento de la flota de helicópteros UH-60L dirigida al mejoramiento y estandarización de los procesos de mantenimiento; considerando los lineamientos y objetivos de la compañía, es decir: costos, perfil de personal y disponibilidad de aeronaves, enmarcado en los requisitos establecidos por la autoridad aeronáutica Colombiana en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia y la casa fabricante en sus manuales de mantenimiento.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

Estructurar el plan de mantenimiento para la flota de Helicópteros UH-60L en la compañía PAE teniendo en cuenta los requerimientos exigidos por la casa fabricante y la normatividad aeronáutica colombiana; garantizando la condición aeronavegable de las aeronaves y una alta disponibilidad de las mismas.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Recopilar, analizar y clasificar la información técnica necesaria para el mantenimiento de la flota de helicópteros UH-60L.
- Proponer un organigrama para el área de mantenimiento, indicando los cargos y funciones del personal involucrado.
- Establecer el perfil profesional del personal administrativo y técnico implicado en el mantenimiento de la flota de helicópteros UH-60L.
- Organizar grupos de tareas de mantenimiento por tipo y frecuencias, teniendo en cuenta la información técnica del fabricante.

- Elaborar el plan de mantenimiento que indique los procedimientos e inspecciones que deben ejecutarse a los helicópteros UH-60L.
- Proponer indicadores de gestión que permitan la medición del rendimiento del departamento de mantenimiento.

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Planteando la situación de ser PAE una compañía nueva en el campo de asesoramiento y mantenimiento aeronáutico en Colombia, genera una serie de reorganización a nivel interno de la compañía, en lo que se refiere, entre muchas cosas, al acoplamiento y disposición de la normativa colombiana con respecto a la aeronáutica y la revisión de los procesos que se venían realizando por parte de empresas anteriores en cuanto al apoyo técnico para las flotas de helicópteros UH-60L de la Policía Nacional de Colombia; lo cual es fundamental para desarrollar las actividades por la que la misma fue contratada.

Entre las muchas intervenciones que debe realizar la compañía, es primordial contar con un plan de mantenimiento adecuado, enfocado en mantener la condición aeronavegable de los helicópteros UH-60L; esto es, debido a que este tipo de máquinas, gracias a sus características técnicas y funcionales, hacen que representen una ficha importante en las operaciones dirigidas al plan Colombia.

La estructuración de un plan de mantenimiento para la flota de helicópteros UH-60L, se justifica en la medida que propone un conjunto de herramientas enfocadas en mejorar la programación, calidad y eficacia en lo que se refiere a las actividades de mantenimiento de dicha flota; estableciendo los requisitos mínimos del personal, pautas para el control de repuestos, herramientas especiales y demás que sean necesarias, para así obtener un índice de disponibilidad de aeronaves operativas del 75%. Esto fundamentado en los parámetros descritos por la casa fabricante y en normas aeronáuticas Colombianas.

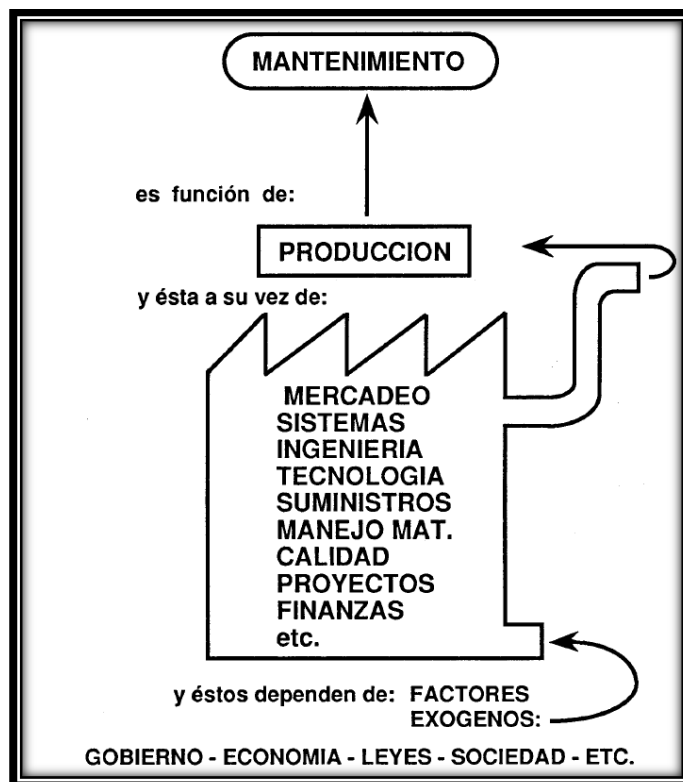
## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 MANTENIMIENTO

Es definido como una actividad científica cuyo desarrollo es encaminado a poner o restablecer un bien a un estado específico que le permita asegurar un servicio determinado.<sup>10</sup>

Esta ciencia debe ser entendida como un proceso organizacional que constituye una labor estructurada por criterios gerenciales, logísticos y funcionales, que exige la disposición interdisciplinaria por parte de todos los componentes que conforman a una empresa, teniendo como objetivo mantener la condición operativa de las máquinas y retardar su deterioro

**Figura 9. Relación entre mantenimiento y otras dependencias**



**Fuente: Revista universidad EAFIT**

<sup>10</sup> BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2013. p. 15.

Así un sistema de mantenimiento requiere de la aplicación e integración de las siguientes fases:

- Planeación: En esta fase se busca planear y coordinar las actividades de mantenimiento de tal forma que se obtenga los objetivos propuestos. Procediendo en forma rápida y económica evitando afectar el proceso productivo de la máquina.
- Dirección: Es la encargada de conducir la correcta ejecución y realización de las tareas establecidas en la planeación, empleando herramientas que integren la organización.
- Gestión: Es la evaluación del trabajo realizado, comparando los objetivos con los resultados obtenidos; en esta fase se establecen los estándares a cumplir y el sistema de obtención de información, además, se realiza la interpretación y análisis de los resultados obtenidos y la respectiva toma de acciones correctivas.<sup>11</sup>

### **2.1.1 Mantenimiento correctivo**

Esta metodología de gestión del mantenimiento, es aquella que se ejecuta una vez el equipo ha dejado de prestar su función en forma definitiva. El principal requisito para el óptimo desarrollo de este tipo de mantenimiento es tener un amplio conocimiento del equipo y sus partes, que permita un diagnóstico acertado y una reparación eficaz.

El desarrollo de este tipo de mantenimiento conlleva desventajas económicas y técnicas, como son paradas imprevistas, posibles reparaciones defectuosas, altos stocks de repuestos, daños mayores.

---

<sup>11</sup> BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS, 2013. p. 32.

Con base a lo anterior, el mantenimiento correctivo es justificable siempre y cuando este no genere costos excesivos y no afecte drásticamente el proceso de producción; así mismo para su justificación es importante tener en cuenta información referente a la Criticidad del equipo, obsolescencia del equipo, redundancia del equipo y el costo de un equipo nuevo.<sup>12</sup>

### **2.1.2 Mantenimiento preventivo**

Más que una técnica específica de mantenimiento, es una filosofía que comienza desde el diseño de la máquina, en donde se tiene en cuenta conceptos de mantenibilidad, confiabilidad, duración y cuidados de cada una de las partes que componen la maquina en estudio.<sup>13</sup>

El mantenimiento preventivo es una filosofía de mantenimiento, que consiste en la prevención de fallas en las maquinas mediante tareas de inspección, ajuste, lubricación y limpieza, ejecutadas de forma periódica y coordinada en los componentes de la misma, cuyo objetivo es descubrir posibles defectos que puedan ocasionar paradas repentinas o daños mayores en la máquina.

Algunas de las ventajas del mantenimiento preventivo frente al mantenimiento correctivo son:

- Reducción de la frecuencia de las fallas prematuras.
- El método de inspecciones ayudan a reducir la severidad de la falla y el posible efecto en los otros componentes del equipo.
- Permite vigilar la degradación gradual de un parámetro del equipo como síntoma de un posible del mismo.
- Reducción de los costos directos e indirectos de mantenimiento.

---

<sup>12</sup> GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: UIS, 2013. p. 19.

<sup>13</sup> *Ibíd*, p 2.

### 2.1.2.1 Mantenimiento basado en condición

La esencia del mantenimiento basado en condición es la detección del síntoma o de los signos que preceden la ocurrencia de la falla, centrándose en la medición de uno o varios parámetros que indiquen un deterioro o una degradación en el rendimiento funcional de equipo.

Estas mediciones pueden relacionarse directamente con la operación del equipo (vibración, temperatura, contaminantes en el aceite), o pueden ser una medida sustituta de la operación del equipo (calidad del producto, patrones de desgaste, entre otros).<sup>14</sup>

**Tabla 2. Formas de inspección y monitoreo de equipos**

CATEGORÍA	TECNOLOGÍA
MONITOREO DE CONDICIÓN DE EQUIPOS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Análisis de vibraciones</li><li>• Ultrasonido</li><li>• Análisis de aceites</li><li>• Espectrometría</li><li>• Tintas penetrantes</li><li>• Ultrasonido</li><li>• Termografía</li></ul>
MONITOREO OPERACIÓN DEL EQUIPO, CON INSTRUMENTOS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Voltímetros</li><li>• Manómetros</li><li>• Velocímetros</li></ul>
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO	<ul style="list-style-type: none"><li>• Control estadístico de procesos</li></ul>
INSPECCIÓN CON LOS SENTIDOS.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ojos, oídos, olfato, tacto.</li></ul>

**Fuente: González**

<sup>14</sup> DUFFUAA, Salih; RAOUF, A. y CAMPBELL, John. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México: Limusa, 2000. p. 81.

La información se puede obtener de maneras diferentes, es importante seleccionar la más adecuada teniendo en cuenta el contexto operacional de la máquina y la factibilidad técnico-económica.

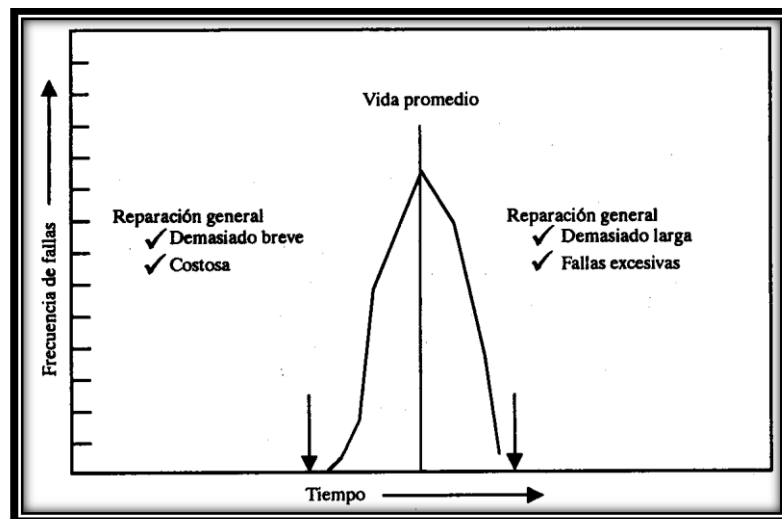
Esta técnica es aplicable cuando los equipos debido a su complejidad no siguen una tasa de falla constante, o si el equipo afecta la seguridad, la producción y los costos de forma considerable.

### 2.1.2.2 Mantenimiento basado en tiempo

Esta metodología consiste en ejecutar las tareas de mantenimiento a frecuencias preestablecidas (tiempo de operación, tiempo calendario, cantidades de producción, etc.), manteniendo al equipo en el estado en que pueda continuar realizando la función para la cual fue diseñado.

La eficacia de esta metodología depende de la determinación correcta del tiempo medio entre fallas o de la vida útil de equipo.<sup>15</sup>

**Figura 10. Reparación basada en el tiempo**



**Fuente: Duffaa**

<sup>15</sup> DUFFUAA, Salih; RAOUF, A. y CAMPBELL, John. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México: Limusa, 2000. p. 80.

## 2.2 MANTENIMIENTO AERONÁUTICO

Se entiende por mantenimiento aeronáutico, todas aquellas actividades de Inspección, reparación, conservación, cambio de partes, lubricación, entre otras; destinadas a conservar la condición AERONAVEGABLE de una aeronave y/o los componentes de ella. La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – AEROCIVIL- define aeronavegabilidad como la aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para desarrollar el vuelo en condiciones de operación segura.

Indicando que la aeronave debe:

- Cumplir con un certificado tipo.
- Existir seguridad o integridad física, incluyendo partes, componentes y subsistemas, y sus características de empleo.
- Tener una operación efectiva en cuanto al uso (corrosión, rotura, pérdida de fluidos etc.<sup>16</sup>

Lo anterior indica claramente que la seguridad en aviación recae fuertemente en el mantenimiento; hechos históricos así lo demuestran, el 80%<sup>17</sup> de los accidentes e incidentes aéreos se presentan cuando el mantenimiento de la aeronave no se es ejecutado correctamente, ya sea nivel gerencial u operativo.

Hoy en día, el departamento de mantenimiento de una empresa de aviación ha incrementado su capacidad y responsabilidades, donde se integran elementos de planeación, programación, ejecución, costos y productividad de las aeronaves, diseñando y ejecutando su respectivo plan de mantenimiento enfocado hacia mantener la seguridad y confiabilidad de la aeronaves cumpliendo con la reglamentación de la respectiva autoridad y las especificaciones del fabricante, teniendo en cuenta variables operacionales, como son características de las

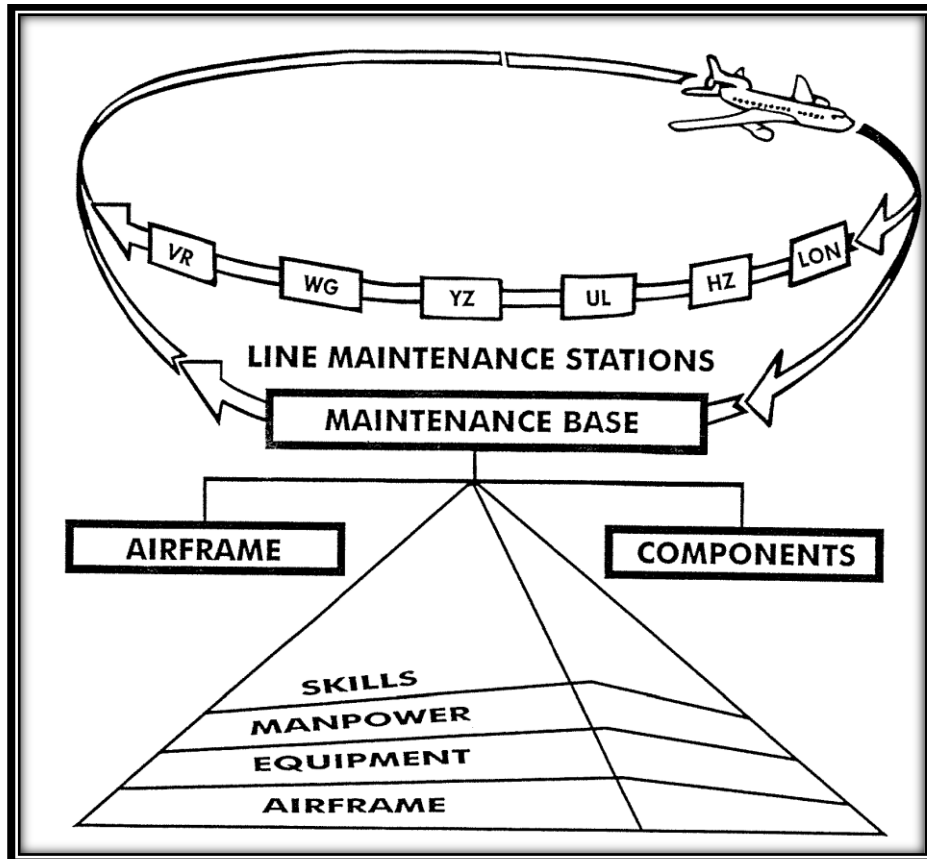
---

<sup>16</sup> REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. RAC1-Disposiciones iniciales, definiciones y abreviaturas. Bogotá. 2013.

<sup>17</sup> FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Aviation Maintenance Technician Handbook-addendum Human Factors. Estados Unidos. 2011. p. 28.

aeronaves, duración de los vuelos, condiciones ambientales y climáticas de la operación.<sup>18</sup>

**Figura 11. Elementos del mantenimiento aeronáutico**



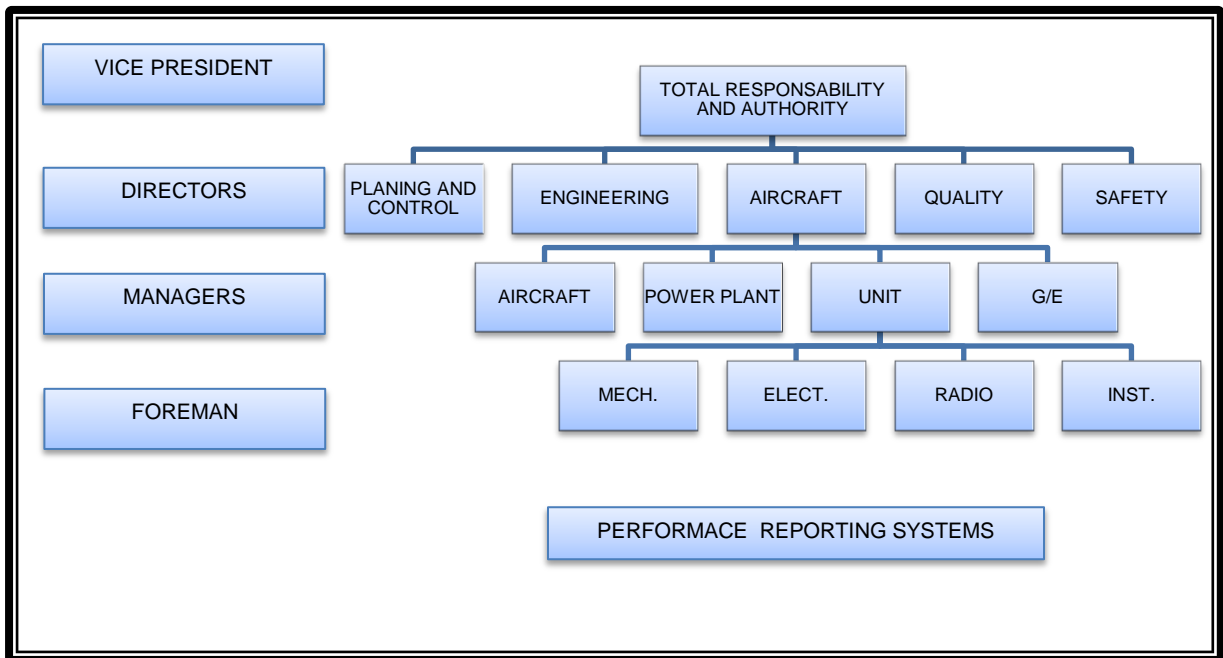
**Fuente: Aubin**

### **2.2.1 Estructura organizacional**

La estructura organizacional del área de mantenimiento que pretenda efectuar tareas de mantenimiento, alteración e inspección a aeronaves, está formada en función del cumplimiento de la regulación aplicable, la cual establece tres niveles organizacionales:

<sup>18</sup> AUBIN BRUCE. Aircraft Maintenance-The Art and Science of keeping Aircraft Safe. Estados Unidos: SAE, 2004. p. 14.

**Figura 12. Diagrama Organizacional**



**Fuente: Aubin<sup>19</sup>**

Un primer nivel el cual es conformado por el personal técnico e inspectores, quienes son los responsables de realizar el trabajo básico en la organización de mantenimiento.

El nivel medio, conformado por supervisores, jefes y gerentes de área o departamento. Estas personas organizan, controlan, y supervisan las labores realizadas por el grupo de personas del primer nivel; adicionalmente proveen los recursos para el cumplimiento de la función del nivel 1.

Por último, en lo más alto de la pirámide, se encuentra el nivel 3, el cual es conformado por el líder de mantenimiento, quien tiene la responsabilidad y autoridad sobre todo el área de mantenimiento, además de proveer liderazgo,

<sup>19</sup> AUBIN BRUCE. Aircraft Maintenance-The Art and Science of keeping Aircraft Safe. Estados Unidos: SAE, 2004. p. 19.

gerenciamiento financiero, direccionamiento gerencial, establecimiento de objetivos y preparar a la organización para el futuro.<sup>20</sup>

Por otro lado estructura técnica se divide en cinco grupos que son planeación y control de producción, ingeniería, mantenimiento, calidad y seguridad.

La estructura y nivel organizacional es determinado por el tamaño y la complejidad o el nivel de mantenimiento que la empresa de mantenimiento posee. No obstante a lo anterior, en dicha empresa como mínimo debe existir gerente general, director de mantenimiento, un jefe de mantenimiento y un jefe de inspectores o jefe de control calidad.<sup>21</sup>

### **2.2.2 Mantenimiento línea**

Mantenimiento línea es aquel que se presta a una aeronave para que pueda continuar en vuelo antes de realizar el mismo, este comprende aprovisionamiento de fluidos y la corrección de defectos anotados por el piloto que no requieran reparaciones, pero si el cambio de componentes menores y accesorios; en determinados casos puede incluir cambio de motores y ciertas etapas de servicios de mantenimiento incluidos dentro del plan de mantenimiento.<sup>22</sup>

Este mantenimiento se puede realizar tanto en plataforma o dentro de un hangar, ya que para la mayoría de las tareas que lo componen no se necesita de herramientas o instalaciones especiales.

---

<sup>20</sup> AUBIN BRUCE. Aircraft Maintenance-The Art and Science of keeping Aircraft Safe. Estados Unidos: SAE, 2004. p. 20

<sup>21</sup> REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. RAC4-Normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves. Bogotá. 2013.

<sup>22</sup> REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. RAC1-Disposiciones iniciales, definiciones y abreviaturas. Bogotá. 2013.

### **2.2.3 Mantenimiento base**

Actividades de mantenimiento programadas y no programadas que solo pueden ejecutarse una vez la aeronave ha sido removida de operación. Entre estas actividades encontramos:

- Mantenimientos mayores.
- Modificaciones y/o reparaciones mayores que requieran el uso de un hangar y sus equipos.
- Actividades de mantenimiento que requieren para su ejecución un tiempo prolongado.

Debido a la magnitud de los trabajos, es importante el desarrollo de una buena planeación de mantenimiento, definiendo esta como a la micro-planeación en gran detalle del mantenimiento de la aeronave y sus componentes en donde se debe tener en cuenta aspectos de producción (proceso), manejo de materiales y sus respectivos costos; así mismo el proceso de programación del mantenimiento, es decir, la macro-planeación de los eventos (tareas) del mantenimiento de la aeronave, debe responder eficazmente a las preguntas Que, Como y Cuando.<sup>23</sup>

### **2.2.4 Mantenimiento de componentes**

La función de mantenimiento de componentes y accesorios es proveer soporte al mantenimiento línea y base, ejecutando mantenimiento mayor, reparaciones y calibración a los distintos componentes que hacen parte de los sistemas y subsistemas de la aeronave. Algunos de los talleres son, aviónica, eléctricos, hidráulicos, pinturas, maquinarias, soldaduras, estructuras e interiores.

Los talleres de mantenimiento de componentes deben contar con el mismo manejo administrativo y control de registros como el efectuado sobre el

---

<sup>23</sup> AUBIN BRUCE. Aircraft Maintenance-The Art and Science of keeping Aircraft Safe. Estados Unidos: SAE, 2004. p. 41.

mantenimiento de aeronaves, así mismo debe cumplir con los requisitos regulatorios respectivos.

#### **2.2.4.1 Limitaciones de aeronavegabilidad de componentes**

Los componentes, al igual que las aeronaves, deben ser mantenidos de acuerdo a las especificaciones brindadas por los fabricantes en sus manuales de mantenimiento y las regulaciones aplicables.

Algunos componentes, a raíz de su criticidad para el sistema del cual hacen parte y/o características de fabricación deben ser removidos de servicio o llevados a mantenimiento mayor a intervalos de tiempo, horas de vuelo o ciclos determinados.

Para el control de estos componentes es importante conocer los siguientes términos.

- Vida límite: Es el máximo intervalo de tiempo calendario, horas de vuelo o ciclos desde nuevo que el componente puede estar en uso; una vez terminado dicho intervalo el componente debe ser removido de servicio y destruido.
- Por condición: Componentes cuya condición de aeronavegabilidad es determinada por inspecciones programadas.
- Tiempo entre overhaul: Es el máximo intervalo de uso desde nuevo o desde el último overhaul que un componente puede ser utilizado antes de ser removido de servicio y ser enviado a reparación mayor.

Es de anotar, que el programa de mantenimiento de la aeronave debe tener en cuenta los componentes que posean alguna limitación de aeronavegabilidad, puesto que su no inclusión afectaría la programación de mantenimiento y condición aeronavegable de la aeronave.

## **2.3 MANTENIMIENTO AERONÁUTICO MILITAR**

El principal propósito del mantenimiento aeronáutico en su rama militar es el de proveer y mantener disponibles la mayor cantidad de aeronaves en condición operacional para el soporte táctico en batalla, minimizando el consumo de recursos económicos, de personal y logísticos.

Las operaciones aéreas militares se ejecutan en su mayoría en áreas apartadas y hostiles, razón por la cual es prescindible y fundamental contar con un departamento y programa de mantenimiento integral para el sostenimiento de las aeronaves, sus sistemas y todo el equipo de apoyo; entendiendo que un buen programa de mantenimiento establecido y gestionado aumenta la disponibilidad de las aeronaves.

Las responsabilidades del área de mantenimiento son:

- Proveer aeronaves seguras, confiables y capaces de completar la misión.
- Mantener y/o restablecer las aeronaves en su condición operacional y
- Realizar mejoras y modificaciones a las aeronaves y sus componentes.<sup>24</sup>

### **2.3.1 Niveles de mantenimiento**

El mantenimiento militar aeronáutico se encuentra dividido en 3 niveles, que son:

- Mantenimiento AVUM: Son todas aquellas actividades de mantenimiento de alta frecuencia efectuadas en la aeronave, requeridas para retornar la misma y sus sistemas a su condición de servicio óptimo. Entre estas tareas encontramos mantenimiento preventivo, reaprovisionamiento de fluidos, ajustes menores y reemplazo de componentes.

---

<sup>24</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Army Aviation Maintenance TC 3-04.7. Estados Unidos. 2010. p.1-3.

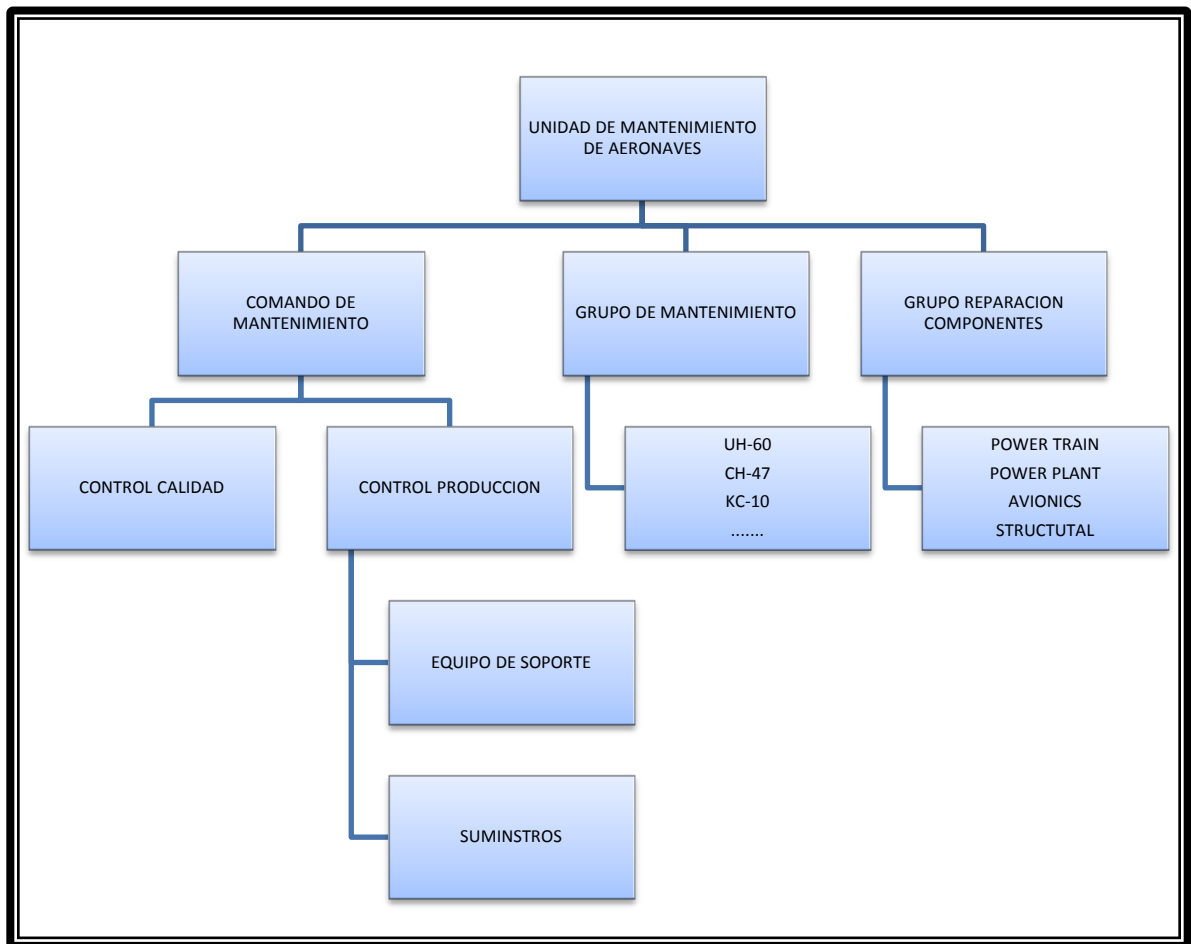
- **Mantenimiento AVIM:** Son trabajos de mantenimiento que se ejecutan cuando la aeronave se encuentra fuera de operación o no esta programada para vuelo; en este nivel se encuentran tareas de reparación de componentes, cazafallas, pruebas de diagnóstico, ajustes, calibraciones, inspecciones especiales, pesos y balance de aeronaves y todas las tareas de mantenimiento que no sean posibles cumplir bajo mantenimiento AVUM, siempre y cuando se tenga a disposición la mano de obra calificada, herramientas, equipos e instalaciones adecuadas.
- **Mantenimiento DEPOT:** Actividad de mantenimiento mayor, cuyo objetivo es restaurar a la aeronave o un componente a su condición de servicio.

### **2.3.2 Organización y funciones**

La estructura organizacional de una unidad de mantenimiento militar se conforma por tres grupos operacionales. El comando de mantenimiento es el encargado de desarrollar funciones administrativas de mantenimiento, de información, de seguridad y abastecimiento. Este grupo se encuentra dividido en dos secciones, de los cuales una es la sección de control y calidad quienes son los encargados de hacer cumplir las normas de calidad en las actividades de mantenimiento, y la sección de control producción cuya función es la de administrar la producción de mantenimiento; es decir:

- Recepción y procesamiento de órdenes de trabajo.
- Coordinar y programar las actividades de mantenimiento en las aeronaves y talleres
- Coordina inspecciones y vuelos de prueba.
- Mantiene información actualizada acerca de la condición técnica de la aeronave y el avance del proceso de mantenimiento.

**Figura 13. Diagrama Organizacional unidad mantenimiento militar**



**Fuente: TC 3-04.7**

En la sección de control producción encontramos el área de equipo de soporte la cual es la encargada de administrar el cuarto de herramientas, los equipos de prueba y medición (Ej. torquímetros) y el equipo de soporte en tierra (Ej. unidades de potencia auxiliar)

El área de suministros, que hace parte de la sección de control producción, es la delegada para la obtención, almacenamiento y movimiento (entradas y salidas) de partes y herramientas especiales.

Los otros dos grupos que hacen parte de la unidad de mantenimiento de aeronaves, son el grupo de mantenimiento y el grupo de reparación de componentes

El primero es el encargado de proveer mantenimiento programado y no programado, incluyendo cazafallas, reemplazo de partes, mantenimientos mayores y modificaciones a los modelos de aeronaves con los que cuenta la unidad. El grupo de reparación de componentes, como su nombre lo indica es el encargado de reparar los componentes que hacen parte de cada uno de los sistemas de la aeronave como son, sistema hidráulico, sistema neumático, motores, aviónica, entre otros.<sup>25</sup>

### **2.3.3 Mantenimiento preventivo de aeronaves militares**

El mantenimiento preventivo de aeronaves militares consiste de una serie de servicios, verificaciones e inspecciones repetitivas a intervalos previamente determinados enfocados a mantener la condición operacional de la aeronave. El programa está diseñado para proveer una examinación sistemática de la aeronave, sus sistemas y componentes durante su ciclo de vida; esto mediante métodos de inspección.

A lo largo del desarrollo de la aviación militar y el surgimiento de nuevos tipos de aeronaves, se han implementado distintos tipos métodos de inspección, como son; Mantenimiento fase (PM), Mantenimiento fase progresivo (PPM) y mantenimiento periódico (PE).<sup>26</sup>

---

<sup>25</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Army Aviation Maintenance TC 3-04.7. Estados Unidos. 2010. p.2-4.

<sup>26</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aeronautical Equipment maintenance Management Policies and Procedures. TM 1-1500-328-23. Estados Unidos. 2002. p 2-1.

El método de inspección mantenimiento fase (PM) está compuesto por dos inspecciones llamadas mantenimiento preventivo diario (PMD) y Servicio mantenimiento preventivo (PMS), ambas son inspecciones visuales que incluyen comprobaciones operacionales de la aeronave y sus sistemas. La diferencia entre la PMD y la PMS es el intervalo que cada uno se debe cumplir; la PMD se desarrolla después del último vuelo del día y la PMS cada 10 horas de vuelo o 14 días calendario. Es de anotar que los intervalos descritos dependen del tipo de aeronave.

El Método de inspección mantenimiento fase progresivo (PPM) es desarrollado para brindar una mayor flexibilidad en la programación de vuelo de las aeronaves. Este método consiste de dos partes interrelacionadas, la parte 1, es una serie de inspecciones numeradas en el orden en el cual deben cumplirse teniendo en cuenta los intervalos de cumplimiento. La parte 2, es una inspección PMS que debe ser cumplida a intervalos determinados.

El método de inspección mantenimiento periódico (PE) consiste de dos inspecciones denominadas PMS-1 y PMS-2. La inspección PMS-1, es una inspección visual y comprobaciones operacionales que debe cumplirse cada 10 horas de vuelo o 14 días calendario. En cuanto, la inspección PMS-2 es una inspección más profunda de la aeronave y sus sistemas, con intervalos de cumplimiento mayores a los de la PMS-1.

Además de los métodos de inspección anteriormente nombrados, el mantenimiento preventivo de las aeronaves es complementado con una serie de inspecciones especiales específicas para cada tipo de aeronave que dependen de las condiciones ambientales de operación, periodos de inactividad y eventos en vuelo. Algunas de estas inspecciones cuentan con sus propios intervalos de cumplimiento y no necesariamente concuerdan con los intervalos mencionados en los métodos de inspección.

#### **2.3.4 Programa control corrosión**

La Prevención y las reparaciones a causa de la corrosión en las aeronaves y sus sistemas, son una carga cada vez mayor en términos económicos y de seguridad. A diario las aeronaves están expuestas a cambios de temperatura y presión, suciedad, líquidos, ambientes salinos y otros agentes y/o condiciones que originan la presencia de la corrosión.

La corrosión y el medio ambiente son fenómenos naturales que afectan negativamente a las aeronaves y sus componentes; aunque es imposible eliminarlos en su totalidad, sus efectos se pueden minimizar y controlar mediante la implementación de programas para el control y prevención de la corrosión (CPCP).

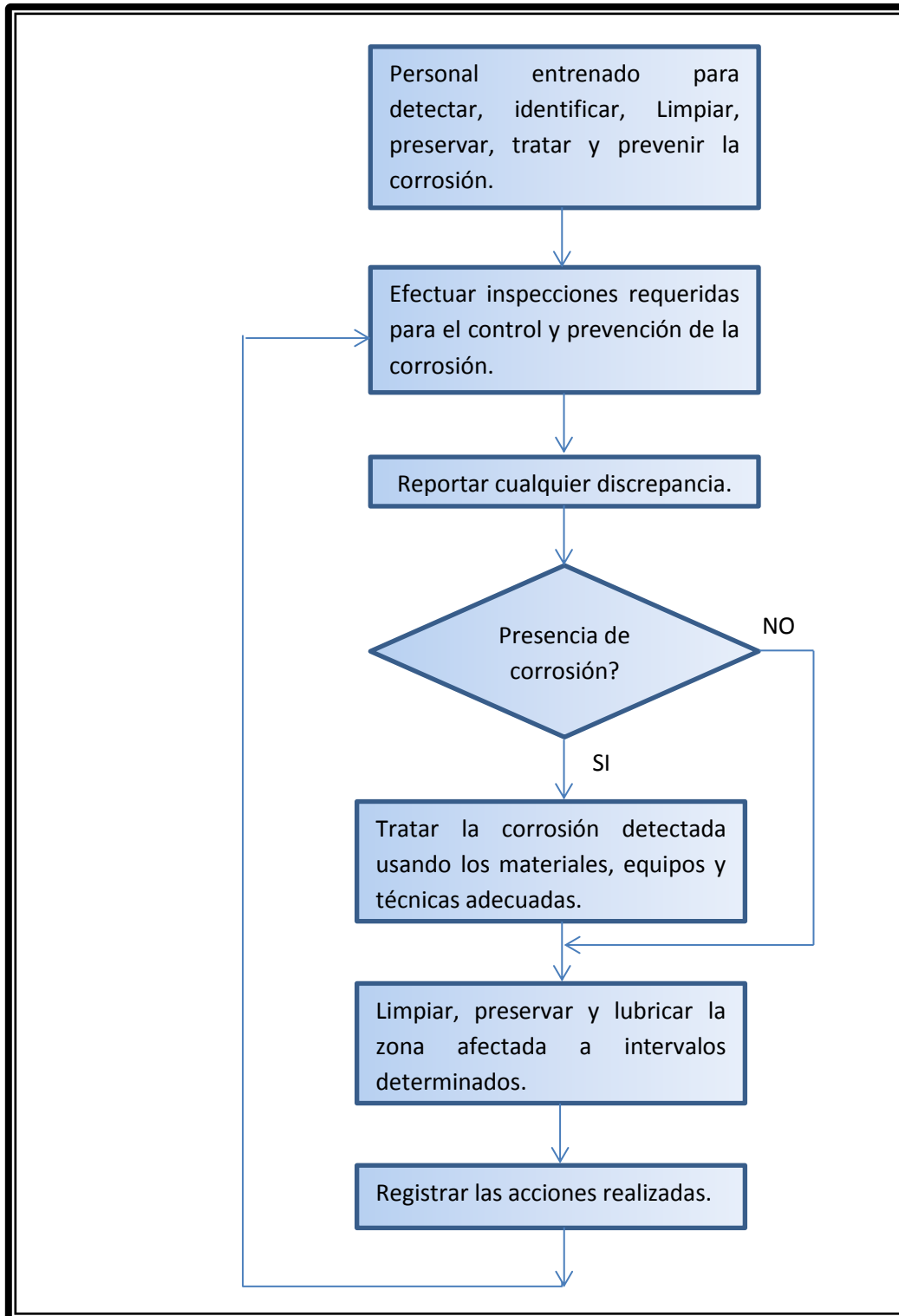
El objetivo de controlar y prevenir la corrosión es el de poder usar un sistema y sus componentes por un periodo de tiempo específico o hasta el máximo tiempo de vida. Bajo esta premisa el programa de control y prevención de la corrosión debe incluir tareas de limpieza, inspección, preservación y lubricación a intervalos específicos, sin olvidar verificaciones a los medios de protección contra la corrosión durante las fases de mantenimiento, permitiendo así una temprana detección y posterior reparación de la parte afectada por la corrosión y evitando un daño mayor.<sup>27</sup>

La figura 14 muestra el procedimiento para implementar el programa de control y prevención de la corrosión.

---

<sup>27</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Cleaning and corrosion control. TM 1-1500-344-1. Estados Unidos. 2005. p 2-1.

**Figura 14. Diagrama de flujo programa CPCP**



**Fuente: US ARMY**

## **2.4 PUBLICACIONES TÉCNICAS AERONÁUTICAS**

En el campo aeronáutico militar y civil, todas las actividades de mantenimiento y operación deben realizarse bajo las instrucciones indicadas por el fabricante en sus publicaciones siendo el fabricante de la aeronave o el de sus componentes la mejor fuente de información.

Las publicaciones deben contener información referente a las características de la aeronave, descripción y operación de los sistemas, prácticas de mantenimiento, tolerancias, intervalos de mantenimiento, información de cazafallas, esquemas estructurales, diagramas eléctricos y listado de partes.

### **2.4.1 Manuales de operación**

#### **2.4.1.1 Manual de vuelo**

Este documento provee las instrucciones y procedimientos requeridos para la operación de la aeronave. Esta publicación contiene información de peso y balance, limitaciones, procedimientos normales, procedimientos de emergencia y rendimiento de la aeronave.

#### **2.4.1.2 Lista de chequeo**

La lista de chequeo contiene, como su nombre lo indica, las verificaciones que deben ser ejecutadas por el o los pilotos, durante las operaciones en condiciones normales (antes y después de cada vuelo) o en emergencia. Esta publicación muestra los procedimientos descritos en el manual de vuelo en una versión condensada.

## **2.4.2 Manuales de mantenimiento**

### **2.4.2.1 Manual de mantenimiento**

El manual de mantenimiento provee la información necesaria para la ejecución de las tareas de mantenimiento y reparación de la aeronave y sus subsistemas. Esto incluye limitaciones de aeronavegabilidad, criterios de inspección y los respectivos procedimientos de mantenimiento, reparación y cazafallas.

### **2.4.2.2 Manual de mantenimiento de componentes**

Esta publicación contiene procedimiento de reparación y overhaul para los componentes y conjuntos que son removidos de la aeronave como lo son: indicadores, equipos de aviónica, rotores, bombas, entre otros.

### **2.4.2.3 Manual de prácticas estándar**

Es un compendio de la información y procedimientos de mantenimiento que son comunes para distintos modelos de aeronaves de un mismo fabricante.

### **2.4.2.4 Catalogo de partes**

Es una lista detallada numérica y gráfica de los conjuntos y partes requeridas para desarrollar las distintas actividades de mantenimiento y reparación de la aeronave. Este manual suministra identificación, cantidad y vendedor de cada conjunto y parte.

#### **2.4.2.5 Manual de reparaciones estructurales**

Este manual contiene información técnica concerniente a la reparación, inspección y criterios para la evaluación de daños de la estructura primaria y secundaria de la aeronave.

### **2.5 PUBLICACIONES TÉCNICAS AERONÁUTICAS MILITARES**

Siendo el helicóptero UH-60L una aeronave tipo militar, las publicaciones utilizadas tanto para la operación como para el mantenimiento de esta aeronave, son emitidas por el ejército de los Estados Unidos.

La siguiente información proporciona descripción general de la diversa documentación emitida por el ejército de los Estados Unidos para administrar operar y mantener las aeronaves a su servicio.

#### **2.5.1 Panfletos**

Los panfletos contienen información de referencia, como es procedimientos, lineamientos y responsabilidades de carácter administrativa para gestión integral de los distintos programas relacionadas con el área de aviación.

#### **2.5.2 Manuales técnicos**

Estas publicaciones ofrecen instrucciones sobre la operación, mantenimiento, reparación, modificación, pruebas, inspección, almacenamiento y catálogo de partes para un tipo de aeronave o sus componentes.

El conjunto de manuales para la operación y mantenimiento del helicóptero UH-60L está conformado de la siguiente forma:

- Operator's manual for UH-60L helicopter.
- Operator's and crewmember's checklist for UH-60L helicopter.
- Un set de 20 tomos que cubren las instrucciones específicas referentes al mantenimiento, inspección y cazafallas del helicóptero UH-60L.
- Un set de 4 tomos, los cuales suministran los requisitos concernientes para cumplir las inspecciones de mantenimiento preventivo del helicóptero UH-60L.
- Un set de 6 tomos, los cuales conforman el catalogo ilustrado de partes.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Army Model UH-60L Helicopter. TM 1-1520-BLACKHAWK. Estados Unidos. 2012.

### **3. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANTENIMIENTO DEL HELICÓPTERO UH-60L EN PAE**

La compañía PAE es la responsable de desarrollar el mantenimiento preventivo, correctivo, alteraciones y modificaciones de la flota de helicópteros UH-60L operada por la Policía Nacional de Colombia, labor que se ha venido realizando con base a la estructura organizacional y procesos establecidos por compañías antecesoras.

#### **3.1 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL**

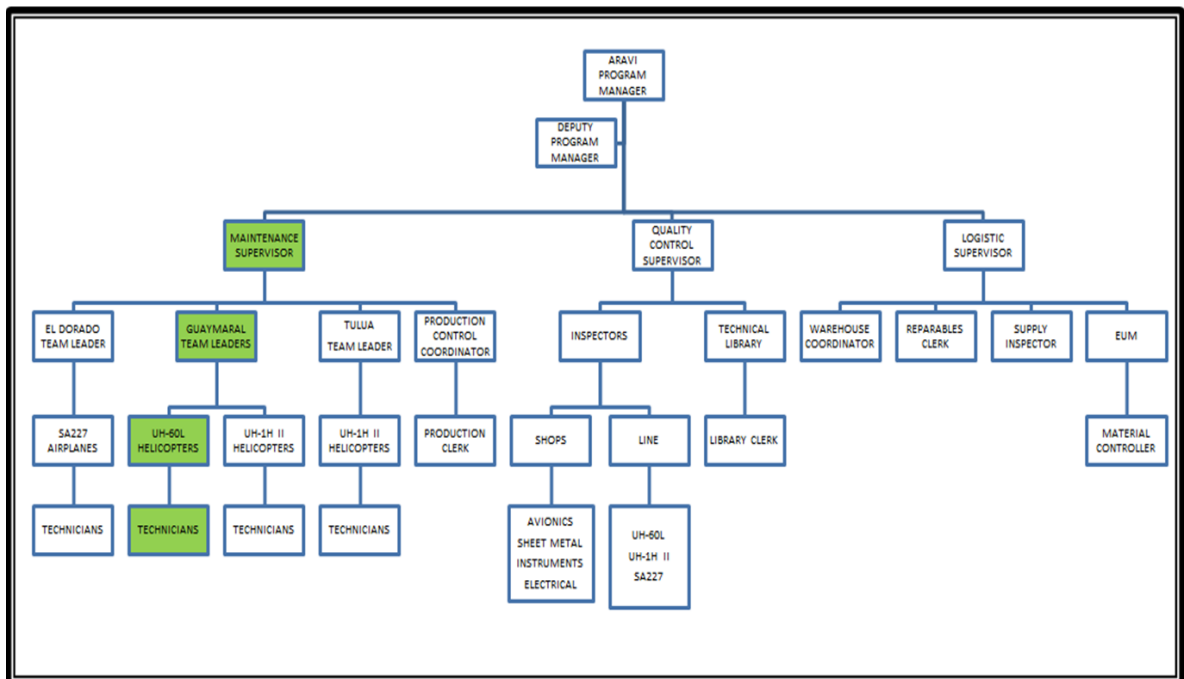
Existen tres grupos involucrados en el proceso de mantenimiento desarrollado por PAE; cada grupo es liderado por un supervisor, quienes a su vez reportan al gerente del proyecto. Ver figura 15.

- Grupo de mantenimiento y control producción. Este grupo es el encargado de ejecutar las actividades de mantenimiento programado y no programado en las aeronaves y así mismo de realizar el respectivo seguimiento y/o coordinación. El grupo está conformado por el líder de equipo de cada base y los respectivos técnicos de línea y especialistas, adicionalmente los encargados de control producción.
- Grupo de control calidad. Es el área encargada de garantizar que se cumplan los procedimientos establecidos en los documentos técnicos emitidos por el fabricante y la autoridad aeronáutica, además son los encargados de mantener los registros, analizar los servicios de información y del seguimiento de los componentes controlados. En este grupo se encuentran los inspectores de línea, de taller y la biblioteca técnica.
- Grupo de logística. La función principal de este grupo es la de suministrar todos los materiales y repuestos necesarios para la ejecución de mantenimiento,

igualmente son los encargados del control de inventarios, del proceso de importación y exportación de los materiales y su posterior distribución.

Estos tres grupos mencionados forman una estructura organizacional fundamental para desarrollar el proceso de mantenimiento, sin embargo, es necesario la implementación de dos grupos ausentes en el actual organigrama de la compañía; estos grupos corresponden al de ingeniería y de confiabilidad, con los cuales se ejecutarían a profundidad tareas como el desarrollo de modificaciones y/o alteraciones mayores de las aeronaves y el análisis del funcionamiento y condición de los sistemas y componentes de la aeronave, respectivamente.

**Figura 15. Estructura organizacional PAE**



**Fuente: PAE**

## **3.2 PROCESO MANTENIMIENTO**

### **3.2.1 Mantenimiento no programado**

El requerimiento de mantenimiento no programado ocurre cuando la aeronave presenta fallas no esperadas, daños prematuros en alguno de sus componentes y averías por causa de accidentes e incidentes, siendo el departamento de control producción el encargado de coordinar, gestionar y hacer el respectivo seguimiento a cada una de las reparaciones no programadas que se presentan.

Actualmente PAE cuenta con un personal técnico experimentado, que con la documentación técnica disponible, procede a solucionar cada caso y diligenciar el respectivo formato con la acción correctiva ejecutada. Sin embargo, en caso de ser una falla recurrente, no existe un proceso que permita documentar, estudiar y analizar dicha falla, para así tomar acciones más profundas tendientes a solucionarla en forma definitiva.

### **3.2.2 Mantenimiento programado**

La programación de mantenimiento preventivo se realiza en función de las horas de vuelo o los ciclos operados de la aeronave desde nueva o desde el último servicio, según sea el caso. Dentro de las tareas programadas se incluye, la(s) inspección(es) a cumplir, los reportes abiertos o aplazados y los componentes a cambiar.

Las tareas a ejecutar, los repuestos y materiales, el personal, las herramientas especiales necesarias para el buen desarrollo de la inspección, así como la fecha de inicio y la fecha de terminación de la inspección, se determinan en la reunión pre-servicio donde asisten personal de control calidad, logística y mantenimiento.

Una vez que control producción abre la respectiva orden de trabajo y la aeronave se encuentra preparada para el servicio, se efectúa una inspección inicial por parte de control calidad donde se verifica que la aeronave y sus componentes se encuentren dentro de las especificaciones indicadas por el fabricante, dando como resultado la posible adición de tareas a las previamente programadas. Posterior al proceso de mantenimiento, se ejecuta una inspección final que incluye pruebas funcionales, cuyo objetivo es confirmar la condición técnica de la aeronave, el cumplimiento de los trabajos programados y los registros generados.

Finalmente, la fase de mantenimiento culmina con el cumplimiento de un vuelo de prueba, la respectiva liberación de la aeronave de mantenimiento y el cerramiento de la orden de trabajo donde queda debidamente registrada la información de horas-hombre, tiempo transcurrido y materiales consumidos durante el servicio.

### **3.2.3 Cambios controlados**

Un cambio controlado, es definido como la remoción de un componente servicial de una aeronave no apta para vuelo, con el objetivo de ser instalado en otra aeronave cambiando el estado operacional de esta última de no apta para vuelo a apta para vuelo.

En la decisión de efectuar este tipo de intercambio de componentes participa los departamentos de mantenimiento, control calidad y logística, quienes a su vez solicitan la respectiva aprobación del líder de mantenimiento de la flota afectada.

### **3.2.4 Pruebas no destructivas (NDI)**

Las inspecciones NDI son utilizadas para determinar la integridad, propiedades y dimensiones de un componente o una estructura, sin causar daño alguno sobre estos. En PAE como parte del proceso de mantenimiento, se emplean distintas

técnicas, como son: radiografía, tintas penetrantes, ultrasonido y partículas magnéticas.

El momento, la frecuencia y el método de inspección a utilizar son determinados según el ítem a inspeccionar y las recomendaciones del fabricante; entre las más comunes aplicaciones encontramos:

- Rotor principal
- Rotor de cola
- Tren de aterrizaje
- Elementos estructurales.

### **3.2.5 Equipos de diagnóstico, medición y prueba**

PAE realiza seguimiento y control sobre la fecha de calibración y la condición funcional de los equipos de prueba, torquímetros y manómetros utilizados para verificar el estado funcional de los componentes de la aeronave.

Esta labor está a cargo de control calidad, específicamente el taller de metrología, quienes son los encargados de calibración de dichos elementos y de mantener los registros generados.

### **3.2.6 Sistemas de información**

En el área de mantenimiento se utiliza el software EULLS-A (Enhanced Unit Level Logistics System-Aviation), el cual es suministrado por el ejército de los Estados Unidos. Este software es una herramienta que permite controlar las horas y ciclos de las aeronaves y sus componentes principales, de igual forma ayuda a gestionar los históricos de mantenimiento y de vuelo, los componentes instalados en cada aeronave y las órdenes de trabajo.

Para la gestión de inventarios del almacén, se utiliza el software AMMS (Aircraft Maintenance Management System).

### **3.2.7 Registros de mantenimiento**

Los registros están divididos en dos grupos; el primer grupo llamado libro de vuelo está conformado por formatos operacionales y de mantenimiento, en estos se encuentra datos operacionales de la aeronave y reporte de fallas y sus respectivas acciones correctivas.

El segundo grupo es llamado registros históricos. Este consta de unos formatos donde se registra información de horas de vuelo y ciclos totales, modificaciones, cambios de componentes controlados e información de cumplimiento de los servicios de la aeronave, sus motores y hélices.

El Departamento de Control calidad, debe corroborar y asegurar el correcto diligenciamiento de cada formato y a su vez archivar y mantener disponibles los registros generados para una posterior consulta y/o auditoria.

## **3.3 DIAGNOSTICO**

La flota de aeronaves de la Policía Nacional de Colombia sobre la cual la compañía PAE gestiona, coordina y ejecuta mantenimiento está compuesta por 45 helicópteros y 7 aviones. Ver tabla 3.

**Tabla 3. Listado aeronaves apoyadas**

FABRICANTE	TIPO	MODELO	CANTIDAD
M7 AEROSPACE	AVIÓN	SA227 AC	2
M7 AEROSPACE	AVIÓN	SA227 DC	5
BELL HELICOPTER	HELICÓPTERO	UH-1H II	35
SIKORSKY	HELICÓPTERO	UH-60L	10

**Fuente: PAE**

Los aviones cumplen función de transporte aéreo de personal, de carga y tareas de inteligencia. Por otro lado la flota de helicópteros tiene como función en general el transporte de personal y carga, escolta en la fumigación de cultivos ilícitos, ataque y operaciones especiales.

Mediante la técnica de análisis de criticidad se buscará determinar la flota más crítica o de más influencia en las operaciones aéreas de la Policía Nacional de Colombia.

### **3.3.1 Análisis criticidad de la flota**

El análisis de criticidad es una metodología que permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones de manera acertada y efectiva<sup>29</sup>.

La metodología a seguir es la denominada “Criticidad total por riesgo-CTR”, la cual es un proceso de análisis semicuantitativo soportado en el concepto del riesgo

---

<sup>29</sup> CASTILLO-SERPA, A.M. del; BRITO-BALLINA M.L.; FRAGA-GUERRA, E. Análisis de criticidad personalizados. En: REVISTA DE INGENIERÍA MECÁNICA, Vol. 12, No. 3. (Septiembre-Diciembre 2009); 13 p. p 2

como la consecuencia de multiplicar la frecuencia de un fallo por la severidad del mismo.<sup>30</sup>

Las expresiones utilizadas por esta metodología son las siguientes:

$CTR = FF \times C$ , donde;

CTR: es la criticidad total por riesgo.

FF: Frecuencia de fallos.

C: consecuencias de los eventos de fallos.

Donde el valor de las consecuencias (C), se obtiene de la fórmula;

$C = (IO \times FO) + CM + SHA$ , siendo;

IO: Factor de impacto en la producción.

FO: Factor de flexibilidad operacional.

CM: Factor costos de mantenimiento.

SHA: Factor impactos en seguridad, higiene y ambiente.

Para obtener el nivel de criticidad, se toman los valores obtenidos de cada uno de los factores descritos anteriormente, teniendo en cuenta los valores de ponderación (ver tabla 4) y se ubican en una matriz, en donde el valor de frecuencia de fallo se ubica en el eje vertical y el valor de consecuencia en el eje horizontal. Esta matriz permite jerarquizar los equipos en tres áreas, no críticos, criticidad media y críticos (figura 16).

---

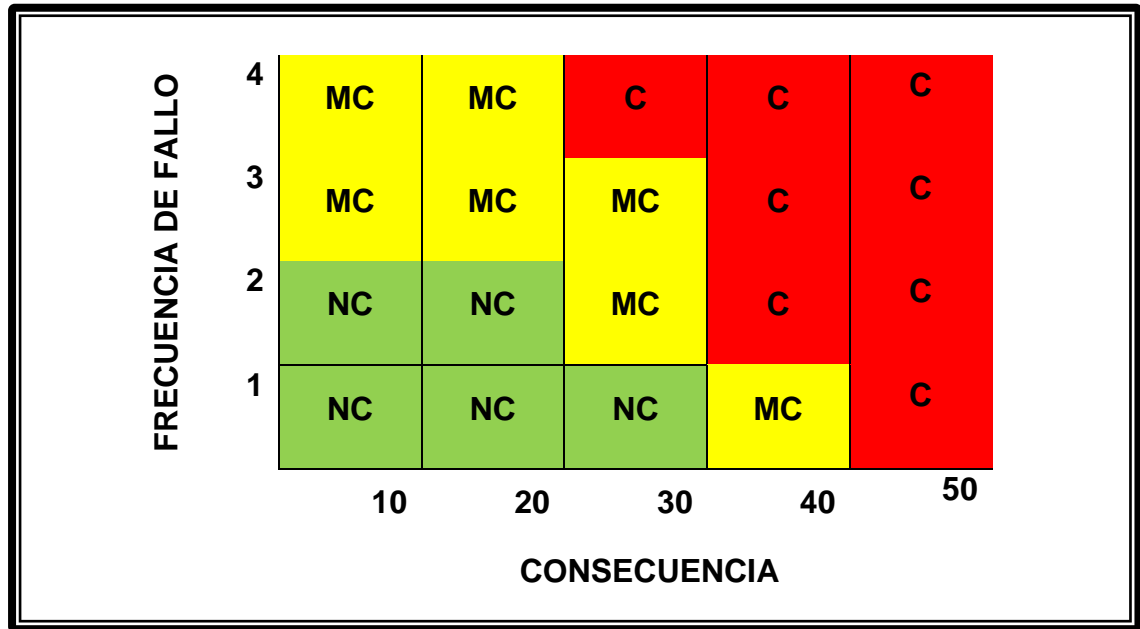
<sup>30</sup> PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. En: Técnicas de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol 5. Septiembre 2012; 23p. 5-8p.

**Tabla 4. Valores de ponderación**

FACTOR	No.
<p style="text-align: center;"><b>Factor de Frecuencia de Fallo</b></p> <p>Frecuente: mayor a 6 eventos en los últimos 6 meses. 4</p> <p>Promedio: 3 y 6 en los últimos 6 meses. 3</p> <p>Bueno: entre 2 y 3 en los últimos 6 meses. 2</p> <p>Excelente: menos de 2 en los últimos 6 meses. 1</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Factores de Consecuencia</b></p> <p><u>Impacto operacional</u></p> <p>Vuelos no realizados mayor al 75% 10</p> <p>Vuelos no realizados entre el 50% y el 74% 7</p> <p>Vuelos no realizados entre el 25% y el 49% 5</p> <p>Vuelos no realizados entre el 10% y el 24% 3</p> <p>Vuelos no realizados menor al 10% 1</p>	
<p><u>Impacto por flexibilidad operacional</u></p> <p>No existe unidades de reserva, tiempos de reparación y logística muy grandes. 4</p> <p>Existe unidades de reserva, tiempos de reparación y logística intermedios. 2</p> <p>Existe unidades de reserva, tiempos de reparación y logística pequeños 1</p>	
<p><u>Impacto costo de mantenimiento</u></p> <p>Costos de reparación, materiales y mano de obra superiores a 10.000 dólares 2</p> <p>Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 10.000 dólares 1</p>	
<p><u>Impacto en seguridad, higiene y ambiente (SHA)</u></p> <p>Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor. 8</p> <p>Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración. 6</p> <p>Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor 3</p> <p>No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales. 1</p>	

**Fuente: Parra**

Figura 16. Tabla de criticidad



Fuente: PARRA

### 3.3.1.1 Factor de Frecuencia de fallo

En el cálculo de este factor, los eventos de mantenimiento programado no se tienen en cuenta; en cuanto a los eventos de mantenimiento correctivo se tienen en cuenta aquellos cuyo tiempo de reparación fue de 3 días o más.

Tabla 5. Factor frecuencia de fallo

FLOTA	FALLAS	FACTOR
SA227	3	2
UH-1H II	2	1
UH-60L	2.5	2

Fuente: Autor

### 3.3.1.2 Factor de impacto en la producción

**Tabla 6. Factor impacto en la producción**

<b>FLOTA</b>	<b>Comentarios</b>	<b>FACTOR</b>
<b>SA227</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Afectación en el transporte de pasajeros a largas distancias.</li><li>- Disminución en el uso de equipos especiales instalados en estas aeronaves.</li><li>- Afecta la disponibilidad</li></ul>	5
<b>UH-1H II</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Poca afectación en la disponibilidad debido a la cantidad de equipos.</li><li>- La Policía tiene otros modelos de helicópteros para reemplazarlo.</li></ul>	1
<b>UH-60L</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Disminución en el uso de equipos especiales instalados en estas aeronaves.</li><li>- Afecta considerablemente la disponibilidad.</li><li>- La policía no tiene otro modelo de helicóptero que pueda reemplazarlo</li></ul>	7

**Fuente: Autor**

### 3.3.1.3 Factor de flexibilidad operacional

**Tabla 7. Factor de flexibilidad operacional**

<b>FLOTA</b>	<b>Comentarios</b>	<b>FACTOR</b>
<b>SA227</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Se consigue soporte de repuestos con facilidad localmente y en Estados Unidos.</li><li>- Generalmente no se requiere soporte técnico externo.</li></ul>	1
<b>UH-1H II</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- El fabricante brinda un buen soporte técnico en Colombia.</li><li>- Repuestos de fácil consecución.</li><li>- La mayoría de sus componentes se reparan localmente.</li></ul>	1
<b>UH-60L</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- No es posible reparar sus componentes localmente.</li><li>- Acceso restringido a repuestos.</li><li>- No se consiguen repuestos localmente.</li></ul>	2

**Fuente: Autor**

### 3.3.1.4 Factor costos de mantenimiento

**Tabla 8. Factor costos de mantenimiento**

<b>FLOTA</b>	<b>Comentarios</b>	<b>FACTOR</b>
<b>SA227</b>	- Costos no exceden 10.000	1
<b>UH-1H II</b>	- Costos no exceden 10.000	1
<b>UH-60L</b>	- Componentes costosos, mano de obra escasa	2

**Fuente: Autor**

### 3.3.1.5 Factor SHA

**Tabla 9. Factor SHA**

<b>FLOTA</b>	<b>Comentarios</b>	<b>FACTOR</b>
<b>SA227</b>	- Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal.	8
<b>UH-1H II</b>	- Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal.	8
<b>UH-60L</b>	- Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal.	8

**Fuente: Autor**

### 3.3.1.6 Criticidad total por riesgo

Teniendo en cuenta las formulas enunciadas en el numeral 3.3.1 y los valores ponderados para cada factor, la criticidad total por riesgo para cada flota se muestran en la tabla 10.

**Tabla 10. Criticidad total por riesgo**

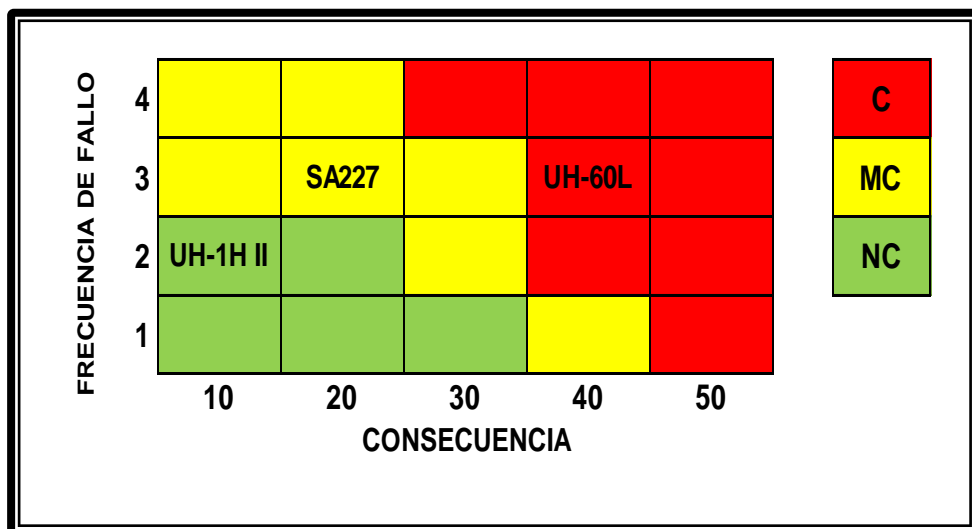
FLOTA	FF	IO	FO	CM	SHA	CTR
SA227	2	5	1	1	8	28
UH-1H II	1	1	1	1	8	10
UH-60L	2	7	2	2	8	48

Fuente: Autor

### 3.3.2 Conclusión

Los valores obtenidos de criticidad total por riesgo (CTR) muestran que la flota más crítica para la operación aérea de la Policía nacional de Colombia, es la flota de helicópteros UH-60L. Adicional a lo anterior, esta flota de helicópteros es la más moderna con la que cuenta la Policía Nacional y representa alrededor del 50% del valor total en activos de los modelos tenidos en cuenta para el análisis de criticidad.

**Figura 17. Tabla criticidad final**

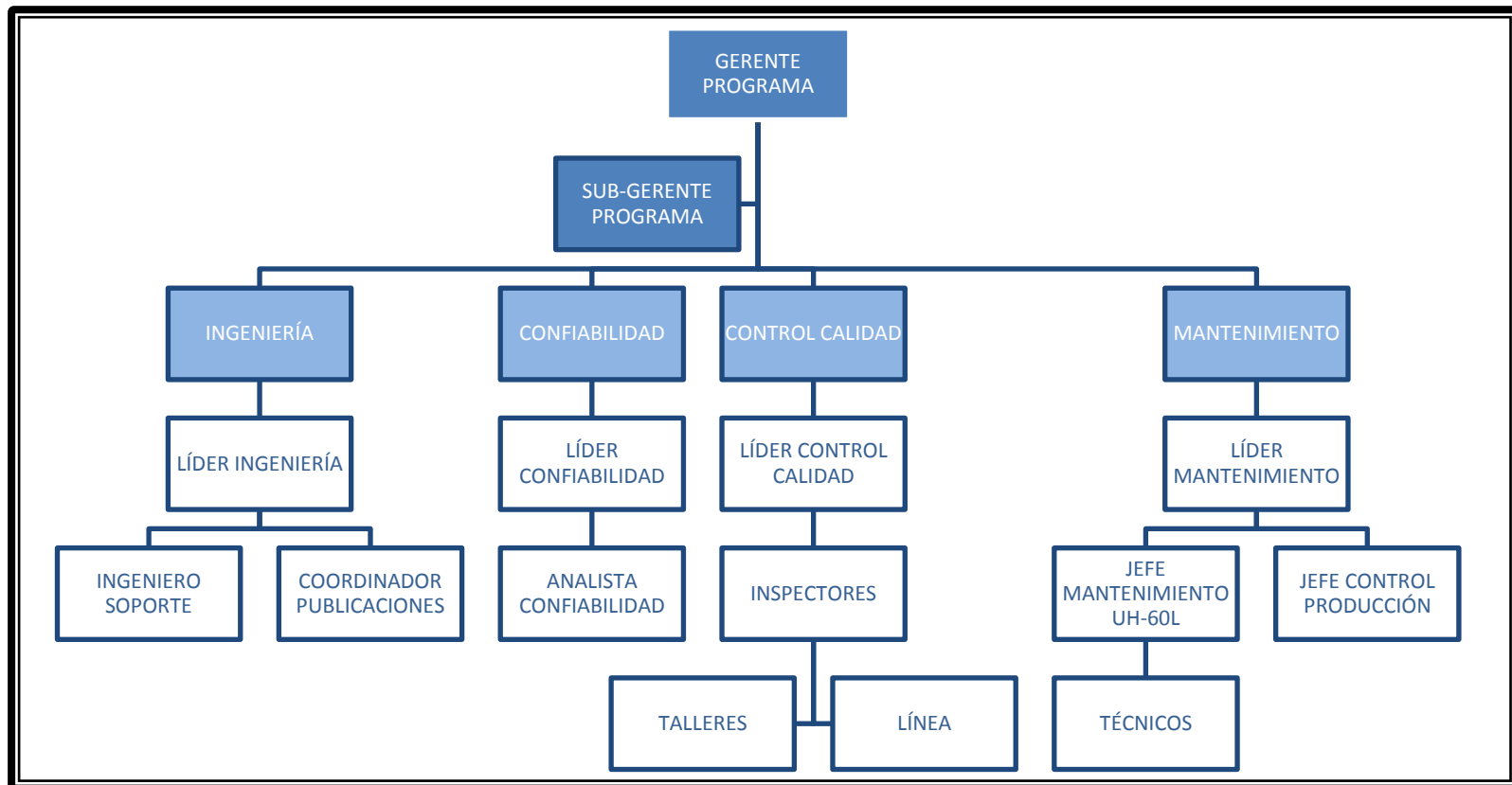


Fuente: Autor

## 4. PROPUESTA ORGANIGRAMA ÁREA DE MANTENIMIENTO

### 4.1 ORGANIGRAMA ÁREA DE MANTENIMIENTO

Figura 18. Organigrama propuesto



Fuente. Autor

## **4.2 INGENIERÍA**

Esta área es la encargada de brindar soporte técnico en las actividades de mantenimiento, como también de la planeación y programación del mantenimiento preventivo y predictivo de las aeronaves y sus componentes.

De igual forma, Ingeniería es la responsable de estudiar y desarrollar las modificaciones y reparaciones mayores, tendientes a mejorar y/o restaurar la condición técnica de las aeronaves.

### **4.2.1 Líder Ingeniería**

#### **4.2.1.1 Funciones**

- Asesorar al subgerente del programa, en cuanto a la coordinación de los trabajos de mantenimiento programado, modificaciones y reparaciones mayores.
- Elaborar y mantener actualizados el plan de mantenimiento para las aeronaves basándose en los requerimientos de los fabricantes y las autoridades aeronáuticas.
- Administrar y coordinar los recursos físicos, financieros, técnicos y humanos, para el desarrollo óptimo de sus funciones y procesos bajo su cargo.
- Planear y programar el mantenimiento de las aeronaves, garantizando el uso correcto del tiempo, el recurso humano, económico y materiales.
- Mantener actualizadas las publicaciones técnicas emitidas por las casas fabricantes, requeridas para el mantenimiento de las aeronaves.

- Controlar los registros históricos de las aeronaves y trazabilidades de componentes.
- Analizar, controlar y determinar la aplicabilidad de los diferentes tipos de servicios de información.
- Revisar y aprobar las ordenes de ingeniería, elaboradas por el área a su cargo.
- Coordinar la adquisición de las herramientas, componentes y materiales necesarios para el cumplimiento de los diferentes servicios programados, órdenes de ingeniería y servicios de información.
- Asegurar que el soporte de ingeniería al área de mantenimiento, sea el más adecuado, para la realización del mantenimiento imprevisto y programado.
- Contactar las casas fabricantes en busca de soporte técnico especializado.

#### **4.2.1.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica o Electromecánica; especialista en Gerencia en Mantenimiento o de Proyectos, con licencia IEA.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico

Dominio y experiencia en el manejo de sistemas informáticos en el mantenimiento Aeronáutico

Manejo e interpretación de regulaciones aeronáuticas nacionales e Internacionales

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés avanzado

- Experiencia.

Cinco años de experiencia en mantenimiento aeronáutico.

## **4.2.2 Ingeniero soporte**

### **4.2.2.1 Funciones**

- Elaborar y mantener actualizados los planes de mantenimiento.
- Elaborar las órdenes de ingeniería necesarias para la ejecución de reparaciones mayores, aplicación de directivas de aeronavegabilidad y modificaciones mayores.
- Estudiar la aplicabilidad y conveniencia de los boletines de servicio y directivas de aeronavegabilidad, recibidas por los fabricantes y autoridades aeronáuticas, para determinar el cumplimiento y acciones requeridas para cada caso.
- Prestar asistencia técnica a las secciones de mantenimiento en el análisis de fallas y dificultades presentadas en la ejecución de los trabajos o consecución de información y suministrar la literatura técnica necesaria para realizar en forma adecuada las labores.
- Consultar a los fabricantes fallas o inquietudes existentes, que no pueden ser resueltas con ayuda de los manuales y la información técnica disponible.
- Efectuar los registros, cálculos y cómputos del Peso y Balance de las Aeronaves, según los procedimientos establecidos por el fabricante y autoridades aeronáuticas.

- Mantener informados a los fabricantes y la Autoridad Aeronáutica sobre fallas prematuras en partes y componentes, enviando reportes de defectos y mal funcionamiento.

#### **4.2.2.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica o Electromecánica, con licencia IEA.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico

Dominio y experiencia en el manejo de sistemas informáticos en el mantenimiento Aeronáutico

Manejo e interpretación de regulaciones aeronáuticas nacionales e Internacionales

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés avanzado

- Experiencia.

Dos años de experiencia en mantenimiento aeronáutico.

#### **4.2.3 Coordinador publicaciones**

##### **4.2.3.1 Funciones**

- Verificar trimestralmente las actualizaciones de las publicaciones técnicas y administrativas utilizadas en el mantenimiento de las aeronaves.
- Actualizar las publicaciones técnicas utilizadas en el proceso de mantenimiento de las aeronaves.

- Mantener en stock un mínimo de formas necesarias para los trabajos de mantenimiento.
- Controlar y mantener activas las suscripciones de los manuales de mantenimiento.
- Realizar los pedidos correspondientes de las publicaciones técnicas necesarias para las actividades de mantenimiento.
- Controlar y actualizar el inventario de las publicaciones técnicas de las distintas líneas de mantenimiento y talleres reparadores.

#### **4.2.3.2 Perfil**

Técnico o Tecnólogo aeronáutico

- Conocimientos en:

Documentación aeronáutica

Regulación aeronáutica

Ingles técnico

- Experiencia.

Un año de experiencia en el manejo de publicaciones y bibliotecas técnicas aeronáuticas.

#### **4.3. CONFIABILIDAD**

La función principal del área de confiabilidad es realizar monitoreo continuo y análisis del funcionamiento y condición de los componentes y sistemas de la aeronave, con el fin de reconocer y actuar sobre los síntomas de deterioro antes de una falla proponiendo acciones de mantenimiento preventivas.

Esta área reporta directamente al gerente del programa debido a la necesidad de contar con su apoyo, puesto que las acciones resultantes del monitoreo y análisis realizado permite identificar no conformidades en el área de mantenimiento y generar cambios permanentes en el plan de mantenimiento.

#### **4.3.1 Líder confiabilidad**

##### **4.3.1.1 Funciones**

- Suministrar al subgerente del proyecto información estadística y su respectivo análisis concerniente a los eventos de mantenimiento imprevisto.
- Revisar y aprobar las recomendaciones emitidas por el área de confiabilidad, tendientes a eliminar la causa raíz de una falla.
- Convocar mensualmente reunión de confiabilidad, donde se debe presentar el comportamiento técnico y funcional de las aeronaves y si es el caso el plan de trabajo y recomendaciones para solucionar las causas raíz de las fallas.

##### **4.3.1.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Electrónica; especialización en Mantenimiento Aeronáutico, Industrial o afines.

- Conocimientos en:

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Mantenimiento aeronáutico

Dominio y experiencia en el manejo de sistemas informáticos en el mantenimiento

Aeronáutico

Regulación y documentación aeronáutica

Inglés avanzado

• Experiencia:

5 años de experiencia en confiabilidad.

#### **4.3.2 Analista confiabilidad**

##### **4.3.2.1 Funciones**

- Clasificar y analizar los datos estadísticos resultantes del mantenimiento no programado.
- Monitorear los componentes y sistemas de las aeronaves, generando alertas cuando se excedan los parámetros establecidos.
- Efectuar seguimiento a los procesos de cazafallas, realizados sobre fallas repetitivas, y según el caso sugerir posibles soluciones.
- Analizar y establecer los niveles óptimos de confiabilidad.

##### **4.3.2.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica o Electrónica

• Conocimientos en:

Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

Mantenimiento aeronáutico

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés técnico

- Experiencia.

Un año de experiencia en confiabilidad.

#### **4.4 CONTROL CALIDAD**

Control calidad, es el área que determina, si el personal técnico, los materiales y procedimientos relacionados con el mantenimiento de las aeronaves, cumplen los requerimientos técnicos y legales establecidos por la autoridad aeronáutica y casas fabricantes.

##### **4.4.1 Líder control calidad**

###### **4.4.1.1 Funciones**

- Utilizar los recursos técnicos y logísticos para garantizar la condición de aeronavegabilidad de la flota de aeronaves.
- Verificar que el personal de inspectores controle y supervise continuamente las actividades de mantenimiento.
- Asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos para los productos aeronáuticos en cuanto a sus condiciones de aeronavegabilidad, estándares de calibración y especificaciones de fabricación para su uso en la flota de aeronaves.
- Efectuar vigilancia a los talleres de apoyo, verificando que cumplan con los procedimientos establecidos en los manuales del fabricante.

- Coordinar las inspecciones a los componentes y equipos nuevos o provenientes de reparación de talleres externos.
- Cumplir por parte del personal de inspectores las normas sobre medio ambiente, como el manejo de residuos de combustible, grasas y lubricantes, de acuerdo a las normas y a los procedimientos establecidos.

#### **4.4.1.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica o Electromecánica, con licencia IEA.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico

Técnicas de inspección

Manejo e interpretación regulaciones aeronáuticas nacionales e Internacionales

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés avanzado

- Experiencia.

Siete años de experiencia en mantenimiento aeronáutico.

#### **4.4.2 Inspector Técnico**

##### **4.4.2.1 Funciones**

- Inspeccionar y autorizar para el servicio, los trabajos ejecutados en aeronave, componentes y sistemas.

- Determinar la condición aeronavegable de las aeronaves, sus componentes y sistemas, avalando la misma con su firma y sello.
- Verificar que toda herramienta de precisión utilizada en el desarrollo de un trabajo, se encuentre con fecha de calibración vigente y en adecuadas condiciones.
- Verificar que toda herramienta de precisión utilizada en el desarrollo de un trabajo, se encuentre con fecha de calibración vigente y en adecuadas condiciones.
- Garantizar el correcto diligenciamiento de las formas de mantenimiento.

#### **4.4.2.2 Perfil**

Técnico en Línea de helicópteros con licencia TLH.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico de helicópteros

Mantenimiento helicóptero UH-60L

Técnicas de inspección

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés técnico

- Experiencia.

6 años de experiencia como inspector mantenimiento helicópteros UH-60L.

3 años de experiencia como técnico mantenimiento helicópteros UH-60L.

#### **4.5 MANTENIMIENTO**

El área de mantenimiento es la encargada de ejecutar los trabajos de mantenimiento preventivo, correctivo, modificaciones y reparaciones en las aeronaves y sus

componentes, de acuerdo con las especificaciones y procedimientos establecidos en los manuales del fabricante.

#### **4.5.1 Líder mantenimiento**

##### **4.5.1.1 Funciones**

- Dirigir y evaluar la elaboración y ejecución de los planes y programas necesarios para el mantenimiento preventivo y correctivo de las aeronaves y equipos de la empresa.
- Dirigir y controlar la elaboración de los programas de mantenimiento de las aeronaves de acuerdo a lo dispuesto en los manuales de los fabricantes.
- Controlar las actividades inherentes a la compra de elementos, repuestos y demás insumos necesarios para el mantenimiento de las aeronaves.
- Supervisar las tareas de Control Producción durante la planeación y ejecución del mantenimiento de las aeronaves.

##### **4.5.1.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica o Electromecánica; especialista en Gerencia en Mantenimiento o de Proyectos, con licencia IEA.

- Conocimientos en:  
Mantenimiento aeronáutico

Dominio y experiencia en el manejo de sistemas informáticos en el mantenimiento Aeronáutico

Manejo e interpretación de las regulaciones aeronáuticas nacionales e internacionales

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés avanzado

- Experiencia.

5 años de experiencia en mantenimiento aeronáutico.

#### **4.5.2 Jefe mantenimiento UH-60L**

##### **4.5.2.1 Funciones**

- Administrar y coordinar los recursos necesarios para el desarrollo óptimo de las actividades de mantenimiento.
- Determinar las necesidades y prever la disponibilidad de partes aeronáuticas, maquinaria y equipo requerido para el mantenimiento de las aeronaves.
- Controlar todas las actividades de la ejecución del mantenimiento que se realice a las aeronaves, sus sistemas y componentes.
- Asegurar el cumplimiento de procedimientos y prácticas correctas de trabajo que deben seguirse por parte del personal de mantenimiento.
- Garantizar que los equipos y herramientas utilizadas por el personal de mantenimiento, se encuentren en buen estado físico y funcional.

- Garantizar el correcto diligenciamiento de las formas de mantenimiento por parte del personal de mantenimiento.
- Organizar los grupos de trabajo teniendo en cuenta las especialidades y trabajos a realizar.
- Cumplir por parte del personal de mantenimiento las normas sobre medio ambiente, como manejo de residuos de combustible, grasas y lubricantes, de acuerdo a las normas y a los procedimientos establecidos en la empresa.

#### **4.5.2.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica o Electromecánica, con licencia IEA.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico

Familiarización con el helicóptero UH-60L

Dominio y experiencia en el manejo de sistemas informáticos en el mantenimiento

Aeronáutico

Manejo e interpretación de regulaciones aeronáuticas nacionales e internacionales

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés avanzado

- Experiencia.

3 años de experiencia en mantenimiento aeronáutico.

#### **4.5.3 Jefe Control Producción**

##### **4.5.3.1 Funciones**

- Analizar las tareas de los servicios programados y coordinar la disponibilidad de instalaciones, materiales, herramientas, personal técnico y documentación técnica.
- Controlar y hacer seguimiento a la ejecución de los servicios de mantenimiento Programado.
- Retroalimentar al líder de mantenimiento acerca del avance en la ejecución de los servicios de mantenimiento programado, indicando las novedades, demoras, tiempo de ejecución y consumo de materiales utilizados.

#### **4.5.3.2 Perfil**

Profesional en Ingeniería Aeronáutica, Mecánica, Ingeniería Electrónica, Eléctrica o Electromecánica, con licencia IEA.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico

Dominio y experiencia en el manejo de sistemas informáticos en el mantenimiento Aeronáutico

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés avanzado

- Experiencia.

3 años de experiencia en mantenimiento aeronáutico.

#### **4.5.4 Técnico de mantenimiento**

##### **4.5.4.1 Funciones**

- Cumplir con las normas de seguridad requeridas para el desarrollo adecuado de los trabajos y la operación de los equipos y las aeronaves en mantenimiento.
- Efectuar los trabajos de mantenimiento, siguiendo las tareas descritas en los manuales técnicos asegurando la calidad y confiabilidad de los trabajos.
- Informar cualquier anomalía o novedad encontrada durante el desarrollo de un servicio de mantenimiento programado o no programado al Jefe de Mantenimiento UH-60L.
- Verificar que las herramientas y equipos a utilizar sean las adecuadas para el desarrollo del trabajo, asegurando que se encuentre en óptimas condiciones.
- Diligenciar correctamente las formas de mantenimiento, avalando los trabajos realizados con la firma y número de identificación asignado.

#### **4.5.4.2 Perfil**

Técnico en Línea de helicópteros con licencia TLH.

- Conocimientos en:

Mantenimiento aeronáutico de helicópteros

Mantenimiento helicóptero UH-60L

Manejo e interpretación de documentación técnica aeronáutica

Inglés técnico

- Experiencia.

6 años de experiencia como técnico mantenimiento helicópteros UH-60L.

## 5. PROPUESTA PLAN DE MANTENIMIENTO

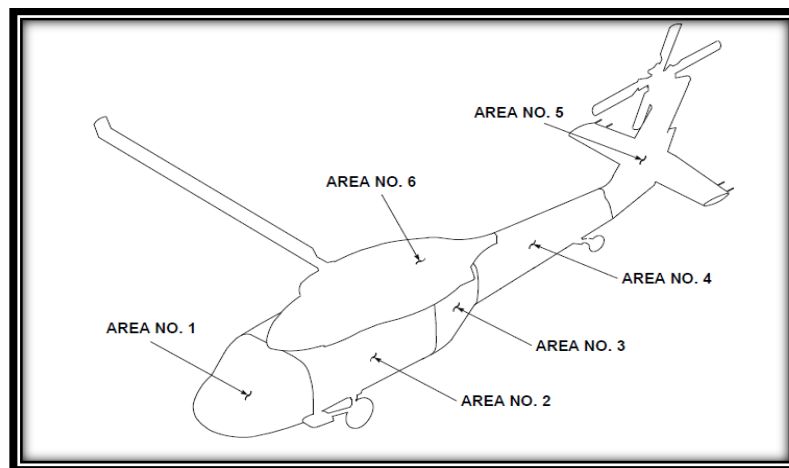
El plan de mantenimiento para el helicóptero UH-60L será basado en el método de inspección fase<sup>31</sup>, compuesto por tres inspecciones programadas con intervalos definidos, que deben ser cumplidas en un ciclo de 720 horas de vuelo y una serie de inspecciones especiales, suplementarias a las inspecciones programadas, cuyo cumplimiento está sujeto a eventos, incidentes ocurridos o condiciones de operación.

Adicionalmente, dentro del plan de mantenimiento, se tiene en cuenta los componentes controlados por vida límite o por tiempo de overhaul, y los componentes con lubricación programada a intervalos definidos.

### 5.1 INSPECCIONES PROGRAMADAS

Las tareas que conforman cada una de las inspecciones programadas se dividen por áreas de inspección, en un total de 6 áreas, en donde cada una conforma una zona del helicóptero compuesta por varios sistemas y sus respectivos componentes.

**Figura 19. Áreas de Inspección**



**Fuente: US ARMY**

<sup>31</sup> HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aeronautical Equipment maintenance Management Policies and Procedures. TM 1-1500-328-23. Estados Unidos: 2002. p 2-1.

**Tabla 11. Áreas de Inspección**

ÁREA NO.	NOMBRE	LIMITES
1	Cabina pilotos	Superficies, materiales, equipos dentro y afuera de la cabina de pilotos y el compartimiento electrónico, extendiéndose hasta la STA 247.0
2	Sección cabina	Superficies, materiales, equipos dentro y afuera desde STA 247.0 hasta STA 379.0, incluyendo tren de aterrizaje.
3	Sección de transición	Superficies, materiales, equipos dentro y afuera desde STA 379.0 hasta STA 485.0.
4	Sección cono de cola	Superficies, materiales, equipos dentro y afuera desde STA 485.0 hasta STA 648.0.
5	Sección pylon rotor de cola	Superficies, materiales, equipos dentro y afuera desde STA 648.0. Incluyendo estabilizador horizontal, rotor de cola, caja de reducción del rotor de cola y caja intermedia.
6	Sección pylon rotor principal	Superficies, materiales, equipos dentro y afuera instalados sobre la sección de cabina. Incluyendo, transmisión principal, rotor principal y sus palas.

**Fuente: Autor**

### 5.1.1 Inspección diaria (PMD)

Esta inspección consta de inspecciones visuales que debe realizarse antes del primer vuelo del día. En caso que la aeronave no realice ningún vuelo después de haberse cumplido la inspección, la PMD tendrá una vigencia de 7 días.

El objetivo de esta inspección, es examinar la condición general de la aeronave, sistemas y componentes

Personal: 2 técnicos mantenimiento UH-60L

**Tabla 12. Ítems inspección PMD**

ÁREA	ÍTEM	HORAS-HOMBRE
CABINA PILOTOS	Compuerta nariz	0.1
	Exterior cabina de pilotos	0.1

<b>CABINA PILOTOS</b>	Antenas	0.1
	Pasos piloto y copiloto	0.1
	Interior cabina de pilotos	0.1
	Puerta tripulantes	0.1
	Sillas, arneses de tripulantes	0.1
<b>SECCIÓN CABINA</b>	Puertas de carga, ventanas, pasos de acceso	0.1
	Sillas de tropas	0.1
	Gancho de carga	0.1
	Área transmisión principal	0.1
	Presión acumuladores APU	0.1
	Vigas izquierda y derecha	0.2
	Soportes tren de aterrizaje izquierdo y derecho, cortadores de cable	0.1
	Ruedas principales	0.1
	Antenas	0.1
<b>SECCIÓN TRANSICIÓN</b>	Exterior	0.2
	Antenas	0.1
<b>SECCIÓN CONO DE COLA</b>	Exterior	0.1
	Rodamientos, soportes y sección I del eje conductor	0.5
	Secciones II y III del eje conductor	0.3

<b>SECCIÓN CONO DE COLA</b>	Conjunto tren de cola	0.1
	Ruedas tren de cola	0.1
	Antenas	0.1
<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE COLA</b>	Cobertor eje conductor tren de nariz	0.2
	Estabilizador	0.2
	Exterior	0.1
	Líneas hidráulicas rígidas y flexibles	0.1
	Luces y antenas	0.1
	Sección IV del eje conductor del rotor de cola	0.2
	Vigas de rotor de cola	0.1
	Rotor de cola	0.2
<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	Cobertores pylon	0.1
	Controles de vuelo	0.1
	Servos pistones colectivo y guiñada	0.3
	Bombas hidráulicas de respaldo No1 y No 2 y módulos de transferencia	0.1
	Generadores Principales	0.1
	Conjunto rotor principal	0.1
	Dampers rotor principal	0.1
	Palas rotor principal	0.6

<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	Varillaje pitch control	0.1
	Transmisión principal	0.2
	Válvula selectora de combustible	0.1
	Entrada enfriador de aceite	0.1
	Fan enfriador de aceite	0.2
	RCM	0.1
	APU	0.1
	Plantas motrices	0.3
	Antenas	0.1

Fuente: Autor

### 5.1.2 Inspección mantenimiento preventivo (PMS)

Esta inspección se debe efectuar a intervalos de 40 +/- 2 horas de vuelo.

En esta inspección se busca detectar la presencia de corrosión, rajaduras, daños, fugas, desgaste excesivo, correcta conexión de equipos, obstrucciones, partes faltantes y condición general de la aeronave, sistemas y componentes.

Personal requerido: Dos técnicos mantenimiento UH-60L y un técnico especialista en aviónica.

**Tabla 13. Ítems inspección PMS**

ÁREA	ÍTEM	HORAS-HOMBRE
<b>CABINA PILOTOS</b>	FLIR and nose avionics compartment: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador GPS/DOPPLER</li> <li>• Sensores EOMS</li> <li>• Arnés AN/ARR-57</li> <li>• FLIR</li> </ul>	0.2

<b>CABINA PILOTOS</b>	Exterior: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Orificios de drenaje</li> <li>• Parabrisas</li> <li>• Limpiabrisas</li> </ul>	0.1
	Antenas	0.1
	Pasos pilotos y copilotos	0.1
	Interior: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puestas de tripulantes</li> <li>• Sello de ventanas</li> <li>• Mecanismo de expulsión</li> </ul>	0.4
	Sillas piloto y copiloto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rieles</li> <li>• Blindaje</li> <li>• Arnés</li> <li>• Riel inercial</li> </ul>	0.1
	Panel control motores	0.1
	Colectivo, cíclico y pedales piloto y copiloto	0.1
	Soporte FLIR	0.2
<b>SECCIÓN CABINA</b>	Compuerta de carga <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo de expulsión</li> <li>• Exterior</li> <li>• Soportes</li> <li>• Sujetadores</li> <li>• Sellos</li> </ul>	0.2
	Ventanas artillero <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soportes</li> <li>• Sellos</li> <li>• Rieles</li> </ul>	0.2
	Sillas tropas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puntos de sujeción</li> <li>• Cinturones</li> <li>• Rieles inerciales</li> </ul>	0.3
	Techo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles</li> <li>• Viga soporte</li> <li>• Cubierta manómetro acumulador APU</li> </ul>	0.2
	Gancho de carga <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexiones eléctricas</li> <li>• Pivot</li> </ul>	0.1

<b>SECCIÓN CABINA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Palanca de liberación</li> <li>Soporte</li> </ul>	
	Controles rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>Cables y poleas</li> </ul>	0.2
	Acumuladores APU	0.1
	Baterías <ul style="list-style-type: none"> <li>Conexiones</li> <li>Líneas de ventilación</li> </ul>	0.1
	Tren principal <ul style="list-style-type: none"> <li>Soportes</li> <li>Viga de arrastre</li> <li>Frenos</li> </ul>	0.2
	Ruedas tren principal	0.1
	Exterior <ul style="list-style-type: none"> <li>Pieles</li> <li>Aguajeros de drenaje</li> <li>Conector ICS</li> <li>Conector planta externa</li> </ul>	0.2
	Antenas	0.2
<b>SECCIÓN TRANSICIÓN</b>	Líneas eléctricas y de combustible	0.1
	Conector de air externo	0.1
	Líneas de drenaje y ventilación	0.4
	Sumideros	0.1
	Pieles	0.1
	Antenas	0.2
<b>SECCIÓN CONO DE COLA</b>	Rueda tren de nariz	0.1
	Conjunto tren de nariz	0.3
	Exterior cono de cola	0.2

	Antenas	0.2
<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE COLA</b>	Caja de reducción intermedia <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcaza</li> <li>• Montantes</li> <li>• Chip detector</li> </ul>	0.3
	Conexiones eléctricas, luces pieles, sensores AN/AAR-57	0.2
	Sistema anti-hielo rotor de cola	0.1
	Antenas	0.2
	Varillaje y rodamientos del rotor de cola	0.2
	Estabilizador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viga</li> <li>• Puntos de sujeción actuadores</li> </ul>	0.1
	<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	Cobertores <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodillos</li> <li>• Soportes</li> </ul>
Tubos pito-estáticos		0.1
Sistema de ventilación y controles de vuelo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillaje</li> <li>• Palancas</li> <li>• Soportes</li> <li>• Tuberías neumáticas</li> <li>• Ventilador</li> </ul>		0.2
Servos primarios y actuadores SAS		0.2
Módulo de accesorios <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcaza</li> <li>• Chip detector</li> <li>• Sensor velocidad Nr</li> <li>• Sensor presión de aceite</li> </ul>		0.3
Rodamientos esféricos controles rotor principal		0.2
Rodamientos elastòmericos controles rotor principal		0.1
Conjunto rotor principal		0.1

<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	Dampers rotor principal	0.1
	Detenedores de caída	0.2
	Conjunto anti-flapeo	0.1
	Rodamiento elastómerico rotor principal	0.3
	Conjunto bifilar y pesas	0.9
	Pernos palas rotor principal	0.4
	Swashplate	0.3
	Conjuntos link swashplate	0.5
	Tijeras rotor principal	0.5
	Transmisión principal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montantes</li> <li>• Sellos</li> </ul>	0.1
	Enfriador de aceite y radiador	0.4
	Válvulas de alimentación cruzada de combustible	0.1
	Trasmisor IRCM	0.2
	Generador AC APU	0.1
	Conjunto APU <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubo de escape</li> <li>• Líneas de combustible</li> <li>• Montantes</li> </ul>	0.4
	Extinguidores de fuego motor y APU	0.2
	Motores <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cowlings</li> <li>• Entradas de aire</li> <li>• Sellos</li> <li>• Arrancador</li> <li>• Tubo de escape</li> </ul>	0.4
Antena	0.1	

**Fuente: Autor**

### 5.1.3 Inspección mantenimiento fase (PMI)

Esta inspección consiste de dos inspecciones repetitivas diferentes (Fase 1 y 2) con intervalos de ejecución de 360 y 720 horas de vuelo respectivamente.

Esta es una inspección exhaustiva de la aeronave, sus sistemas y respectivos componentes. En busca de discrepancias como: Corrosión, rajaduras, daños, fugas, desgaste excesivo, correcta conexión de equipos, obstrucciones, partes faltantes, entre otras.

Para el desarrollo de esta inspección se debe realizar un vuelo de prueba pre-inspección, así mismo al terminar la inspección se deben realizar las respectivas pruebas operacionales y un vuelo de prueba final.

Personal requerido: técnicos mantenimiento UH-60L, técnicos especialista en aviónica, motores y eléctricos.

**Tabla 14. Ítems inspección PMI**

ÁREA	FASE No.	ÍTEM	HORAS-HOMBRE
CABINA PILOTOS	1	Exterior Tomas de aire Orificios de drenaje Antenas y sus conectores Insuladores Luz de búsqueda Luz de aterrizaje Amortiguador de nariz	0.8
	1	Puerta de nariz y compartimiento de aviónica <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puerta de nariz</li> <li>• Líneas de ventilación y drenaje</li> <li>• Sellos de las puertas</li> <li>• Compartimiento de nariz</li> <li>• Sensor AN/AAR-57</li> <li>• Sujetadores</li> <li>• Compartimiento de aviónica</li> <li>• Montantes</li> <li>• Líneas y ductos interiores</li> <li>• Operación puerta</li> </ul>	0.5
	1	Parabrisas y ventanas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parabrisas exterior y central</li> <li>• Ventanas superior e inferior</li> </ul>	0.6

<b>CABINA PILOTOS</b>	1	Limpiabrisas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palas</li> <li>• Brazos</li> <li>• Convertidores, motores, conductores flexibles</li> </ul>	0.4
	1	Puertas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación</li> <li>• Sellos</li> <li>• Ventanas</li> <li>• Soportes</li> </ul>	0.4
	1	Silla piloto y co-piloto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura</li> <li>• Blindaje</li> <li>• Cintas sujetadoras</li> </ul>	0.1
	1	Área debajo silla piloto y co-piloto (debajo) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de freno</li> <li>• Válvula freno de parqueo y uniones</li> <li>• Cables coaxiales y conexiones</li> <li>• Líneas tubos pitot-estáticos</li> <li>• ECSU y su montante</li> </ul>	0.6
	1	Controles motor Soporte cable flexible STA 235	0.2
	1	Sticks cíclico piloto y co-piloto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cableado</li> <li>• Base cíclico</li> <li>• Stick</li> <li>• Pernos sujetadores</li> <li>• Rodamientos</li> </ul>	0.4
	1	Sticks colectivo piloto y co-piloto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Base</li> <li>• Sticks</li> <li>• Cableado</li> <li>• Rodamientos</li> <li>• Acción telescópica</li> <li>• Bloqueo de fricción</li> </ul>	0.4
	1	Pedales piloto y copiloto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto pedal y eje</li> <li>• Rodamientos</li> <li>• Base</li> <li>• Cilindros del freno master</li> <li>• Ajustadores</li> </ul>	0.1
	1	Componentes control de vuelo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillaje, poleas y soportes</li> <li>• Pernos</li> <li>• Rodamientos</li> </ul>	0.6

<b>CABINA PILOTOS</b>	1	Panel de instrumentos, consola superior e inferior y panel de circuit breakers <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control e interruptores</li> <li>• Marcas de indicación</li> <li>• Cableado y conectores</li> <li>• Componentes electrónicos</li> <li>• Montantes</li> <li>• Luces</li> </ul>	0.5
	1	Interior	0.2
<b>SECCIÓN CABINA</b>	1	Exterior <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pielés</li> <li>• Pasos</li> <li>• Manijas</li> <li>• Puntos duros</li> <li>• Antenas</li> <li>• Insuladores</li> </ul>	0.8
	1	Soporte tren principal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie del pistón</li> <li>• Rodamientos esféricos</li> <li>• pintura</li> </ul>	1.0
	1	Vigas de arrastre tren principal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Amortiguadores</li> <li>• Viga de arrastre</li> <li>• Puntos de sujeción</li> <li>• Cableado</li> <li>• Switches</li> <li>• Cortadores de cable</li> <li>• Frenos y líneas de freno</li> <li>• Pernos sujetadores</li> </ul>	1.0
	1	Ruedas y frenos tren principal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Indicador de desgaste</li> <li>• Llaves conductoras del disco de freno</li> <li>• Ruedas</li> <li>• Ejes</li> <li>• Rodamientos</li> <li>• Componentes del freno</li> </ul>	0.7
	1	Ventana artillero <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura exterior</li> <li>• Paneles transparentes</li> <li>• Sellos</li> <li>• Rieles inferiores y superiores</li> <li>• Zona interior de la ventana</li> <li>• Operación</li> </ul>	0.6
	1	Puerta carga <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie exterior e interior</li> <li>• Rieles superiores e inferiores</li> </ul>	1

<b>SECCIÓN CABINA</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismo de eyección</li> <li>• Operación</li> </ul>	
	1	Montantes de armamento <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montantes</li> <li>• Resortes</li> <li>• Cajas de munición</li> </ul>	0.5
	1	Extintores de fuego por peso	0.5
	1	Paneles superiores de cabina	0.6
	1	Estructura primaria	0.3
	1	Acumuladores APU y bomba manual <ul style="list-style-type: none"> <li>• Manija</li> <li>• Acumuladores</li> <li>• Líneas, válvulas, manómetros de la APU</li> </ul>	0.3
	1	Ductos de calefacción	0.2
	1	Cables de control motor	0.3
	1	Cables eléctricos y componentes <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cables</li> <li>• Conectores</li> <li>• Componentes eléctricos</li> <li>• Circuitos extinguidores de fuego</li> </ul>	0.4
	1	Paneles de piso	0.2
	1	Gancho de carga <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gancho de carga</li> <li>• Pendant</li> <li>• Estructura</li> <li>• Cartucho explosivo</li> <li>• Conexiones eléctricas</li> </ul>	0.3
	1	Amplificadores estabilizador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexiones eléctricas</li> <li>• Amplificadores</li> </ul>	0.1
	1, 2	Amortiguador	0.3
	2	Componentes control de vuelo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Paneles</li> <li>• Varillaje</li> <li>• Ejes, resortes de balance</li> <li>• Soportes estructurales</li> </ul>	0.5

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamientos</li> <li>• Acelerómetros</li> </ul>	
<b>SECCIÓN TRANSICIÓN</b>	1	Calentador auxiliar <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada muffler</li> <li>• Blower</li> <li>• Soportes</li> <li>• Ductos</li> <li>• Sensores</li> <li>• Cableado</li> </ul>	0.3
	2	Celdas de combustible <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de combustible</li> <li>• Paredes de las celdas</li> <li>• Montante de la bomba principal</li> <li>• Conexiones</li> <li>• Válvulas</li> </ul>	0.6
	1,2	Test de alimentación de combustible	0.6
	1	Cableado eléctrico, conectores y componentes	0.3
	1	Cables control rotor de cola	0.1
	1,2	Área interior y celda de combustible <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas de combustible</li> <li>• Recipiente de la bomba principal de combustible</li> </ul>	2.5
	1	Estructura detrás cubierta STA 449	0.4
	1	Sujetadores zona transición a cono de cola (torque)	0.5
	1	Pieles, paneles de acceso, puertas	0.6
<b>SECCIÓN CONO DE COLA</b>	1	Exterior <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieles</li> <li>• Cubiertas ejes conductores sección II y III</li> <li>• Paneles de acceso</li> <li>• Sujetadores</li> <li>• Orificios de drenaje</li> <li>• Antenas</li> <li>• Insuladores</li> </ul>	1.0
	1	Interior <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pieles</li> <li>• Estructura</li> <li>• Sujetadores</li> <li>• Paneles de acceso</li> </ul>	0.1

<b>SECCIÓN CONO DE COLA</b>	1	Líneas hidráulicas	0.2
	1	Cables y poleas de control del rotor de cola	0.2
	1	Estructura tren de cola	0.5
	1	Rueda tren de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rodamientos</li> <li>• Llanta</li> </ul>	0.5
	1,2	Yoke y tenedor del tren de cola	0.8
	1	Cableado eléctrico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexiones</li> <li>• Componentes</li> <li>• Power supply luz anticolisión</li> </ul>	0.4
	2	Ejes conductores rotor de cola secciones II y III <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniones flexibles</li> <li>• Arandelas esféricas</li> <li>• Montantes</li> </ul>	1.8
<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE COLA</b>	2	Exterior <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobertores ejes conductores</li> <li>• Montantes caja intermedia</li> <li>• Pieles</li> <li>• Antenas</li> </ul>	0.4
	1	Interior	0.3
	1	Líneas hidráulicas	0.2
	1	Estabilizador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuador</li> <li>• Sensores</li> <li>• Estabilizador</li> </ul>	1.0
	2	Estabilizador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Actuador</li> <li>• Sujetadores</li> <li>• Actuador superior e inferior</li> <li>• Estructura</li> <li>• Rodamientos elastómicos</li> <li>• Cableado eléctrico</li> <li>• Rodamientos de bola</li> </ul>	3.0
	2	Eje conductor rotor de cola sección IV <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniones flexibles</li> <li>• Arandelas esféricas</li> <li>• Sujetadores</li> </ul>	0.4
	2	Cables y poleas de control del rotor de cola	0.4

<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE COLA</b>	2	Caja intermedia y del rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Carcazas</li> <li>• Sellos</li> </ul>	0.5
	2	Sistema control rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cilindros</li> <li>• Rodamientos</li> <li>• Cables</li> <li>• Poleas</li> </ul>	0.3
	2	Componentes sistema rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Placa de retención</li> <li>• Tuerca retención vigas</li> <li>• Varillaje</li> <li>• Vigas</li> </ul>	0.5
	2	Servo rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drenaje caja de aceite</li> <li>• Carcaza</li> <li>• Válvulas</li> <li>• Eje de control</li> </ul>	0.6
	2	Palas rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Palas</li> <li>• Capas borde exterior</li> <li>• Cuerno de paso</li> <li>• Vigas</li> <li>• Rodamientos de pivote</li> </ul>	0.4
	2	Sistema anti hielo	0.3
	2	Cableado eléctrico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexiones</li> <li>• Componentes</li> </ul>	0.2
<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	2	Sistema calefacción <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubierta deslizante</li> <li>• Ductos</li> <li>• Tubos de sangrado de aire</li> <li>• Tubo sensor de temperatura</li> <li>• Válvula mezcladora</li> <li>• Carcaza del blower</li> </ul>	0.3
	2	Servos de asistencia al piloto <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conjunto servos colectivo y guiñada</li> <li>• Cilindros</li> <li>• Switch de presión</li> <li>• Válvulas de alivio</li> <li>• Actuador SAS</li> <li>• Conjunto banqueo y cabeceo</li> </ul>	0.4
	2	Conjunto mezclador <ul style="list-style-type: none"> <li>• Montante</li> <li>• Plataforma instalación</li> </ul>	0.5

<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujetadores</li> <li>• Rodamientos</li> <li>• Sensores de posición</li> <li>• Conectores</li> <li>• Eje de torque</li> </ul>	
	2	Componentes control de vuelo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Varillaje</li> <li>• Palancas</li> <li>• rodamientos</li> </ul>	0.2
	2	Servos primarios <ul style="list-style-type: none"> <li>• Switches de presión</li> <li>• Válvulas de alivio</li> <li>• Montantes</li> <li>• Uniones</li> <li>• Rieles</li> </ul>	0.5
	2	Módulos hidráulicos No 1 y No 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas hidráulicas</li> <li>• Switches de bajo nivel en tanque</li> <li>• Indicadores de nivel y temperatura en las bombas</li> </ul>	0.3
	2	Módulo asistencia piloto No 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Válvulas solenoides</li> <li>• Swithes de presión</li> <li>• Conjunto modulo</li> <li>• Cableado</li> </ul>	0.3
	2	Modulo bomba hidráulica de respaldo <ul style="list-style-type: none"> <li>• Switches</li> <li>• Modulo</li> <li>• Indicador de nivel y temperatura</li> <li>• Líneas hidráulicas</li> </ul>	0.3
	2	Bomba manual relleno aceite hidráulico <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cubierta</li> <li>• Cadena</li> <li>• sellos</li> </ul>	0.4
	2	Montantes transmisión principal, soportes delanteros y trasero	0.4
	2	Módulos de accesorios, módulo de respiración, ejes de salida motor <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexiones</li> <li>• Generador principal</li> <li>• Ejes salidas de motor</li> <li>• Nivel de aceite transmisión</li> <li>• Sujetadores</li> </ul>	1.0
	2	Sellos módulo de entrada	0.1

	2	Sello rotor principal-transmisión principal	0.1
	2	Transmisión principal, módulo de entrada accesorios. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chip detectors</li> <li>• Sensores</li> <li>• Cableado</li> </ul>	0.2
	2	Control cabeceo rotor principal	0.2
	2	Conjunto spindle rotor principal	5.0
	2	Amortiguadores rotor principal	0.6
<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	2	Sistema anti hielo alas rotor principal	0.2
	2	Tejeras rotatorias del rotor principal	0.2
	2	Eje rotor principal	0.2
	2	Cubo rotor principal	1.3
	2	Conjunto swashplate	1.0
	2	Bifilar	0.6
	2	Palas rotor principal	0.6
	2	Sección I eje conductor rotor de cola <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniones flexibles</li> <li>• Arandelas esféricas</li> </ul>	0.3
	2	Radiador y enfriador de aceite	0.8
	2	Válvulas selectoras de combustible Válvula de alimentación cruzada de combustible	0.2
	2	APU <ul style="list-style-type: none"> <li>• Líneas</li> <li>• Válvulas</li> <li>• Drenajes</li> <li>• Control de combustible</li> <li>• Soportes</li> <li>• Tubo de escape</li> </ul>	0.4

<b>SECCIÓN PYLON ROTOR DE PRINCIPAL</b>	2	Protección contra fuego motor / APU <ul style="list-style-type: none"> <li>• Botellas extintoras</li> <li>• Cartuchos</li> <li>• Tubería</li> <li>• Actuador manual</li> </ul>	1.1
	2	Motor No 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separador de partículas</li> <li>• Cables de control</li> <li>• Chip detector</li> <li>• Montantes</li> <li>• HMU</li> </ul>	1.0
	2	Cables control motor No 1	0.3
	2	Arrancador motor No 1 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería neumática</li> </ul>	0.6
	2	Motor No 1 cableado eléctrico	0.4
	2	Motor no 1 detectores de fuego	0.2
	2	Motor No 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Separador de partículas</li> <li>• Cables de control</li> <li>• Chip detector</li> <li>• Montantes</li> <li>• HMU</li> </ul>	1.0
	2	Cables control motor No 2	0.3
	2	Arrancador motor No 2 <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tubería neumática</li> </ul>	0.6
	2	Motor No 2 cableado eléctrico	0.4
	2	Motor No 2 detectores de fuego	0.2
	2	Pylon rotor principal <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura</li> <li>• Cobertores motor</li> <li>• Entradas aire motor</li> <li>• Entradas aire APU</li> <li>• Sujetadores</li> <li>• Antenas</li> </ul>	0.6

**Fuente: Autor**

## 5.2 INSPECCIONES ESPECIALES

Este grupo de inspecciones se divide en dos grupos, el primer grupo está compuesto por aquellas inspecciones que se deben ejecutar, una vez se ha realizado un cambio de componente e inspecciones, cuyo intervalo de ejecución es diferente a intervalos de ejecución de las inspecciones programadas.

El segundo grupo, está compuesto por inspecciones que se deben cumplir una vez la aeronave ha sufrido una condición anormal de operación.

**Tabla 15. Inspecciones especiales por mantenimiento**

ÍTEM	CUMPLIMIENTO (HORAS DE VUELO)	OBSERVACIÓN
EJE SALIDA MOTOR	1 a 3 3 a 13	Cambio de eje
TORQUE PERNOS MONTANTES CAJA DE REDUCCIÓN	9 a 11	Cambio caja de reducción o Reemplazo de pernos
TORNILLOS TIP CAP PALA ROTOR PRINCIPAL	9 a 11	Cambio TIP CAP
TORQUE ROTOR PRINCIPAL	9 a 11	Instalación rotor principal
TORQUE TURCAS RETENCIÓN EXTERIOR	9 a 11	Instalación rotor principal
TORQUE EJE ROTOR DE COLA	9 a 11	Remoción eje rotor de cola
TORQUE TURCAS RETENCIÓN GEAR BOX TR	9 a 11	Cambio caja de reducción o Reemplazo de pernos
TENSIÓN CABLE ROTOR DE COLA	9 a 11	Cambio cable de tensión
TORQUE PERNO BISAGRA ESTABILIZADOR	40	Reemplazo, remoción o reinstalación perno

<b>TORQUE PYLON TR A CONO DE COLA</b>	40	Separación pylon TR del cono de cola
<b>TORQUE SECCIÓN TRANSICIÓN- CONO DE COLA</b>	40	Separación sección transición del cono de cola
<b>SEPARADOR DE PARTÍCULAS</b>	360	Reemplazo separador de partículas
<b>MCU</b>	14 días	Carga y purga
<b>AERONAVE</b>	90 días	Inspección por corrosión
<b>PALAS ROTOR PRINCIPAL</b>	6 Meses	Presión de nitrógeno en la viga
<b>BRÚJULA</b>	12 Meses	Correcta indicación
<b>SISTEMA PITOT</b>	12 Meses	Drenaje de puertos
<b>SECCIÓN CABINA</b>	48 Meses	Inspección estructural
<b>CELIDAS DE COMBUSTIBLE</b>	48 meses	Corrosión

Fuente: Autor

**Tabla 16. Inspecciones especiales por operación**

<b>INSPECCIÓN</b>
Sobre velocidad, más de 145 KIAS
Descarga sistema extinción de fuego
Operación transmisión con presión de aceite por debajo de 20 PSI
Aterrizaje fuerte
Operación en vientos fuertes

Operación con un solo motor
Operación de condición erosivas
Operación en fuerte lluvia
Parada súbita
Vibración excesiva
Sobrevelocidad de la transmisión
Sobret temperatura de la transmisión
Sobretorque de la transmisión

**Fuente: Autor**

### 5.3 LUBRICACIÓN

**Tabla 17. Lubricación**

COMPONENTE	FRECUENCIA	LUBRICANTE
<b>BIFILAR</b>	40 Horas o 30 días 10 horas ( zonas arenosas)	08-0894-210 (MIL-L-23398)
<b>SWASHPLATE</b>	360 horas o 12 meses	AEROSHELL GREASE 22
<b>MIXER BELLCRANKS</b>	720 Horas	AEROSHELL GREASE 22
<b>ROTARY INPUT</b>	720 Horas	AEROSHELL GREASE 23C
<b>SHOCK STRUTS</b>	40 Horas o 30 días	ROYCO 756
<b>STABILATOR ACTUATOR</b>	40 Horas o 30 días 360 Horas (Extendido completo)	ROYCO 756
<b>WINDSHIELD WIPER PIVOT</b>	40 Horas o 30 días	HY5020

<b>WINDSHIELD WIPER CONVERTER</b>	40 Horas o 30 días 720 Horas	AEROSHELL GREASE 22
<b>TAIL WHEEL LOCK PIN</b>	720 Horas	AEROSHELL GREASE 22
<b>TAIL WHEEL BEARINGS</b>	360 Horas o 12 Meses	AEROSHELL GREASE 22
<b>DOOR LOCKS</b>	720 Horas	AEROSHELL FLUID 18
<b>BRU-22<sup>a</sup> EJECTOR RACK</b>	720 Horas	AEROSHELL FLUID 18

Fuente: Autor

#### 5.4 COMPONENTES CON VIDA LIMITE / OVERHAUL

Tabla 18. Componentes con vida limite / overhaul

<b>NUMERO DE PARTE</b>	<b>COMPONENTE</b>	<b>OVERHAUL / RETIRO (Horas vuelo)</b>
JAM9110PPVM-101	Oil Cooler Viscous Damper Bearing, STA 410. 5	/720
JAM9110PPVM-101	Tail Rotor Drive Shaft Support Bearing	/2,160
JM9110PP-5	Oil Cooler Viscous Damper Bearing, STA 410. 5	/720
JM9110PP-5	Tail Rotor Drive Shaft Support Bearing	/2,160
NAS607-12-18P	Dowel Pin, Flight Control Support Mounting transmission Case	4,320
SB1138-101, SB1138-102	Oil Cooler Viscous Damper Bearing, STA 410. 5	/720
SB1138-101, SB1138-102	Tail Rotor Drive Shaft Support Bearing	/2,160
SB1162-102	Pitch Control Shaft Support Bearing	/2,160
SB5203-202	Elastomeric Sleeve Bearing	/720

SS27576-6-38	Stabilator Actuator Installation Attach Bolt	/5,000
SS5025-04H010	Right Tie Rod Attach Bolt	/5,000
Z33C32	Oil Cooler Axial Fan Ball Bearing	2160/2,520
110KSZZ-400/-401	Oil Cooler Viscous Damper Bearing, STA 410. 5	/720
110KSZZ-400/-401	Tail Rotor Drive Shaft Support Bearing	/2,160
116305-100, 116305-200, 116305-300	Auxiliary Power Unit (APU)	3,000 APU starts/
116305-201, 116305-302	Auxiliary Power Unit (APU)	6,000 APU starts/
210SFFC	Oil Cooler Axial Fan Ball Bearing	/2,520
210SFFC-0129	Oil Cooler Axial Fan Ball Bearing	/2,520
2227000-13, 2227000-17	Tail Rotor Servo Assembly	/15,000
38023-10374-041	Main Rotor Spindle and Liner Assembly	/6,400
52E12-1	Fan Axial, Oil Cooler	2520/
70070-10030-041	Main Rotor Spindle AssemblyW/Tie Rod	/2,500
70070-10030-042	Main Rotor Spindle AssemblyW/Tie Rod	/2,500
70070-10030-043	Main Rotor Spindle and Liner Assembly and Liner	/2,500
70070-10030-044	Main Rotor Spindle AssemblyW/Tie Rod	/2,500
70070-10030-045	Main Rotor Spindle AssemblyW/Tie Rod	/2,500
70070-10030-046	Main Rotor Spindle AssemblyW/Tie Rod	/2,500
70070-10030-047	Main Rotor Spindle and Liner AssemblyW/Tie Rod	/2,500

70070-10046-055 and -056	Main Rotor Hub	/5,100
70101-11200-043 and -044	Tail Rotor Blade	/10,000
70101-31000-043	Tail Rotor Blade	/10,000
70102-08102-101	Main Rotor Spindle Tie Rod	/2,500
70102-08102-102	Main Rotor Spindle Tie Rod	/3,100
70102-08102-041 thru -044	Main Rotor Spindle Assy W/Tie Rod	/3,100
70102-08105-102	Main Rotor Spindle Nut	/6,400
70102-08111-043	Main Rotor Control Horn	/1,700
70102-08111-045	Main Rotor Control Horn	/1,700
70102-08111-047	Main Rotor Control Horn	/2,500
70102-08200-041	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-042	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-043	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-044	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-053	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-054	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-055	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-056	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100
70102-08200-063	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/3,100

70102-08200-068	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/6,400
70102-08200-069	Main Rotor Spindle Assembly W/Tie Rod	/6,400
70102-08216-041	Main Rotor Spindle and Liner Assembly and Liner	/3,100
70102-08216-045	Main Rotor Spindle and Liner Assembly and Liner	/3,100
70102-11101-042	Tail Rotor Retention Plate, Outboard	/12,000
70103-08107-102	Main Rotor Blade Expandable Pin	/4,700
70103-08112-041 and -047	Main Rotor Hub	/5,100
70103-08112-042/-045/-046/-048/-049 and -050	Main Rotor Hub	/5,100
70103-08801 ndash102	Bolt, Machine, Lower Attaching	/9,000
70104-08001-044 and -045	Rotating Swashplate	/11,000
70107-08400 ndash046	Bifilar Assembly	/13,000
70150-09100-041 and -043	Main Rotor Blade	/9,600
70150-09107-041	Main Rotor Blade Tip Cap	1,000/
70150-09109-041	Main Rotor Blade Cuff	/1,900
70209-06051-042	Tail Pylon Fitting	/3,500
70209-06051-043	Tail Pylon Fitting	/20,000
70209-22103-042	Servo Beam Fitting	/11,000
70209-22103-048	Servo Beam Fitting	/11,000
70219-02134-046	Servo Beam Fitting	/20,000

70219-02134-048	Servo Beam Fitting	/2,700
70219-02134-050	Servo Beam Fitting	/2,700
70219-02134-052	Servo Beam Fitting	/2,700
70250-12067-102	Main Landing Gear Shock Strut Piston Cylinder	/9,000
70351-08110-044 and -045	Main Gear Box Housing	/3,000
70351-08131-044	Main Rotor Shaft	/1,000
70351-08131-045 and -046	Main Rotor Shaft	/1,300
70351-08131-047 and -048	Main Rotor Shaft	/7,600
70351-38175-041	Main Module Planetary Carrier Assembly	/6,500
70351-38175-046 and -048	Planetary Carrier Assembly	/12,000
70351-38175-042 and -048	Planetary Carrier Assembly	/12,000
70351-08186-043	Main Rotor Shaft Extension	/14,000
70351-08227-041	Swashplate Guide	/17,000
70351-08404-103	Dowel Pin, Flight Control Support Mounting to Transmission Case	/4,300
70351-28404-101	Dowel Pin, Flight Control Support Mounting to Transmission Case	/4,300
70351-38110-043, - 044 and -045	Main Gear Box Housing	/11,000
70351-38131-042	Main Rotor Shaft	/17,000
70358-06612-042	Tail Rotor Retention Plate, Inboard	/12,000
70358-06620-101 and -102	Output Bevel Gear and Shaft	/5,000

70361-03005-103 thru-106	Oil Cooler Axial Fan	2,160/
70361-03005-107	Oil Cooler Axial Fan	2,520/
70400-06100-042	Tail Rotor Pitch Change Shaft Assembly	2,160/
70400-06802-101	Stabilator Actuator Installation Attachment Bolt	/5,000
70400-08101-044 and -046	Forward Bellcrank Assembly	/15,000
70400-08101-045	Aft Bellcrank Assembly	/13,000
70400-08102-045	Aft Bellcrank Assembly	/13,000
70400-08104-048	Aft Walking Beam	/11,000
70400-08111-041 and -042	Aft Tie Rod Assembly	/2,200
70400-08111-043	Aft Tie Rod Assembly	/20,000
70400-08112-044 and -045	Aft Tie Rod Support Fitting Assembly	/17,000
70400-08112-046	Aft Tie Rod Support Fitting	/20,000
70400-08114-047, -049, -051 and -052	Right Tie Rod Assembly	/3,500
70400-08115-043 and -045	Left Tie Rod Assembly	/14,000
70400-08115-046	Left Tie Rod Assembly	/4,600
70400-08116-046	Forward Bellcrank Support Assembly	/1,800
70400-08116-048	Forward Bellcrank Support Assembly	/1,800
70400-08117-046, -048, -049 and -051	Aft Bellcrank Support Assembly	/4,400
70400-08150-043 and -045	Lateral Servo Bellcrank Assembly	/5,500

70400-08151-046, -048, -050, -060 and -061	Lateral Swashplate Bellcrank Assembly	/11,000
70400-08159-101	Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-102	Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-103	Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-104	Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-105	Lateral Bellcrank Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-106	Aft Bellcrank Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-107	Forward Bellcrank Pivot Bolt	/5,000
70400-08159-108	Forward Bellcrank Pivot Bolt	/5,000
70400-08162-042	Forward Bellcrank Support Assembly	/5,600
70400-08163-043	Aft Bellcrank Support Assembly	/20,000
70400-08165-043	Right Tie Rod Assembly	/20,000
70400-08166-041	Lateral Servo Bellcrank Assembly	/11,000
70410-02500-047 and -048	SAS Actuator	3,000/
70410-02500-049	SAS Actuator	/13,000
70410-02820-046, -050 thru -054	Primary Servo	/24,400
70410-02820-044, -045, -046	Tail Rotor Servo Assembly	/11,000

Fuente: EM0013

## 5.2 PLANEACIÓN

La planeación de mantenimiento es un proceso crucial para cualquier empresa en donde la disponibilidad y confiabilidad de los activos, incide directamente en el proceso productivo y posteriormente en la utilidad del ejercicio, ya que el planear un mantenimiento programado puede sufrir de falta de coordinación y comunicación.

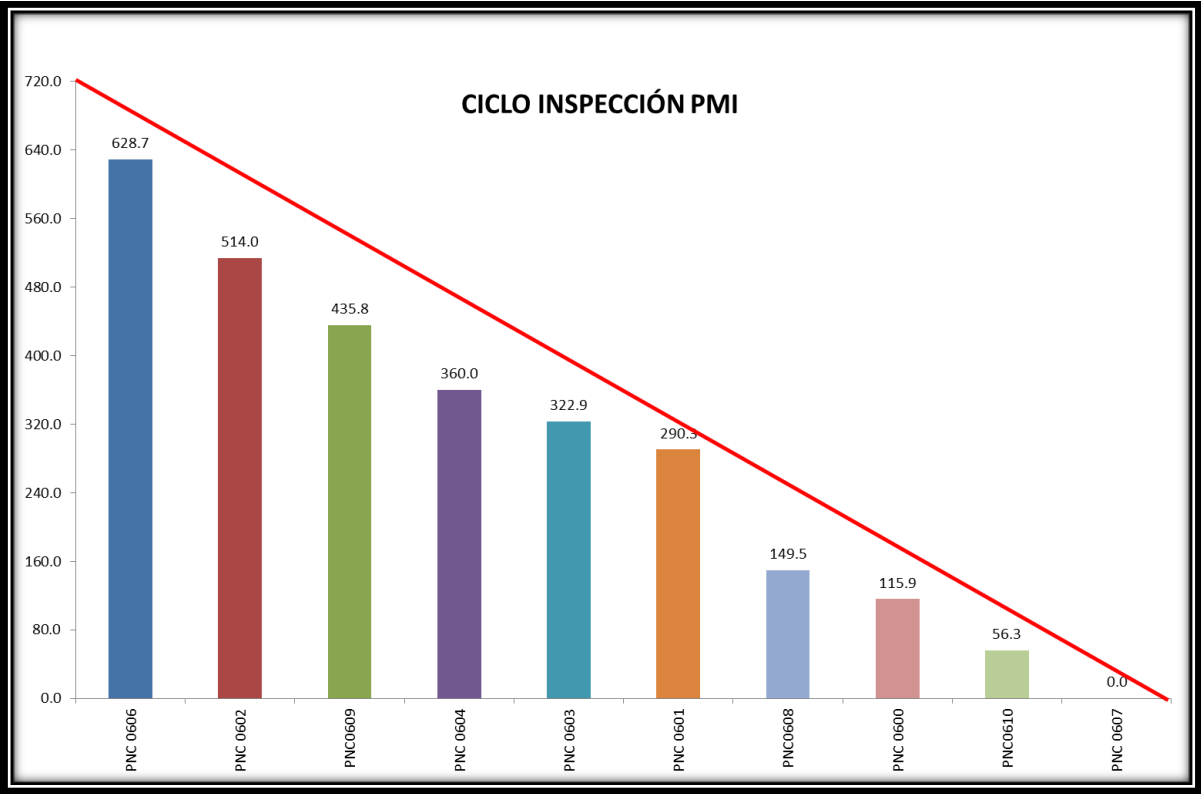
Para efectuar una correcta programación de los servicios y así mismo determinar la fecha de ingreso de la aeronave a servicio, es de gran importancia tener en cuenta:

- Remanente en horas de vuelo antes del cumplimiento del servicio.
- Promedio operacional mensual.
- Duración de la ejecución del servicio.
- Capacidad taller (No. de aeronaves en servicio).

El objetivo principal es evitar el ingreso a servicio de varias aeronaves simultáneamente y así mismo mantener un número predeterminado, disponibles para operación.

Mediante la siguiente figura se controla las horas de vuelo remanente de cada aeronave para cada servicio y simultáneamente permite evitar el ingreso de más de una aeronave a servicio al mismo tiempo.

Figura 20. Carta de flujo



Fuente: Autor

## 6. INDICADORES DE GESTIÓN

En el desarrollo de los distintos procesos, procedimientos y tareas que hacen parte del mantenimiento, es necesario medir o evaluar el desempeño y los resultados obtenidos de tal forma que posibilite evidenciar no conformidades y puntos de mejora, para así poder tomar las acciones correctivas y mejorativas pertinentes.

Los indicadores de gestión propuestos para el área de mantenimiento del helicóptero UH-60L son los siguientes: disponibilidad, confiabilidad e índice de cumplimiento de la ejecución.

### 6.1 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad es definida como el tiempo total que la flota de helicópteros UH-60L se encuentra apta técnicamente y legalmente para volar de forma segura. Este indicador se calcula teniendo en cuenta los siguientes términos:

- Número total de aeronaves.
- Disponibilidad requerida por aeronave 24 horas.
- Numero de aeronaves no aptas para volar
- Número de aeronaves aptas para volar

La fórmula utilizada es:

$$Disponibilidad = \frac{No\ total\ de\ aeronaves - No\ de\ aeronaves\ no\ aptas\ para\ volar}{No\ total\ de\ aeronaves}$$

## 6.2 ÍNDICE DE CUMPLIMIENTO DE LA EJECUCIÓN

En nuestro contexto operacional, este indicador es de suma importancia puesto que nos permite controlar el tiempo consumido por el área de mantenimiento para retornar una aeronave a operación, una vez esta ha entrado a servicio de mantenimiento programado.

Para su cálculo se utiliza la siguiente formula:

$$ICE = \frac{\text{Numero de ordenes terminadas en la fecha planificada}}{\text{Numero de ordenes totales}}$$

## 6.3 CONFIABILIDAD

La confiabilidad es la probabilidad de que un equipo pueda desarrollar la función para la cual fue diseñado de forma satisfactoria por un periodo de tiempo establecido. Esta herramienta nos permite establecer la tasa media entre fallas de la aeronave. En nuestro caso, teniendo en cuenta la complejidad del helicóptero, este indicador se establecerá por sistemas de la aeronave, ya que permite un análisis más certero y práctico.

La fórmula para calcular el tiempo medio entre fallas es:

$$MTBF = \frac{\text{Horas de vuelo totales del periodo analizado}}{\text{Numero de fallos}}$$

## 7. CONCLUSIONES

La aeronavegabilidad de una aeronave, motor, hélice o componente aeronáutico por definición está compuesta por una parte legal y una parte técnica. El proceso de mantenimiento es el encargado de lograr el cumplimiento de la parte técnica mediante la gestión de las acciones y recursos logísticos, humanos y económicos. Una vez realizado este proyecto se puede concluir:

- Para la implementación de un plan de mantenimiento es importante tener claro los objetivos pretendidos y conocer el contexto operacional y la normatividad vigente aplicable.
- La formulación de un plan de mantenimiento adecuado a las necesidades de la organización, depende del conocimiento a fondo de las características físicas, técnicas y operacionales del helicóptero UH-60L
- A medida que pasa el tiempo los equipos aeronáuticos crecen en confiabilidad y así mismo en complejidad y costos, para ejecutar una buena y práctica gestión del mantenimiento, es imprescindible contar con un sistema de información confiable, el cual debe ser alimentado con datos verídicos y certeros que reflejen la realidad de las distintas actividades de mantenimiento.
- De una apropiada y clara estructura organizacional depende el buen desarrollo del flujo de trabajo diario, gracias a la definición de la jerarquía y funciones de cada individuo.

- La experiencia del personal en los distintos niveles de la organización deber ser fortalecida con entrenamiento específico. Esta actividad no solo mejora el know-how de la organización sino que afianza el clima laboral.
- Los indicadores de gestión deben ser claros y capaces de mostrar la situación real de la organización, ya que son instrumentos claves para la gerencia en la toma decisiones.
- El éxito de las operaciones aéreas de la Policía Nacional de Colombia, está directamente relacionado con la confiabilidad de las aeronaves, la cual es obtenida mediante la gestión integral del plan de mantenimiento.
- Para lograr una mayor disponibilidad de las aeronaves es necesario la implementación de un plan de mantenimiento capaz de cumplir a cabalidad con las tareas programadas, y así mismo sea versátil para atender los eventos imprevistos.
- Todo trabajo de mantenimiento aeronáutico debe ser ejecutado siguiendo estrictamente los lineamientos establecidos en la documentación técnica, emitida por cada uno de los fabricantes y autoridades aeronáuticas. Lo anterior implica que el personal involucrado en el proceso de mantenimiento, debe mantenerse actualizado y además tener la habilidad de interpretar la información contenida en dicha documentación.
- Las inspecciones programadas establecidas por la casa fabricante y la autoridad aeronáutica deben ser complementadas por acciones de mantenimiento preventivas provenientes del análisis de las fallas de los componentes del helicóptero UH-60L, permitiendo garantizar la confiabilidad operacional de las aeronaves y una alta disponibilidad.

## BIBLIOGRAFÍA

AUBIN BRUCE. Aircraft Maintenance-The Art and Science of keeping Aircraft Safe. Estados Unidos: SAE, 2004.

BALDION SAAVEDRA, Andrés Felipe. Estructuración del departamento de mantenimiento de aeroclub de Colombia. Tesis de grado. UIS. Bogotá. 2009.

BORRAS PINILLA, Carlos. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: UIS. 2013.

DA PAM 738-751 – Functional Users Manual for the Army Maintenance Management System – Aviation. 1999.

CASTILLO-SERPA, A.M. del; BRITO-BALLINA M.L.; FRAGA-GUERRA, E. Análisis de criticidad personalizados. En: REVISTA DE INGENIERÍA MECÁNICA, Vol. 12, No. 3. (Septiembre-Diciembre 2009); 13 p. p 2

DUFFUAA, Salih; RAOUF, A. y CAMPBELL, John. Sistemas de Mantenimiento Planeación y Control. México: Limusa, 2000.

ECHANDIA CHAVISTA, Saúl Darío, RODRÍGUEZ VILLAVONA, Miguel Ángel. Estructuración gerencial del departamento de mantenimiento de manufacturas Eliot. Tesis de grado. UIS. Bucaramanga. 2007.

FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. Aviation Maintenance Technician Handbook-addendum Human Factors. Estados Unidos. 2011.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Mantenimiento Preventivo. Bucaramanga: UIS, 2013.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aeronautical Equipment Maintenance Management Policies and Procedures. TM 1-1500-328-23. Estados Unidos: 2002.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Army Aviation Maintenance TC 3-04.7. Estados Unidos: 2010.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Army Model UH-60L Helicopter. TM 1-1520-BLACKHAWK. Estados Unidos. 2013.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Aviation Unit and Intermediate Maintenance for Engine Turboshaft T700-GE-701C. TM 1-2840-248-23&P-1. Estados Unidos. 2010.

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Cleaning and corrosion control. TM 1-1500-344-1. Estados Unidos: 2005

HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY. Operator's Manual for UH-60L Helicopter. TM 1-1520-237-10. Estados Unidos: 2012

PARRA, Carlos y CRESPO, Adolfo. Métodos de análisis de criticidad y jerarquización de activos. En: Técnicas de ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicadas en el proceso de gestión de activos. Vol 5. Septiembre 2012.

REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. RAC1-Disposiciones iniciales, definiciones y abreviaturas. Bogotá: 2013.

REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. RAC4-Normas de aeronavegabilidad y operación de aeronaves. Bogotá: 2013.

REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. Parte Segunda-Personal Aeronáutico. Bogotá. 2013.

REGLAMENTO AERONÁUTICO COLOMBIANO. PARTE CUARTA Normas de Aeronavegabilidad y Operación Aeronaves. Bogotá: 2013.

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION. SIKORSKY S-70 Helicopter Description. Estados Unidos: 1996.

[www.pae.com/about-pae](http://www.pae.com/about-pae)

UH-60 BlackHawk Helicopter. Disponible en: [www.sikorsky.com](http://www.sikorsky.com)

# ANEXOS

## Anexo A. Formas de mantenimiento

1. AIRCRAFT SERIAL NUMBER						2. MODEL			3. DATE			4. PAGE		
PART I - FAULT INFORMATION						PART II - CORRECTING INFORMATION								
STATUS	SYS	DATE	NO	TIME	PID	DATE	TIME	ACFT HRS	ROUNDS	ACTION CODE	WUC			
FAULTS/REMARKS						ACTION								
						PID	CAT	HRS	PID	CAT	HRS	PID	CAT	HRS
ACFT HRS			WHEN DISC		HOW REC	MAL EFF		TIPIID			TI MANHOURS			
DELAY	WUC													
STATUS	SYS	DATE	NO	TIME	PID	DATE	TIME	ACFT HRS	ROUNDS	ACTION CODE	WUC			
FAULTS/REMARKS						ACTION								
						PID	CAT	HRS	PID	CAT	HRS	PID	CAT	HRS
ACFT HRS			WHEN DISC		HOW REC	MAL EFF		TIPIID			TI MANHOURS			
DELAY	WUC													
STATUS	SYS	DATE	NO	TIME	PID	DATE	TIME	ACFT HRS	ROUNDS	ACTION CODE	WUC			
FAULTS/REMARKS						ACTION								
						PID	CAT	HRS	PID	CAT	HRS	PID	CAT	HRS
ACFT HRS			WHEN DISC		HOW REC	MAL EFF		TIPIID			TI MANHOURS			
DELAY	WUC													

DA FORM 2408-13-1, OCT 97  
DA FORM 2408-13-1, OCT 91, MAY BE USED

AIRCRAFT INSPECTION AND MAINTENANCE RECORD  
For use of this form, see DA PAM 738-751; the proponent agency is DCSLOG  
USAPA 9V3.000

DATE						NUMBERS OF PAGES IN FLIGHT PACK						
1. AIRCRAFT SERIAL NUMBER			2. MODEL			3. UIC		4. STATION		5. NAME OF CE/MECH		
6. ENGINE HIT READINGS				7. APU HISTORY				8. ENGINE STARTS				
DATE	NO. 1	NO. 2		HOURS	STARTS	HR METER	NUMBER 1	NUMBER 2				
				CURRENT								
				TODAY								
				TOTAL								
9. SYSTEM STATUS						10. FLIGHT DATA						
ACFT						AIRCRAFT HOURS	STD	LANDINGS		HSF/ CYCLES		
								AUTOROTATIONS				
								HOVER	TOUCHDOWN			
ARM						CURRENT						
ELECT						TODAY						
OTHER						TOTAL						
11. SCHEDULED INSPECTION INFORMATION												
a. HOURS OF OPERATION SINCE LAST GENERATION			b. NEXT PHASE/SCHEDULED INSP (NO.)				c. HOURS OF OPERATION TO NEXT PHASE/SCHEDULED INSPECTION			e. PMD DUE		
										DATE COMPLETED		
			c. NEXT PHASE/SCHEDULED INSP DUE AT							PID		
12. LOCAL USE												
DA FORM 2408-13, MAR 2014 EDITION OF OCT 91 IS OBSOLETE												
AIRCRAFT STATUS INFORMATION RECORD												
For use of this form, see DA PAM 738-751; the proponent agency is DCS, G-4												
APD LF v1.00												







