

**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DEL SISTEMA AÉREO NO TRIPULADO PETIRROJO PR-01 PARA LA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

GEILER ELIECER PARRA RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AERONÁUTICA
MEDELLÍN**

2021

**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DEL SISTEMA AÉREO NO TRIPULADO PETIRROJO PR-01 PARA LA
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA**

GEILER ELIECER PARRA RODRÍGUEZ

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Aeronáutico

**Director(es)
Juan Pablo Alvarado Perilla
Ingeniero Aeronáutico**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA AERONÁUTICA
MEDELLÍN**

2021

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

7 de mayo de 2021

Geiler Eliecer Parra Rodríguez

“Declaro que este trabajo de grado no ha sido presentado con anterioridad para optar a un título, ya sea en igual forma o con variaciones, en ésta o en cualquiera otra universidad”.

Art. 92, parágrafo, Régimen Estudiantil de Formación Avanzada.

Firma:

Geiler Parra

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a Dios, por darme las fuerzas para continuar a lo largo de mi carrera y este proyecto, a mis padres por ser el motor principal de mi vida, por apoyarme en cada decisión y porque me dieron siempre su amor y comprensión, a mi director de trabajo de grado, el ingeniero Juan Pablo Alvarado, por apoyarme desde el primer día en esta aventura y porque siempre estuvo ahí para ayudarme cuando más lo necesitaba, y por último a todos los que me acompañaron en cada momento e hicieron posible llegar hasta acá.

Agradecimientos

Agradezco enormemente a mis papás Carlos Eliecer Parra Muñoz y Flor Esperanza Rodríguez Díaz por entender las veces que no podía compartir con ellos por estar realizando este trabajo de grado, a mi director Juan Pablo Alvarado por creer siempre en mi y darme el apoyo en todas las ideas que se me ocurrían durante la elaboración de este trabajo, a los diferentes profesores que me colaboraron en mi proceso, que con sus consejos me ayudaron a crecer profesional y personalmente, a mis compañeras de estudio Catalina Mazo y Daniela Loaiza por estar junto a mi desde el día 1 de esta bella experiencia y también a todas las personas que hicieron parte de mi proceso académico, que gracias a todos ellos soy quien soy hoy en día.

Índice general

	Pág.
Dedicatoria	4
Agradecimientos	5
Índice general	6
Lista de figuras	9
Lista de tablas	11
Resumen	12
Abstract	13
Glosario	14
Abreviaturas	18
Introducción	19
1. Problema	20

1.1. Planteamiento del Problema	20
2. Objetivos	21
2.1. Objetivo General	21
2.2. Objetivos Específicos	21
3. Metodología	22
3.1. Tipo de Investigación y Alcances	22
4. Justificación	25
5. Marco Referencial	27
5.1. Marco Contextual	27
5.2. Marco Conceptual	28
5.3. Estado del Arte	29
6. Elaboración del M/OM	32
6.1. Portada del M/OM	35
6.2. Control del M/OM y Revisiones	35
6.3. Descripción Organizacional de la UPB	38
6.4. Descripción del Petirrojo PR-01	40
6.5. Procedimientos de Mantenimiento del PR-01	41
6.5.1. Servicios del helicóptero	43
6.5.2. Lista de equipos mínimos (MEL)	44
6.5.3. Inspección	45

6.5.4. Componentes con vida límite	54
6.5.5. Peso y balance del helicóptero	57
6.5.6. Marcas y placas del helicóptero	61
6.6. Limitaciones y Condiciones de Operación	62
6.7. Control Operacional	64
6.7.1. Fase de pre—vuelo (planeación de la misión)	64
6.7.2. Fase de operación	65
6.7.3. Fase de post—vuelo	65
6.8. Procedimientos Operacionales Normales	66
6.9. Procedimientos Operacionales de Emergencia	69
6.10. Operaciones Especiales	70
6.11. Gestión de Riesgos y Errores	70
6.11.1. Políticas y Objetivos del Sistema de Gestión	71
6.11.2. Identificación de Peligros	72
6.12. Método de Gestión de Accidentes e Incidentes	73
6.13. Método de Gestión Documental y de Registros	73
Conclusiones	74
Recomendaciones	76
BIBLIOGRAFÍA	77
ANEXOS	79

Lista de figuras

	Pág.
6.1. Ejemplo de NOTA DE IMPORTANCIA, NOTA DE PRECAUCIÓN Y NOTA DE PELIGRO del M/OM	37
6.2. Estructura organizacional (resumida) de la UPB.	39
6.3. Petirrojo PR-01 con medidas principales	40
6.4. División de las zonas principales del Petirrojo PR-01	43
6.5. Localización de los rodamientos en el Petirrojo PR-01	47
6.6. Localización de las barras de control en el Petirrojo PR-01	48
6.7. Ejemplo de barra de control usada en el Petirrojo PR-01	49
6.8. Localización de los elastómeros en el Petirrojo PR-01	50
6.9. Localización de los tornillos y pernos de ensamble en el Petirrojo PR-01	51
6.10. Ensamble tornillo con superficie de contacto a) Alineado b) Deaslineado	51
6.11. Localización de las líneas de combustible (mangueras) en el Petirrojo PR-01.	52
6.12. Cableado del Petirrojo PR-01	53
6.13. Distribución de pesos en el Petirrojo PR-01	58

6.14. Estaciones de fuselaje del Petirrojo PR-01 a lo largo del eje longitudinal (Medidas en centímetros).	58
6.15. Límites operacionales del centro de gravedad del Petirrojo PR-01 (Área sombreada)	59
6.16. Puntos de sujeción para izar la aeronave (verificación del balance longitudinal) . .	60
6.17. Placa de identificación del Petirrojo PR-01	61
6.18. Helicóptero UAS Petirrojo PR-01 con la placa de identificación en los tanques de combustible	62
6.19. Localización del centro de gravedad para una operación segura con la aeronave balanceada	63
6.20. Proceso de llenado de los tanques de combustible del Petirrojo PR-01.	66
6.21. Procedimiento de arranque del motor en el helicóptero	67
6.22. Ajuste del plano de rotación, ambas palas describiendo el mismo plano — en tracking	67
6.23. Compensación (trimming) movimiento de rollo	68
6.24. Maniobra de autorrotación en el helicóptero Petirrojo PR-01	70
6.25. Niveles de riesgos	72
6.26. Identificación de peligros.	72

Lista de tablas

	Pág.
6.1. Denominación de las zonas principales del Petirrojo PR-01	41
6.2. Inspecciones programadas	44
6.3. Lista de equipos mínimos (MEL) del Petirrojo PR-01	45
6.4. Intervalos de vida máximos (límite) de componentes del Petirrojo PR-01	55

Resumen

Se propone hacer la elaboración del manual de mantenimiento y operación del Sistema Aéreo No Tripulado o UAS por sus siglas en inglés (Unmanned Aerial System) tipo helicóptero Petirrojo PR-01 diseñado y construido por el grupo de investigación de la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB). Este documento es de gran importancia para la seguridad, uso, confiabilidad y duración del equipo, de tal manera que se tengan claros los procedimientos, determinando un adecuado manejo de la planeación de trabajos de mantenimiento, haciendo efectiva la aeronavegabilidad del helicóptero. De igual forma, este manual sirve para el registro ante la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (Aerocivil) cumpliendo con los requisitos que exigen para ser piloto/operador de este tipo de vehículos aéreos.

PALABRAS CLAVE:

Manual de mantenimiento; UAS; seguridad; operación; aeronavegabilidad.

Abstract

It is proposed to design and elaborate the maintenance and operational manual for the Unmanned Aerial System (UAS) Petirrojo PR-01 helicopter designed and built by Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) Aerospace Engineering Research Group. This document is of great importance for safety, use, reliability, and life-cycle of the equipment in such a way that the procedures get clear, determining an adequate use of the planning of maintenance services, achieving an effective airworthiness of the helicopter. In addition, this manual is useful for registration with the Aerocivil records accomplish with the requirements given by this entity to register as an operator of this type of aerial vehicles.

KEYWORDS:

Maintenance manual, UAS, security, operation, airworthiness

Glosario

Para comenzar a operar el Petirrojo PR-01 es importante que las personas se familiaricen con algunos de los términos más utilizados en la industria. Para esta parte se entregan una serie de definiciones que son de uso común en el área de trabajo con los UAS.

- Accidente: Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave que, en el caso de una aeronave tripulada, ocurre entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave con la intención de realizar un vuelo y el momento en que todas las personas han desembarcado, o en el caso de una aeronave no tripulada, ocurre entre el momento en que la aeronave está lista para desplazarse, con el propósito de realizar un vuelo y el momento en que se detiene al finalizar el vuelo y se apaga su sistema de propulsión principal, durante el cual:
 1. Cualquier persona sufre lesiones mortales o graves a consecuencia de:
 - Hallarse en la aeronave o,
 - Por contacto directo con cualquier parte de la aeronave, incluso las partes que se hayan desprendido de la misma o,
 - Por exposición directa al chorro de un reactor.

Nota: Excepto cuando las lesiones obedezcan a causas naturales, se las haya causado una persona a sí misma o hayan sido causadas por otras personas o se trate de lesiones sufridas por pasajeros clandestinos, escondidos fuera de las áreas destinadas normalmente a los pasajeros y la tripulación.

2. La aeronave sufre daños o roturas estructurales que:
 - Afectan adversamente su resistencia estructural, su performance o sus características de vuelo.
 - Normalmente exigen una reparación importante o el cambio del componente afectado.

Nota: Excepto por falla o daños del motor, cuando el daño se limita a un solo motor (incluido su capó o sus accesorios), hélices, extremos de ala, antenas, sondas, álabes, neumáticos, frenos, ruedas, carenas, paneles, puertas de tren de aterrizaje, parabrisas, revestimiento de la aeronave (como pequeñas abolladuras o perforaciones) o por daños menores a palas del rotor principal, palas del rotor compensador, tren de aterrizaje y a los que resulten de granizo o choques con aves (incluyendo perforaciones en el protector de la antena del radar).

3. La aeronave desaparece o es totalmente inaccesible. [1]

Nota: Pueden ocurrir uno o más eventos de los anteriormente mencionados para que se considere accidente.

- Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra y que sea apta para transportar pesos útiles (personas o cosas).

Nota: El artículo 1789 del Código de Comercio de Colombia define aeronave como "...todo aparato que maniobre en vuelo, capaz de desplazarse en el espacio y que sea apto para transportar personas o cosas".[1]

- Aeronavegabilidad: Hace referencia a las aptitudes técnicas y legales que cada aeronave o componente de una aeronave debe tener con el objetivo de operar seguramente.
- Espectro expandido de 2.4GHz: GHz es la abreviatura de Giga-Hertz (gigahercios) utilizada para describir la frecuencia del radio utilizado por los controladores de UAS. Debido a que el espectro expandido es rápido en la frecuencia, este se puede cambiar a diferentes frecuencias para contrarrestar cualquier problema atmosférico o de otro tipo que pueda experimentar un piloto/operador, lo que incrementa la seguridad en vuelo.
- 5.8GHz: Frecuencia que se utiliza en los UAS de pasatiempo y grado profesional para transmisión de imágenes o datos. Esta asegura una transmisión en vivo enviada desde la cámara de un UAS que proporciona un mejor alcance y menos retraso, (popular para UAS tipo racers (de carreras) — FPV) y generalmente emparejado con un conjunto de gafas para este uso.
- Acelerador: Control que influye en el cambio de las RPM o la velocidad tanto de motores de combustión interna (pistón-gasolina) como en los eléctricos. Una aplicación alta del acelerador va a generar más empuje en el UAS.
- Acelerómetro: Es un dispositivo que mide las fuerzas de aceleración en una dirección determinada y es útil para mantener la orientación del UAS. Estos dispositivos se utilizan para estabilizar este tipo de aeronaves.
- Batería de polímero de litio: LiPo o LiPoly. La batería de Ion de litio (Li Ion) es una variante. Esta composición química de la batería ofrece un peso más ligero y más potencia en comparación con las baterías NiCad y NiMh.
- Controlador: Es el dispositivo inalámbrico de mano que es utilizado por el piloto del UAS

para controlar la aeronave no tripulada. Los controladores también se conocen como transmisores o radiocontroles.

- Cuadra-cóptero (Quadcopter o Quad): Usualmente conocido por el nombre Quad el cual es un tipo de UAS que normalmente tiene un arreglo de 4 hélices, cada una con su propio motor, situadas en una formación cuadrada para lograr un vuelo suave y preciso.
- Drone: Nombre genérico en inglés con el que se conoce a los UAS (RPAS/UAV/SUAS) y que tiene la capacidad de realizar vuelos tanto radiocontrolados como autónomos.
- Empuje: Es la cantidad combinada de fuerza de una hélice y un motor que genera la fuerza suficiente para lograr la sustentación del UAS.
- Estación de control de tierra (Ground Control Station—GCS): Este software se ejecuta en tierra en una computadora. Recibe información de telemetría desde un UAS en el aire, mostrando datos como velocidad, distancia, altura, estado general, progreso, nivel de batería, entre otras. Toda esa información la recibe de la cámara y sensores que lleva a bordo el equipo. También se puede utilizar para transmitir comandos en vuelo hasta el UAS en el aire.
- Seguro de falla (Fail—safe): Sistema que ayuda a proteger un UAS en caso de algún tipo de error. Por ejemplo, si un cuadra-cóptero pierde la señal de control, un seguro a prueba de fallos hará que este mismo regrese al punto de despegue (regreso a casa) de forma autónoma y automática.
- Vista en primera persona (First Person View — FPV): Es un modo de vuelo en el que el piloto/operador del UAS ve las imágenes de la cámara desde la aeronave en tiempo real. Usualmente la transmisión del video se ve a través de un par de gafas especiales, o en un dispositivo como una tableta o un dispositivo móvil (teléfono inteligente). La cámara en estos equipos está instalada en la parte frontal del mismo y le permite al piloto/operador observar exactamente lo que el UAS está viendo en tiempo real.
- Giroscopio: Un giroscopio o gyro, mide la velocidad de rotación del UAS y ayuda a mantener la aeronave equilibrada correctamente con respecto a los movimientos de guiñada, cabeceo y alabeo. Ayuda también a mantener la orientación del UAS durante el vuelo. En la mayoría de los casos, los UAS utilizan un giroscopio de tres ejes.
- Latencia del video: Retraso en la transmisión de datos o video recibidos y observados en el monitor o gafas.
- LOS (Line Of Sight): Abreviatura de Línea de visión, se refiere a poder ver su UAS desde su posición de operación a simple vista. La aeronave siempre debe estar dentro de la línea de visión del piloto/operador del UAS.
- Multi-cóptero: Nombre genérico para un UAS con múltiples rotores (hélices). Dependiendo del número de rotores, hay tri-cópteros, cuadra-cópteros (quadcopters), hexa-cópteros, octo-cópteros y así sucesivamente.
- Observador visual: Miembro de la tripulación que asiste al piloto del UAS en los deberes

relacionados con evitar colisiones. Esto incluye, pero no se limita a, evitar el tráfico, los objetos en el aire, las nubes, diferentes obstrucciones y el terreno.

- Overhaul: Proceso de mantenimiento que restaurará el componente a una condición que le dará garantía razonable de funcionamiento hasta el próximo cambio programado. [2]
- Piloto automático (Autopilot): Es la capacidad de una aeronave no tripulada para realizar un vuelo sin control humano en tiempo real. Por ejemplo, siguiendo las coordenadas del GPS previamente establecidas antes de iniciar el recorrido.
- Receptor: Sistema que recibe la transmisión de la cámara y la transmite a la pantalla/gafas según corresponda.
- Regreso a casa (Return To Home — RTH): Función asociada al GPS que retorna el UAS a la posición de 'casa' (usualmente punto inicial de despegue).
- UAS (Remoted Pilot Aircraft Systems): Acrónimo para los Sistemas de Aeronaves Pilo-teados a Distancia.
- UAEAC: Acrónimo con el que se conoce a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil — Aerocivil, el cual es el organismo estatal encargado del control y regulación de la aviación civil en la República de Colombia.
- Vuelo autónomo: Hay algunos UAS los cuales pueden ser controlados por programación interna que tienen instrucciones sobre dónde volar guiados por un sistema de GPS a bordo. Este tipo de vuelo se realiza sin la acción de los mecanismos de dirección que son operados por un radiocontrol desde el suelo.
- Zona de No Vuelo (No Flight Zone — NFZ): Son áreas donde volar un UAS está restringido por regulaciones gubernamentales. Se denomina a las áreas donde una aeronave no tripulada podría interferir con una aeronave tripulada o registrar información sensible y/o confidencial.

Abreviaturas

- AGL: Sobre el Nivel del Suelo (Above Grund Level).
- AOG: Aeronave en Tierra (Aircraft On Ground).
- BL: Línea de referencia para la ubicación de las estaciones de la aeronave (Butt Line).
- CSN: Ciclos desde nuevo (Cycles Since New).
- CSO: Ciclos desde overhaul (Cycles Since Overhaul).
- GSC: Estación de Control en Tierra (Ground Control System).
- GPS: Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System).
- Hp: Caballos de Fuerza (Horse Power).
- IMU: Unidad de Medición Inercial (Inertial Measurement Unit).
- INS: Sistema de Navegación Inercial (Inertial Navigation System).
- Kg: Kilogramos.
- m: Metros.
- M/OM: Manual de Operación y Mantenimiento.
- MR: Rotor Principal (Main Rotor).
- OVH: Overhaul.
- RAC: Reglamentos Aeronáuticos de Colombia.
- RAC 91: Reglamentos Aeronáuticos de Colombia — Parte 91.
- RPM: Revoluciones Por Minuto.
- TR: Rotor de Cola (Tail Rotor).
- UAS: Sistemas Aéreos no Tripulados (Unmanned Aerial Systems) .

Introducción

El helicóptero UAS Petirrojo PR-01 es una aeronave diseñada y construida por el grupo de investigación de la facultad de Ingeniería Aeronáutica de la UPB. Esta aeronave fue principalmente manufacturada en materiales metálicos certificados para el uso aeroespacial y es impulsada por un motor Zenoah que permite el movimiento de sus dos rotores. Al ser una aeronave tipo UAS no requiere que el piloto esté dentro de la misma, sino que se opera remotamente desde tierra. El propósito de tener una aeronave de este tipo en la Universidad es poder usarla en los diferentes campos de investigación de aeronaves de ala rotatoria que facilite el entendimiento a los estudiantes de su operación y funcionamiento.

Capítulo 1

Problema

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La UPB ha tenido por 7 años un helicóptero tipo UAS que fue diseñado y construido en la misma por el Grupo de Investigación en Ingeniería Aeroespacial de la Facultad de Ingeniería Aeronáutica, al cual no se le ha generado e implementado aún un manual de mantenimiento y operación para establecer su correcto uso, seguridad, duración, operación y mantenimiento, teniendo en cuenta que este es un requerimiento para el registro de la aeronave ante la Aerocivil para todas aquellas personas que planeen operar y hacer mantenimiento a vehículos aéros tipo UAS. Por esto último se podría limitar la operación de la aeronave, debido a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia (RAC) [3] y el Reglamento Aeronáutico Latinoamericano (LAR) [4] donde en la parte 91 de cada uno muestra la necesidad de tener registrado el vehículo aéreo con su respectivo manual que permita seguir lineamientos correctos tanto de mantenimiento como de seguridad operacional. Por todo lo anterior, se genera la idea y se establece que es preciso la creación de este manual, partiendo de la necesidad de que como universidad es obligatorio ese tipo de documentos que sirven de guía para que el piloto/operador haga un buen uso del helicóptero y evite el mal manejo lo cual puede llegar a generar fallas por diferentes factores, afectando la aeronavegabilidad del UAS Petirrojo PR-01 y pudiendo dar como consecuencia gastos de recursos innecesarios.

Capítulo 2

Objetivos

2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el manual de mantenimiento y operación del helicóptero UAS Petirrojo PR-01 de la UPB.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información referente a manuales de mantenimiento y operación de helicópteros tripulados y UAS para tomar como base la elaboración del manual de mantenimiento y operación del helicóptero UAS Petirrojo PR-01.
- Clasificar la información obtenida de los diferentes manuales, teniendo en cuenta lo establecido en la regulación (RAC 91) Apéndice 13.
- Diseñar la estructura del manual de mantenimiento y operación estableciendo información relevante como los procesos de ensamblaje y armado, especificaciones de los componentes principales, los sistemas y el funcionamiento en general de cada una de sus partes.

Capítulo 3

Metodología

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN Y ALCANCES

La metodología para este trabajo cumplió el objetivo de elaborar el manual de mantenimiento y operación del helicóptero UAS Petirrojo PR-01 de la UPB. Teniendo en cuenta los diferentes factores que se interpusieron en el desarrollo del manual, como el diseño en computador del UAS y sus partes, la definición de los tiempos de mantenimiento, la creación de la gestión de riesgos, la elaboración de los procedimientos operacionales, entre otros, se buscaron soluciones rápidas y prácticas junto con la ayuda de profesores y el acompañamiento de la Universidad.

Este trabajo es de tipo documental, debido a que se hizo primero una recolección de varios manuales de mantenimiento y operación utilizados para diferentes aeronaves de ala rotatoria y con esto se generó el manual que contiene la información del helicóptero UAS Petirrojo PR-01 de la UPB, adicional a esto, se tuvo ayuda de profesores de la facultad que estuvieron dispuestos a colaborar, entregando información acerca de mantenimiento y seguridad operacional en aeronáutica. Para el tipo de trabajo que se realizó se tuvo en cuenta el análisis, selección y organización de la información recopilada, obteniendo como resultado la construcción de conocimientos a partir de la teoría en los temas de mantenimiento y operaciones aeronáuticas. Sabiendo toda esta información, se presenta a continuación el procedimiento seguido para alcanzar el objetivo de este trabajo.

- Se recopiló la mayor cantidad de información de acuerdo con la pertinencia del tema y su tipo.

Información técnica: Manual de mantenimiento del Robinson 22, manual de ope-

ración y mantenimiento del Raptor 90, manual del motor Zenoah, libro de gestión del mantenimiento aeronáutico de H. Kinnison y T. Siddiqui y documentos de seguridad operacional de Boeing.

Información regulatoria: Reglamento Aeronáutico Colombiano, Reglamento Aeronáutico Latinoamericano y revistas de la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales por sus siglas en inglés (ASTM).

Información teórica: Trabajos de grado de la Universidad Pontificia Bolivariana, información previa del diseño de la aeronave, Juan Pablo Alvarado como experto diseñador de la aeronave y Carlos Andrés Quintero como experto en seguridad operacional.

- Se consultó y profundizó conocimiento sobre conceptos necesarios e importantes a los profesores especializados en las áreas del trabajo.
- Se acotaron los términos de interés y se enfocaron al contenido del M/OM requerido por Aerocivil, dado en su regulación. [3]
- Se clasificó la información por fuente primaria y secundaria.

Fuente primaria: Información teórica y técnica.

Fuente secundaria: Información regulatoria.

- Se elaboró una estructura para el manual a través de la recopilación de la información obtenida previamente, teniendo como base el contenido recomendado por Aerocivil para este M/OM, quedando de la siguiente forma:
 - Índice General
 - Definiciones y abreviaturas
 - 1. Introducción
 - 2. Declaración de cumplimiento
 - 3. Control del M/OM y revisiones
 - 4. Descripción organizacional de la Universidad Pontificia Bolivariana (operador)
 - 5. Descripción del Petirrojo PR-01
 - 6. Métodos, procedimientos y prácticas aplicables al mantenimiento del Petirrojo PR-01
 - 7. Limitaciones y condiciones de operación
 - 8. Control operacional
 - 9. Procedimientos operacionales normales
 - 10. Procedimientos operacionales de emergencia
 - 11. Operaciones especiales
 - 12. Gestión de riesgos y errores
 - 13. Método de gestión de accidentes e incidentes
 - 14. Método de gestión documental y de riesgos
- Con el contenido estructurado se procedió a redactar el tema de interés (trabajo de grado).

Se utilizó este tipo de forma de trabajo debido a que ya se contaba con una información previa creada por el diseñador y fabricante del UAS Petirrojo PR-01 (cargas máximas de los principales componentes, número de partes, partes dibujadas en programa de diseño computarizado, procesos de diseño, etc). Toda esa información fue procesada al igual que las otras fuentes que se tomaron para desarrollar este trabajo y se utilizaron principalmente para la elaboración de los procesos de operación y mantenimiento de la aeronave.

Capítulo 4

Justificación

Para poder operar cualquier vehículo aéreo es muy importante contar con un manual de operación y mantenimiento según los RAC [3] y LAR [4], para que de esta forma el piloto/operador pueda consultar, revisar y controlar las tareas de mantenimiento, también para conocer los tiempos de vida e inspección de los componentes de la aeronave y que a la vez estos cumplan con estándares importantes como la seguridad y calidad, por otro lado es relevante este manual para conocer los procedimientos de utilización de la aeronave en situación normal, anormal y de emergencia, listas de verificación, limitaciones e información sobre el rendimiento. Teniendo en cuenta lo anterior, se hace necesario crear este manual para poder cumplir el requisito de la Aerocivil de registrar la aeronave, permitiendo así a la UPB hacer el mantenimiento y ser el piloto/operador del helicóptero UAS Petirrojo PR-01.

Es importante recalcar la relevancia de los beneficios que tendrá la elaboración de este manual, donde no solamente la Universidad se va a beneficiar si no los futuros pilotos/operadores que puedan llegar a hacer uso del helicóptero. Es fundamental tener un documento que guíe este sobre los procesos que se deben llevar a cabo en cuanto a mantenimiento y operación, donde se especifiquen posibles reparaciones de la aeronave y sus componentes, procedimientos de operaciones especiales y de emergencia, controles de operación, limitaciones y condiciones de operación, entre otras, para garantizar la aeronavegabilidad, donde lo que se busca es reducir los costos de mantenimiento (programado o no programado) y operación, generando un uso adecuado del UAS colocando en prioridad la seguridad y la calidad.

Con la elaboración de estos manuales se verán beneficiados todos los profesores, futuros estudiantes e investigadores que puedan y requieran hacer uso del helicóptero tipo UAS y que

se vean motivados a seguir el área de mantenimiento y operación, teniendo en cuenta que en nuestra región estas dos áreas han venido en constante crecimiento dentro de la industria aeronáutica, lo cual hace que se generen competencias de desarrollo e innovación. También se asegura la formación de ingenieros íntegros y con grandes habilidades de resolución de problemas en estas áreas, haciendo que se mejoren las capacidades de manejo y aplicación de manuales de mantenimiento y operación.

Capítulo 5

Marco Referencial

5.1. MARCO CONTEXTUAL

El trabajo de grado está enmarcado en un contexto académico y de seguridad de la operación aérea, con equipos conocidos como UAS, bajo condiciones particulares de operación, en el espacio aéreo de Colombia, con la Aerocivil y los RAC que hacen necesario la ejecución de este proyecto.

Este manual se creó con el fin de poder registrar la aeronave PR-01 ante la Aerocivil dando cumplimiento a lo establecido en su regulación [3] de tener su propio M/OM y de esta forma permitir a la UPB operar la aeronave y hacerle mantenimiento.

Uno de los principales objetivos para llevar a cabo este proyecto es que quienes operen (o piloteen) el helicóptero PR-01 tengan su respectivo manual de operación y mantenimiento, permitiendo una accesibilidad fácil y óptima, para poder realizar las diferentes actividades que esto conlleva.

El eje central de la investigación se basa en hacer un manual fácil de usar pero eficiente, donde se muestren paso a paso las diferentes actividades que se deben ejecutar, dando pie a que las tareas se ejecuten de una forma rápida y correcta, permitiendo que la aeronave tenga un buen desempeño y una operación segura en las actividades que vaya a realizar.

5.2. MARCO CONCEPTUAL

- Manual de mantenimiento de una aeronave: Un manual de mantenimiento de una aeronave es un documento formal que contiene toda la información básica sobre el mantenimiento y operación de la aeronave y sus equipos a bordo. Comienza con una explicación de como funciona cada sistema y subsistema incluyendo su respectiva lista de partes, agregando acciones básicas de mantenimiento y servicios de remoción e instalación de componentes. [2]
- Mantenimiento predictivo: Hace referencia al tipo de mantenimiento que se basa en recolección de datos y análisis de discrepancias, para determinar cuándo o con qué tanta frecuencia va a ocurrir una falla y a partir de ahí definir acciones de mantenimiento para enfrentar esos problemas. [2]
- Mantenimiento preventivo: Como su nombre lo indica, es un mantenimiento que busca prevenir la deterioración de un sistema o componente para mantenerlo en condiciones operativas. Usualmente este mantenimiento se realiza en intervalos regulares y algunas veces se puede referir a un mantenimiento programado. [2]
- Manual de operación de una aeronave: Un manual de operación de una aeronave es un manual aceptable para el estado del explotador, que contiene los procedimientos de utilización de la aeronave en situación normal, anormal y de emergencia, listas de verificación, limitaciones, información sobre el rendimiento de la aeronave, detalles de los sistemas de aeronave y otros textos pertinentes a las operaciones de las aeronaves. [5]
- Helicóptero UAV: De acuerdo con la empresa Zima Robotics, donde especifican en su página de internet los diferentes tipos de UAV, tienen como concepto que, "los helicópteros tipo UAV son la herramienta más polivalente a la hora de realizar todo tipo de operaciones. Poseen una gran capacidad de carga de pago y autonomía. Esto es gracias a que sólo posee un motor y una hélice de gran tamaño. Si lo comparamos con un cuadricóptero, estamos reduciendo a $\frac{1}{4}$ el consumo de energía" [2]. Esto se podría tomar como una ventaja específica y un gran potencial de la aeronave con la que cuenta la UPB, la cual podría utilizarse en la realización de diferentes actividades tanto de investigación como de prestación de servicios. [6]
- Aerocivil: La Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil es el ente regulatorio aeronáutico Colombiano, encargado de regular y controlar todo tipo de operación aérea civil que se realice dentro del espacio aéreo nacional, teniendo como misión garantizar la

seguridad aérea, el crecimiento de la infraestructura ambiental sostenible y la conexión de regiones entre sí y con el mundo. Al ser el ente que regula toda operación civil aérea en Colombia hace que los UAS también sean regulados por ellos.[1]

- **Piloto/Operador:** La Aerocivil define que un piloto/operador es aquel que cumple con las regulaciones de aeronáutica civil y con los requisitos técnicos necesarios para asumir la responsabilidad de explotar las aeronaves a su disposición, también lo define como sencillamente la persona que opera una aeronave.[1]
- **Fabricante:** En los RAC se establece que el fabricante es aquel que obtiene el certificado de producción. También lo define como aquella persona o grupo de personas que proyectan, diseñan, fabrican y realizan modificaciones mayores al diseño de un modelo de aeronave, donde este está obligado a establecer y mantener un sistema de gestión de calidad y dar soporte continuo de la aeronavegabilidad de todos sus productos. [1]

5.3. ESTADO DEL ARTE

En el año 2015 la empresa española IBERFDRONE empezó a realizar el planteamiento de tener los manuales de mantenimiento y operación para sus clientes (pilotos/operadores) de sus drones. También dentro de sus servicios ofrecen una guía de cómo crear un manual de operación para que sus propios clientes puedan diseñar y crear uno. Adicionalmente el manual incluye medidas de supervisión de las operaciones, donde especifica el tipo de operaciones que pueden realizar y las reglas que deben seguir según la autoridad aeronáutica. [7]

La empresa norteamericana Assure (Alliance for System Safety of UAS through Research Excellence) creó un documento en el año 2016 para proporcionar a la Federal Aviation Administration (FAA) una investigación aplicada sobre la cual basar el desarrollo de mantenimiento de UAS que permita mantener una aeronavegabilidad continuada de estas aeronaves, dando paso a la creación de documentos como los diferentes manuales para los pilotos/operadores de estos vehículos aéreos que permitan la seguridad aérea y un correcto uso de estos. [8]

También se tiene que la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA) de España en el año 2018 emitió un documento dando unas directrices básicas sobre el contenido de un manual de mantenimiento para aeronaves RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) dando cumplimiento a un decreto del gobierno español que regula este tipo de aeronaves, donde se establece un límite de peso máximo de despegue de 25 kg. [9]

Más adelante en ese mismo año, los autores García, Muñoz y Albares publicaron el libro "Guía de Mantenimiento y Reparación de Drones (RPAS)", donde básicamente hacen una recopilación de datos de los diferentes tipos de RPAS y los clasifican para después darle un enfoque al mantenimiento de cada uno de ellos, donde se hace más fácil la comprensión de estos, ya que los clasifican por el tipo de mantenimiento, haciendo que el documento sea amigable con el piloto/operador y de esta forma lograr optimizar los diferentes procesos que se puedan llevar a cabo. [10]

La autora Bettina M. Mrusek hizo referencia a los componentes críticos para realizar un mantenimiento sobre los UAS, donde especifica algunas diferencias entre las aeronaves tripuladas y las que no lo son, mostrando las similitudes que se deben tener en cuenta para poder lograr un buen desarrollo de manuales de mantenimiento, tomando como ejemplo los manuales de las aeronaves ya existentes. También se basa en crear bases de datos de accidentes e incidentes en estos vehículos con el objetivo de llevar una planificación de mantenimiento más controlada y extender las actividades de mantenimiento programado de la FAA para la aviación no tripulada.[11]

La página web de la American Society of Testing Materials (ASTM) [12] muestra un artículo escrito por Jack Maxwell a finales del 2018 donde se enfoca en los esfuerzos de esta sociedad por crear un marco de estándares para la operación y mantenimiento de los vehículos no tripulados y así respaldar el crecimiento de estos. Ya enfocados en la parte de mantenimiento se habla de que se debe especializar personal con los conocimientos técnicos para desarrollar actividades de mantenimiento a los UAS, ya que, como ellos lo llaman, son computadoras voladoras, y por ende, se debe tener un amplio conocimiento en extraer información de la aeronave, hacer actualizaciones de software y firmware, donde también deberán ser implementadas habilidades que se usan comúnmente para el mantenimiento de las aeronaves tripuladas como los sistemas de propulsión, aviónica o estructuras.

Brad Hayden, presidente y Chief Executive Officer (CEO) de la empresa americana Robotic Skies que opera una red global de más de 150 estaciones de reparación aeronáutica en las que se trabaja con aeronaves regulares y también con UAS, enfatiza que el espacio de los UAS es un mercado emergente del sector aeroespacial, y por lo tanto se debe trabajar de la mano, garantizando una excelente operación y mantenimiento, pero deja muy claro que en este momento no hay requisitos reglamentarios para el mantenimiento de sistemas no tripulados, lo cual deja a la deriva esta parte importante de la industria y aclara que su empresa hace sus mantenimientos haciendo uso de las prácticas aprendidas de las aeronaves tripuladas, pero no pueden devolver estas unidades al servicio activo en virtud del certificado de su estación de reparación. Según Hayden, es clara la necesidad de estándares de mantenimiento orientados específicamente a sistemas no tripulados. [12]

En los últimos años los vehículos no tripulados han venido con un auge significativo en la industria aeroespacial, no obstante al recopilar la información previamente mostrada, se logra analizar que es de suma importancia implementar estándares para estas aeronaves como se hace normalmente con las aeronaves tripuladas, para que de alguna forma se logren establecer parámetros de forma estándar para el mantenimiento de los UAS, y aunque ya muchas empresas privadas y universidades han venido trabajando en sus propios manuales, la brecha sigue abierta para lograr la unión de todos los requisitos que deba contener estos manuales, y así, llegar a algo común a nivel mundial.

Capítulo 6

Elaboración del Manual de Operación y Mantenimiento

La elaboración del Manual de Operación y Mantenimiento (M/OM) de la aeronave tipo UAS de ala rotatoria, diseñada y construida en la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) por el Grupo de Investigación en Ingeniería Aeroespacial (GIIA) se estructuró de acuerdo con la reglamentación establecida por la Aerocivil en el Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC) y en documentación encontrada de manuales de otras aeronaves de tipo ala rotatoria tripuladas y no tripuladas (UAS).

De acuerdo al apéndice 13, numeral 1.3 [3] las aeronaves tipo UAS se pueden clasificar según su riesgo operacional de la siguiente forma:

1. **Clase A (abierta):** son aeronaves que tienen un peso máximo al despegue que va desde los 250 gramos hasta los 25 kilogramos, que no deben exceder la velocidad de vuelo de las 50 millas por hora (80 kilómetros por hora). estas no requieren de autorización de la UAEAC para volar debido a que su operación representa un riesgo mínimo. Los UAS que pertenezcan a esta clase deben operar lejos de cualquier tipo de casco urbano y del espacio donde se encuentren personas. Solo debe realizar vuelos diurnos y en espacio aéreo no controlado a una distancia máxima de 500 metros de donde se encuentre el piloto y a una altura máxima de 150 metros sobre el terreno. Debe evitar volar cerca de aeropuertos (alejarse a 9 kilómetros) y/o de helipuertos (alejarse a tres kilómetros). No tienen permitido volar cerca de áreas presidenciales, alcaldías, ministerios o embajadas (esto incluye caravanas y eventos públicos en los que se encuentre personal que pertenezca

al gobierno). Las operaciones de las aeronaves Clase A se limitan a vuelos en los que se haga captura de imágenes o videos, por lo cual se prohíbe el uso en trabajos de agricultura de precisión, fumigación, transporte de animales, domicilios y transporte entre otros. También se prohíbe realizar vuelos autónomos.

2. **Clase B (regulada):** son aeronaves que tiene un peso máximo al despegue que va desde los 25 hasta los 150 kilogramos y que vuelan en operaciones que transpasan los criterios definidos para los UAS Clase A, como por ejemplo que desean volar en ciudades o zonas urbanas, realizar trabajos de aspersión o fumigación aérea. Siguen teniendo las mismas restricciones de altura que la clase A, pero pueden alejarse hasta 750 metros horizontales del piloto. Se pueden utilizar para propósitos científicos como por ejemplo, el transporte de insectos. En caso de tener que realizar trabajos denominados especiales (diferentes a los ya establecidos), se debe solicitar una autorización expresa a la EAUAC. Se pueden hacer operaciones de búsqueda, salvamento y rescate en esta clase únicamente con la coordinación de la organización encargada de este trabajo y con los permisos que otorgue la Aerocivil. Con los UAS que pertenecen a esta clase se pueden hacer vuelos autónomos y en enjambre con la previa autorización de la autoridad aeronáutica.
3. **Clase C (certificada - RPAS):** son aeronaves que tienen un peso máximo al despegue mayor a los 150 kilogramos y que se consideran especiales debido a la capacidad que tienen de hacer vuelos internacionales y que presten servicios de transporte (por ahora no autorizado). La posibilidad de la emisión de permisos especiales queda reservada por la autoridad aeronáutica para fines exclusivos de investigación científica, innovación y desarrollo.

Teniendo en cuenta lo anterior el Petirrojo PR-01 se clasifica como un UAS clase B en concordancia a lo estipulado por la Aerocivil en la parte 3 su apendice 13 del RAC 91 [3]. En este mismo, el inciso 3.6 en su numeral (d) es claro en establecer que uno de los requisitos para un piloto/operador de un UAS clase B, es que deben contar con un M/OM propio que se ajuste a sus actividades de mantenimiento y operación. También se sugiere que se revise su complemento en el ADJUNTO 1 (OPERACIÓN DE SISTEMAS DE AERONAVES NO TRIPULADAS-UAS), en el cual se da una guía del contenido mínimo del M/OM.

A parte de la referencia anterior, se buscaron otras fuentes con el fin de establecer un contenido del M/OM lo más completo y estricto posible, dando un complemento importante para la seguridad de la operación de la aeronave. Con esto en mente, se buscó información en el Manual de Mantenimiento del helicóptero tripulado *Robinson R22* fabricado por *Robinson Helicopter Company* [13] y en el de la aeronave UAS de ala rotatoria convencional de control a distancia *Raptor 90 Class* de la empresa *Thunder Tiger* [14] que se utiliza de manera recreativa (aeromodelo).

De acuerdo con todo lo anterior, el contenido del M/OM para la aeronave Petirrojo PR-01 tendrá las siguientes partes principales:

- Índice General
 - Definiciones y abreviaturas
- 1. Introducción
- 2. Declaración de cumplimiento
- 3. Control del M/OM y revisiones
- 4. Descripción organizacional de la Universidad Pontificia Bolivariana (explotador)
- 5. Descripción del Petirrojo PR-01
- 6. Métodos, procedimientos y prácticas aplicables al mantenimiento del Petirrojo PR-01
- 7. Limitaciones y condiciones de operación
- 8. Control operacional
- 9. Procedimientos operacionales normales
- 10. Procedimientos operacionales de emergencia
- 11. Operaciones especiales
- 12. Gestión de riesgos y errores
- 13. Método de gestión de accidentes e incidentes
- 14. Método de gestión documental y de riesgos

Se hizo una re-organización del listado con respecto a lo consignado en el RAC 91 [3] debido a que lo que se denomina “Lista de contenido” no se adicionó como una de las partes del manual, sin embargo, se encuentra incluida dentro del documento.

La información relevante de la aeronave Petirrojo PR-01 como el diseño y la operatividad se obtuvieron a partir de dos trabajos de grado en los que se hicieron el diseño general y el diseño estructural de este helicóptero. Con estos, se pudieron identificar elementos críticos como la determinación de la vida útil de piezas y componentes importantes, dando una aproximación en términos de los tiempos de operación de la aeronave. Se hace énfasis en la palabra “aproximación” tanto para la vida útil como para las características de vuelo de la aeronave (rendimiento) ya que para tener una certeza de estos datos se requieren hacer varias pruebas de vuelo las cuales no se han realizado aún. Establecido esto, se especifica que los datos presentados son resultado de cálculos teóricos dados en las etapas del diseño del Petirrojo PR-01. Se recomienda que cuando se realicen estas pruebas se verifiquen y en caso de necesitarse, se corrijan los valores establecidos en el M/OM. Las imágenes del helicóptero que se usaron en el M/OM son obtenidas a partir de los planos de diseño brindados por el profesor Juan Pablo Alvarado.

Los servicios de mantenimiento programado e inspecciones se definieron de una manera similar a como lo hace la aeronave R-22 [13], pero con cambios en los términos de servicio, estableciendo estos mismos, en periodos que se denominan “ciclo” entendiendo este como el evento que se da en la operación de la aeronave en cada vuelo desde que se enciende el motor hasta que se apaga por completo (vuele o no vuele). Los mantenimientos mayores se dejaron por espacios de meses para poder hacer una inspección general de los componentes internos del helicóptero incluso si este ha permanecido en almacenamiento.

El manual queda como un documento a parte de este trabajo de grado, el cual debe tenerse junto al helicóptero para que sea de fácil acceso tanto para los pilotos/operadores, como para las personas encargadas del mantenimiento. A continuación, en los numerales de este capítulo se explicarán la forma en que se elaboró cada parte del M/OM del Petirrojo PR-01, siguiendo la secuencia establecida en este mismo documento.

6.1. PORTADA DEL M/OM

La carátula o portada del M/OM se debe hacer de tal manera que contenga información relevante y directa al usuario que lo guíe en cuanto lo que puede encontrar dentro de este mismo. Para este caso, se hizo la portada con la imagen del helicóptero UAS junto con el logo de la UPB el cual se considera en este caso como el fabricante.

La imagen del helicóptero que se utilizó en la portada es un render del Petirrojo PR-01 dibujado en el programa de dibujo asistido por computador SOLID EDGE® en la cual se muestra la aeronave con todas sus partes. Este mismo programa se utilizó para obtener diferentes imágenes a lo largo del manual para dejar de manera ilustrativa algunos aspectos de la operación y el mantenimiento y que sean de gran ilustración para el usuario.

6.2. CONTROL DEL M/OM Y REVISIONES

La sección de control y revisiones del M/OM para el Petirrojo PR-01 fue elaborada con el objetivo de hacer entender al usuario el modo de uso y actualización de este mismo, indicando la forma en que se examinan el funcionamiento, las revisiones y actualizaciones y los registros de este documento, con el fin de actualizar los procedimientos establecidos en el M/OM del

helicóptero. Se decidió dejar en esta sección los temas relevantes al control del M/OM que se establece de manera mensual, teniendo en cuenta los servicios realizados con el helicóptero. Esto puede variar en caso de que el equipo quede en almacenamiento durante periodos largos de tiempo donde no habría nada que registrar, sin embargo, se pueden hacer inspecciones seguidas de tal manera que se observe la degradación de componentes que tienen vida útil, aún cuando no se use la aeronave.

Como toda aeronave, el M/OM requiere de una revisión periódica en cuanto a su integridad, donde se verifican el número de hojas junto con las adiciones que se puedan dar debido a diferentes situaciones durante la operación y el mantenimiento del Petirrojo PR-01. Estas se deben revisar tanto con el piloto/operador, como con el personal que se encargue del mantenimiento.

También se da a conocer que el registro de mantenimiento sugerido es similar al que se tiene con una aeronave tripulada, esto con el objetivo de lograr una alta confiabilidad en el servicio y seguridad a la hora de prestar un servicio con el helicóptero. Para esto se estableció que cada trabajo de mantenimiento realizado al Petirrojo PR-01 debe hacerse llevando unos registros en unas tablas donde se dan a conocer como mínimo la fecha y el proceso de mantenimiento realizado en el helicóptero, la persona a cargo y anotaciones de relevancia. Con lo anterior se está sugiriendo tener una trazabilidad tanto a los procesos, como a las piezas y al personal a cargo de los servicios, de tal manera que en caso de un fallo se puedan determinar las causas con mayor precisión aumentando la confiabilidad del equipo.

Además de registrar lo anterior, también se incluye una sección dedicada a la operación donde se establece que el M/OM debe tener unos formatos que indiquen el seguimiento a la operación, en los cuales se registre lo ocurrido en el vuelo de la aeronave, de tal forma que el piloto/operador indique los datos del trabajo realizado, la fecha y horas en que se enciende y se apaga el motor, al igual que cualquier situación anormal encontrada durante la misión. De nuevo, se establece de esta manera tomando como base los procesos que se hacen con las aeronaves tripuladas ya que aseguran el seguimiento y evidencia de cualquier anomalía con la aeronave, logrando un incremento en la seguridad y confiabilidad a la hora de volar el helicóptero.

En el contenido del manual es importante que las personas a cargo del mantenimiento y la operación tengan en cuenta las sugerencias dadas por el fabricante. Siguiendo esto a lo largo del M/OM se dan unos anuncios o mensajes de relevancia tomando como referencia algunos ejemplos de otros manuales en donde estos se dan como tres consideraciones relevantes que son: NOTAS DE IMPORTANCIA, NOTAS DE PRECAUCIÓN y NOTAS DE PELIGRO. Cada una de estas notas muestran anuncios de manera que establecen una alerta al usuario,

de elementos de cuidado en el proceso del mantenimiento o de la operación del UAS.

Estos anuncios, dan indicaciones de gran atención por parte del usuario y deben ser tenidos en cuenta sin falta ya que la omisión puede inducir a la generación de una falla dentro de los procesos y que pueden llevar al daño general del helicóptero o incluso a errores humanos dentro de la operación de este. Estas notas se dan a manera de avisos con un color gris para aquellas que son de importancia, un color amarillo para las de precaución y un color rojo para las de advertencia. Estas se muestran con un tamaño de fuente mayor al de la mayoría del texto del M/OM como se ilustra en la figura 6.1.

NOTA DE IMPORTANCIA
Texto reservado para la nota de importancia. Esta nota provee énfasis en algún procedimiento o en explicación suplementaria.

NOTA DE PRECAUCIÓN
Texto reservado para la nota de precaución. De no seguir las indicaciones de este tipo de nota se puede llevar al daño de una parte o de toda la aeronave.

NOTA DE PELIGRO
Texto reservado para la nota de precaución. De no seguir las indicaciones de este tipo de nota se puede tener como resultado afectación al personal (heridas o muerte).

Figura 6.1: Ejemplo de NOTA DE IMPORTANCIA, NOTA DE PRECAUCIÓN Y NOTA DE PELIGRO del M/OM

6.3. DESCRIPCIÓN ORGANIZACIONAL DE LA UPB

Teniendo en cuenta que el explotador del UAS es la UPB se realizó un estudio para determinar la información relevante que requiere el M/OM, de acuerdo a lo establecido en el RAC 91 (parte 3, apéndice 13) [3], como la descripción de la universidad, el uso que se le da dentro de esta organización a la aeronave y quienes son los encargados del mantenimiento y la operación.

Se tomó como referencia el documento institucional “ACUERDO CDG No. 02/2019 (18 de febrero de 2019)” [15], el cual se titula “REGLAMENTO ORGANIZACIONAL MULTICAMPUS: ESTRUCTURA DE GOBIERNO Y ADMINISTRACIÓN GENERAL”. La información obtenida de este, se utilizó para poder definir de manera más clara la forma en que se operará y se le realizará el mantenimiento al Petirrojo PR-01. El organigrama de la UPB es bastante complejo debido a su gran cantidad de oficinas y escuelas, por lo tanto, la depuración de los organismos involucrados con el uso del UAS dio como resultado que la facultad de Ingeniería Aeronáutica sería la directa encargada del buen uso y manejo de los UAS con los que se cuenta actualmente. A su vez la facultad es apoyada por el Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación (CIDI) quien se encarga de administrar el buen uso de los UAS para la investigación y la prestación de servicios internos y a terceros. Las aeronaves se encuentran almacenadas en el bloque de laboratorios quienes administran el mantenimiento y verificación que el estado de estas sea el de aeronavegable, cumpliendo con lo establecido en los manuales del fabricante.

El organigrama de la UPB se resumió de manera que se dejaron únicamente las dependencias a cargo del uso y manejo de los UAS, como también la información del personal que utiliza estos vehículos dando las responsabilidades y deberes de cada uno de ellos, este se encuentra en la figura 6.2.

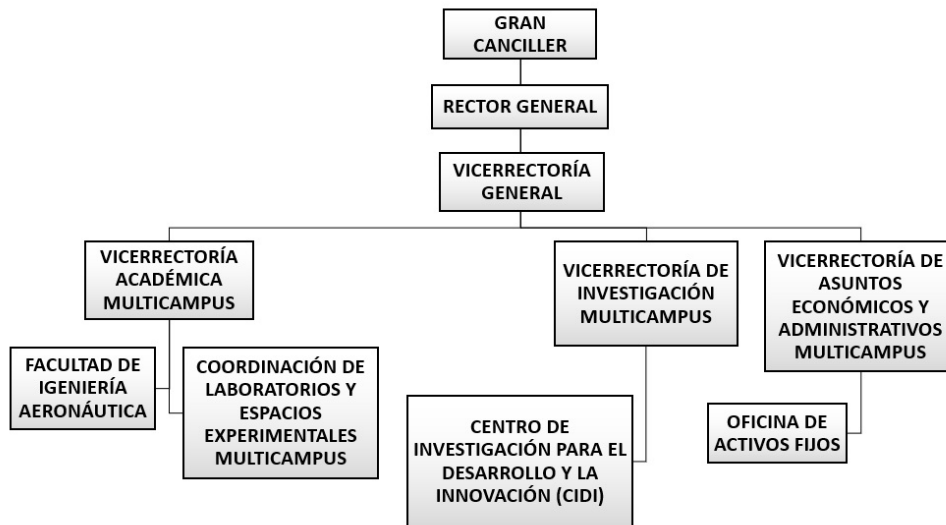


Figura 6.2: Estructura organizacional (resumida) de la UPB.

Teniendo claras las oficinas y facultades involucradas en la operación y el mantenimiento del Petirrojo PR-01, se tuvo la claridad para determinar el personal que estará directamente relacionado en estos procesos. Con esa información se establecieron tres figuras importantes que tendrían la responsabilidad de lograr que tanto el mantenimiento como la operación del helicóptero se haga de la manera adecuada, con el objetivo de aumentar la confiabilidad y asegurar la aeronavegabilidad de la aeronave.

El personal involucrado a los vuelos de las aeronaves no tripuladas, serían el piloto/operador y el observador, los cuales deben verificar el estado de la máquina, planear la misión de vuelo, ejecutarla y por último volver a revisar el estado de todos los equipos al finalizar su trabajo.

En la parte de mantenimiento los encargados serían los almacenistas que además de tener los equipos en su poder mientras no estén volando, deben verificar las condiciones óptimas de almacenamiento para esto. Ellos también serán los técnicos encargados del mantenimiento general de los UAS.

6.4. DESCRIPCIÓN DEL PETIRROJO PR-01

La descripción de la aeronave se hizo basándose en una revisión tanto de la información recopilada, como de los planos elaborados en CAD y del equipo que se encuentra en las instalaciones de los laboratorios de la universidad. Con todo lo anterior se pudo determinar que el UAS Petirrojo PR-01 es una aeronave multi-misión de ala rotatoria clasificada como helicóptero convencional, la cual cuenta con un rotor principal (MR) que utiliza para generar el empuje necesario para contrarrestar su peso y un rotor de cola (TR) que es usado para oponerse al torque generado por el motor para el movimiento del MR y también para poder realizar movimientos de guiñada (yaw).

La aeronave tiene una estructura metálica elaborada a partir de aleaciones de aluminio certificadas para la industria aeroespacial. Utiliza un motor de combustión interna (pistón) de dos tiempos tipo bóxer o de cilindros opuestos alimentado por dos tanques de combustible ubicados en la parte lateral del fuselaje (ambos lados). Por medio de una conexión mecánica (clutch centrífugo), el motor se une a la transmisión dándole movimiento tanto al MR como al TR. El control de este vehículo se hace por medio del movimiento de servo-motores alimentados con energía eléctrica (batería), que van conectados por medio de unos mecanismos a los rotores y al motor. Se declara que para uso y convención de este manual la parte derecha o izquierda del helicóptero se dará posicionándose desde la parte trasera del mismo y viendo hacia el frente. En la figura 6.3 se muestran tres vistas de aeronave con sus medidas principales.

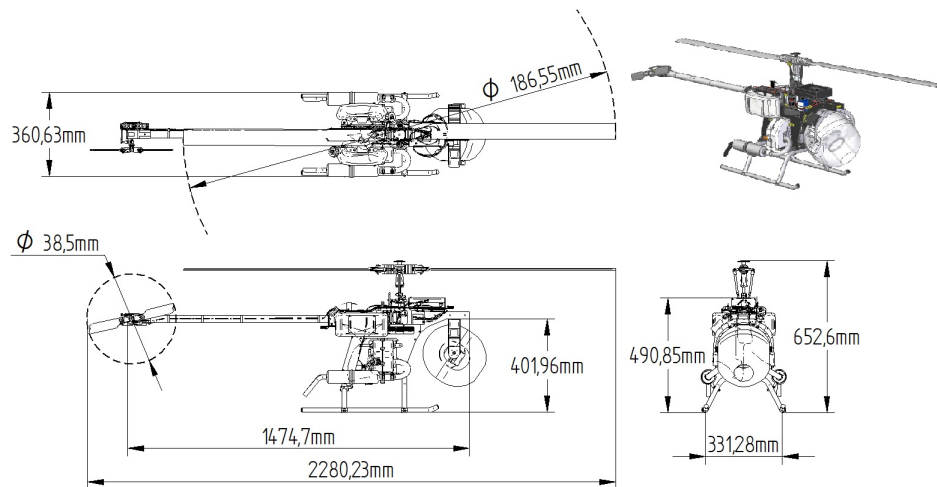


Figura 6.3: Petirrojo PR-01 con medidas principales

Esta parte del M/OM incluye el listado de las partes que componen al Petirrojo PR-01, el cual fue elaborado dentro del desarrollo de este trabajo. Para esto, se decidió dividir la aeronave en nueve partes de tal manera que se pudiera organizar por zonas cada una de ellas, haciendo que la persona que lo va a utilizar entienda todos los componentes con los que cuenta este helicóptero. Las zonas se identificaron por medio de letras, para que el conteo de piezas de cada sección se pudiera hacer un consecutivo y con esto, lograr establecer un número de parte (P/N) a cada elemento. En la tabla 6.1 se muestra la distribución de las zonas principales del Petirrojo PR-01.

Denominación	Zonas Principales
A	Tren de aterrizaje
B	Fuselaje
C	Boom de cola
D	Sistema de propulsión
E	Sistema de transmisión de potencia
F	Rotor principal
G	Rotor de cola
H	Sistema de combustible
I	Sistema de control-eléctrico

Tabla 6.1: Denominación de las zonas principales del Petirrojo PR-01

Los elementos independientes de cada zona también se dividieron entre partes diseñadas y elaboradas en la universidad, como también los elementos comerciales [16] [17] [18] [19] usados en el diseño del Petirrojo PR-01. Se debe señalar que debido a que este UAS se desarrolló pensando en que se puedan realizar múltiples misiones, entonces la carga paga no se incluye dentro de estas zonas ya que depende de lo que quiera incluir el piloto/operador o de lo que se necesite hacer en cada vuelo.

6.5. MÉTODOS, PROCEDIMIENTOS Y PRÁCTICAS APLICABLES AL MANTENIMIENTO DEL PETIRROJO PR-01

En esta sección del M/OM se tuvieron que diseñar los procesos generales y específicos que se deben hacer para llevar a cabo las tareas de mantenimiento al Petirrojo PR-01. Para elaborar esta sección se tuvo que recopilar la información que se tiene del diseño, incluyendo

los cálculos, pruebas y todo lo referente al dibujo en CAD de la aeronave [20] [21]. Se utilizó como base el manual de mantenimiento del helicóptero Robinson R22 [13] donde se puede tomar como ejemplo la forma en la que se organiza la información y establece un punto de partida importante, en donde se decide que las sub-secciones de esta parte queden definidas de acuerdo al siguiente listado:

1. Servicios del helicóptero
2. Lista de equipos mínimos (MEL)
3. Inspección
4. Componentes con vida límite
5. Estructura
6. Tren de aterrizaje
7. Sistema de propulsión
8. Transmisión
9. Sistema de rotores
10. Sistema eléctrico y de controles de vuelo
11. Sistema de combustible
12. Peso y balance
13. Marcas y placas

Las sub-secciones 1 a la 4 se establecieron como procedimientos estándar que se le van a realizar al helicóptero, las sub-secciones de la 5 a la 11 especifican los procesos secuenciales para los trabajos de inspección, reparación y cambio de piezas de las siete zonas en que se dividió la aeronave, al igual que las herramientas necesarias para cada trabajo. En la figura 6.4 se puede ver las divisiones entre las partes principales y sistemas del helicóptero. La sub-sección 12 establece el proceso de peso y balance que se hace al Petirrojo PR-01, después de cada servicio de mantenimiento, antes de cada vuelo y para verificación cuando se instala la carga paga en la parte frontal de su fuselaje.

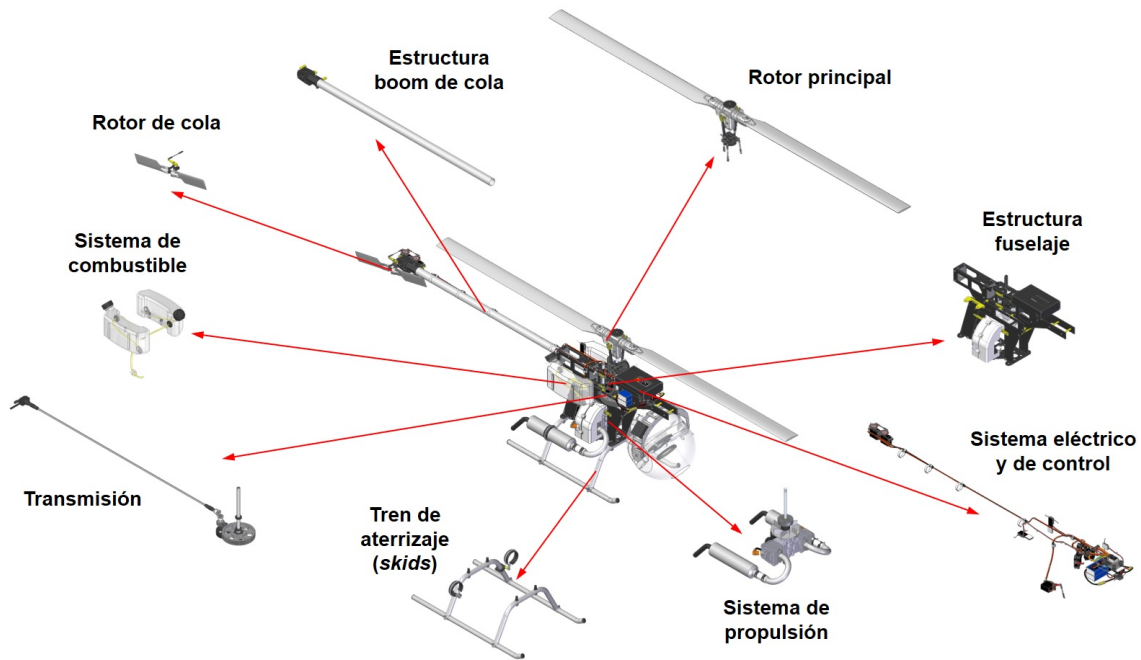


Figura 6.4: División de las zonas principales del Petirrojo PR-01

6.5.1. SERVICIOS DEL HELICÓPTERO

Los servicios se establecen como una manera de llevar el control del mantenimiento y las inspecciones por intervalos medidos en términos de tiempo calendario, de vuelo (horas de vuelo) y ciclos. En el caso concreto para esta aeronave se tomó la decisión de programar la ejecución del mantenimiento y las inspecciones por ciclos, entendiendo que cada uno de estos comienza cuando se hace el encendido del motor y termina cuando este se apaga lo cual toma como máximo un periodo promedio de tiempo de 40 minutos (se lleve o no la aeronave a vuelo). La razón para establecerlo en intervalos de ciclos y no por horas es debido a que el uso de esta aeronave puede variar dependiendo de la misión que se requiera hacer. Esto da pie a que el UAS puede estar durante largos periodos de tiempo en almacenamiento o en constante uso, además que tiene partes que pueden estar sometidas a un alto nivel de desgaste. Otro punto importante que se tuvo en cuenta es la información dada por los fabricantes de piezas comerciales que usa este vehículo como el motor, el rotor de cola y el *swashplate*.

Las inspecciones establecidas para el mantenimiento programado del helicóptero, se determinaron por intervalos de ciclos (desde que se enciende el motor hasta que se apaga, sin importar si hay vuelo o no). Estas se muestran en la tabla 6.2 para diferentes partes o componentes

en donde se puede revisar la cantidad de ciclos en los que se debe hacer la inspección para el mantenimiento regular (1 a 35 ciclos) y el mantenimiento mayor (*overhaul*- 140 ciclos). Todos estos decididos a partir de la información recopilada en el trabajo de grado de Osorio y Tamayo[21], del manual del motor [18], del catálogo de rodamientos de SKF [17], del catálogo de piezas de helicópteros VARIO [16] y de la experiencia del profesor Alvarado en la operación y mantenimiento de aeronaves similares..

Inspecciones programadas			Número de ciclos en los que se debe realizar*			
Parte	Cantidad	Acción	Mantenimiento regular		Overhaul	
			1	35	140	De ser necesario remplace la parte o componente
Superficie de las palas del MR	2	Verificar/Limpiar	*	*	*	*
Pernos de sujeción de las palas del MR	2	Verificar/Ajustar	*	*	*	*
Balance estático de las palas del MR	2	Verificar/Balancear	*	*	*	
Cabeza MR	1	Desensamblar	*	*	*	
Rigidez elastómeros MR	2	Verificar	*	*	*	*
Barras de control de paso MR	2	Verificar	*	*	*	*
Barras de control (servo) MR	3	Verificar	*	*	*	*
Estado superficial del eje del MR	1	Verificar	*	*	*	*
Alineación eje MR	1	Verificar	*	*	*	*
Superficie swashplate	1	Verificar	*	*	*	*
Rodamiento del swashplate	2	Verificar	*	*	*	*
Perno de sujeción de las palas del TR	2	Verificar/Ajustar	*	*	*	*
Barras de control (servos) del TR	3	Verificar	*	*	*	
Barra de control del servo para el motor	1	Verificar	*	*	*	
Ensamble boom de cola a la estructura del fuselaje	1	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Mangueras de combustible	4	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Filtro de combustible	1	Verificar	*	*	*	
Tapa para llenado del tanque de combustible	2	Verificar/ajustar	*	*	*	
Estado de engranaje (transmisión)	5	Verificar	*	*	*	
Movimiento suave de rotación del rotor principal	6	Verificar	*	*	*	
Movimiento suave (conexión) entre el MR y el TR	4	Verificar	*	*	*	
Tornillos de ensamble (estructura)	24	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Tornillos de ensamble (MR)	22	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Tornillos de ensamble (TR)	12	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Pernos de montaje del motor	6	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Tornillos (servos)	24	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Tornillos de los exostos	4	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Deflector de aire para refrigeración del motor	2	Verificar	*	*	*	
Estado de los cables del sistema eléctrico	9	Verificar	*	*	*	
Pérdida de velocidad (rotación) del motor	-	Verificar	*	*	*	
Carcasa de refrigeración del motor — fugas, daño/grietas	2	Verificar	*	*	*	
Carburador	1	Verificar/Limpiar	*	*	*	
Bujías del motor	2	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Rodamientos del motor	8	Verificar/Limpiar	*	*	*	
Pistones y anillos del motor	6	Verificar/Limpiar	*	*	*	
Cilindros del motor	2	Verificar/Limpiar	*	*	*	
Cigüeñal del motor	1	Verificar/Alinear	*	*	*	
Tornillos del tubo de exosto (motor)	4	Ajustar/Limpiar	*	*	*	
Desgaste de la parte inferior del tren de aterrizaje (skids)	2	Verificar/Limpiar	*	*	*	
Desgaste tuerca—amortiguador	4	Verificar/reemplazar	*	*	*	

*Un ciclo se entiende como la operación del helicóptero desde que se enciende el motor hasta que se apaga (se lleve o no la aeronave a vuelo).

Tabla 6.2: Inspecciones programadas

6.5.2. LISTA DE EQUIPOS MÍNIMOS (MEL)

Para poder realizar la lista de equipos mínimos (MEL por sus siglas en inglés), se determinaron cuales componentes del helicóptero se requieren para su correcta operación, manteniendo la

seguridad y la aeronavegabilidad del UAS.

Lista de equipos mínimos (MEL) – Petirrojo PR-01				
Sistema	Equipo	No. de equipos instalados	No. requerido para operar	Observación
Comunicaciones	Antena receptor (satélite)	4	1	-
Eléctrico	Servo (TR)	2	1	-
Control	Barra de control servo TR – longitudinal	2	1	-
Combustible	Tanque (derecho/izquierdo)	2	1	El Petirrojo cuenta con dos tanques laterales, se puede volar con uno solo lo cual reducirá el tiempo de vuelo.
	Mangueras	4	2	-

Tabla 6.3: Lista de equipos mínimos (MEL) del Petirrojo PR-01

La tabla 6.3 presenta la MEL establecida para esta aeronave, la cual deberá ser verificada tanto por el personal técnico como por el piloto/operador para determinar si se pueden realizar vuelos aún con la falta de alguno de sus componentes.

Para lograr determinar los componentes de esta lista se revisaron cada una de las partes de sus sistemas principales, de tal manera que se pudieran identificar los componentes más importantes y que de acuerdo con la experiencia, tuvieran una probabilidad más alta de llegar a un fallo arriesgando la aeronavegabilidad del equipo.

6.5.3. INSPECCIÓN

Para la elaboración de las inspecciones del equipo, se decidió realizarlas de manera periódica asegurando su condición de aeronavegabilidad. De acuerdo con los análisis de esfuerzos en la estructura mostrados en el trabajo de grado de Osorio y Tamayo [21], la información que se encuentra en la sección de inspecciones del manual de mantenimiento del helicóptero Robinson R-22 [13] y la experiencia del profesor Alvarado en la operación y mantenimiento de este tipo de aeronaves, se establecieron dos tipos de acciones de mantenimiento: programados y no programados para realizar los procesos de inspección.

Las acciones de mantenimiento programadas son aquellas que se ejecutarán por medio de periodos definidos en este caso por el diseñador/fabricante, los cuales servirán de guía tanto al piloto/operador como al personal de mantenimiento para establecer servicios de inspecciones recurrentes, inspecciones regulares, *overhaul* y reemplazo de componentes con vida límite al Petirrojo PR-01.

Teniendo en cuenta lo anterior, se definió que un ciclo corresponde al tiempo comprendido entre el encendido y apagado del motor (se lleve o no la aeronave a vuelo). El ciclo más

extenso (extremo en la operación) para el helicóptero será cuando realice un vuelo de 40 minutos aproximadamente, número que se obtuvo a partir del estudio de rendimiento de este equipo elaborado por el diseñador. [22]

Retomando la información del fabricante del motor Zenoah (componente más crítico de la aeronave), este recomienda que se realice un proceso de mantenimiento programado (inspección regular), para hacer revisión de los componentes externos de este mismo y determina que se haga este tipo de mantenimiento al realizar 37.5 ciclos (38 vuelos), con lo que se tendría un tiempo de uso de 1500 minutos (25 horas) [18]. En cuanto al mantenimiento programado de **overhaul**, la empresa del motor recomienda que se haga cada 150 ciclos (6000 minutos/100 horas). Para dar un margen de seguridad, se decidió que para el Petirrojo PR-01 la cantidad de ciclos para el servicio de inspección regular (mantenimiento programado) sea de 35 y para el **overhaul** de 140.

Las inspecciones recurrentes se realizan antes, durante y después de cada vuelo del helicóptero (cada ciclo), verificando el estado superficial, funcionamiento y ajuste de:

- Las palas del rotor principal
- Las palas del rotor de cola
- Las barras de control
- Los rodamientos
- Los tornillos de ensamble

Las acciones de mantenimiento no programadas se establecen por medio de eventos en los que tanto el piloto/operador, el observador o el personal encargado del mantenimiento detectan sucesos o daños como por ejemplo, fugas de líquidos, corrosión, abolladuras, ralladuras, grietas, etc., que se toman como alertas para una acción correctiva inmediata. En la elaboración del M/OM se establecieron recomendaciones de las partes y componentes que se consideran **hard time (HT)** y que pueden dar como consecuencia la pérdida de la aeronavegabilidad, las cuales se deben reemplazar o reparar de acuerdo con lo establecido por los diseñadores y fabricantes del helicóptero. Esta sección del manual se dividió en tres partes importantes relacionadas con los procesos de inspección:

- Procedimientos generales
- Listas de verificación en tierra y en vuelo
- Limpieza del helicóptero

Dentro de los procedimientos generales para el Petirrojo PR-01 están las inspecciones visuales, de tal manera que, a partir de estas, se puedan identificar fácilmente anomalías operativas de

manera inmediata. Los elementos de inspección relacionados en los procedimientos generales se identificaron como de uso común y que van a requerir de inspección antes, durante y después de cada ciclo. Los elementos que se identificaron aquí son:

Los rodamientos y cojinetes - Estos elementos son utilizados en componentes que requieren rotación cíclica elevada como el motor o la transmisión de potencia. En la figura 6.5 se puede ver la ubicación de los rodameintos en el Petirrojo PR-01.

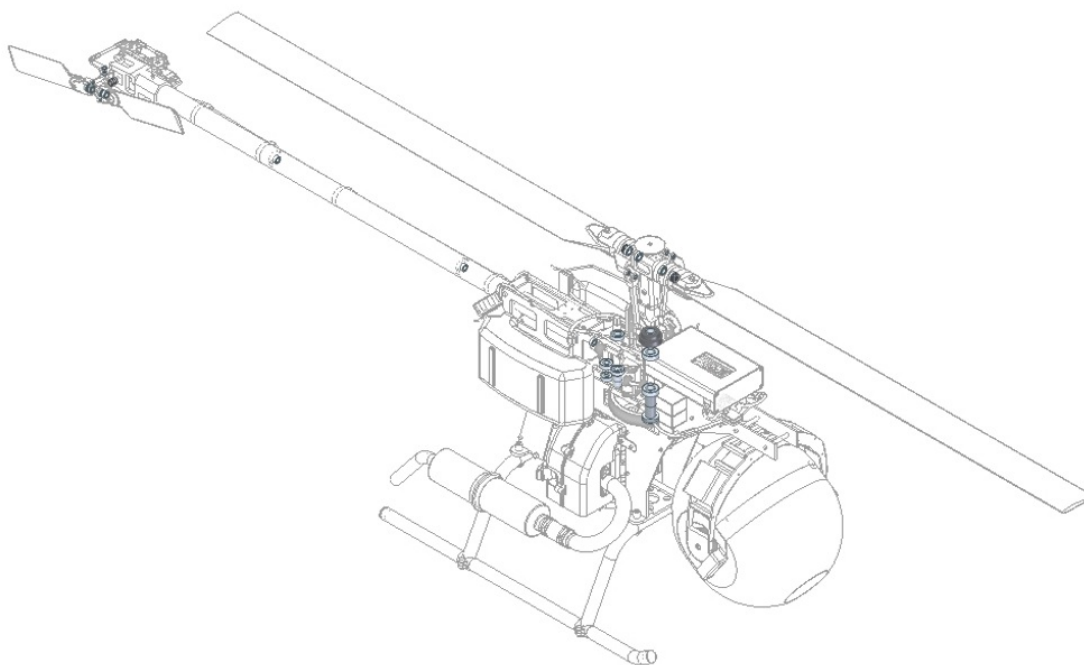


Figura 6.5: Localización de los rodamientos en el Petirrojo PR-01

Durante la operación, se debe prestar atención al ruido que genera el sistema de transmisión durante el encendido y el apagado del helicóptero, ya que por medio de este se puede saber si un rodamiento está defectuoso por lo que producirá un ruido alto y agudo similar al del rozamiento de dos metales en seco.

Se debe identificar la zona de donde proviene el ruido, inspeccionando a detalle todos los rodamientos que se encuentren en esa sección de tal manera que pueda determinar la fuente del ruido. Un rodamiento defectuoso puede tener fallo en el sello dejando escapar la grasa necesaria para su lubricación. Se les sugiere a los pilotos/operadores que después de identificar la fuente del ruido (posible fallo del rodamiento), este se debe desmontar de la pieza y ser reemplazado de inmediato. También se le aconseja que, al tener una sospecha de un ruido

anormal en la rotación de alguno de los rodamientos del helicóptero, este no debe ser usado ya que podría resultar en un fallo en el aire y posible daño mayor de la aeronave generando un accidente mayor.

Las barras de control - Se utilizan para transmitir el movimiento desde los servos a componentes como el *swashplate*, al acelerador del motor y los mecanismos de control de paso del rotor de cola. En la figura 6.6 se muestra la localización de estos componentes.

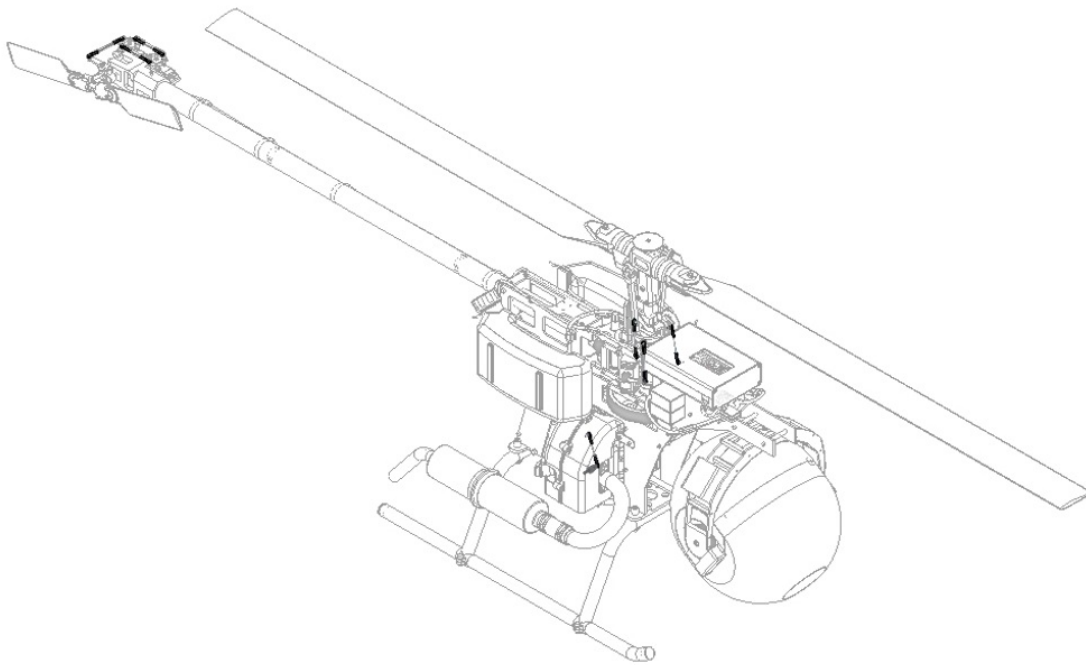


Figura 6.6: Localización de las barras de control en el Petirrojo PR-01

Las barras de control están compuestas por una varilla sólida de acero, que tiene dos elementos plásticos atornillados en cada extremo de esta como se muestra en la figura 6.7, los cuales se conectan a las esferas de transmisión de movimiento.

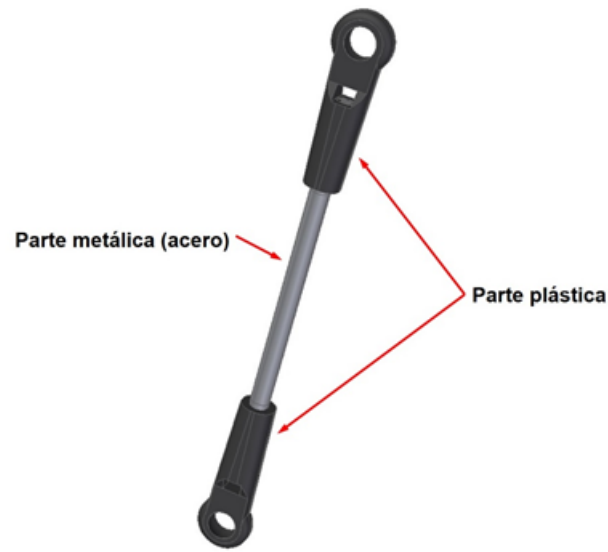


Figura 6.7: Ejemplo de barra de control usada en el Petirrojo PR-01

Las barras se deben inspeccionar con el fin de identificar corrosión, desgaste de las partes plásticas y signos de flexión en la parte metálica.

Elastómeros (caucho-amortiguador) — Son elementos cilíndricos con un agujero por donde pasa y se sostiene una barra localizada dentro del núcleo del rotor principal y que trabajan a manera de un amortiguador y como restricción en la cantidad de movimiento en zonas como el rotor principal. La figura 6.8 muestra la localización de estos componentes en el Petirrojo PR-01.

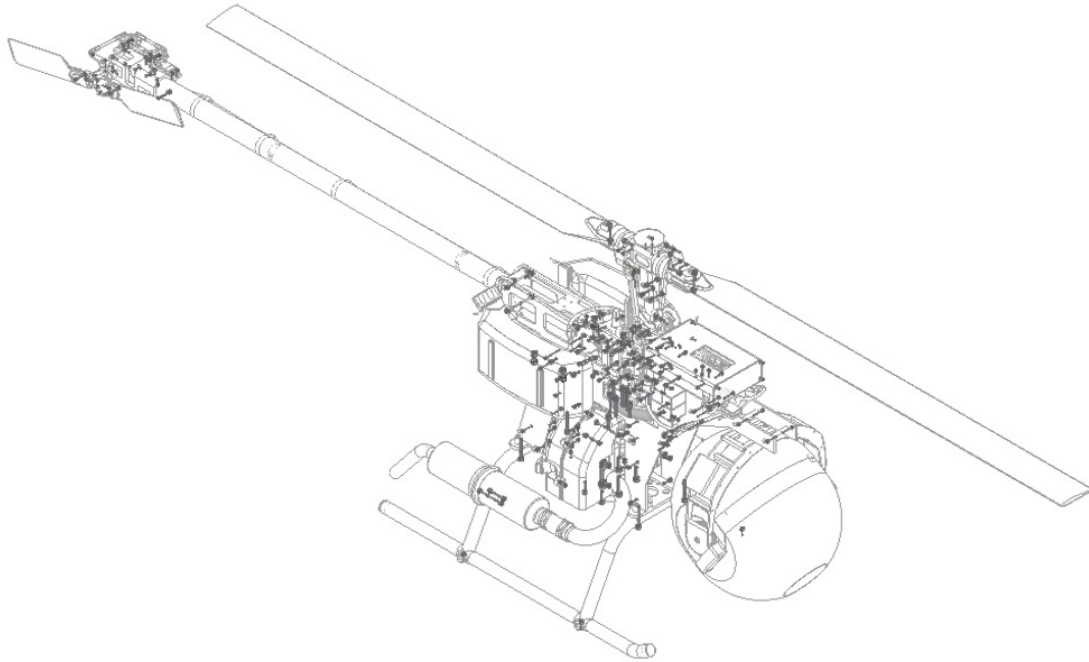


Figura 6.9: Localización de los tornillos y pernos de ensamble en el Petirrojo PR-01

A los tornillos se les hace una línea de marcación que va desde la cabeza de este hasta la superficie de contacto de ensamble, como se muestra en la figura 6.10 a) de tal forma que ayuden en la inspección y con esto determinar la integridad de la unión. En caso de que la línea de marcación no coincida entre la cabeza del tornillo y la superficie de contacto (figura 6.10 b)) da una indicación de que hay un desajuste.

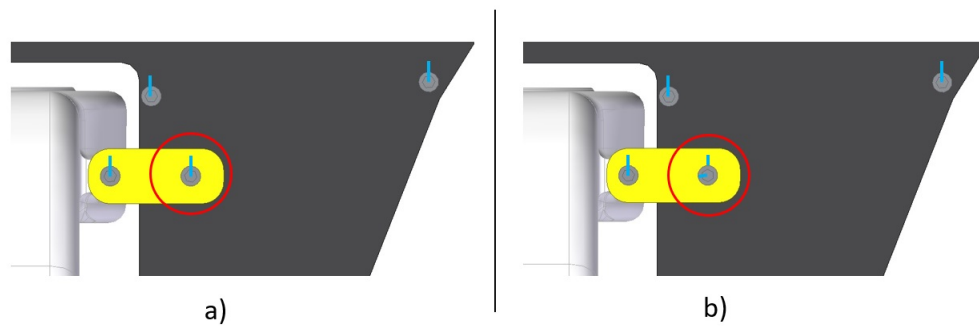


Figura 6.10: Ensamble tornillo con superficie de contacto a) Alineado b) Desalineado

Líneas de combustible (mangueras) - Se utilizan para hacer la conexión desde los tanques hasta el motor. La figura 6.11 muestra la ubicación de las mangueras de combustible en el Petirrojo PR-01.

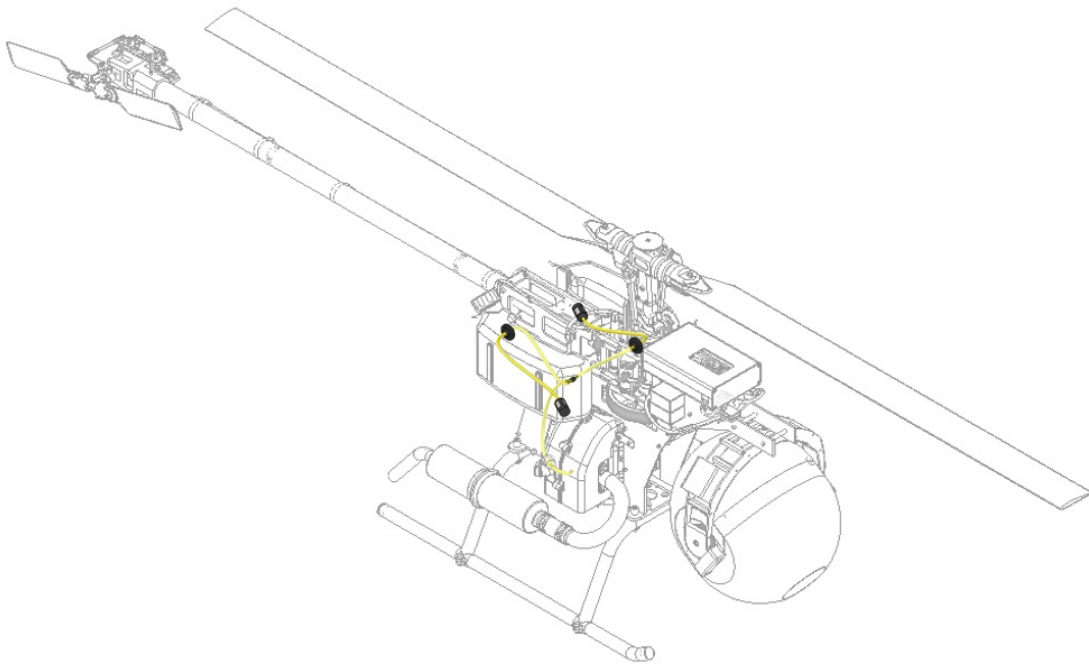


Figura 6.11: Localización de las líneas de combustible (mangueras) en el Petirrojo PR-01.

Se deben inspeccionar en búsqueda de fugas, marcas de quemaduras debidas a la fricción y cristalización.

Cableado - Al ser una aeronave que se opera de manera remota requiere de un sistema eléctrico que conecta al módulo de estabilización/control, con los servos y el giro. Los cables están enrutados por medio de unos soportes plásticos, los cuales se adhieren a la estructura utilizándola como elemento de soporte y ajuste. La figura 6.12 establece la ubicación de los cables en el helicóptero.

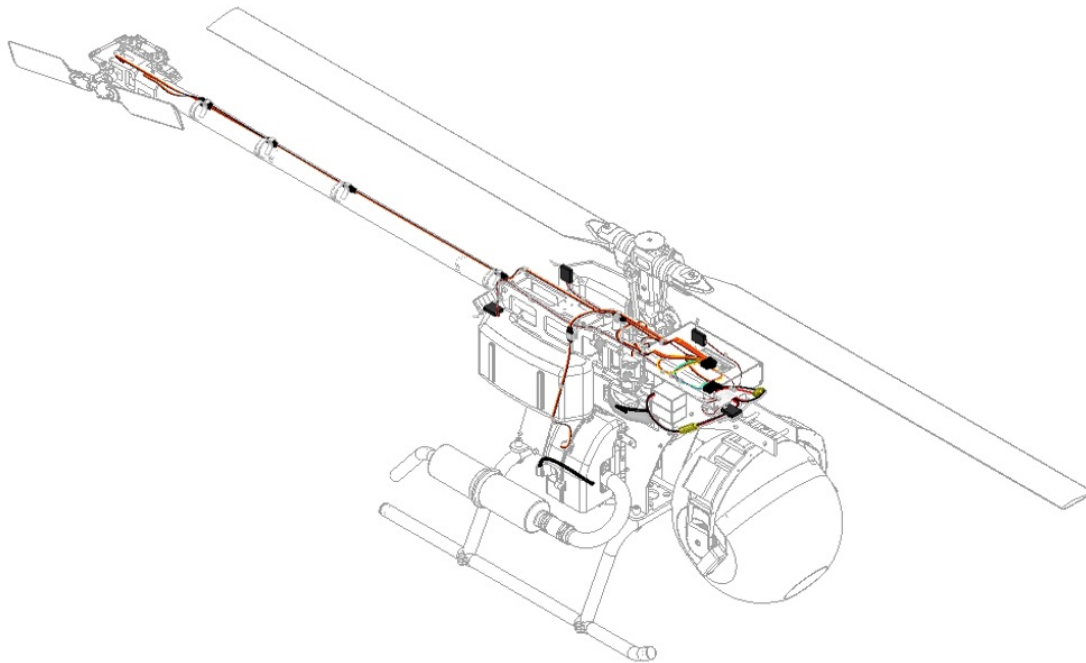


Figura 6.12: Cableado del Petirrojo PR-01

Debe inspeccionarse cada cable en búsqueda de cortes o rasgaduras en el plástico protector. Se sabe por experiencia que el helicóptero puede generar vibraciones de consideración, por lo tanto, se recomienda buscar desgaste debido a la fricción con la superficie del cable y de los elementos que lo sostienen así como también, cristalización y/o grietas en su recubrimiento.

Las listas de verificación en tierra y en vuelo se hicieron teniendo en cuenta los procesos en la operación dados antes de iniciar cada vuelo con el helicóptero, a manera de complementar la información que se encuentra en la sección de procedimientos operacionales normales del M/OM. Teniendo como ejemplo la información que se encuentra en el manual de ensamble y mantenimiento de la empresa Thunder Tiger para el modelo de helicóptero Raptor 90 [14], se elaboraron las listas de verificación en las siguientes condiciones:

- Helicóptero en tierra con el motor apagado.
- Helicóptero en tierra con el motor encendido.
- Helicóptero en vuelo estacionario a baja altura

Se les establece a los pilotos/operadores que completen los recuadros de las listas de verificación, después de hacer las inspecciones y el mantenimiento establecido cada 35 y 140 ciclos.

En esta sección también se incluyeron lo que se denominaron las 'inspecciones especiales' que son las revisiones a algunas partes de la aeronave que son afectadas en casos muy específicos como por ejemplo el impacto de las palas tanto del rotor principal como del de cola con un obstáculo u objeto extraño ya sea en tierra o en vuelo, aterrizajes en los cuales la aeronave se puede precipitar a tierra con una velocidad (vertical y/o lateral) de hundimiento elevada que puede llevar a un exceso de esfuerzo en el tren de aterrizaje, y por último la corrosión de piezas metálicas por alta humedad mientras el helicóptero se encuentra almacenado o durante la operación.

La limpieza del helicóptero se aconseja que se haga después de cada inspección o servicio de mantenimiento, de tal manera que se limpien las partes, componentes y la aeronave en general. Esta se recomienda hacer utilizando un paño limpio humedecido con alcohol isopropílico de tal forma que no afecte a los componentes electrónicos con los que cuenta el helicóptero.

6.5.4. COMPONENTES CON VIDA LÍMITE

Esta aeronave fue diseñada con la intención de aumentar el tiempo de vida límite de la mayoría de sus componentes como la estructura primaria o el rotor principal, sin embargo, se debe tener en cuenta que la aeronave tiene elementos en rotación por lo que se generarán cargas cíclicas en estos.

Se determinó que es responsabilidad del piloto/operador llevar la administración de los registros de tiempos de servicio de la aeronave, así como de registrar la información de las operaciones que se realicen con el equipo en los formatos correspondientes que se encuentran al final del M/OM.

Se le aconseja al piloto/operador y al personal encargado de los servicios de mantenimiento que, los trabajos de instalación de una parte/componente con vida-límite o con requerimiento de *overhaul*, se registren de forma digital, haciendo uso del formato de libro que se encuentra al final del M/OM, teniendo en cuenta que también se debe tener un formato del estado de los componentes con vida límite, que consiste en hacer una lista de los datos que contienen información como, nombre del componente, número de parte, fecha de instalación, posición, entre otros, que se pueden encontrar en el formato de estado de los componentes con vida límite al final del M/OM.

Las limitaciones de aeronavegabilidad del helicóptero se establecieron de acuerdo con el tiempo de servicio que se tenga dado en términos de ciclos, entendiendo que cada ciclo equivale al tiempo en que se enciende el motor hasta que se apaga (se lleve o no la aeronave a vuelo).

Tomando como referencia que el tiempo total (autonomía) de vuelo del helicóptero (valor estándar/con colectivo arriba) es de 40 minutos, se definió la vida límite de algunos componentes en estos mismos términos. Estos se muestran en la tabla 6.4.

Número de parte/Referencia	Descripción	Máximos intervalos de servicio*	
		Ciclos	Meses
SAB 810mm	Pala MR	1500	60
VARIO 34/32	Pala TR	1500	60
E-4	Engranaje recto campana clutch (motor)	1500	-
E-2	Piñón recto MR	900	-
E-5	Piñón recto TR	900	-
VARIO 830/17-16	Piñón cónico grande caja de 90 TR	900	-
VARIO 1003/80	Piñón cónico pequeño caja de 90 TR	900	-
F-7	Eje spindle MR	1500	-
VARIO 1003/86	Eje unión palas TR	1500	-
M5x14mm	Tornillo — eje de unión palas MR	1500	12
M3x12mm	Tornillo — eje de unión palas TR	1500	12
I-8	Barra de control servo TR	140	6
F-10	Barra de control de paso MR	1200	-
G-1	Barra de control de paso TR	1200	-
VARIO 74/7	Elastómero MR	140	6
M6x30mm-20mm	Perno motor	1500	12
M4x15mm	Perno de ensamble fuselaje, boom de cola	1500	12
Cable JR	Cableado de trabajo pesado	600	24
JR R1222	Antena de recepción (satélites)	1500	-
M5	Elastómero unión tren de aterrizaje con estructura fuselaje	140	6
A-1	Skid	3000	-
A-3	Arco (skid)	3000	-

*Lo que ocurra primero. El número de ciclos comienza desde el día que se haga el primer vuelo.

Tabla 6.4: Intervalos de vida máximos (límite) de componentes del Petirrojo PR-01

Los numerales 5 al 11 de la lista al inicio de esta sección (6.5) son las partes de manual relacionadas con las zonas y sistemas principales en las que se dividió y analizó el helicóptero para describir los procesos de mantenimiento de cada una de ellas, las cuales son:

5. Estructura

5.1 Fuselaje

5.2 Boom de cola

6. Tren de aterrizaje

7. Sistema de propulsión

7.1 Motor Zenoah GT80

8. Transmisión

9. Sistema de rotores

9.1 Sistema de rotor principal

9.2 Sistema de rotor de cola

9.3 Ajuste del tracking y balance

10. Sistema eléctrico y de controles de vuelo

11. Sistema de combustible

Para el desarrollo de cada sección del manual se utilizaron los planos del Petirrojo PR-1, así como la revisión física de la aeronave que se encuentra en las instalaciones del bloque de laboratorios de la universidad. La decisión para hacer esto se tomó basándose en el modo en el que la compañía Robinson (helicóptero Robinson R22) [13] lo establece en su manual de mantenimiento.

En cada sección se da una breve descripción de cómo opera, los requerimientos de funcionamiento y lo que se debe buscar en las inspecciones realizadas y luego se determina un procedimiento a manera de un paso a paso de cómo se desensambla esa parte del helicóptero indicando qué herramientas se utilizan y algunas recomendaciones. Para el armado se debe hacer el proceso contrario a cada listado teniendo en cuenta las recomendaciones de las prácticas estándar como lo son la lubricación, el lijado, el ajuste o incluso el cambio de varios de sus componentes.

Para el sistema de propulsión se incluyeron recomendaciones dadas por el fabricante del motor Zenoah GT80 [18] a manera de complemento, de tal manera que se adaptó lo establecido en el manual, adaptándolo a su funcionamiento dentro del Petirrojo PR-01. Esto facilita al usuario y, sobre todo, al encargado del mantenimiento del helicóptero para que entienda de manera directa lo que se requiere para el óptimo funcionamiento del motor.

En la sección de sistema de rotores se añadió un apartado referente al proceso de tracking y balance las palas de los rotores, que complementa el buen uso y asegura la aeronavegabilidad y la confiabilidad del vuelo del helicóptero. Estos procesos se establecen teniendo en cuenta la experiencia del profesor Alvarado en la operación de este tipo de aeronaves, como también lo establecido en el manual de mantenimiento del helicóptero Robinson R22. Se hizo una adaptación de este procedimiento a esta aeronave, ya que por el tamaño no era necesario el uso de máquinas sofisticadas ni costosas.

Para la parte del sistema eléctrico y controles de vuelo, se recopiló la información de los fabricantes de la batería, del receptor de señal, de sistema de control de vuelo y de los servo-motores. Con esta información se hizo el esquema del sistema eléctrico mostrando sus componentes y dejando claro los límites operacionales de cada uno de ellos en el ensamble completo. También se muestra la forma correcta de enrutar el cableado en la estructura del helicóptero, de tal manera que esto sea de gran ayuda para el personal a cargo del mantenimiento y la operación. Con esta organización, también se logró determinar el uso de elementos que ayuden a dirigir

y mantener los cables, dependiendo de su uso.

Todo lo anterior se encuentra con mayor detalle en el M/OM del Petirrojo PR-01.

6.5.5. PESO Y BALANCE DEL HELICÓPTERO

El proceso de peso y balance de la aeronave se determinó teniendo en cuenta el peso de los componentes. Los valores de cada uno de ellos se midieron directamente en el laboratorio de vehículos aeroespaciales (Bloque 8, aula 201 - UPB sede Laureles) donde se encuentra el UAS totalmente desarmado. También se dan algunas recomendaciones como por ejemplo, que este proceso se debe hacer antes de realizar cualquier vuelo con la aeronave. Con lo anterior se pudo determinar que el Petirrojo PR-01 debe tener su centro de gravedad localizado muy cerca a la ubicación del rotor principal que es el punto desde donde se sostiene toda la aeronave en vuelo. En esta sección del M/OM se diseñó el proceso de peso y balance del helicóptero, como también los límites operativos de peso y de ubicación del centro de gravedad de este.

Aquí también se dan indicaciones al piloto/operador como por ejemplo que para determinar el peso de la aeronave se debe utilizar una balanza calibrada que soporte por lo menos 30 kilogramos (+/- 500 gramos) y que tenga una superficie lo suficientemente grande (en la que quepan los skids) para poder ubicar helicóptero. También se les recomienda realizar el proceso de balance en un ambiente con viento nulo y sobre una superficie plana.

De acuerdo con la información del diseño del helicóptero, los siguientes son los límites operacionales para su peso:

- Máximo peso operacional: 22 kg
- Mínimo peso operacional: 15 kg
- Peso vacío operacional: 11.5 kg máximo (por decisión de diseño el mínimo se establece como el 50 % del máximo)

La distribución de los pesos operacionales en el helicóptero se da de acuerdo con lo mostrado en la figura 6.13.

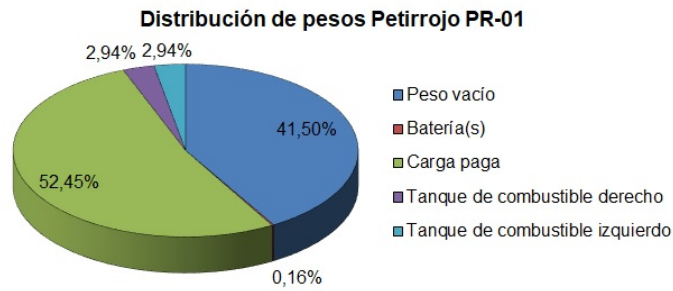


Figura 6.13: Distribución de pesos en el Petirrojo PR-01

Para determinar el centro de gravedad de la aeronave a lo largo del eje longitudinal se establecieron estaciones en el fuselaje (Figura 6.14) dadas en centímetros y tomando como datum un punto que se ubica 40 centímetros por delante de la línea central del eje del rotor principal. No es necesario determinar el centro de gravedad en los otros dos ejes de referencia de la aeronave, debido a que a la largo del eje lateral la aeronave se considera como simétrica y en el eje vertical las medidas no cambian significativamente como para llegar a producir un desbalance en el helicóptero.

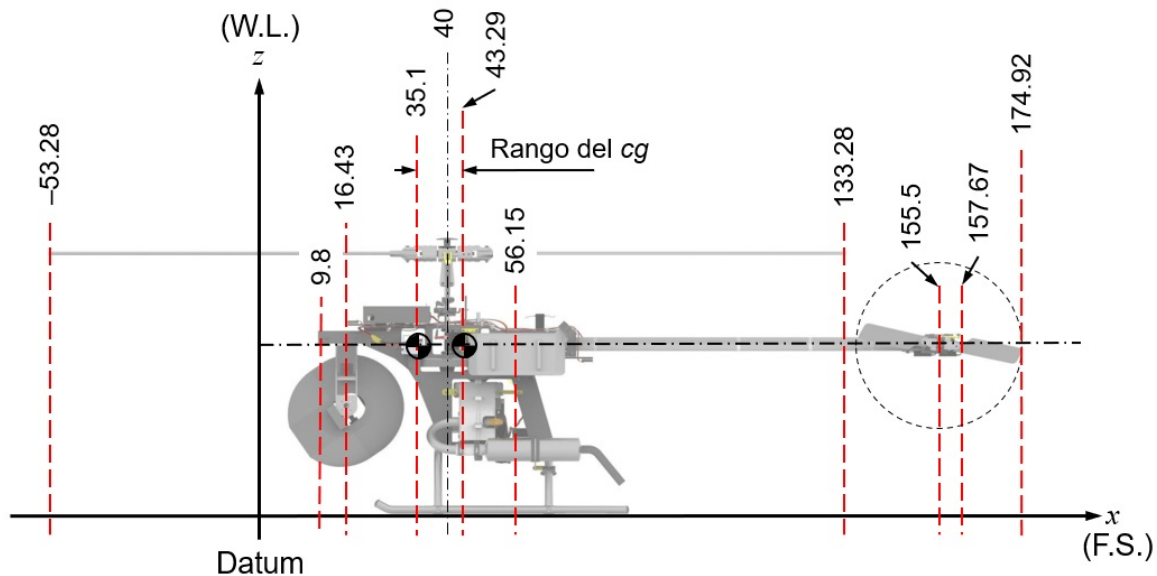


Figura 6.14: Estaciones de fuselaje del Petirrojo PR-01 a lo largo del eje longitudinal (Medidas en centímetros).

En la figura 6.15 se muestran la referencia para establecer los límites operativos en los cuales

debe estar localizado el centro de gravedad del helicóptero.

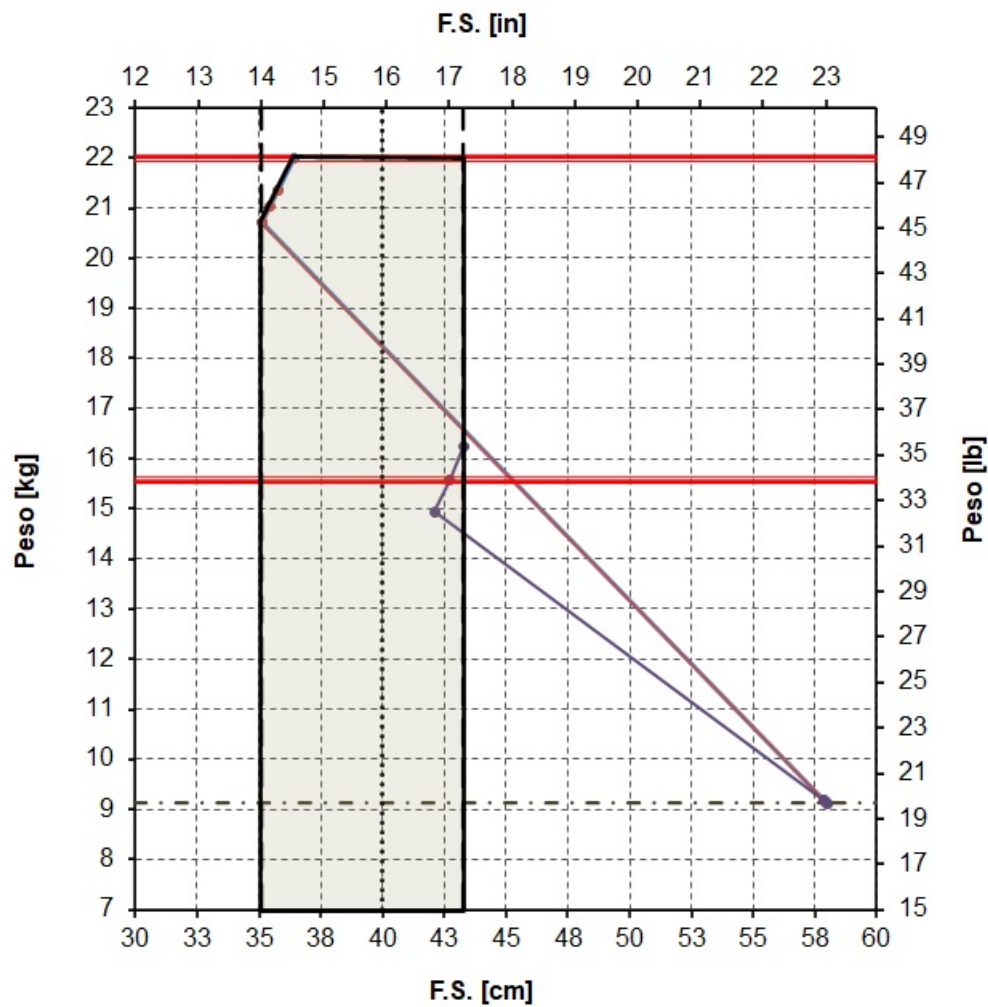


Figura 6.15: Límites operacionales del centro de gravedad del Petirrojo PR-01 (Área sombreada)

Las líneas horizontales superior e inferior (color rojo) representan los límites operacionales máximos y mínimos de peso de la aeronave respectivamente. Las líneas diagonales muestran el comportamiento del cambio de peso a medida que se le adicionan o remueven elementos como el combustible, la carga-paga, etc. La zona sombreada indica el área de operación del helicóptero. Se debe tener en cuenta estos valores en el momento de determinar el peso de la carga paga que se piense llevar en el Petirrojo PR-01 cuando se vaya a operar (diferentes misiones).

El proceso de balance de la aeronave se hace de manera manual de la siguiente forma:

1. Se pone la aeronave sobre una superficie plana.
2. Se tiene como referencia a la aeronave sin combustible, carga paga y batería(s).
3. Teniendo en cuenta los límites de peso de la carga paga, esta se instala al frente de la aeronave.
4. Se instala(n) la(s) batería(s) de alimentación del sistema eléctrico de la aeronave.
5. Se llenan los tanques de combustible de 0.9 litros (c/u) con la mezcla apropiada de acuerdo al fabricante del motor.
6. Se ubica una persona detrás del rotor principal, de tal manera que pueda sujetar el rotor principal y de esta manera lograr izar la aeronave. En la figura 6.16 se muestran los puntos de sujeción para verificar el balance del helicóptero.
7. Se levanta la aeronave dejándola balancearse libremente alrededor del eje lateral. Con el helicóptero izado desde el rotor principal se verifica si este se encuentra balanceado. En caso de que la aeronave tienda a elevar la parte frontal se establece que está pesado de cola, en el caso contrario estará pesado de nariz.

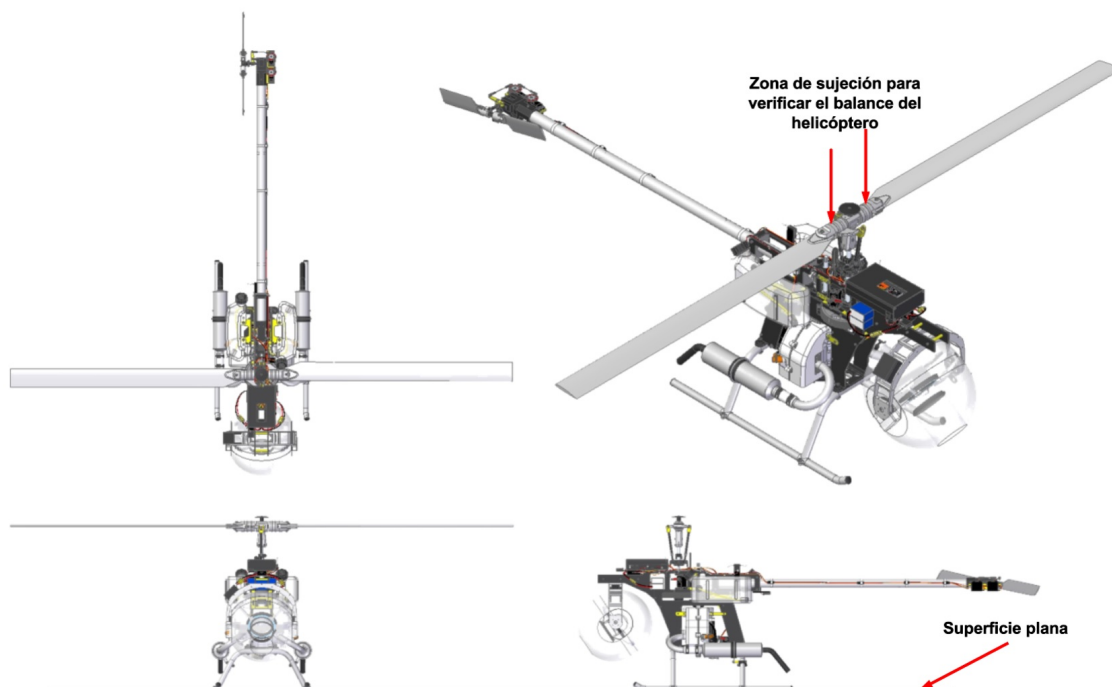


Figura 6.16: Puntos de sujeción para izar la aeronave (verificación del balance longitudinal)

Las inclinaciones tanto de nariz abajo como de nariz arriba no deben ser excesivas (aproximadamente cinco grados como máximo - medida que se puede verificar con la ayuda de un nivel electrónico). En caso de encontrar un valor elevado se debe evaluar la localización y/o el peso de la carga paga.

6.5.6. MARCAS Y PLACAS DEL HELICÓPTERO

Se hace un diseño de la marcación en el helicóptero, de acuerdo con lo establecido por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC — Aerocivil) en el RAC 91 [3], en donde indica que las aeronaves tipo UAS deben tener además de la marca de fabricante o constructor, una placa de fácil identificación en donde quede consignada de manera legible y clara la información tanto de registro ante la Aerocivil, como la del explotador. Para el caso del Petirrojo PR-01 el helicóptero fue diseñado, construido y fabricado por la UPB, además de ser operado y explotado por este mismo centro de educación superior y de investigación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la placa de identificación queda como se muestra en la figura 6.17 con la información requerida para la operación.



Figura 6.17: Placa de identificación del Petirrojo PR-01

La placa tiene una medida de 80 mm de alto y 130 mm de ancho, haciéndola lo suficientemente grande para poder ser fácilmente identificada. Esta será ubicada en cada uno de los tanques de combustible laterales como se muestra en la figura 6.18.



Figura 6.18: Helicóptero UAS Petirrojo PR-01 con la placa de identificación en los tanques de combustible

6.6. LIMITACIONES Y CONDICIONES DE OPERACIÓN

En esta sección del M/OM se incluyen las limitaciones operacionales que se requieren para realizar vuelos de tal manera que se tenga una operación segura del UAS, motor y otros sistemas que integran al Petirrojo PR-01. Este helicóptero de tipo convencional está clasificado como un UAS multi-misión ya que su diseño se pensó para lograr hacer diferentes tipos de trabajos. En el manual también se deja claro cuáles son las capacidades del equipo, limitándola a que no opere en condiciones de lluvia ligera o fuerte ni vuelos nocturnos, esto último ya que no cuenta con sistema de luces de navegación y además por estar limitada este tipo de actividad por la Aerocivil [3].

Teniendo en cuenta los datos que se obtuvieron del trabajo de grado de Ramírez [20] y los cálculos de operación de esta aeronave que fueron brindados por el profesor Alvarado, se determinaron las características operacionales de rendimiento del Petirrojo PR-01. Teniendo en cuenta que el motor usado en el helicóptero es un elemento comercial, se decidió darle un apartado ya que este es de gran importancia para la operación de la aeronave. A este último, se le hicieron unas modificaciones aprobadas por el fabricante ya que no afectan su condición

normal de funcionamiento.

Uno de los puntos importantes establecidos en esta sección del M/OM es el de peso y balance, que a diferencia de lo que se muestra en la sección 6 de este mismo, aquí se tocan aspectos operativos, dando claridad a los procesos para lograr que la aeronave siempre trabaje dentro de los límites del centro de gravedad en la operación, sin embargo, algunos de los datos pueden tomarse como referencia de la sección que trata sobre el mantenimiento. En la figura 6.19 se muestran los límites del c.g. en el Petirrojo PR-01.

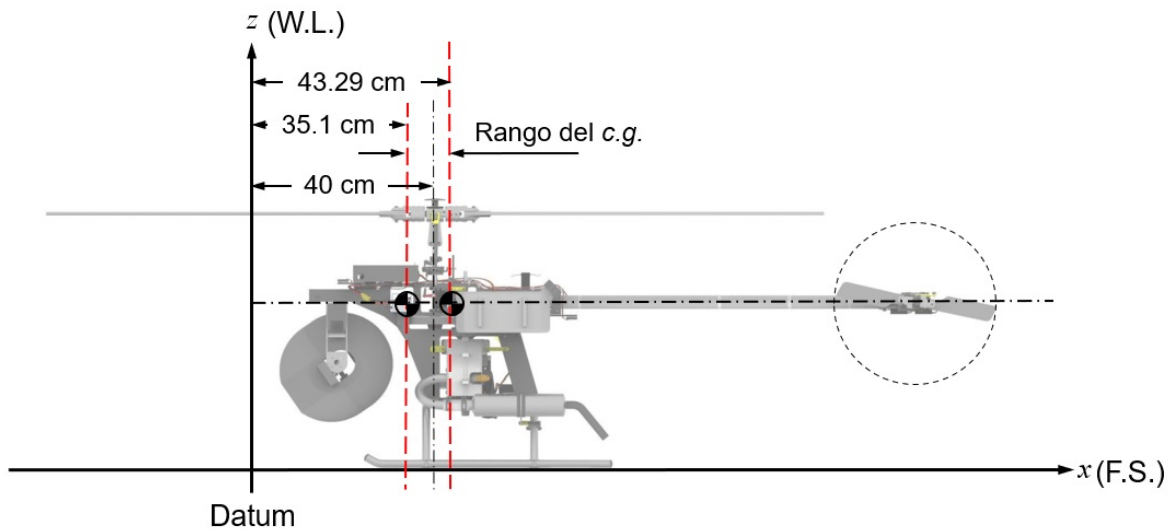


Figura 6.19: Localización del centro de gravedad para una operación segura con la aeronave balanceada

Por último, se establecieron las limitaciones operacionales de la aeronave en términos de lo que se establece de acuerdo con la regulación, que en este caso serán las que se dan en la parte 3 del RAC 91 (Aerocivil) [3]. Se debe hacer claridad que, si este aparato se va a operar en un país diferente a Colombia, se tienen que revisar las condiciones que imponen en este mismo y adaptar el manual para ese caso. Al final se establece una lista de verificación en la que se pueden revisar las restricciones operativas que se tienen para el caso de Colombia.

6.7. CONTROL OPERACIONAL

Esta sección hace parte del manual operacional ya que define el control y supervisión de las misiones o vuelos que se hagan con el helicóptero. Normalmente en el proceso de un trabajo que se haga con la aeronave, se decidió definir este por medio de una planeación en donde se identificando toda la operación por medio de tres fases:

1. Fase pre-vuelo (planeación de la misión).
2. Fase de operación.
3. Fase post-vuelo.

Estas se diseñan teniendo en cuenta las condiciones en donde se va a volar el UAS siguiendo las recomendaciones y restricciones dadas por el diseñador/fabricante y por la autoridad aeronáutica. A continuación, se define las condiciones que se establecen en cada una de las fases.

6.7.1. FASE DE PRE—VUELO (PLANEACIÓN DE LA MISIÓN)

Es la fase en la cual se deben tener en cuenta los registros de misiones previas que puedan aportar criterios y evaluación para la planeación de la operación que se va a realizar.

Los trabajos a realizar con el UAS deben estar coordinados con los clientes finales, de tal manera que se establezcan las áreas en las cuales se requieran realizar los vuelos al igual que los equipos con los que se debe contar en la aeronave. Es importante que se revisen los espacios de vuelo restringidos, al igual que la altura máxima con la que se desea realizar la misión. Se recomienda ir previamente al lugar para determinar las posibles amenazas a la operación y reconocer los espacios determinados tanto como para el despegue y aterrizaje, como también ubicar las áreas en las cuales se puede hacer procedimientos como aterrizajes de emergencia. Con lo anterior, se debe revisar si se requiere solicitar permisos de sobre—vuelo sobre áreas que sean propiedad privada y de esta manera informar a la comunidad sobre la planeación y el objetivo de la misión.

De acuerdo con lo anterior, es requerido determinar la cantidad de personas que van a realizar la misión, por lo menos se debe contar con un piloto/operador del helicóptero y un observador.

A partir de lo descrito en los párrafos anteriores, se deben establecer los canales necesarios para solicitar las autorizaciones de vuelo del helicóptero requeridas por la autoridad aeronáutica,

de tal manera que se informe a esta misma del trabajo a realizar.

6.7.2. FASE DE OPERACIÓN

Durante esta fase se deben volver a determinar los peligros y amenazas que se puedan presentar en el vuelo del helicóptero. Se debe realizar una reunión a manera de **briefing** con todas las personas relacionadas con la misión de vuelo, de tal manera que todos tengan claras los procedimientos, restricciones y acciones a adoptar en caso de presentarse una situación de emergencia durante la operación

Una vez realizado el **briefing**, se procede a determinar si las condiciones son seguras para volar para tomar la última decisión, e ir a vuelo de manera segura.

Durante el vuelo se recomienda que solo el observador se comuniquen con el piloto/operador, ya que este es el único que tiene la autoridad y autonomía para decidir sobre cualquier acción durante la operación del UAS.

6.7.3. FASE DE POST—VUELO

Una vez se termine la misión de vuelo y aterrice el helicóptero en la zona segura para ello, se debe proceder a revisar y verificar el estado del helicóptero de tal manera que se pueda tener la seguridad de que el UAS se encuentra operando de manera normal y segura, en caso de encontrar alguna anomalía, esta se debe indagar a profundidad, de tal forma que se tenga suficiente evidencia para decidir si se pueden seguir haciendo más vuelos o si se debe parar la operación de inmediato.

En caso de que la aeronave sufra de un desperfecto en vuelo y el operador no tenga la opción de aterrizarlo en el punto indicado, este con el apoyo del observador, debe ubicar el área establecida para una emergencia en el aire y hacer lo posible por aterrizarlo haciendo una maniobra de autorrotación como última opción.

Si la aeronave tiene un desperfecto con el cual no se tenga la posibilidad de tener el control por parte del piloto/operador y sufra un accidente, se debe avisar a las personas implicadas en la operación acerca del suceso para que puedan reaccionar de la manera planeada en el pre—vuelo (briefing). Una vez la aeronave impacte, se debe determinar las afectaciones que esto genera y tomar las acciones de emergencia establecidas. Se debe acordonar el área y antes de comenzar a recoger cualquier parte del UAS, tomar fotografías del siniestro. Lo anterior

es requerido para poder hacer un análisis posterior y con esto tener claras las causas del accidente.

En cualquiera de los casos se debe llenar el libro de vuelo donde se consignan todas las operaciones del helicóptero Petirrojo PR-01 dando las observaciones necesarias en caso de requerirse.

6.8. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES NORMALES

Para el desarrollo de esta sección se usó como base la información que tienen el manual de operación del helicóptero Robinson R22 [13] y del aeromodelo Thunder Tiger Raptor 90 [14]. En esta sección se plasmaron cuáles pueden ser los procedimientos normales que se pueden hacer con el helicóptero Petirrojo PR-01, los cuales se muestran a manera de listados de verificación de tal manera que sea de fácil uso y entendimiento por parte del piloto/operador de equipo.

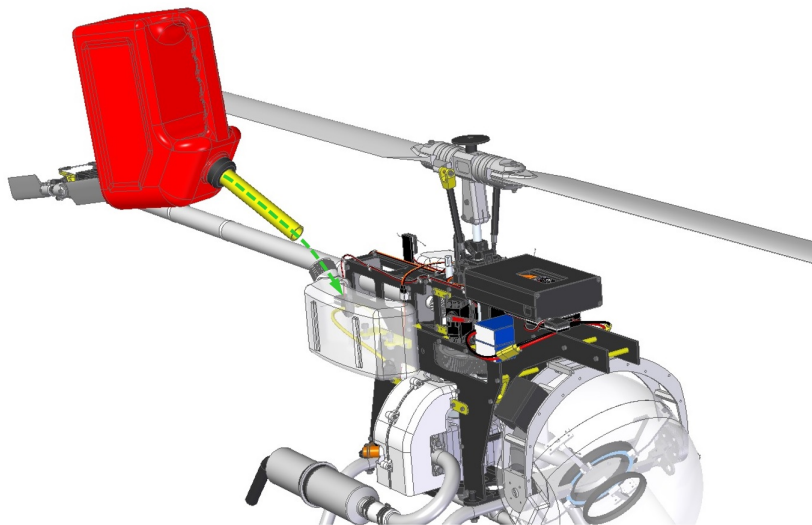


Figura 6.20: Proceso de llenado de los tanques de combustible del Petirrojo PR-01.

Se organizaron estos procesos en verificaciones durante el pre-vuelo y el post-vuelo. Llenado del tanque de combustible, arranque del motor, verificación del tracking de las palas del rotor principal, compensación (trimming) del helicóptero. Estos, se hicieron tomando como referencia lo establecido en las referencias [13] y [14]. La figura 6.20 muestra las ilustraciones

del llenado del tanque de combustible, el arranque del motor, el tracking y la compensación de las palas del rotor principal. Estas se pueden ver con mayor resolución en el M/OM del Petirrojo PR-01.

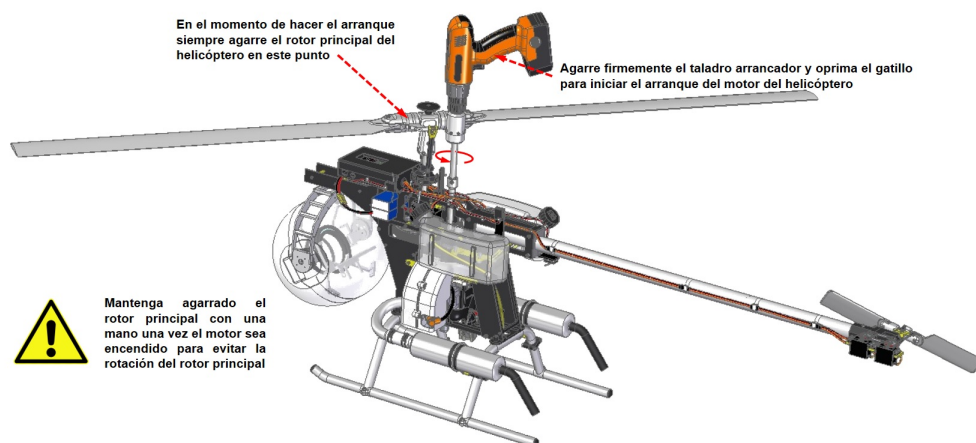


Figura 6.21: Procedimiento de arranque del motor en el helicóptero

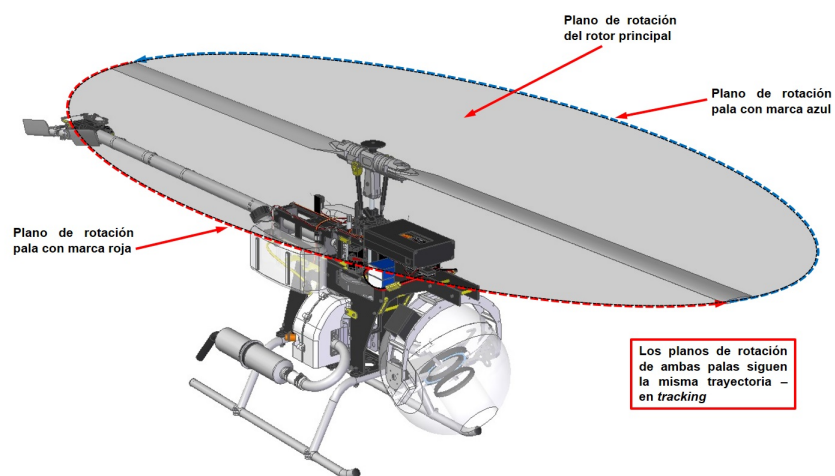


Figura 6.22: Ajuste del plano de rotación, ambas palas describiendo el mismo plano — en tracking

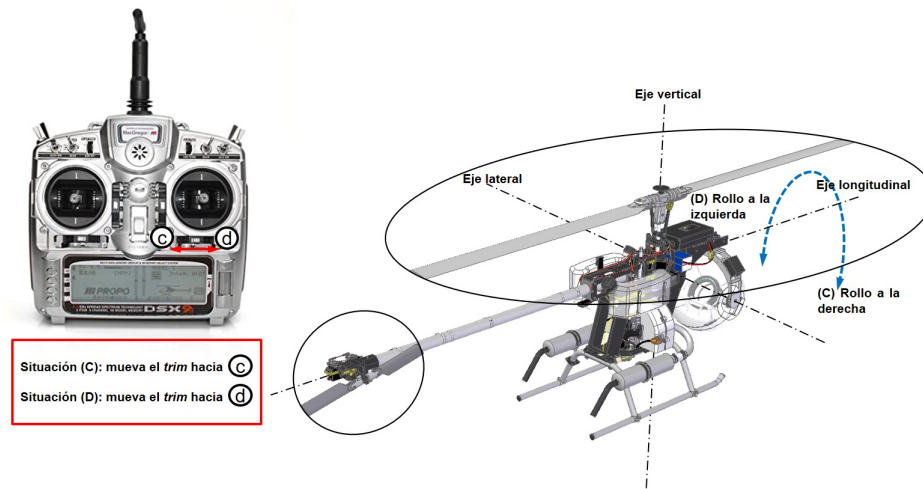


Figura 6.23: Compensación (trimming) movimiento de rolo

Se establecieron recomendaciones de la limpieza periódica teniendo en cuenta los materiales en que fue fabricado el helicóptero, de tal manera que no se lleguen a degradar con el uso de algún producto que reaccione con la superficie de alguna de las partes del helicóptero. Teniendo en cuenta que esta aeronave es de ala rotatoria se puede determinar que tiene una gran cantidad de piezas que trabajan a altas revoluciones y que necesitan de una lubricación periódica de tal manera que se pueda asegurar el correcto funcionamiento por parte de estos. Para esto se utilizaron como referencia los manuales del fabricante de los rodamientos [17] que se utilizan en la transmisión y en los dientes de los engranajes que son elementos que tienen un contacto constante y que están sometidos a altas cargas de torque por parte del motor.

Para el vuelo se dan unas recomendaciones ya que en esa etapa de vuelo es complicado estar verificando procesos, de tal manera que el piloto/operador las debe leer previamente y tenerlas presentes cuando se hagan trabajos de campo. También se realizaron las listas caza-fallas, basadas en operaciones de aeronaves similares [14] y en la experiencia de vuelo.

Otro punto que se estableció en esta sección fue el del almacenamiento, que viene siendo de interés tanto para el piloto/operador como para la persona encargada del mantenimiento. En pro de mantener el helicóptero en condiciones óptimas y con el fin de evitar deterioro de algunas de sus piezas y componentes se determinó que el equipo se debe mantener en un lugar fresco, seco y ventilado, evitando que se tengan unos niveles de humedad altos, que entre en contacto directo con la luz de sol o cerca de fuentes de calor.

6.9. PROCEDIMIENTOS OPERACIONALES DE EMERGENCIA

La elaboración de esta sección del M/OM se estableció con la base de los procesos que establecen en los manuales de operación del helicóptero Robinson R22 [13] y el Raptor 90 de Thunder Tiger [14]. Aquí se cubrieron los procedimientos de emergencia que se deben realizar con el helicóptero UAS Petirrojo PR-01.

Las emergencias se deben conocer de tal manera que el usuario esté preparado para que en caso de que se necesite, se haga una maniobra de autorrotación durante la aproximación.

Se identificó que un fallo de potencia general en el helicóptero puede ser la consecuencia de la pérdida del motor o un daño en la transmisión de potencia. Estos se detectan usualmente por la caída en las rpm de los dos rotores del helicóptero. También por el cambio en el nivel de ruido, un movimiento de guiñada (yaw) a la derecha y una pérdida de altitud abrupta. El fallo del sistema de transmisión de potencia se evidencia por un incremento anormal en las vibraciones del helicóptero, un movimiento de guiñada en cualquier dirección alrededor del eje vertical y una disminución en las rpm de los rotores con incremento de las rpm del motor.

En caso de un fallo de potencia, se estableció que el piloto/operador debe bajar el mando de colectivo en el radiocontrol de tal manera que pueda entrar en una condición de autorrotación.

Se elaboraron listas de verificación para el caso de una emergencia y para los casos más típicos ya que varían dependiendo de la altura, el peso de la aeronave y el lugar donde se esté operando (condiciones ambientales y del terreno/agua). Estas explican el proceso de la maniobra de autorrotación que se puede ver en la figura 6.24.

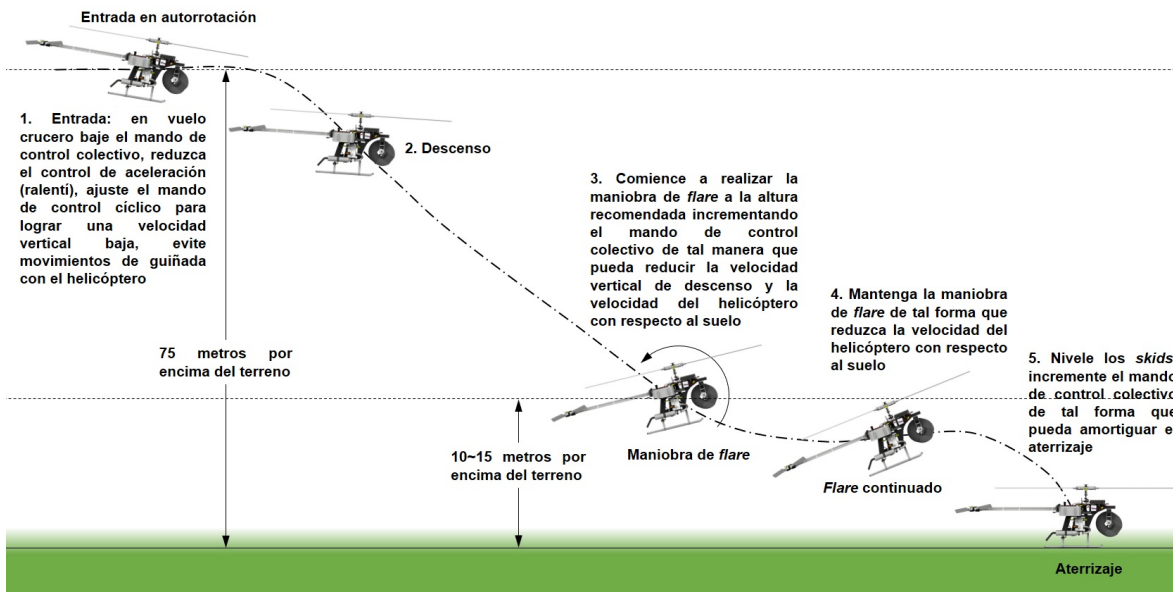


Figura 6.24: Maniobra de autorrotación en el helicóptero Petirrojo PR-01

6.10. OPERACIONES ESPECIALES

El helicóptero UAS Petirrojo PR-01 no está habilitado para operaciones especiales como vuelos nocturnos o el transporte de mercancías, en caso de requerir hacer alguna modificación del diseño original se debe contactar a los diseñadores/fabricantes y de acuerdo a las necesidades se harán los procesos necesarios y cambios en el M/OM.

6.11. GESTIÓN DE RIESGOS Y ERRORES

Siguiendo con los lineamientos dados por Aerocivil para la elaboración de este manual de mantenimiento y operación, se debe tener una parte dedicada a gestión de riesgos y errores basados en lo que provee la regulación aeronáutica de Colombia (RAC) donde en la parte 219 se refiere a la Gestión de Seguridad Operacional y, citanto textualmente a lo que esta sección 6.11 requiere, “Los sistemas de gestión de riesgos fueron creados y están descritos para atender situaciones de riesgo que pueden causar daños a la infraestructura, lesiones al personal y una

significativa reducción de las habilidades del personal operativo para completar las tareas con seguridad”. [23]

Teniendo en cuenta el párrafo anterior es necesario tener como base una política y objetivos de seguridad operacional que sean establecidos con el compromiso de ser acatados por todos los pilotos/operadores del Petirrojo PR-01.

6.11.1. POLÍTICAS Y OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN

Para esta parte se implementaron las políticas de seguridad operacional, de no-punitividad y los objetivos.

Para la creación de la política de seguridad operacional se pensó en algo que se pudiera socializar con todo el personal de operación para que esta fuera conocida, también que estuviese adscrita a la reglamentación, teniendo como base principal los reportes operacionales ya sean voluntarios u obligatorios sabiendo que estos son la fuente principal de recopilación de información para la creación de estrategias de mitigación de peligros.

Siguiendo con la política de no-punitividad se desarrolló un plan que permitiera respaldar aquellos reportes oportunos de eventos operacionales sin tener alguna consecuencia negativa al personal que reporta siempre y cuando sea un error y no una violación, para entender mejor esta política se definirá lo que es un error y una violación en seguridad operacional.

Error: Un error es aquel que no tiene la intención de desviar negativamente una acción.

Violación: Una violación es cuando intencionalmente se sale de los procedimientos o regulaciones, esta puede llegar a ser rutinaria.

Estas definiciones se explicarán de una forma más detallada en el M/OM del UAS Petirrojo PR-01.

Ya con las políticas se procedió a crear los objetivos del sistema de gestión de riesgos y errores, teniendo en cuenta que estos fueran de la mano con las políticas para que tuvieran una sincronización y se lograra una sinergia entre las mismas.

6.11.2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Se van a identificar los niveles de riesgos que se tendrán en cuenta dentro de la operación del helicóptero UAS Petirrojo PR-01, los cuales se ilustran en la figura 6.25.



Figura 6.25: Niveles de riesgos

La metodología para la identificación de peligros se basó en 3 estrategias diferentes, como se muestra en la Fig. 6.26. Es importante tener en cuenta que no se selecciona una única estrategia, sino que es una combinación de las tres para garantizar la continuidad de las operaciones normales de la organización.



Figura 6.26: Indentificación de peligros.

6.12. MÉTODO DE GESTIÓN DE ACCIDENTES E INCIDENTES

El método de gestión de accidentes e incidentes se hizo tomando como guía la metodología de Boeing que es identificada con las siglas MEDA (Maintenance Error Decision Aid) [24] que significa, Ayuda para la Decisión de Errores de Mantenimiento, la cual se adaptó para la operación y mantenimiento del UAS Petirrojo PR-01.

Primero se definió que era un error y violación, teniendo en cuenta que son dos cosas diferentes, y que pueden llegar a generar confusiones, luego se especificó cuales eran los factores de contribución en un accidente o incidente, teniendo en cuenta que un factor de contribución puede desencadenar más factores de contribución.

6.13. MÉTODO DE GESTIÓN DOCUMENTAL Y DE REGISTROS

La metodología para la gestión de documentos y registros que se va a usar para el mantenimiento y operación del UAS Petirrojo PR-01 va ser de forma física y digital (no definida hasta el momento de realizar este trabajo de grado), asegurando que se tendrá siempre un respaldo de la información plasmada en los diferentes documentos que se usarán. También se tendrá el proceso de tratamiento de estos para asegurar que se mantengan de una forma auténtica, fiable, íntegra y segura.

El proceso de tratamiento de los documentos se hará por una serie de pasos que deben ser realizados cada vez que se haga o modifique un documento del UAS Petirrojo PR-01, sin importar si es de mantenimiento u operación.

Estos pasos son los siguientes:

- Producción de documentos
- Recepción de documentos.
- Clasificación de documentos.
- Digitalización de documentos.
- Almacenamiento de documentos.

Es importante aclarar que cuando se habla de la palabra documentos también se está hablando de registros o formatos, el lector deberá asumir que cuando se mencione la palabra, se refiere a una simplificación de todos sus subsecuentes.

Conclusiones

- Se hizo la elaboración del manual de operación y mantenimiento para el helicóptero tipo UAS Petirrojo PR-01, el cual es de gran importancia ya que recopila y organiza la información que se ha venido realizando en las etapas previas en el diseño de esta misma, con lo que se ha logrado identificar posibles fallas en el funcionamiento de varias de sus partes para su modificación.
- Con el desarrollo de este trabajo se pudieron establecer protocolos de seguridad para la operación de este helicóptero, los cuales serán de gran importancia durante los vuelos que se piensan hacer tanto para la etapa de pruebas como para la operación comercial.
- Se logró determinar la aplicación de las actividades de mantenimiento programado y no programado como las inspecciones, y trabajos de reparación y/o cambio de componentes mediante el establecimiento de periodos de uso y operación del helicóptero basados en los resultados de las etapas de diseño, en la información de los fabricantes del motor (considerado como componente crítico) y en la experiencia aportada por el profesor Alvarado en la operación y el mantenimiento de aeronaves tipo UAS.
- Las partes sugeridas por la Aerocivil en el RAC 91 (Apéndice 13, Adjunto 1 - pag. 306) para la elaboración del M/OM, establecen una buena estructura como base para lograr diseñar y establecer manual de mantenimiento y operación para aeronaves no tripuladas (UAS), sin embargo, para el caso del Petirrojo PR-01 se utilizaron otras fuentes como los manuales de helicópteros tripulados como el R-22 de la empresa Robinson, manuales de aeromodelos como el Raptor 90 (Thunder Tiger) e información de libros enfocados a los procesos de mantenimiento, de tal forma que se pudo consolidar un documento que determina la forma adecuada en la que se manipulará el Petirrojo PR-01 por parte de la UPB.
- Se pudieron establecer los entes dentro de la UPB que se relacionan a la operación y el mantenimiento del Petirrojo PR-01 y con esta base se proponen en el M/OM la forma en que cada uno de estos adquiere una responsabilidad de tal manera que se pueda operar la aeronave de acuerdo a lo que establece la Aerocivil.
- Tener información del diseñador y del fabricante fue necesario para poder elaborar el

manual, sin embargo, en este caso fue un trabajo arduo ya que faltaban algunos de los datos y planos, lo cual dió como resultado que el trabajo tomara más tiempo de lo esperado hasta que se pudieran realizar los cálculos o completar el CAD.

- La información lograda en trabajos de grado anteriores dan resultados que fueron de gran importancia en la determinación de la vida útil de los elementos más críticos del Petirrojo PR-01, de tal manera que se pudieron establecer de manera ordenada para uso de los pilotos/operadores y del personal de mantenimiento a cargo del helicóptero.
- Se logró hacer la implementación del sistema de seguridad operacional para ese tipo de aeronave, haciendo adaptaciones que permitieran tener una gestión eficiente y fácil de entender, con políticas de cultura operacional que ayudarán a mantener los niveles de riesgo en términos aceptables.
- La experiencia lograda con este trabajo puede ampliar capacidades dentro de la UPB ofreciendo los servicios de elaboración de estos documentos a empresas explotadoras de UAS en el país y que no tengan el conocimiento amplio de lo que se debe consignar en el M/OM, generando un acercamiento con este tipo de industria que se espera tenga un mayor auge en un futuro próximo.

Recomendaciones

- El desarrollo de este trabajo requiere que se hagan unos ajustes al M/OM, los cuales se deben realizar una vez se logren concretar las etapas de pruebas de vuelo del Petirrojo PR-01, de tal manera que se ajusten a posibles cambios para una correcta operación y un mantenimiento adecuado.
- Elaborar los manuales de mantenimiento y operación de los otros UAS con los que cuenta la UPB ya que es un requisito que exige la Aerocivil para el correcto funcionamiento de este tipo de aeronaves.
- Se requiere la realización de otros documentos como el manual de partes y el de construcción, de tal manera que se pueda completar la información que es de gran importancia para la UPB.

Bibliografía

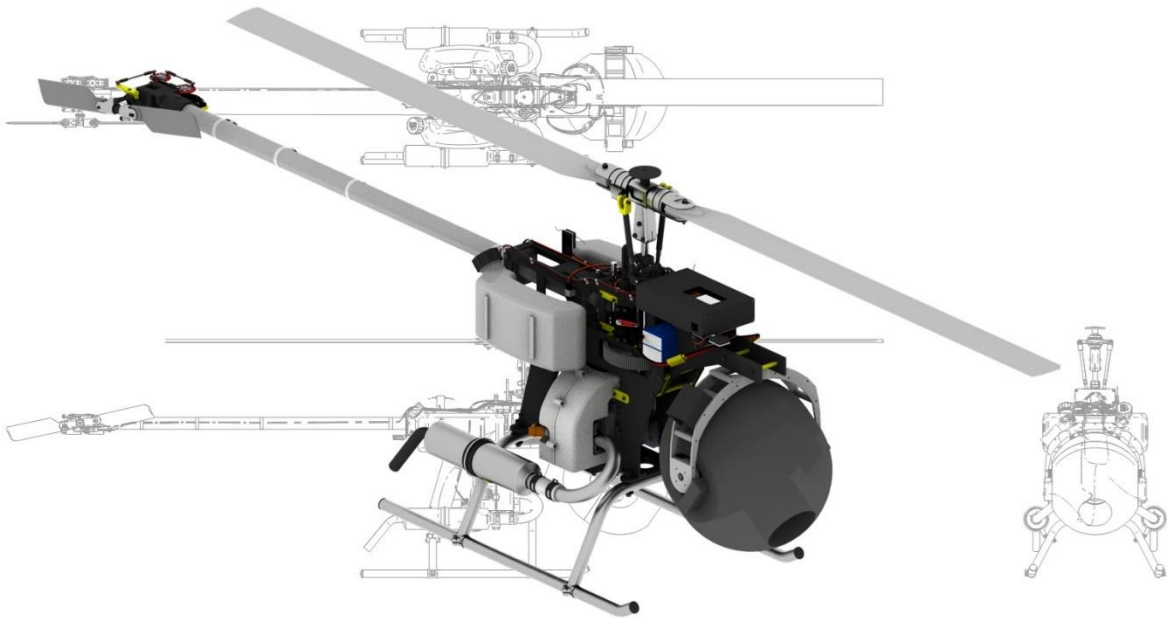
- [1] Aerocivil, *Página de inicio Aerocivil*, 2020. [Online]. Available: <http://www.aerocivil.gov.co/Pages/default.aspx>
- [2] H. A. Kinison and T. Siddiqui, *Aviation Maintenance Management*, 2nd ed. Mc Graw Hill, 2004.
- [3] Aerocivil, *RAC 91 Reglas Generales de Vuelo y Operación*, 1st ed. Oficina de Transporte Aéreo - Grupo de Normas Aeronáuticas, Febrero 2019.
- [4] LAR, *LAR 91 Reglas de Vuelo y Operación General*, 1st ed. Sistema Regional de Cooperación para la Vigilancia de la Seguridad Operacional, Noviembre 2018.
- [5] SRVSOP, *Manuales de las aeronaves*. Sistema regional de cooperación para la vigilancia de la seguridad operacional, 2018. [Online]. Available: <http://www.srvsop.aero/site/wp-content/uploads/2017/12/05.-Manuales-de-las-aeronaves.pdf>
- [6] D. Spain, *Tipos de drones aéreos*. Zima Robotics, 2020. [Online]. Available: <https://dronespain.pro/tipos-de-drones-aereos/>
- [7] A. Rodríguez, *Manual de operaciones de operadores de drones (I)*. Iberfdrone, 2015. [Online]. Available: <https://iberfdrone.es/manual-operaciones-operadores-drones-i/>
- [8] L. Stephen, *UAS maintenance, modification, repair, inspection, training, and certification considerations review of existing UAS maintenance data*, 1st ed. Assure UAS, Marzo 2016.
- [9] M. Drones, *Material Guía — AESA Apéndice Ñ — AMC Manual de Mantenimiento*. Alter Technology, Julio 2018. [Online]. Available: <https://wpo-altertechnology.com/es/material-guia-aesa-apendice-n-amc-manual-de-mantenimiento/>
- [10] J. Garcia, J. Munoz, and J. Albares, *Guía de mantenimiento y reparación de drones (RPAS)*. Ediciones Paraninfo, Madrid 2018.

- [11] B. Mrusek, K. Kiernan, and P. Clark, *UAS maintenance: A critical component in maintaining airworthiness*, 5th ed. IJAAA, Noviembre 2018. [Online]. Available: <https://commons.erau.edu/ijaaa/vol5/iss5/2>
- [12] J. Maxwell, *ASTM International — Capacitación para la operación y el mantenimiento de drones*. ASTM Magazines and Newsletter, Diciembre 2018. [Online]. Available: https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPND18/maxwell_spnd18.html
- [13] Robinson, *R22 Maintenance manual and instruction for continued airworthiness*, 1st ed. Robinson Helicopter Company, Octubre 2018.
- [14] T. T. Corporation, *Raptor 90 RC Heli Manual Assembly and Maintenance*, 1st ed. Thunder Tiger, Junio 2012.
- [15] UPB, *Acuerdo CDG No. 02/2019*. Consejo Directivo General, 2019. [Online]. Available: https://gconocimiento.upb.edu.co/gesdoc/Informacin%20Institucional/ACDG_02.2019_Reglamento_Organizacional_Multicampus.pdf
- [16] V. Helicopter, *Vario Product Catalogue*. Vario Helicopter, 2017. [Online]. Available: <https://www.vario-helicopter.biz/de/d/katalog/catalogue.pdf>
- [17] G. SKF, *Rodamientos*. Skf.com, Enero 2019. [Online]. Available: https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf#cid-121486
- [18] Zenoah, *Zenoah G800BPU Owner's Manual*, September 2010. [Online]. Available: <https://www.manualslib.com/manual/458621/Zenoah-G800bpu.html#manual>
- [19] J. DSM, *Receptor JR DSM 1222*. Horizon Hobby, Enero 2008. [Online]. Available: <https://usermanual.wiki/Document/JRPR1222BindingInstruction.2130478107/view>
- [20] J. Ramirez, *Conceptual design of a rotary wing aircraft for industrial applications*. UPB, 2010.
- [21] A. Osorio and F. Tamayo, *Selección de materiales y análisis estructural de una aeronave de ala rotatoria no tripulada como plataforma industrial*. UPB, 2011.
- [22] J. Alvarado and G. Urrea, *Diseño de una aeronave de ala rotatoria no tripulada (UAV) como plataforma de uso industrial*, 1st ed. Ingeniar UPB, 2013.
- [23] Aerocivil, *RAC 219 Gestión de Seguridad Operacional*, 1st ed. Oficina de Transporte Aéreo - Grupo de Normas Aeronáuticas, Diciembre 2017.
- [24] Boeing, *Maintenance Error Decision Aid (MEDA)— User's Guide*. Boeing Commercial Aviation Services, September 2013.

ANEXOS

OPERADOR:
UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA (UPB)

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO AERONAVE PETIRROJO PR-01



**Aeronave UAS tipo ala-rotatoria elaborada por el Grupo de
Investigación en Ingeniería Aeroespacial de la Facultad de
Ingeniería Aeronáutica de la UPB**

**Entidad: Universidad Pontificia Bolivariana
Dirección: Circular 1ra. # 70-01
Teléfono: +4 448 8388
Web: www.upb.edu.co
Medellín, Antioquia, Colombia**

PUBLICACIONES TÉCNICAS

RECOMENDACIONES CAMBIO DE REPORTE

Por favor dirigirse al Grupo de Investigación en Ingeniería Aeroespacial de la Universidad Pontificia Bolivariana en caso de recomendaciones de cambio de reporte a través de los siguientes medios:

Email: juan.alvarado@upb.edu.co

Entidad: Universidad Pontificia Bolivariana / Bloque 11 / Oficina 417

Dirección: Circular 1ra No. 70-01, Medellín, Colombia

Teléfono: (+574) 4488388

Para las recomendaciones por favor incluya sus datos y los comentarios generales, correcciones, información omitida, o aclaración de instrucciones que se requieran en este manual.

Índice general

	Pág.
Índice general	1
Glosario	3
Abreviaturas	7
1. Introducción	8
2. Declaración de Cumplimiento	9
3. Control del Manual y Revisiones	11
4. Descripción Organizacional de la UPB	15
5. Descripción del Petirrojo PR-01	20
6. Procedimientos de Mantenimiento del PR-01	32
7. Limitaciones y Condiciones de Operación	101
8. Control Operacional	107

9. Procedimientos Operacionales Normales	111
10.Procedimientos Operacionales de Emergencia	126
11.Operaciones Especiales	132
12.Gestión de Riesgos y Errores	133
13.Método de gestión de accidentes e incidentes	146
14.Método de gestión documental y de registros	156

Glosario

Para comenzar a operar el Petirrojo PR-01 es importante que las personas se familiaricen con algunos de los términos más utilizados en la industria. Para esta parte se entregan una serie de definiciones que son de uso común en el área de trabajo con los UAS.

- Accidente: Todo suceso relacionado con la utilización de una aeronave que, en el caso de una aeronave tripulada, ocurre entre el momento en que una persona entra a bordo de la aeronave con la intención de realizar un vuelo y el momento en que todas las personas han desembarcado, o en el caso de una aeronave no tripulada, ocurre entre el momento en que la aeronave está lista para desplazarse, con el propósito de realizar un vuelo y el momento en que se detiene al finalizar el vuelo y se apaga su sistema de propulsión principal, durante el cual:
 1. Cualquier persona sufre lesiones mortales o graves a consecuencia de:
 - Hallarse en la aeronave o,
 - Por contacto directo con cualquier parte de la aeronave, incluso las partes que se hayan desprendido de la misma o,
 - Por exposición directa al chorro de un reactor.

Nota: Excepto cuando las lesiones obedezcan a causas naturales, se las haya causado una persona a sí misma o hayan sido causadas por otras personas o se trate de lesiones sufridas por pasajeros clandestinos, escondidos fuera de las áreas destinadas normalmente a los pasajeros y la tripulación.

2. La aeronave sufre daños o roturas estructurales que:
 - Afectan adversamente su resistencia estructural, su performance o sus características de vuelo.
 - Normalmente exigen una reparación importante o el cambio del componente afectado.

Nota: Excepto por falla o daños del motor, cuando el daño se limita a un solo motor (incluido su capó o sus accesorios), hélices, extremos de ala, antenas, sondas, álabes, neumáticos, frenos, ruedas, carenas, paneles, puertas de tren de aterrizaje, parabrisas, revestimiento de la aeronave (como pequeñas abolladuras o perforaciones) o por daños menores a palas del rotor principal, palas del rotor compensador, tren de aterrizaje y a los que resulten de granizo o choques con aves (incluyendo perforaciones en el protector de la antena del radar).

3. La aeronave desaparece o es totalmente inaccesible.

Nota: Pueden ocurrir uno o más eventos de los anteriormente mencionados para que se considere accidente.

- Aeronave: Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra y que sea apta para transportar pesos útiles (personas o cosas).

Nota: El artículo 1789 del Código de Comercio de Colombia define aeronave como "...todo aparato que maniobre en vuelo, capaz de desplazarse en el espacio y que sea apto para transportar personas o cosas".

- Aeronavegabilidad: Hace referencia a las aptitudes técnicas y legales que cada aeronave o componente de una aeronave debe tener con el objetivo de operar seguramente.
- Espectro expandido de 2.4GHz: GHz es la abreviatura de Giga-Hertz (gigahercios) utilizada para describir la frecuencia del radio utilizado por los controladores de UAS. Debido a que el espectro expandido es rápido en la frecuencia, este se puede cambiar a diferentes frecuencias para contrarrestar cualquier problema atmosférico o de otro tipo que pueda experimentar un operador, lo que incrementa la seguridad en vuelo.
- 5.8GHz: Frecuencia que se utiliza en los UAS de pasatiempo y grado profesional para transmisión de imágenes o datos. Esta asegura una transmisión en vivo enviada desde la cámara de un UAS que proporciona un mejor alcance y menos retraso, (popular para UAS tipo racers (de carreras) — FPV) y generalmente emparejado con un conjunto de gafas para este uso.
- Acelerador: Control que influye en el cambio de las RPM o la velocidad tanto de motores de combustión interna (pistón-gasolina) como en los eléctricos. Una aplicación alta del acelerador va a generar más empuje en el UAS.
- Acelerómetro: Es un dispositivo que mide las fuerzas de aceleración en una dirección determinada y es útil para mantener la orientación del UAS. Estos dispositivos se utilizan para estabilizar este tipo de aeronaves.
- Batería de polímero de litio: LiPo o LiPoly. La batería de Ion de litio (Li Ion) es una variante. Esta composición química de la batería ofrece un peso más ligero y más potencia en comparación con las baterías NiCad y NiMh.
- Controlador: Es el dispositivo inalámbrico de mano que es utilizado por el piloto del UAS

para controlar la aeronave no tripulada. Los controladores también se conocen como transmisores o radiocontroles.

- Cuadra-cóptero (Quadcopter o Quad): Usualmente conocido por el nombre Quad el cual es un tipo de UAS que normalmente tiene un arreglo de 4 hélices, cada una con su propio motor, situadas en una formación cuadrada para lograr un vuelo suave y preciso.
- Drone: Nombre genérico en inglés con el que se conoce a los UAS (RPAS/UAV/SUAS) y que tiene la capacidad de realizar vuelos tanto radiocontrolados como autónomos.
- Empuje: Es la cantidad combinada de fuerza de una hélice y un motor que genera la fuerza suficiente para lograr la sustentación del UAS.
- Estación de control de tierra (Ground Control Station—GCS): Este software se ejecuta en tierra en una computadora. Recibe información de telemetría desde un UAS en el aire, mostrando datos como velocidad, distancia, altura, estado general, progreso, nivel de batería, entre otras. Toda esa información la recibe de la cámara y sensores que lleva a bordo el equipo. También se puede utilizar para transmitir comandos en vuelo hasta el UAS en el aire.
- Seguro de falla (Fail—safe): Sistema que ayuda a proteger un UAS en caso de algún tipo de error. Por ejemplo, si un cuadra-cóptero pierde la señal de control, un seguro a prueba de fallos hará que este mismo regrese al punto de despegue (regreso a casa) de forma autónoma y automática.
- Vista en primera persona (First Person View — FPV): Es un modo de vuelo en el que el operador del UAS ve las imágenes de la cámara desde la aeronave en tiempo real. Usualmente la transmisión del video se ve a través de un par de gafas especiales, o en un dispositivo como una tableta o un dispositivo móvil (teléfono inteligente). La cámara en estos equipos está instalada en la parte frontal del mismo y le permite al operador observar exactamente lo que el UAS está viendo en tiempo real.
- Giroscopio: Un giroscopio o gyro, mide la velocidad de rotación del UAS y ayuda a mantener la aeronave equilibrada correctamente con respecto a los movimientos de guiñada, cabeceo y alabeo. Ayuda también a mantener la orientación del UAS durante el vuelo. En la mayoría de los casos, los UAS utilizan un giroscopio de tres ejes.
- Latencia del video: Retraso en la transmisión de datos o video recibidos y observados en el monitor o gafas.
- LOS (Line Of Sight): Abreviatura de Línea de visión, se refiere a poder ver su UAS desde su posición de operación a simple vista. La aeronave siempre debe estar dentro de la línea de visión del piloto u operador del UAS.
- Multi-cóptero: Nombre genérico para un UAS con múltiples rotores (hélices). Dependiendo del número de rotores, hay tri-cópteros, cuadra-cópteros (quadcopters), hexa-cópteros, octo-cópteros y así sucesivamente.
- Observador visual: Miembro de la tripulación que asiste al piloto del UAS en los deberes

relacionados con evitar colisiones. Esto incluye, pero no se limita a, evitar el tráfico, los objetos en el aire, las nubes, diferentes obstrucciones y el terreno.

- Overhaul: Proceso de mantenimiento que restaurará el componente a una condición que le dará garantía razonable de funcionamiento hasta el próximo cambio programado.
- Piloto automático (Autopilot): Es la capacidad de una aeronave no tripulada para realizar un vuelo sin control humano en tiempo real. Por ejemplo, siguiendo las coordenadas del GPS previamente establecidas antes de iniciar el recorrido.
- Receptor: Sistema que recibe la transmisión de la cámara y la transmite a la pantalla/gafas según corresponda.
- Regreso a casa (Return To Home — RTH): Función asociada al GPS que retorna el UAS a la posición de 'casa' (usualmente punto inicial de despegue).
- UAS (Remoted Pilot Aircraft Systems): Acrónimo para los Sistemas de Aeronaves Pilo-teados a Distancia.
- UAEAC: Acrónimo con el que se conoce a la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil — Aerocivil, el cual es el organismo estatal encargado del control y regulación de la aviación civil en la República de Colombia.
- Vuelo autónomo: Hay algunos UAS los cuales pueden ser controlados por programación interna que tienen instrucciones sobre dónde volar guiados por un sistema de GPS a bordo. Este tipo de vuelo se realiza sin la acción de los mecanismos de dirección que son operados por un radiocontrol desde el suelo.
- Zona de No Vuelo (No Flight Zone — NFZ): Son áreas donde volar un UAS está restringido por regulaciones gubernamentales. Se denomina a las áreas donde una aeronave no tripulada podría interferir con una aeronave tripulada o registrar información sensible y/o confidencial.

Abreviaturas

- AGL: Sobre el Nivel del Suelo (Above Grund Level).
- AOG: Aeronave en Tierra (Aircraft On Ground).
- BL: Línea de referencia para la ubicación de las estaciones de la aeronave (Butt Line).
- CSN: Ciclos desde nuevo (Cycles Since New).
- CSO: Ciclos desde overhaul (Cycles Since Overhaul).
- GSC: Estación de Control en Tierra (Ground Control System).
- GPS: Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System).
- Hp: Caballos de Fuerza (Horse Power).
- IMU: Unidad de Medición Inercial (Inertial Measurement Unit).
- INS: Sistema de Navegación Inercial (Inertial Navigation System).
- Kg: Kilogramos.
- m: Metros.
- M/OM: Manual de Operación y Mantenimiento.
- MR: Rotor Principal (Main Rotor).
- OVH: Overhaul.
- RAC: Reglamentos Aeronáuticos de Colombia.
- RAC 91: Reglamentos Aeronáuticos de Colombia — Parte 91.
- RPM: Revoluciones Por Minuto.
- TR: Rotor de Cola (Tail Rotor).
- UAS: Sistemas Aéreos no Tripulados (Unmanned Aerial Systems) .

Capítulo 1

Introducción

El manual de operación y mantenimiento (M/OM) del helicóptero UAS Petirrojo PR-01 contiene instrucciones necesarias para realizar un servicio de mantenimiento apropiado, al igual que ejecutar las operaciones de vuelo de manera adecuada asegurando la aeronavegabilidad de la aeronave en todo momento. Dentro del M/OM puede encontrar las instrucciones de ensamble de las partes principales del equipo, así como del mantenimiento preventivo y correctivo de los sistemas que lo componen. El mantenimiento del motor GT80 Twin se debe realizar de acuerdo con lo indicado por el manual del fabricante ZENOAH en el cual se establecen los procedimientos, tiempos de inspecciones, reparaciones y uso.

NOTA DE IMPORTANCIA

Siempre lea completamente las instrucciones dadas en este documento antes de realizar la operación o un proceso de mantenimiento con el helicóptero

Capítulo 2

Declaración de Cumplimiento

	Pág.
2.1 Autorización para el mantenimiento y operación del Petirrojo PR-01	10
2.2 Autorización del mantenimiento del Petirrojo PR-01	10
2.3 Autorización de la operación del Petirrojo PR-01	10

La UPB como fabricante y operador del Petirrojo PR-01 declara que cumplirá con los procedimientos de mantenimiento y operación establecidos en este manual. Para asegurar esto, solo se le concederá el permiso de uso del UAS a las personas idóneas para lo mencionado anteriormente. Teniendo en cuenta eso, se establece en los siguientes numerales las especificaciones para la autorización de trabajo de esta aeronave al personal involucrado.

2.1. AUTORIZACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO Y LA OPERACIÓN DEL PETIRROJO PR-01

Solo personal calificado en el uso de herramientas y equipos, que hayan leído por completo este manual y que además cuenten con la autorización del ente regulador del país en el que se va a utilizar (cursos de instrucción en operación de aeronaves UAS), estarán en la capacidad de realizar los procesos de mantenimiento y de utilizar la aeronave para realizar las operaciones para las cuales fue diseñada sin exceder sus límites, asegurando el buen uso del UAS.

2.2. AUTORIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO DEL PETIRROJO PR-01

El fabricante del Petirrojo PR-01 sugiere que las personas que van a realizar los procedimientos de mantenimiento lean con detenimiento lo establecido en este manual antes de comenzar a hacer cualquier procedimiento en la aeronave. Además de lo anterior, también es recomendado que tengan experiencia en mantenimiento de aeronaves UAS de ala rotatoria o similares.

2.3. AUTORIZACIÓN DE LA OPERACIÓN DEL PETIRROJO PR-01

El fabricante del Petirrojo PR-01 sugiere que las personas que van a estar a cargo de la operación de esta aeronave lean con detenimiento lo establecido en este manual antes de comenzar a hacer cualquier tipo de vuelo u operación. Además de lo anterior, también es recomendado que tengan experiencia en la operación de aeronaves UAS de ala rotatoria o similares.

Capítulo 3

Control del Manual y Revisiones

	Pág.
3.1. Control del M/OM	12
3.2. Revisiones al M/OM	12
3.3. Registro del mantenimiento	12
3.4. Registro de la operación	13
3.5. Anuncios de relevancia del M/OM	13

El control y las revisiones del M/OM para el Petirrojo PR-01 se harán de manera periódica cada mes, después de haber hecho la evaluación de la operación y el mantenimiento de la aeronave. En estos, se examinarán las inspecciones y reparaciones hechas al vehículo y el funcionamiento del mismo, con el fin de actualizar los procedimientos establecidos en el M/OM, en caso de necesitarse. A continuación, se determinará la forma de llevar, modificar o adicionar cambios en el manual.

3.1. CONTROL DEL M/OM

El control se hará mensualmente mediante los registros de operación y mantenimiento que tiene el Petirrojo PR-01 durante sus servicios (misiones). Estos registros pueden ser encontrados al final de este capítulo.

3.2. REVISIONES AL M/OM

Antes de comenzar a realizar un procedimiento de mantenimiento y/u operar el Petirrojo PR-01, verifique el número de las páginas efectivas del M/OM. Cuando alguna parte del M/OM tenga cambios, estos se anunciarán a manera de adenda, indicándolos en las primeras páginas del capítulo en el que se hacen las modificaciones. El usuario debe estar alerta acerca de las modificaciones al M/OM de tal manera que se asegure con esto buenas prácticas tanto de mantenimiento como de operación.

3.3. REGISTRO DEL MANTENIMIENTO

El registro del mantenimiento es una práctica que el fabricante del Petirrojo PR-01 sugiere para que de este modo se puedan tener registros de los trabajos elaborados a la aeronave. Estos pueden llevarse a manera de tablas en las cuales se indique por lo menos la fecha y el proceso de mantenimiento realizado en el helicóptero. Los registros deben indicar quién fue la persona a cargo de los procesos hechos a la aeronave y en caso de encontrar inconsistencias en estos mismos o en las piezas que se reemplacen se deberán hacer las respectivas anotacio-

nes de lo sucedido. Se recomienda que los operadores y sobre todo las personas a cargo del mantenimiento del Petirrojo PR-01 lleven estos documentos con el objetivo de asegurar los procedimientos y prácticas que puedan garantizar tanto la aeronavegabilidad de la aeronave como su seguridad en vuelo. Ejemplos de estos documentos se muestran al final de este capítulo para que se tomen como referencia y se adapten de acuerdo con el gusto del operador.

3.4. REGISTRO DE LA OPERACIÓN

El registro de la operación es una práctica habitual en la que el fabricante del Petirrojo PR-01 sugiere para que de este modo se puedan tener una trazabilidad de los trabajos elaborados (vuelos) con la aeronave. Estos pueden llevarse a manera de un libro, agenda o archivo electrónico de registros, donde se consigne la fecha, el nombre del operador, el trabajo realizado, las horas de vuelo y observaciones que se puedan presentar durante el vuelo del helicóptero y que sirvan como guía en caso de requerir la determinación del origen de una falla o un problema con el equipo. Un ejemplo del contenido de este libro se muestra en el capítulo 7 de este M/OM para que se tomen como referencia y se adapten de acuerdo con el gusto del operador.

3.5. ANUNCIOS DE RELEVANCIA DEL M/OM

Estos son indicaciones que requieren una alta atención por parte del usuario y que deben ser tenidos en cuenta. La falta de lectura y aplicación de estos pueden inducir a la generación de una falla dentro de los procesos, incluyendo daños generales al helicóptero o incluso a errores humanos dentro de la operación de este. Estos anuncios se muestran a manera de avisos con colores diferentes, dependiendo de su importancia, y con un tamaño de fuente mayor al de la mayoría del texto del M/OM como se muestran a continuación:

NOTA DE IMPORTANCIA

Texto reservado para la nota de importancia. Esta nota provee énfasis en algún procedimiento o en explicación suplementaria.

NOTA DE PRECACUCIÓN

Texto reservado para la nota de precaución. De no seguir las indicaciones de este tipo de nota se puede llevar al daño de una parte o de toda la aeronave.

NOTA DE PELIGRO

Texto reservado para la nota de precaución. De no seguir las indicaciones de este tipo de nota se puede tener como resultado afectación al personal (heridas o muerte).

Capítulo 4

Descripción Organizacional de la UPB

	Pág.
4.1. Estructura (organigrama)	16
4.2. Personal involucrado	18
4.3. Responsabilidades y deberes del personal	18

La Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) es una institución sin ánimo de lucro creada por la iglesia católica, la cual pertenece a la Arquidiócesis de Medellín. La consigna que se traza es la formación integral para la transformación social y humana. La UPB propicia el avance científico, mediante la investigación y de esta manera servir y aportar a la sociedad.

El uso de plataformas UAS en la universidad es de gran importancia para el trabajo de proyectos de investigación como también de prestación de servicios. La UPB cuenta con la facultad de Ingeniería Aeronáutica quienes dentro de sus funciones se encargan del buen uso y manejo de los UAS con los que se cuenta actualmente. A su vez la facultad es apoyada por el Centro de Investigación para el Desarrollo y la Innovación (CIDI) quien tiene la función de administrar el buen uso de los UAS para la investigación y la prestación de servicios internos y a terceros. Las aeronaves se encuentran almacenadas en el bloque de laboratorios donde se administra el mantenimiento y verificación del estado de las mismas, para que sean aeronavegables, cumpliendo con lo establecido en los manuales del fabricante.

A continuación, se expone el organigrama de la UPB resaltando las dependencias a cargo del uso y manejo de los UAS, como también la información del personal que utiliza estos vehículos dando las responsabilidades y deberes de cada uno de ellos.

4.1. ESTRUCTURA (ORGANIGRAMA)

Entendiendo que la UPB es una institución con varias sedes en el país, su estructura organizacional es muy grande y compleja, por lo tanto, en esta sección solo se explicarán las unidades de las cuales dependerá la operación responsable y el mantenimiento adecuado del Petirrojo PR-01. El organigrama tiene a la cabeza al gran canciller (cardenal) que se encuentra a cargo de todas las sedes que posee la institución, el cual delega la responsabilidad al consejo directivo y al rector general, donde este último tiene a cargo directo a la vicerrectoría general y a los rectores de las diferentes seccionales de la UPB a nivel nacional. Es desde la vicerrectoría general que se extienden las diferentes dependencias las cuales estarán a cargo de la operación y el mantenimiento de los UAS en la UPB.

La operación de las aeronaves se hace por medio de un trabajo conjunto entre la facultad de Ingeniería Aeronáutica y la coordinación de los laboratorios las cuales dependen de la vicerrectoría académica; el CIDI que depende de la vicerrectoría de investigación multicampus y la oficina de activos fijos que depende de la vicerrectoría de asuntos económicos y administra-

tivos multicampus.

El proceso para la operación de los UAS se hace de la siguiente manera: para realizar cualquier vuelo se debe establecer el fin de este (investigación, docencia o prestación de servicio) y para esto, en el CIDI, en conjunto con la facultad de Ingeniería Aeronáutica dan el aval, con el cual se realiza un proceso de verificación de la misión de vuelo y el trámite de los permisos ante la Aerocivil. La oficina de Activos Fijos se encarga de verificar la validez del seguro contractual con el que cuenta el UAS. La coordinación de laboratorios se encarga de alistar el equipo verificando el estado actual de aeronavegabilidad de este mismo y del estado de las baterías. La operación es ejecutada por personal de la facultad de Ingeniería Aeronáutica que deben tener la documentación y los permisos de operación necesarios, además de realizar una planeación del vuelo que se va a hacer con antelación para verificar posibles amenazas a la seguridad de la operación (SMS) *. En la Fig. 4.1 se muestra el resumen del organigrama de la UPB mostrando únicamente las entidades que tienen a cargo la ejecución de operación y mantenimiento de la UPB.

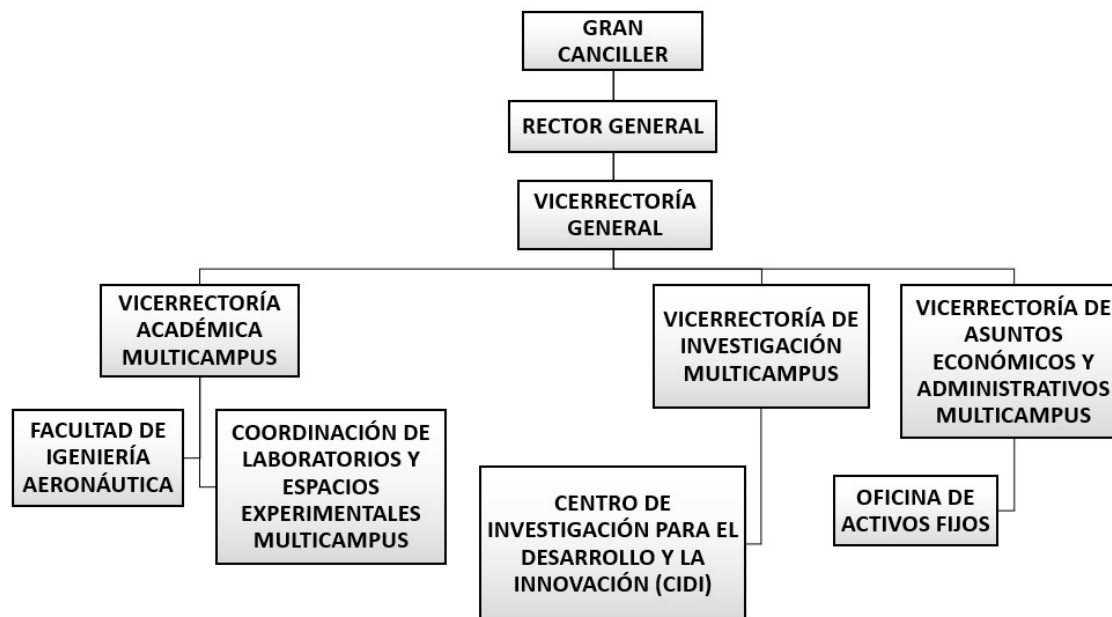


Figura 4.1: Estructura organizacional (resumida) de la UPB.

* Información del acuerdo CDG No. 02/2019. <https://n9.cl/slqu>

4.2. PERSONAL INVOLUCRADO

En la UPB se cuenta con personal calificado para el mantenimiento, uso y operación de los UAS, dándole a cada uno de ellos un rol específico para mantener altos estándares de confiabilidad durante la operación y mantenimiento. En lo referente a los vuelos de las aeronaves no tripuladas, los encargados son el **piloto/operador** y el **observador**. Ellos verifican el estado de la máquina, planean la misión de vuelo, la ejecutan y por último vuelven a revisar el estado de todos los equipos al finalizar su trabajo. En la parte de mantenimiento los encargados son los **almacenistas** que no solo tienen los equipos acopiados verificando condiciones óptimas para estos, sino que a su vez son los técnicos encargados del mantenimiento general de los UAS.

4.3. RESPONSABILIDADES Y DEBERES DEL PERSONAL

Teniendo en cuenta la operación y el mantenimiento requerido para este equipo, y siguiendo las directivas establecidas por la Aerocivil se define las responsabilidades y deberes del personal involucrado. A continuación, se especifica cada uno de los involucrados en la operación y el mantenimiento de los UAS:

- **Operador:** Es la persona que se encargará de volar las aeronaves y de realizar los trabajos que se presten con estas mismas. Él tiene la responsabilidad de demostrar que se encuentra registrado ante la Aerocivil evidenciando que tiene lo exigido por esta entidad para la correcta operación en campo. Debe tener amplio conocimiento de las leyes que conciernen al uso de estos vehículos tanto en la parte de investigación como en la prestación de servicios. Cada operador debe tener experiencia en el equipo con el que trabaja, además de demostrar por lo menos 20 horas de simulador y al menos 40 horas de vuelo. El operador estará a cargo de hacer los registros de cada vuelo, indicando cualquier anomalía con el equipo y determinando si es necesario un mantenimiento inmediato del UAS.
- **Observador:** Será la persona que acompañe al operador (piloto) durante los vuelos de las aeronaves con las que se trabaja. Debe ubicarse al lado del piloto y servir de ayuda externa a este, indicándole cualquier novedad que se tenga antes, durante y después de cada vuelo y asistir a este mismo en caso de cualquier eventualidad durante la operación con el objetivo de aumentar la seguridad en todo momento.

- Almacenista: Será el encargado de mantener a los UAS en un ambiente adecuado y ordenado. Él tiene la responsabilidad del buen uso de las baterías haciendo un correcto proceso de carga y descarga de las mismas, además de llevar un registro de la cantidad de ciclos que lleva cada una de ellas. La persona encargada del almacén debe estar preparada en el tema de UAS, entendiendo la manipulación de estos mismos.
- Técnico (mantenimiento): Deberá ser personal capacitado en la lectura de manuales de mantenimiento, uso adecuado de herramientas y tener la capacidad de trabajar de manera ordenada. El conocimiento en plataformas UAS será necesario para este personal y dependiendo del vehículo en el que vaya a trabajar, se requerirá que haga un adiestramiento en la operación y en los diferentes sistemas que lo componen. Llevará los registros de los tiempos de servicio y hará las anotaciones pertinentes de cualquier novedad que encuentre en los procesos de mantenimiento en caso de necesitarse.

Capítulo 5

Descripción del Petirrojo PR-01

	Pág.
5.1. Listado de partes	22

El UAS Petirrojo PR-01 es una aeronave multi-misión de ala rotatoria clasificada como helicóptero convencional, la cual cuenta con un rotor principal (MR) que utiliza para generar el empuje necesario para contrarrestar su peso y un rotor de cola (TR) que es usado para oponerse al torque generado por el motor para el movimiento del MR y también para poder realizar movimientos de guiñada (yaw). La aeronave tiene una estructura metálica elaborada a partir de aleaciones de aluminio certificadas para la industria aeroespacial. Utiliza un motor de combustión interna (pistón) de dos tiempos que tiene dos cilindros opuestos. El motor es alimentado por dos tanques de combustible ubicados en la parte lateral del fuselaje (ambos lados), generando suficiente potencia para darle movimiento a la transmisión que se encarga de girar tanto el MR como el TR. El control de este vehículo se hace por medio del movimiento de servo-motores alimentados con energía eléctrica (baterías), que van conectados por medio de unos mecanismos a los rotores y al motor. En la Fig. 5.1 se muestran tres vistas de aeronave con sus medidas principales.

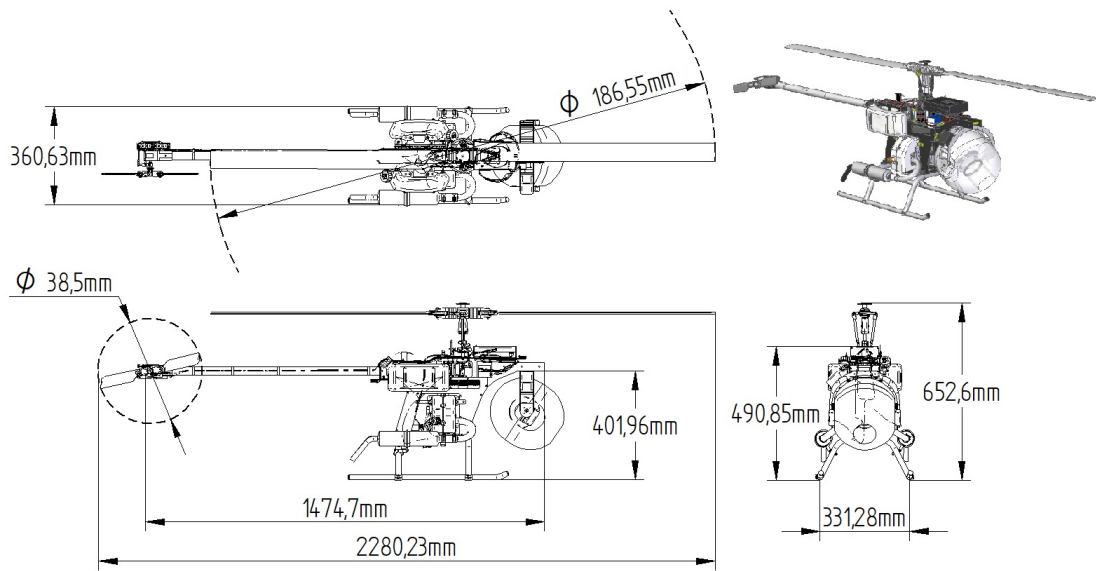


Figura 5.1: Petirrojo PR-01 con medidas principales

Las características generales del Petirrojo PR-01 se encuentran en la tabla 5.1.

Característica	Valor	Unidad
Longitud total (de punta de hélice del MR a la del TR)	2.28	<i>m</i>
Altura total	0.65	<i>m</i>
Peso vacío (baterías no incluidas)	9.13	<i>kg</i>
Peso máximo de despegue	22	<i>kg</i>
Capacidad de combustible (por tanque)	0.9	<i>ltr</i>
Potencia del motor	7.4	<i>hp</i>
Diámetro MR	1.86	<i>m</i>
Diámetro TR	0.38	<i>m</i>

Tabla 5.1: Características generales del Petirrojo PR-01.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Cualquier alteración que se haga en el Petirrojo PR-01 debe ser consultada con los fabricantes para determinar el nivel de riesgo, de tal manera que se pueda establecer si la aeronave puede continuar realizando operaciones (vuelos) de manera segura.

5.1. LISTADO DE PARTES

El helicóptero se dividió en siete secciones principales denominadas por una letra para poder identificarlas. La tabla 5.2 muestra cada sección.

Denominación	Zonas Principales
A	Tren de aterrizaje
B	Fuselaje
C	Boom de cola
D	Sistema de propulsión
E	Sistema de transmisión de potencia
F	Rotor principal
G	Rotor de cola
H	Sistema de combustible
I	Sistema de control-eléctrico

Tabla 5.2: Denominación de secciones principales del Petirrojo PR-01

Las tablas 5.3 a 5.11 establecen los componentes de cada sección.

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
A	1	Skid	2
	2	Tapón skid	4
	3	Arco skid	2
	4	Prensa frontal (anillo — soporte exosto)	2
	5	Prensa trasera (anillo — soporte exosto)	2
	6	Espaciador	2
	7	Anillo-exosto	2
	8	Cinta asbesto (anillo-exosto)	2
Subtotal			18
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
-	M3x12mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	4
-	M4x35mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M4x50mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M5x35mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	4
-	M4	Tuerca de seguridad	4
-	M5	Tuerca elastomérica (amortiguador)	4
-	-	Arandela plástica	4
Subtotal			24
Total de piezas tren de aterrizaje			42

Tabla 5.3: Listado de partes del tren de aterrizaje del Petirrojo PR-01

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
B	1	Platina soporte del motor	1
	2	Soporte inferior platina motor	1
	3	Soporte Servo (motor)	1
	4	Platina lateral inferior	2
	5	Platina lateral superior	2
	6	Espaciador cilindro corto (platinas laterales)	6
	7	Espaciador cilindro largo (platinas laterales superiores)	8
	8	Espaciador rectangular (platinas laterales)	4
	9	Espaciador rectangular largo (platinas laterales inferiores)	1
	10	Espaciador rectangular corto (platinas laterales inferiores)	1
	11	Platina inferior larga (soporte ejes y transmisión)	1
	12	Platina inferior corta (soporte eje y transmisión)	1
	13	Platina superior medio (soporte ejes y transmisión)	1
	14	Platina-espaciador superior frontal (platinas laterales superiores)	1
	15	Platina superior delgada trasera (soporte)	1
	16	Soporte boom de cola frontal	1
	17	Soporte boom de cola trasero (prensa)	1
	18	Platina diagonal superior soporte servo—control	2
	19	Platina diagonal inferior soporte servo—control	2
	20	Platina lateral soporte servo	4
	21	Platina—soporte lateral frontal (refrigeración—motor)	2
	22	Platina—soporte lateral trasera (refrigeración—motor)	2
	23	Guía swashplate	1
	24	Platina soporte tanque de combustible—derecha	1
	25	Platina soporte tanque de combustible—izquierda	1
	26	Carcaza frontal refrigeración motor	1
	27	Carcaza trasera refrigeración motor	1
	28	Separador caja de controladora de vuelo	1
	29	Caja de controladora de vuelo-tapa superior	1
	30	Caja de controladora de vuelo-tapa inferior	1
	31	Caja de controladora de vuelo-tapa frontal	1
	32	Caja de controladora de vuelo-tapa trasera	1
Subtotal			56

Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
-	M3x5mm	Tornillo hexagonal cabeza avellanada	8
-	M3x6mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	4
-	M3x10mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	18
-	M3x12mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	16
-	M3x15mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	17
-	M3x20mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	18
-	M3x30mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	14
-	M4x12mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	4
-	M4x15mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	10
-	M4x20mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M4x56mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	1
-	M6x20mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M6x30mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M4	Tuerca de seguridad	1
-	-	Arandela (OD6mm ID4mm B1mm)	4
-	-	Arandela de presión (OD10mm ID6mm B1.5mm)	4
SKF	6001-2RSL	Rodamiento de bolas/cerrado (OD28mm ID12mm B8mm)	2
SKF	61900	Rodamiento de bolas/cerrado (OD22mm ID10mm B6mm)	2
SKF	608-2Z	Rodamiento de bolas/cerrado (OD22mm ID8mm B7mm)	1
SKF	626-2RSL	Rodamiento de bolas/cerrado (OD19mm ID13mm B6mm)	1
ZEN	S695-2RSW5	Rodamiento de bolas/cerrado (OD28mm ID12mm B8mm)	1
Subtotal			132
Total de piezas fuselaje			188

Tabla 5.4: Listado de partes del fuselaje del Petirrojo PR-01

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
C	1	Boom de cola	1
	2	Carcaza de transmisión TR	1
	3	Tapa trasera carcaza de transmisión TR	1
	4	Soporte servos TR	1
	5	Soporte cardan TR	2
Subtotal			6
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
-	M3x8mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	1
-	M3x10mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	4
-	M4x25mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	1
-	M4x7mm	Tornillo hexagonal cabeza avellanada	2
-	-	Empaque elastomérico O-ring (OD28mm ID25.3mm B3mm)	2
SKF	628/6-2Z	Rodamiento de bolas/cerrado (OD13mm ID6mm B5mm)	2
Subtotal			12
Total de piezas boom de cola			18

Tabla 5.5: Partes del sistema de boom de cola del Petirrojo PR-01

ESPACIO INTENCIONALMENTE DEJADO EN BLANCO

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
D	1	Ventilado—refrigeración motor	1
	2	Soporte del clutch centrífugo	1
	3	Eje arrancador	1
	4	Arandela de separación clutch—campana	1
Subtotal			4
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
Zenoah	GT80 Twin	Motor dos tiempos (mod.)	1
Champion	RCJ-7Y	Bujía	2
-	-	Exosto	2
-	-	Tubo deflector flexible conexión exosto-motor	2
-	-	Conector exosto—tubo deflector	2
-	-	Pinza de amarre metálica	4
-	-	Salida deflectora exosto	2
-	-	Amarre plástico	2
-	-	Empaque motor—tubo deflector	2
-	M4x14mm	Tornillo hexagonal cabeza hexagonal	4
-	M5x30mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	6
-	M6x20mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M4	Tuerca metálica	4
VARIO	830/7	Clutch centrífugo	1
Subtotal			36
Total de piezas boom de cola			40

Tabla 5.6: Partes del sistema de propulsión del Petirrojo PR-01

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
E	1	Eje rotor principal 12mm	1
	2	Engranaje dientes rectos OD129mm 127T	1
	3	Sistema de autorrotación	1
	4	Campana clutch/piñón dientes rectos OD22mm 20T	1
	5	Engranaje dientes rectos OD 28mm 28T	1
	6	Eje de transmisión de potencia TR 8mm	1
	7	Bloqueo engranaje OD28mm	1
	8	Cardán — tubo acero inoxidable OD6mm	1
	9	Cinta asbesto (campana clutch)	1
Subtotal			9
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
VARIO	54/14	Prensa de anillo eje 12mm	2
VARIO	830/17	Engranaje cónico ID8mm 16T	1
VARIO	830/16	Engranaje cónico ID5mm 16T	1
VARIO	49/63	Junta universal macho	2
VARIO	49/56	Junta universal hembra	2
VARIO	103/80	Caja de transmisión de 90 grados TR	1
-	M3x10mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M3x15mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M3x16mm	Tornillo hexagonal cabeza avellanada	6
-	M4x4mm	Tornillo prisionero hexagonal	4
-	M4x6mm	Tornillo prisionero hexagonal	4
SKF	K10x14x10TN	Rodamiento de agujas OD14 ID10 B10	2
SKF	51101	Rodamiento axial de bolas de simple efecto	1
SKF	K12x18x20T/CW	Rodamiento de agujas un solo sentido OD18 ID12 B20	1
-	-	Arandela OD9 ID3 B1	2
-	-	Arandela de ajuste OD9 ID3 B1 engranaje cónico	2
-	-	Anillo retenedor eje 10mm	1
Subtotal			37
Total de piezas boom de cola			46

Tabla 5.7: Partes del boom de cola del Petirrojo PR-01

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
F	1	Cubierta swashplate	1
	2	Barra de control de paso	2
	3	Unión superior barra de control de paso	2
	4	Brazo de control de paso — agarre	2
	5	Uña de control de paso	2
	6	Núcleo (HUB) MR	1
	7	Eje spindle	1
	8	Ajuste roscado barra de control de paso	2
	9	Tubo protector (cobre) tornillo barra de control de paso	2
	10	Barra de control servo—swashplate	3
Subtotal			18
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
SAB	810mm	Pala MR	2
VARIO	832/68	Swashplate	1
VARIO	68/50	Swashplate driver	1
VARIO	72/6	Cubierta superior MR	1
VARIO	74/7	Guía plástica con sello amortiguador y arandela	2
SKF	618/8	Rodamiento de bolas/cerrado (OD16mm ID8mm B4mm)	2
SKF	618/80	Rodamiento de bolas/abierto (OD16mm ID8mm B4mm)	2
SKF	623-2Z	Rodamiento de bolas/cerrado (OD8mm ID3mm B3mm)	4
SKF	BA8	Rodamiento axial de bolas de simple efecto	2
-	M3x10mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M3x12mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M3x15mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M3x16mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M3x30mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	3
-	M4x25mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	5
-	M5x14mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M5x35mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	2
-	M4	Tuerca de seguridad	3
-	M5	Tuerca de seguridad	2
-	-	Arandela OD16 ID8 B1	4
-	-	Arandela plástica — Espaciador plástico palas MR OD27 ID5 B1	4
-	-	Arandela especial OD14.85 ID5 B1.65	2
-	-	Arandela de ajuste MR OD14 ID8 B1.5	2
-	-	Arandela OD5 ID3 B0.5	4
-	-	Arandela de ajuste OD6 ID3 B0.5	2
Subtotal			60
Total de piezas rotor principal			78

Tabla 5.8: Partes del sistema de rotor principal del Petirrojo PR-01

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
G	1	Brazo de control	1
	2	Barra de control servo-brazo de control	1
Subtotal			2
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
VARIO	1003/86	Sistema de rotor de cola	1
VARIO	34/32	Pala de rotor de cola	2
VARIO	97/4	Ball linkage	1
-	M2	Tuerca hexagonal	1
Subtotal			5
Total de piezas rotor principal			7

Tabla 5.9: Partes del sistema de rotor de cola del Petirrojo PR-01

Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
PFS	0.9 ltrs	Tanque de combustible (filtro incluido)	2
PFS	Tygon Roll	Manguera para combustible	4
-	M6x16mm	Tornillo hexagonal cabeza redonda	1
-	M6	Tuerca de seguridad	1
-	-	Unión T mangueras	4
-	-	Filtro de combustible	4
Subtotal			16
Total de piezas rotor principal			16

Tabla 5.10: Partes del sistema de combustible del Petirrojo PR-01

Número de parte		Nombre	Cantidad
Sección	Secuencia		
I	1	Soporte antena satélite	3
	2	Soporte cable servo boom de cola	1
	3	Soporte cable servo — sencillo	14
	4	Soporte cable servo — doble	1
	5	Soporte cable servo—unión extensión	2
	6	Soporte cable antena	14
	7	Soporte controlador	1
	8	Barra de control TR	2
	9	Barra de control acelerador motor	1
Subtotal			39
Partes comerciales			
Fabricante	Referencia	Nombre	Cantidad
JR	CCPM 8911	Servo de alto voltaje	4
JR	CCPM 8917	Servo de alto voltaje	2
JR	-	Cable eléctrico de unión Y servo	1
JR	-	Extensión eléctrica servo	3
JR	R1222	Receptor DSM	1
JR	-	Antena satélite	4
VARIO	97/4	Ball linkage	9
ALIGN	3GX	Controlador	1
NRG	5000 mAh	Batería LiPo	2
Subtotal			27
Total de piezas sistema de control—eléctrico			66

Tabla 5.11: Partes del sistema de control—eléctrico del Petirrojo PR-01

Capítulo 6

Métodos, Procedimientos y Prácticas Aplicables al Mantenimiento del Petirrojo PR-01

	Pág.
6.1 Servicios del helicóptero Petirrojo PR-01	34
6.2 Lista de equipos mínimos (MEL)	36
6.3. Inspección	37
6.4. Componentes con vida límite	49
6.5. Estructura	50
6.6. Tren de aterrizaje	57

6.7. Sistema de propulsión	60
6.8 Transmisión	74
6.9. Sistema de rotores	78
6.10. Sistema eléctrico y de controles de vuelo	86
6.11. Sistema de combustible	91
6.12. Peso y balance	94
6.13. Marcas y placas	99

En ese capítulo se muestran los procesos generales y específicos para llevar a cabo tareas de mantenimiento al Petirrojo PR-01. Se especifican los procesos secuenciales para los trabajos de inspección, reparación y cambio de piezas de las diferentes partes del helicóptero, al igual que las herramientas necesarias para cada trabajo.

6.1. SERVICIOS DEL HELICÓPTERO PETIRROJO PR-01

El Petirrojo PR-01 requiere de un control de mantenimiento e inspecciones dado por intervalos de ciclos (tiempo desde que se enciende el motor hasta que se apaga, se lleve o no la aeronave a vuelo), los cuales se muestran en la tabla 6.1. En esta, se establecen los requerimientos tanto para un mantenimiento predictivo como preventivo, razón por la cual algunos ítems se presentan en ciclos.

ESPACIO INTENCIONALMENTE DEJADO EN BLANCO

Inspecciones programadas			Número de ciclos en los que se debe realizar*			
Parte	Cantidad	Acción	Mantenimiento regular		Overhaul	
			1	35	140	De ser necesario reemplace la parte o componente
Superficie de las palas del MR	2	Verificar/Limpiar	*	*	*	*
Pernos de agarre de las palas del MR	2	Verificar/Ajustar	*	*	*	*
Balance estático de las palas del MR	2	Verificar/Balancear	*	*	*	
Cabeza MR	1	Desensamblar	*	*		
Rigidez elastómeros MR	2	Verificar	*	*	*	*
Barras de control de paso MR	2	Verificar	*	*	*	*
Barras de control (servo) MR	3	Verificar	*	*	*	*
Estado superficial del eje del MR	1	Verificar	*	*	*	*
Alineación eje MR	1	Verificar			*	*
Superficie swashplate	1	Verificar	*	*	*	*
Rodamiento del swashplate	2	Verificar			*	*
Perno de agarre de las palas del TR	2	Verificar/Ajustar	*	*	*	*
Barras de control (servos) del TR	3	Verificar	*	*	*	
Barra de control del servo para el motor	1	Verificar	*	*	*	
Ensamble boom de cola a la estructura del fuselaje	1	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Mangueras de combustible	4	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Filtro de combustible	1	Verificar				
Tapa para llenado del tanque de combustible	2	Verificar/ajustar	*	*	*	
Estado de engranaje (transmisión)	5	Verificar	*	*	*	
Movimiento suave de rotación del rotor principal	6	Verificar	*	*	*	
Movimiento suave (conexión) entre el MR y el TR	4	Verificar	*	*	*	
Tornillos de ensamble (estructura)	24	Verificar/Ajustar		*	*	
Tornillos de ensamble (MR)	22	Verificar/Ajustar		*	*	
Tornillos de ensamble (TR)	12	Verificar/Ajustar		*	*	
Pernos de montaje del motor	6	Verificar/Ajustar	*	*	*	
Tornillos (servos)	24	Verificar/Ajustar		*	*	
Tornillos de los exostos	4	Verificar/Ajustar		*	*	
Deflector de aire para refrigeración del motor	2	Verificar	*	*	*	
Estado de los cables del sistema eléctrico	9	Verificar		*	*	
Pérdida de velocidad (rotación) del motor	-	Verificar	*	*	*	
Carcasa de refrigeración del motor — fugas, daño/grietas	2	Verificar		*	*	
Carburador	1	Verificar/Limpiar	*	*	*	
Bujías del motor	2	Verificar/Ajustar		*	*	
Rodamientos del motor	8	Verificar/Limpiar		*	*	
Pistones y anillos del motor	6	Verificar/Limpiar			*	
Cilindros del motor	2	Verificar/Limpiar			*	
Cigüeñal del motor	1	Verificar/Alinear			*	
Tornillos del tubo de exosto (motor)	4	Ajustar/Limpiar	*	*	*	
Desgaste de la parte inferior del tren de aterrizaje (skids)	2	Verificar/Limpiar		*	*	
Desgaste tuerca—amortiguador	4	Verificar/reemplazar		*	*	

*Un ciclo se entiende como la operación del helicóptero desde que se enciende el motor hasta que se apaga (se lleve o no la aeronave a vuelo). Cada ciclo se establece que tiene un tiempo promedio de 40 minutos que es la máxima autonomía con la que cuenta el Petirrojo PR-01.

Tabla 6.1: Inspecciones programadas

NOTA DE IMPORTANCIA

Los requerimientos de un mantenimiento preventivo antes y después de cada vuelo del Petirrojo PR-01 buscan que se investiguen indicios de fuga de líquidos, desajuste, corrosión, desgaste visual de piezas por fricción, abrasivas o erosivas, de tal manera que se pueda identificar la fuente de estos y tomar las acciones correctivas apropiadas.

6.2. LISTA DE EQUIPOS MÍNIMOS (MEL)

La aeronave de ala rotatoria Petirrojo PR-01 requiere de varios componentes para su correcta operación manteniendo la seguridad y asegurando la aeronavegabilidad del UAS. La tabla 6.2 presenta una lista de equipos mínimos (MEL por sus siglas en inglés) la cual puede ser verificada tanto por el personal técnico como por el operador para determinar si el helicóptero puede realizar vuelos sin el requerimiento de algún componente.

Lista de equipos mínimos (MEL) – Petirrojo PR-01				
Sistema	Equipo	No. de equipos instalados	No. requerido para operar	Observación
Comunicaciones	Antena receptor (satélite)	4	1	-
Eléctrico	Servo (TR)	2	1	-
Control	Barra de control servo TR – longitudinal	2	1	-
Combustible	Tanque (derecho/izquierdo)	2	1	El Petirrojo cuenta con dos tanques laterales, se puede volar con uno solo lo cual reducirá el tiempo de vuelo.
	Mangueras	4	2	

Tabla 6.2: Lista de equipos mínimos (MEL) del Petirrojo PR-01

NOTA DE PELIGRO

Leer con detenimiento las observaciones de la tabla 6.2. En caso de omitirse puede resultar en daño parcial o total del helicóptero incluyendo fallos en la operación que puede afectar a terceros.

6.3. INSPECCIÓN

La aeronave Petirrojo PR-01 debe ser inspeccionada de manera periódica con el objetivo de asegurar su condición de aeronavegabilidad. Los periodos de intervalo de inspección son de máximo 35 ciclos o de 6 meses calendario (semestral), lo que ocurra primero; dependiendo del uso los intervalos de las inspecciones pueden extenderse hasta 5 ciclos. Fugas de líquidos, corrosión, abolladuras, ralladuras, grietas son alertas para una inspección inmediata. Las partes y componentes que se consideren fuente de pérdida de aeronavegabilidad deben reemplazarse o repararse de acuerdo a lo establecido por los fabricantes del Petirrojo PR-1.

6.3.1. PROCEDIMIENTOS GENERALES

A menos que se especifique lo contrario, los siguientes procedimientos generales aplican al helicóptero Petirrojo PR-01. Las inspecciones establecidas para esta aeronave son visuales, de tal manera que se puedan identificar fácilmente anomalías operativas de manera inmediata. Los elementos de inspección relacionados en esta sección son de uso común que requieren inspección antes, durante y después de cada ciclo.

6.3.1.1. Rodamientos y cojinetes

La forma de identificar un desperfecto en la operación de un rodamiento o cojinete es que se escucha un ruido fuerte en el componente y a la vez una dificultad en el movimiento de la pieza. Estos elementos son utilizados en componentes que requieren rotación cíclica elevada en el Petirrojo PR-01. El ruido se comenzará a sentir ciclos antes de que falle el rodamiento, sin embargo, se debe estar pendiente del incremento en la temperatura. En la figura 6.1 se puede ver la ubicación de los rodameintos en el Petirrojo PR-01.

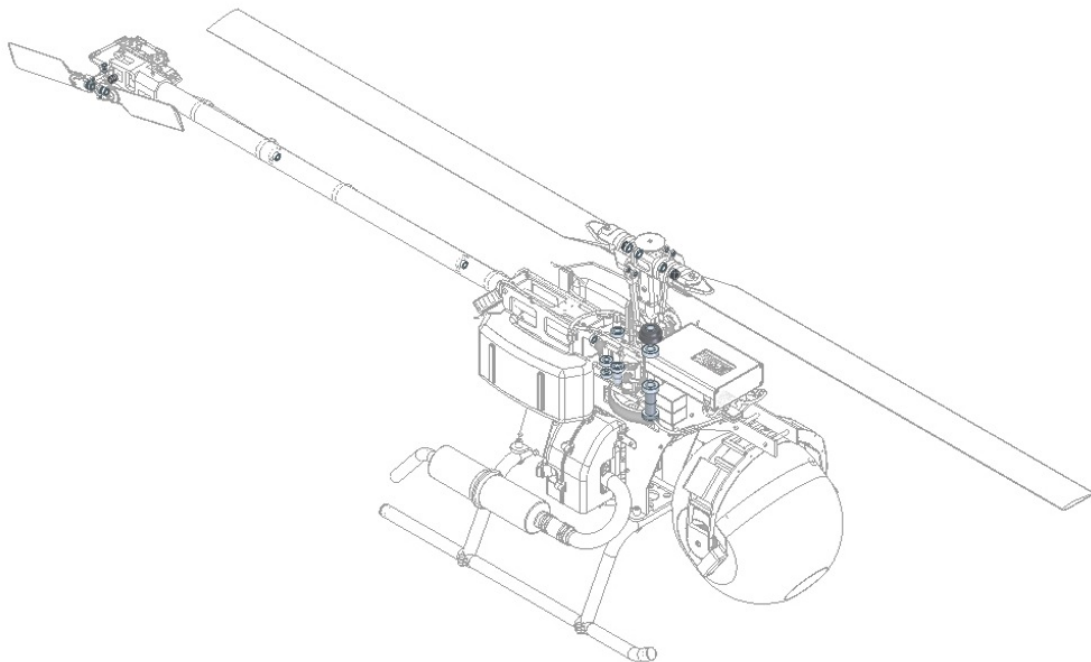


Figura 6.1: Localización de los rodamientos en el Petirrojo PR-01

NOTA DE PRECAUCIÓN

Revise el catálogo de partes de tal manera que pueda verificar los componentes que requieren rodamientos para el funcionamiento del Petirrojo PR-01

Preste atención al sistema de transmisión durante el encendido y el apagado del helicóptero. Un rodamiento defectuoso producirá un ruido alto y agudo similar al del rozamiento de dos metales en seco. Al identificar la zona de donde proviene el ruido, inspeccione a detalle todos los rodamientos que se encuentren en esa sección de tal manera que pueda determinar la fuente de este. Un rodamiento defectuoso puede tener fallo en el sello o dejando escapar la grasa necesaria para su lubricación. Una vez identifique la fuente del ruido (posible fallo del rodamiento), desmóntelo de la pieza y reemplácelo.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Al hacer la inspección de los rodamientos, identifique su estado de limpieza y lubrique aquellos que tengan las esferas expuestas al ambiente

NOTA DE IMPORTANCIA

Al tener una sospecha de un ruido anormal en la rotación de alguno de los rodamientos del helicóptero, no lo intente llevar a vuelo, esto puede resultar en un fallo en el aire y posible daño mayor de la aeronave (accidente mayor).

6.3.1.2. Barras de control (empuje y hale)

En la figura 6.2 se muestra la localización de las barras de control en la aeronave.

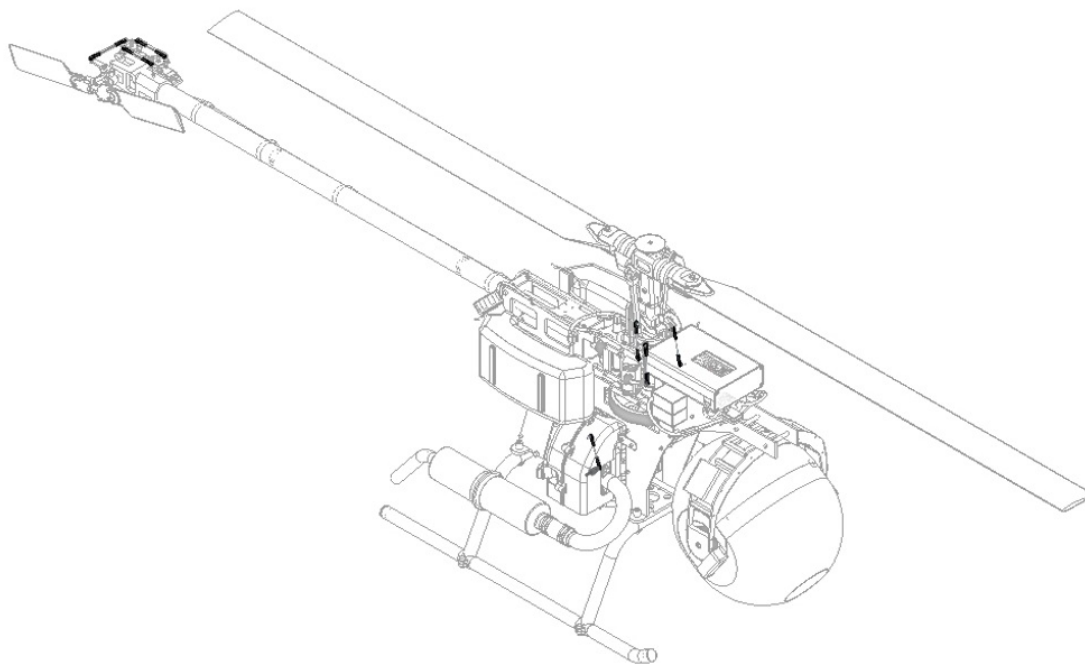


Figura 6.2: Localización de las barras de control en el Petirrojo PR-01

Las barras están compuestas por una varilla sólida de acero, la cual tiene dos elementos plásticos atornillados en cada extremo de esta, los cuales se conectan a las esferas de transmisión de movimiento como se muestra en la figura 6.3.

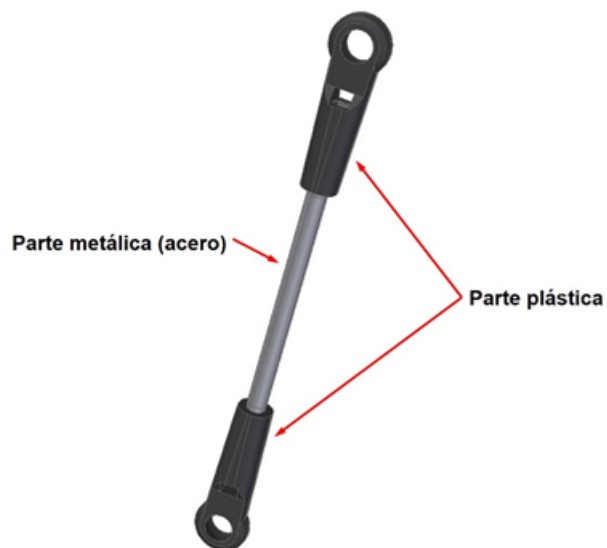


Figura 6.3: Ejemplo de barra de control usada en el Petirrojo PR-01

Las barras se deben inspeccionar con el fin de identificar:

- **Corrosión** — puede desmontar la barra de control y desensamblar los componentes plásticos de los de acero, inspecciones y en caso de encontrar corrosión remuévala utilizando lija suave y aceite.
- **Desgaste del plástico** — en caso de que el elemento plástico presente grietas o cortes o desgaste en el roscado o en el agujero de unión a las esferas de transmisión de movimiento, desmóntelo inmediatamente de la barra desatornillándolo y cámbielo por uno nuevo.
- **Signos de flexión (doblec)** — determine si la barra de acero presenta dobleces (pequeños o grandes). Todas las barras de acero deben permanecer completamente rectas para asegurar su longitud.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Cada una de las barras de control del Petirrojo PR-01 tienen una medida específica dependiendo de su función. Verifique la medida de la barra que desmonte para la inspección o mantenimiento, sobre todo en el momento de volverla a montar y conectar en el helicóptero.

6.3.1.3. Elastómero (amortiguador)

Los elastómeros del Petirrojo PR-01 son elementos cilíndricos con un agujero por donde pasa y se sostiene una barra localizada dentro del núcleo del rotor principal (revisar parte 6.10.1). Estos permiten la amortiguación y restringen la cantidad de movimiento de flapping (aleteo) de las palas del MR. La fatiga (carga cíclica), el polvo y esfuerzo extremo de trabajo pueden degradar este elemento. La figura 6.4 muestra la localización de estos componentes en el Petirrojo PR-01.

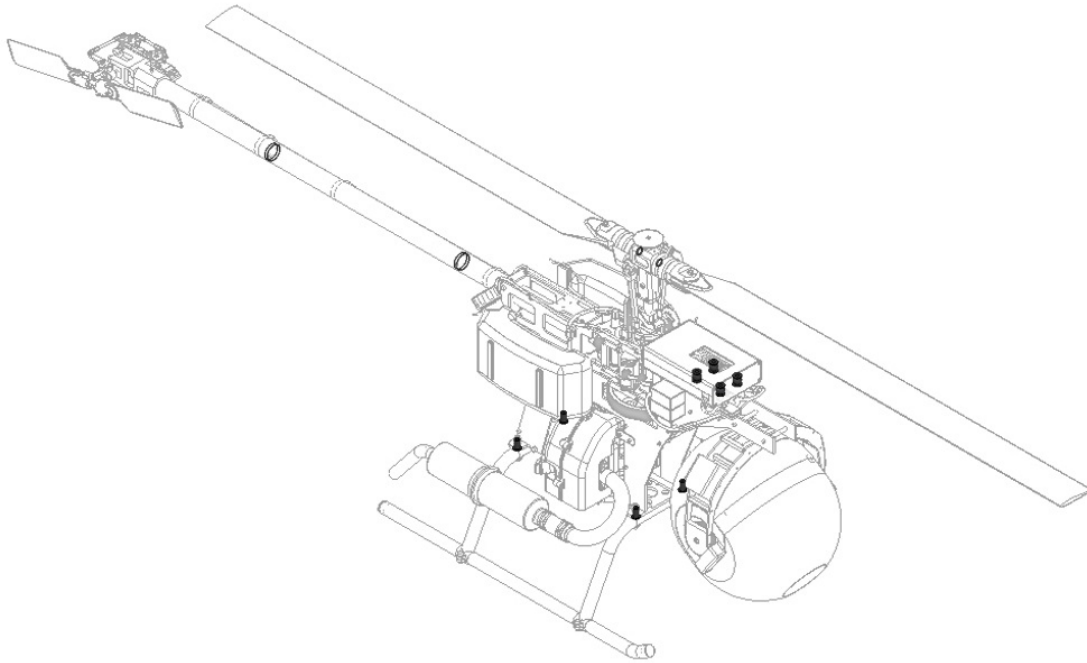


Figura 6.4: Localización de los elastómeros en el Petirrojo PR-01

Se debe hacer una inspección antes de cada ciclo, de tal forma que se pueda determinar el estado de los elastómeros del rotor principal. Extienda por completo las palas del MR, agarre firmemente con cada mano la raíz de cada una y haga movimientos verticales alternados (sube una y baja otra), de tal manera que pueda identificar una oposición o resistencia. En caso de que esta sea baja debe desensamblar todo el componente de rotor principal con el fin de hacer una inspección más profunda a los elastómeros. Se deben identificar signos como desgaste (deformaciones o ensanchamiento del elastómero), grietas o quiebres. En caso de encontrar cualquiera de lo anterior cambie el componente.

6.3.1.4. Ajuste de tornillos y pernos de ensamble

La figura 6.5 muestra la ubicación de tornillos y pernos en la aeronave.

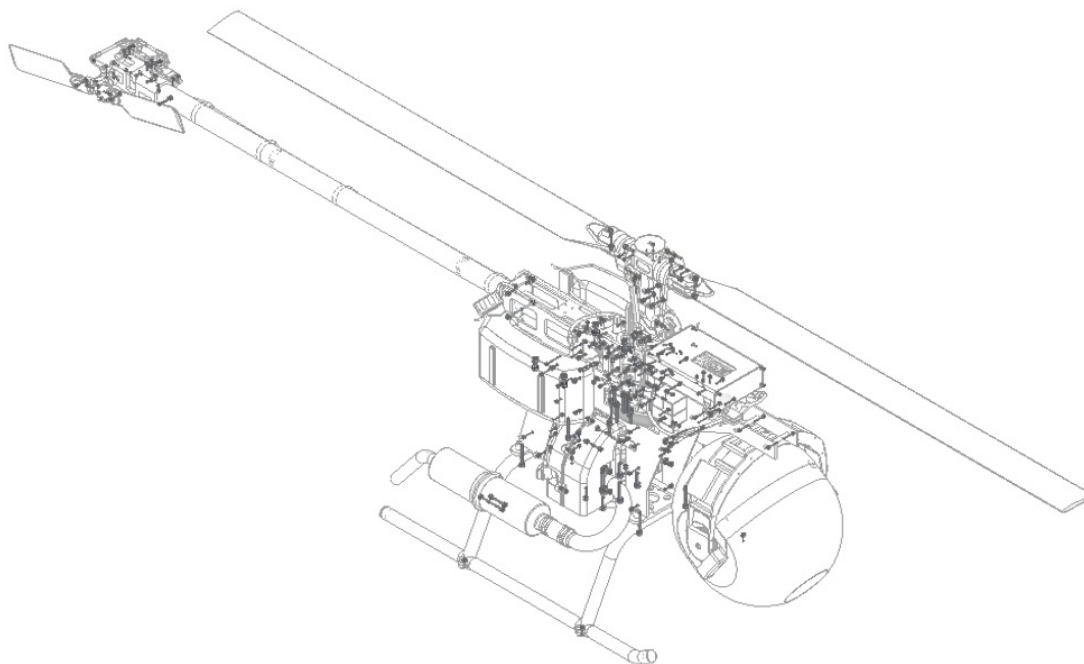


Figura 6.5: Localización de los tornillos y pernos de ensamble en el Petirrojo PR-01

A cada tornillo se le hace una línea de marcación que va desde la cabeza de este hasta la superficie de contacto de ensamble, como se muestra en la figura 6.6 a) de tal forma que ayuden en la inspección y con esto determinar la integridad de la unión. En caso de que la línea de marcación no coincida entre la cabeza del tornillo y la superficie de contacto (figura 6.6 b)) da una indicación de que hay un desajuste.

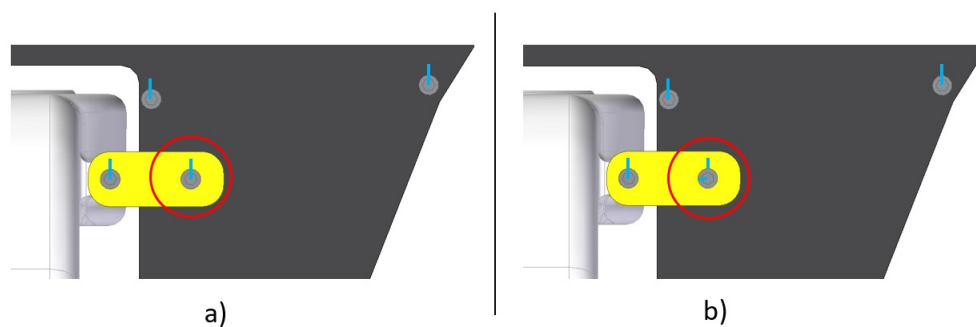


Figura 6.6: Ensamble tornillo con superficie de contacto a) Alineado b) Deaslineado

Si durante el proceso se detecta movimiento de tornillo(s) o perno(s), desensamble la unión e inspeccione las partes buscando daños como grietas, deformación, daño en la rosca, elongación del agujero por donde pasan estos elementos, etc. y reemplace la parte afectada. Determine las posibles causas del desajuste (usualmente altas frecuencias de vibración).

6.3.1.5. Líneas de combustible

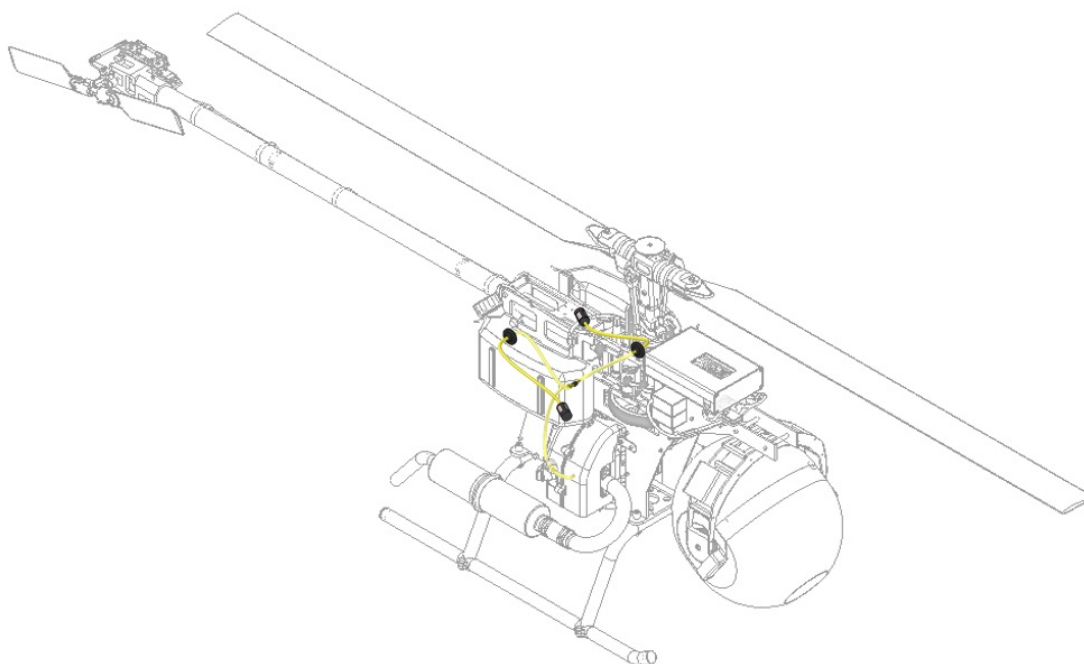


Figura 6.7: Localización de las líneas de combustible (mangueras) en el Petirrojo PR-01.

Las mangueras de combustible hacen la conexión desde los tanques hasta el motor. Se deben inspeccionar en búsqueda de fugas, marcas de quemaduras debidas a la fricción y cristalización. En caso de presentarse cualquiera de las anteriores se deben reemplazar. La figura 6.7 muestra la ubicación de las mangueras de combustible en el Petirrojo PR-01.

6.3.1.6. Cableado

Al ser una aeronave que se opera de manera remota requiere de un sistema eléctrico que conecta al módulo de control (receptor) con los servos y el giro. Los cables están enrutados por medio de unos soportes plásticos, los cuales se adhieren a la estructura utilizándola como

elemento de soporte y ajuste. Debe inspeccionarse cada cable en búsqueda de cortes o rasgaduras en el plástico protector. El helicóptero puede generar vibraciones de consideración, por lo tanto, se debe buscar por desgaste debido a la fricción con la superficie que los sostiene como también cristalización y/o grietas en el recubrimiento. La figura 6.8 establece la ubicación de los cables en el helicóptero.

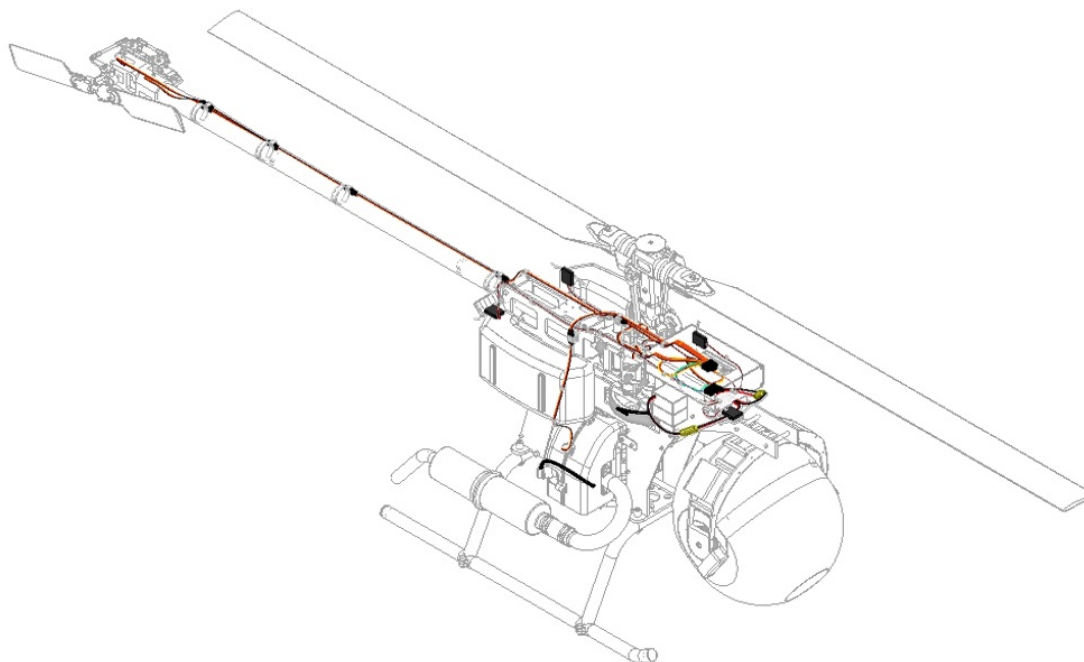


Figura 6.8: Cableado del Petirrojo PR-01

6.3.2. VERIFICACIÓN EN TIERRA Y EN VUELO

Complete los recuadros de las tablas 6.3, 6.4 y 6.5 (listas de verificación), después de hacer las inspecciones y el mantenimiento establecido para cada inspección de 35 y 140 ciclos. Anote y corrija cualquier discrepancia que encuentre.

Verificación en tierra – con combustible en tanques (baterías cargadas y conectadas, y motor apagado)					
No.	Verificación	Cumple		Anotación	Corrección
		Si	No		
1	Movimiento de los servos de control colectivo del MR				
2	Movimiento de los servos de control cíclico del MR				
3	Movimiento de los servos de control de paso del TR				
4	Movimiento del servo de control de aceleración del motor				
5	Movimiento de rotación del MR (manual)				
6	Movimiento de rotación del TR (manual)				
7	Movimiento de los engranajes de la transmisión				
8	Peso y balance del helicóptero				

Tabla 6.3: Lista de verificación en tierra con motor apagado

Verificación corrida de motor en tierra (baterías cargadas y conectadas)					
No.	Verificación	Cumple		Anotación	Corrección
		Si	No		
1	Realice una inspección pre-vuelo				
2	Humedezca el carburador con la mezcla de combustible y aceite por medio de una jeringa				
3	Sostenga las palas del MR y conecte el arrancador al eje de arranque				
4	De arranque al motor con una aceleración (RPM) entre 5% y 10%				
5	Movimiento de los servos de control colectivo del MR				
6	Movimiento de los servos de control cíclico del MR				
7	Movimiento de los servos de control de paso del TR				
8	Movimiento del servo de control de aceleración del motor				
9	Movimiento de rotación del MR				
10	Movimiento de rotación del TR				
11	Movimiento de los engranajes de la transmisión				
12	Aumente la aceleración (RPM) del motor entre 15% y 25%				
13	Acople del <i>clutch</i> centrífugo				
14	Movimiento de los servos de control colectivo del MR				
15	Movimiento de los servos de control cíclico del MR				
16	Movimiento de los servos de control de paso del TR				
17	Tracking de las palas del MR				
18	Consumo de combustible de ambos tanques				

Tabla 6.4: Lista de verificación en tierra con motor encendido

Verificación vuelo estacionario (baterías cargadas y conectadas)				
No.	Verificación	Cumple		Anotación
		Si	No	
1	Aumente la aceleración (RPM) del motor entre 30% y 50%			
2	Controlabilidad del mando colectivo (MR)			
3	Controlabilidad del mando cíclico (MR)			
4	Controlabilidad del mando de dirección (TR)			
5	Tracking de las palas del MR			
6	Niveles de vibración			
7	Consumo de combustible de ambos tanques			
8	Revoluciones del MR			
9	Trim de control cíclico			
10	Trim de control colectivo			
11	Trim de control del TR			

Tabla 6.5: Lista de verificación en vuelo estacionario (baja altitud)

6.3.2.1. Inspecciones especiales

En caso de ocurrencias especiales como las descritas en las secciones A a C de esta sección, realice el proceso de inspección de acuerdo con las instrucciones establecidas.

A. Impacto de las palas de MR y TR en tierra o en vuelo.

- Identifique la zona del impacto con el objeto.
- Inspeccione por la profundidad y la gravedad del impacto.
- En caso de observarse delaminación del componente reemplácelo por uno nuevo.
- Si presenta pequeñas abolladuras (con pérdida de material) en la superficie verifique que sea menor a 0.1 mm de profundidad de tal manera que se pueda considerar aeronavegable. Haga una verificación de balanceo estático de ambas palas.
- Verifique por hendiduras en el borde de ataque y en el de fuga. En caso de ser menores a 0.1 mm de profundidad el componente se puede seguir considerando aeronavegable. Proceda a realizar un proceso de balanceo estático en ambas palas.

NOTA DE PELIGRO

No intente reparar las palas ya que están fabricadas bajo procesos especiales que pueden cambiar sus características de resistencia y balance en la operación del Petirrojo PR-01.

B. Aterrizaje de alto impacto contra el suelo.

Aterrizajes de alto impacto contra el suelo son aquellos en los que la aeronave se precipita a tierra con una velocidad (vertical y lateral) de hundimiento elevada que puede llevar a un exceso de esfuerzo en el tren de aterrizaje.

- Revise si los tubos de los skids presentan daño superficial o flexión anormal.
- Revise si los tubos de arco presentan daño superficial o flexión anormal.
- En cualquiera de los casos anteriores, reemplace el componente.
- Verifique el estado de los exostos y del acople con el motor. En caso de daño reemplace la pieza.
- Inspeccione de manera visual las palas del MR y el TR. Realice las inspecciones de acuerdo con el numeral A de esta sección.
- Inspeccione el estado de la transmisión, si presenta bloqueos mecánicos proceda a desensamblar el fuselaje a verificar el estado de los engranajes y piñones.
- Revise el boom de cola en búsqueda de flexión anormal, grietas o daños visibles. En caso de tener cualquiera de estas condiciones reemplace el componente.

C. Corrosión de piezas metálicas.

El Petirrojo PR-01 cuenta con piezas metálicas que pueden presentar corrosión por alta humedad.

- Inspeccione de manera visual los tornillos y pernos de ensamble. En caso de presentar corrosión cámbielos por unos nuevos.
- Verifique que los ejes del MR y el TR en conjunto con los de transmisión presenten un color plata brillante. En caso de evidenciar indicios de corrosión puede removerla utilizando una lija suave aplicando previamente lubricante protector WD-40.
- Inspeccione el estado de las barras de control en los servos. Si presentan corrosión remueva la barra del servo y reemplace por una nueva. Verifique la medida de la barra antes de instalarla nuevamente.

6.3.3. LIMPIEZA DEL PETIRROJO PR-01

Después de cada inspección o servicio de mantenimiento del Petirrojo PR-01, se recomienda que se limpien las partes, componentes y la aeronave en general. Esta se debe hacer utilizando un paño limpio humedecido con alcohol isopropílico de tal forma que no afecte a los componentes electrónicos con los que cuenta el helicóptero.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Tener cuidado de no mojar los componentes electrónicos del Petirrojo PR-01 como servos, conectores, receptor y baterías. Verifique si hay acumulaciones de alcohol isopropílico en el helicóptero y seque de ser necesario.

6.4. COMPONENTES CON VIDA LÍMITE

Esta aeronave fue diseñada con la intención de aumentar el tiempo de vida límite de la mayoría de sus componentes como la estructura primaria o el rotor principal, sin embargo, se debe tener en cuenta que la aeronave tiene elementos en rotación por lo que se generarán cargas cíclicas en estos.

Se determinó que es responsabilidad del piloto/operador llevar la administración de los registros de tiempos de servicio de la aeronave, así como de registrar la información de las operaciones que se realicen con el equipo en los formatos correspondientes que se encuentran en el capítulo 14 de este M/OM.

Se le aconseja al piloto/operador y al personal encargado de los servicios de mantenimiento que, los trabajos de instalación de una parte/componente con vida-límite o con requerimiento de *overhaul*, se registren de forma digital, haciendo uso del formato de libro que se encuentra en el capítulo 14 de este M/OM, teniendo en cuenta que también se debe tener un formato del estado de los componentes con vida límite, que consiste en hacer una lista de los datos que contienen información como, nombre del componente, número de parte, fecha de instalación, posición, entre otros, que se pueden encontrar en el formato de estado de los componentes con vida límite que se encuentra en el capítulo 14 de este M/OM.

NOTA DE PELIGRO

Los componentes con tiempo obligatorio de vida límite u overhaul cuyo tiempo en servicio no fueron registrados (falta de confiabilidad), no podrán ser considerados como aeronavegables y deben ser removidos de la aeronave en el servicio de inspección/mantenimiento.

6.4.1. LIMITACIONES DE AERONAVEGABILIDAD

Las limitaciones de aeronavegabilidad del Petirrojo PR-01 se establecen de acuerdo al tiempo de servicio que se tenga dado en términos de ciclos, entendiendo que cada ciclo equivale al tiempo en que se enciende el motor hasta que se apaga. Tomando como referencia que el tiempo total (autonomía) de vuelo del helicóptero (valor estándar/con colectivo arriba) es de 40 minutos, se definió la vida límite de algunos componentes en estos mismos términos.

Utilice la tabla 6.6 donde se muestra la información de los tiempos de vida de algunos componentes basados en los ciclos de operación de la aeronave.

Parte-número/Referencia	Descripción	Máximos intervalos de servicio*	
		Ciclos	Meses
SAB 810mm	Pala MR	1500	60
VARIO 34/32	Pala TR	1500	60
E-4	Engranaje recto campana clutch (motor)	1500	-
E-2	Piñón recto MR	900	-
E-5	Piñón recto TR	900	-
VARIO 830/17-16	Piñón cónico grande caja de 90 TR	900	-
VARIO 1003/80	Piñón cónico pequeño caja de 90 TR	900	-
F-7	Eje spindle MR	1500	-
VARIO 1003/86	Eje unión palas TR	1500	-
M5x14mm	Tornillo — eje de unión palas MR	1500	12
M3x12mm	Tornillo — eje de unión palas TR	1500	12
I-8	Barra de control servo TR	140	6
F-10	Barra de control de paso MR	1200	-
G-1	Barra de control de paso TR	1200	-
VARIO 74/7	Elastómero MR	140	6
M6x30mm-20mm	Perno motor	1500	12
M4x15mm	Perno de ensamble fuselaje, boom de cola	1500	12
Cable JR	Cableado de trabajo pesado	600	24
JR R1222	Antena de recepción (satélites)	1500	-
M5	Elastómero unión tren de aterrizaje con estructura fuselaje	140	6
A-1	Skid	3000	-
A-3	Arco (skid)	3000	-

*Lo que ocurra primero. El número de ciclos comienza desde el día que se haga el primer vuelo.

Tabla 6.6: Intervalos de vida máximos (límite) de componentes del Petirrojo PR-01

6.5. ESTRUCTURA

El Petirrojo PR-01 es un helicóptero no tripulado monomotor, construido primordialmente de materiales metálicos y equipado con un sistema de tren de aterrizaje tipo skid. La estructura

primaria del helicóptero se utiliza para conformar el fuselaje, el boom de cola y el tren de aterrizaje (skids). La figura 6.9 muestra la estructura primaria del helicóptero.

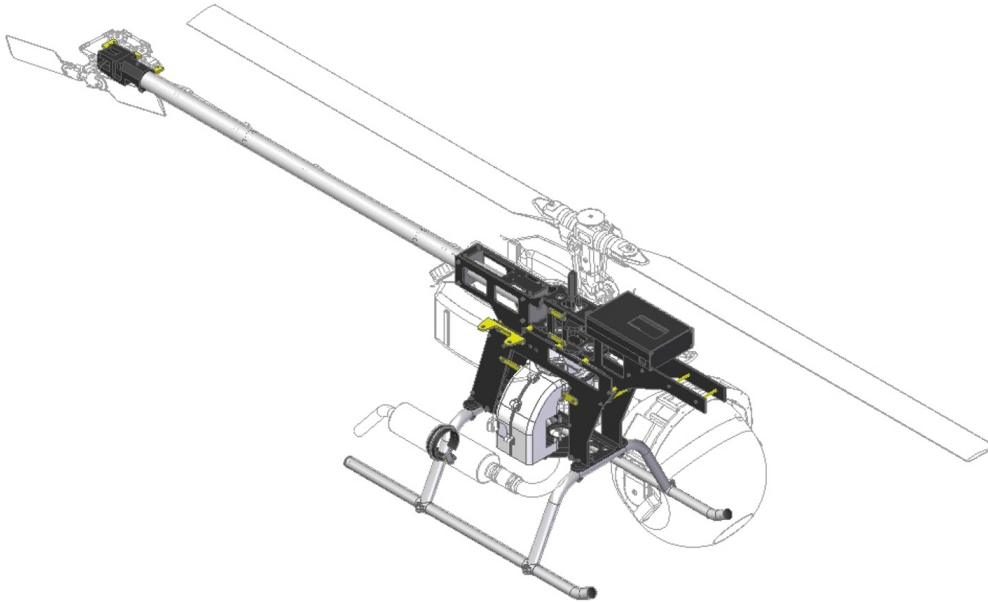


Figura 6.9: Estructura primaria del Petirrojo PR-01

El fuselaje está hecho con láminas de aleación de aluminio de diferentes calibres con un proceso de anodizado y que están certificadas para el uso en la industria aeroespacial. Esta estructura se ensambla por medio de tornillos y pernos de cabeza hexagonal.

El boom de cola es el segundo componente de la estructura primaria el cual consiste de un tubo cilíndrico de aleación de aluminio, que es capaz de soportar las cargas impuestas por el TR. Este es sostenido en el fuselaje por medio de dos elementos de forma cúbica de material de plástico reforzado con nylon. Se utiliza plástico de alta resistencia a cargas cíclicas y temperatura en la carcasa de refrigeración del motor.

El otro componente que hace parte de la estructura primaria es el tren de aterrizaje, este se explica en la sección 6.6 del M/OM.

6.5.1. FUSELAJE

La estructura del fuselaje sostiene el resto de los sistemas del helicóptero, está compuesto por 4 láminas verticales (dos superiores y dos inferiores) de aleación de aluminio 7075-T6 de

1/8 de pulgada. Estas, se encuentran separadas por unos cilindros pequeños y unas platinas cuadradas, elaboradas en la misma aleación de aluminio.

En la base tiene una platina de aleación de aluminio 7075-T651 de espesor de 1/8 de pulgada la cual se encarga de sostener al motor y a las láminas laterales. En la parte inferior tiene un refuerzo en la zona donde se encuentra el anclaje del motor.

Tiene cuatro platinas superiores dispuestas de manera horizontal manufacturadas en aleación de aluminio 7075-T651 las cuales son usadas para sostener la transmisión de potencia del helicóptero.

Todos los elementos metálicos tienen un tratamiento de anodizado (de color negro y dorado) para garantizar una protección contra los efectos del medio ambiente.

En la parte trasera tiene dos elementos de forma cúbica de material de plástico reforzado con nylon que sostienen y ajustan el boom de cola del helicóptero. La figura 6.10 muestra la estructura primaria del fuselaje.

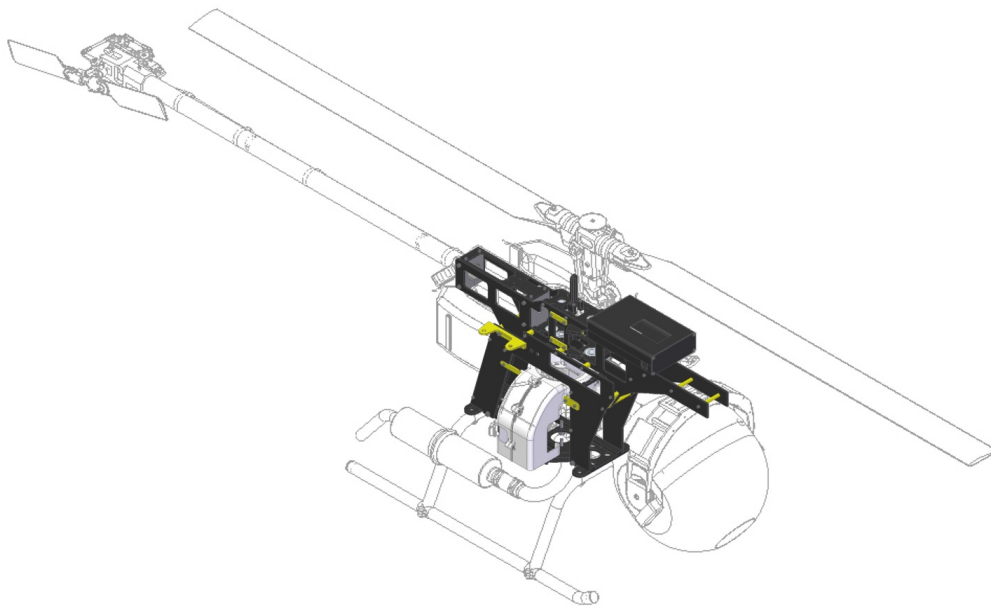


Figura 6.10: Estructura primaria del fuselaje

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales o rastros de esfuerzos de flexión. Ninguno de los elementos metálicos o plásticos de soporte se debe reparar,

en caso de fallo cambiar el componente.

NOTA DE PELIGRO

El intentar reparar las láminas y platinas de la estructura conllevará a un desajuste y desfase de los componentes de la transmisión (daño en los dientes de engranajes y piñones)

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a la estructura primaria, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble de la estructura:

1. Asegúrese que no hay combustible en los tanques, en caso de tener algún residuo drénelo por medio de una bomba de combustible.
2. Desconecte la batería(s) del receptor.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).
4. Desconecte las 3 barras de control (servos) del swashplate con la ayuda de las pinzas planas.
5. Remueva el rotor principal de acuerdo a la parte 6.10.1.
6. Remueva los tanques de combustible de acuerdo con la sección 6.7.
7. Remueva el boom de cola de acuerdo a la parte 6.5.2.
8. Remueva las barras de control y los servos del MR de acuerdo a las partes 6.9.1 y 6.12.
9. Remueva los exostos de acuerdo a la parte 6.7.
10. Desajuste la carcasa de refrigeración del motor.
11. Remueva la platina vertical inferior derecha desapretando por completo los tornillos de sujeción con la ayuda de las llaves de cabeza hexagonal 3mm y 4mm.
12. Remueva los separadores de las platinas laterales. Estos deben quedar sueltos de acuerdo al procedimiento del punto anterior (11).
13. Remueva la platina vertical superior derecha desapretando por completo los tornillos de sujeción con la ayuda de las llaves de cabeza hexagonal 3mm y 4 mm.
14. Remueva la platina frontal con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 3mm.
15. Remueva la platina trasera con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 3mm.
16. Repita el proceso del punto 10, 11 y 12 pero aplicado a la parte izquierda del fuselaje.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.11.

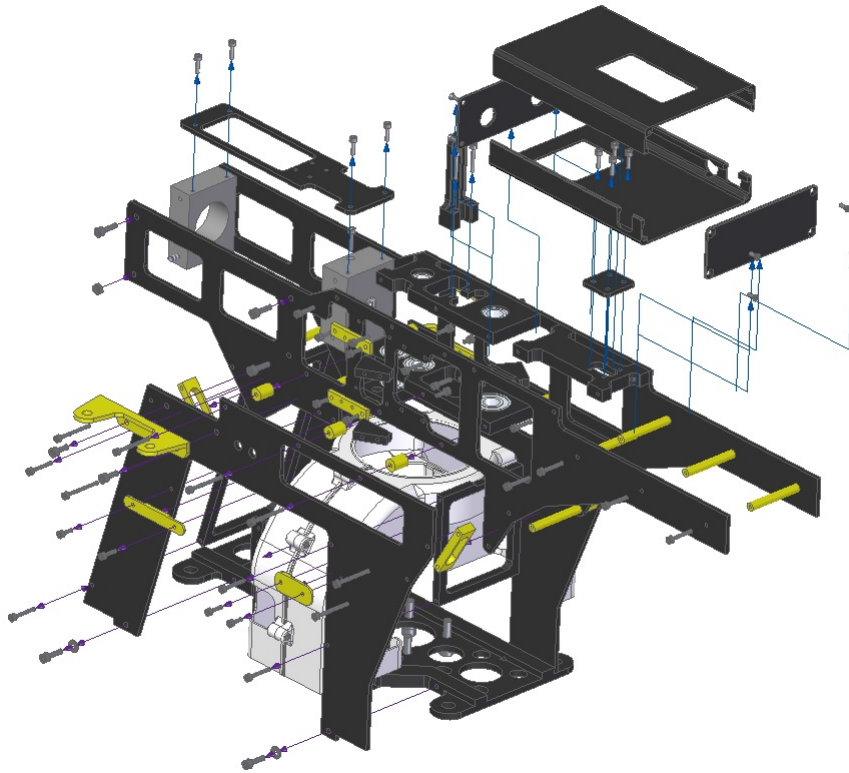


Figura 6.11: Explosionado de la estructura primaria del fuselaje

6.5.2. BOOM DE COLA

La estructura del boom de cola es sostenida por el fuselaje en uno de sus extremos y esta sostiene la carcasa del TR y su sistema de transmisión incluyendo los servos de control. Está compuesto por un tubo de aleación de aluminio 2024-T3 certificado para el uso en la industria aeroespacial de espesor de 1 milímetro.

El tubo tiene dos agujeros a ambos extremos por los que pasan unos tornillos que se usan para sujetarlo al fuselaje y en el otro para sostener la carcasa del TR. Dentro de este componente se sostiene el cardan de transmisión de rotación del TR. También sostiene en la parte externa los cables de alimentación a los servos que controlan el paso del TR. La figura 6.12 muestra la estructura primaria del boom de cola.

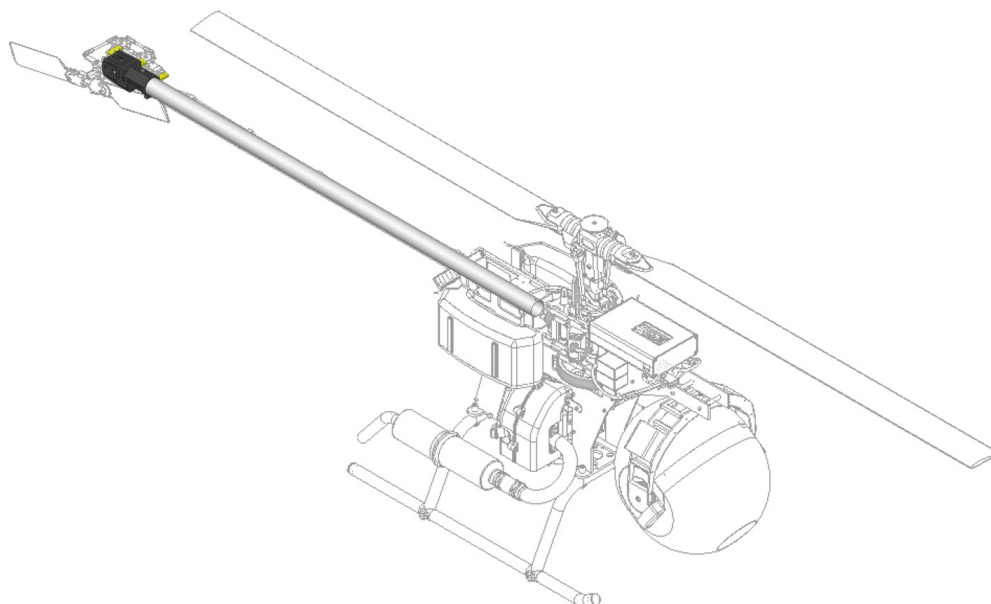


Figura 6.12: Estructura primaria del boom de cola

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales o rastros de esfuerzos de flexión. El tubo no se debe reparar, en caso de fallo cambiar el componente.

NOTA DE PELIGRO

El intentar reparar el tubo metálico conllevará a un desajuste y desfase de los componentes de la transmisión (daño en los dientes de engranajes y piñones) en conjunto con la manifestación de altas vibraciones en la operación.

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a la estructura primaria, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble de la estructura:

1. Asegúrese que no hay combustible en los tanques, en caso de tener algún residuo drénelo por medio de una bomba de combustible.
2. Desconecte la batería(s) del receptor.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).

4. Desconecte las 3 barras de control (servos) del swashplate con el uso de unas pinzas planas.
5. Remueva el rotor principal de acuerdo a la parte 6.10.1.
6. Remueva los tanques de combustible de acuerdo con la sección 6.7.
7. Desapriete los de sujeción de la estructura del fuselaje que sostienen el boom de cola con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 4 mm.
8. Desconecte las extensiones eléctricas que conectan los servos de cola en la parte trasera de la estructura del fuselaje.
9. Remueva el tornillo superior de ajuste del boom de cola que lo restringe en la estructura del fuselaje con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 3mm.
10. Desconecte las extensiones y la unión en Y que van a lo largo del boom de cola.
11. Remueva las abrazaderas que sostienen los cables que van a lo largo del boom de cola.
12. Desconecte las barras de control de paso del TR con la ayuda de las pinzas planas.
13. Remueva los tornillos de la parte trasera de la carcasa del TR con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 3mm.
14. Retire la caja de transmisión de 90 grados del TR.
15. Remueva los servos desapretando los tornillos de sujeción con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 3mm.
16. Remueva los tornillos de sujeción del montaje de los servos del TR con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 4mm.
17. Remueva el tornillo superior de ajuste del boom de cola que lo restringe en la carcasa del TR con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 3mm.
18. Remueva los tornillos prisioneros de la unión universal (macho) del eje del cardan con la ayuda de la llave de cabeza hexagonal 4mm.
19. Remueva los soportes del cardan que van en la parte interna del boom de cola deslizándolos a lo largo de este mismo.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.13.

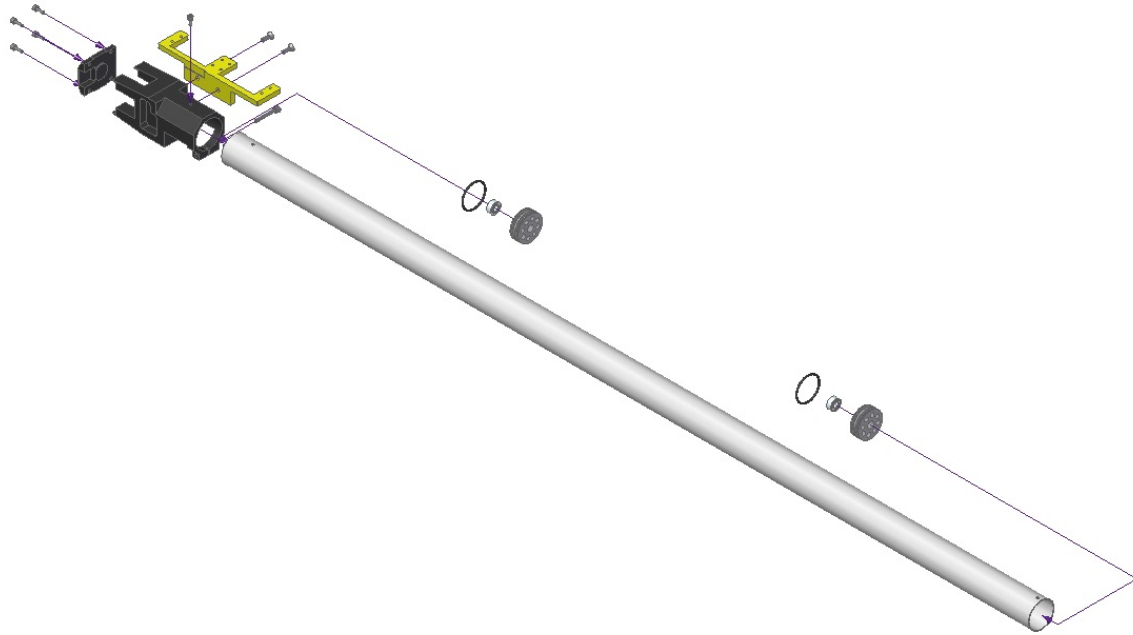


Figura 6.13: Explosionado de la estructura primaria del boom de cola

6.6. TREN DE ATERRIZAJE

Esta sección cubre la remoción y la instalación del tren de aterrizaje del Petirrojo PR-01. La estructura principal se compone de dos tubos para los skids y dos arcos uno frontal y otro trasero, que sostienen las cargas estáticas y dinámicas del helicóptero, los cuales se utilizan como elementos de unión de este componente con la platina inferior del fuselaje (soporte del motor).

El tren de aterrizaje se utiliza para sostener y alinear los exostos del motor por medio de dos aros unidos a los tubos en arco. La figura 6.14 muestra la estructura primaria del boom de cola.

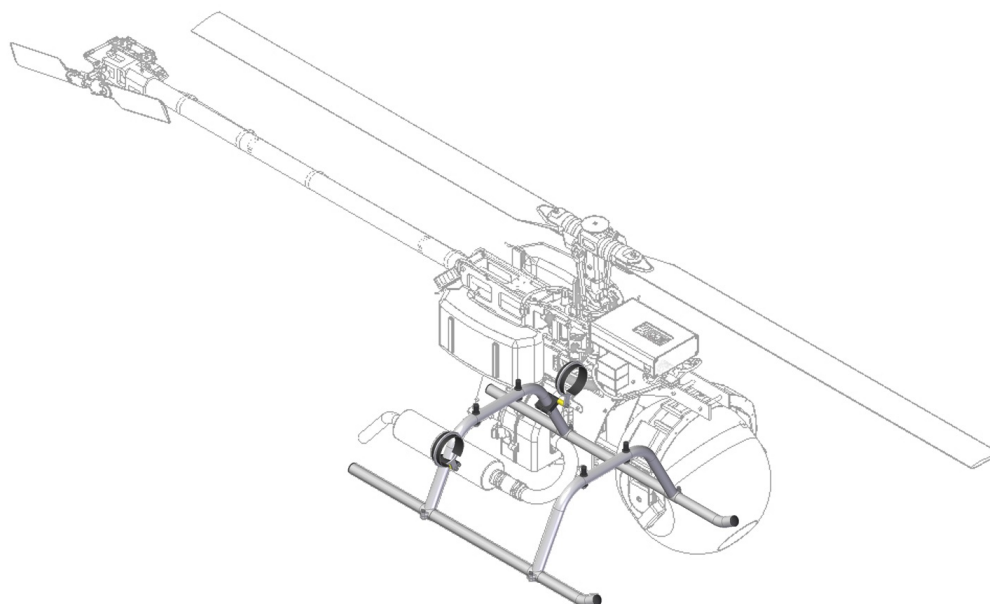


Figura 6.14: Estructura primaria del tren de aterrizaje (skids)

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales o rastros de esfuerzos de flexión. Los tubos que lo componen no se debe reparar, en caso de fallo cambiar el componente.

NOTA DE PELIGRO

El intentar reparar los tubos metálicos conllevará a un desajuste y desfase de los componentes del tren de aterrizaje.

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a la estructura primaria, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble de la estructura:

1. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de combustible de la parte 6.11 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.

2. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema eléctrico de la parte 6.10 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).
4. Verifique los procesos de desensamble de las partes del rotor principal de la parte 6.9.1 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
5. Verifique los procesos de remoción de las partes que componen la estructura del boom de cola de la parte 6.5.2 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
6. Verifique los procesos de remoción de las partes que componen la estructura del fuselaje de la parte 6.5.1 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
7. Verifique los procesos de remoción de las partes del sistema de propulsión de la parte 6.7 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
8. Verifique los procesos de desensamble de las partes del rotor de cola de la parte 6.9.2 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
9. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de transmisión de potencia de la parte 6.8 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
10. Remueva los 4 tornillos de ajuste del skid (arco) a la estructura inferior del fuselaje con la ayuda de la llave hexagonal de 5 milímetros que se encuentran unidos a las tuercas elastoméricas.
11. Remueva los 2 tornillos de ajuste del skid a la estructura de arco superior del tren de aterrizaje con la ayuda de la llave hexagonal de 3 milímetros.
12. Deslice y remueva los dos tubos inferiores del skid.
13. Desajuste y remueva los 2 tornillos de la prensa que sostiene el soporte del exosto con la ayuda de la llave hexagonal de 4 milímetros.
14. Remueva los tapones de los tubos del skid.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.15.

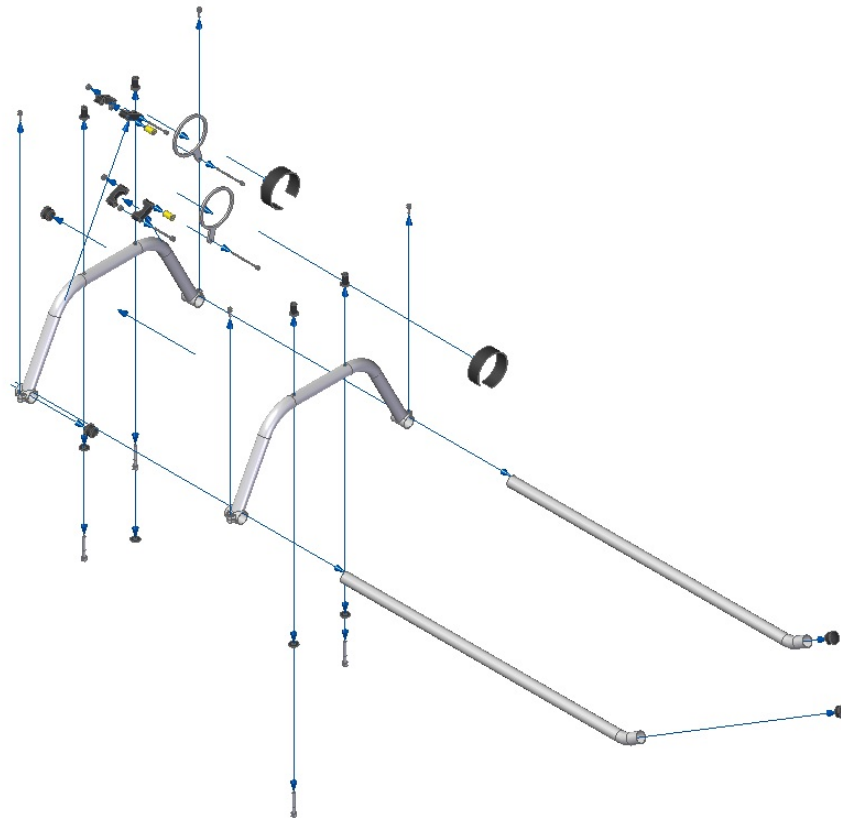


Figura 6.15: Explosionado de la estructura primaria del tren de aterrizaje

6.7. SISTEMA DE PROPULSIÓN

El sistema de propulsión consta de las partes del helicóptero que están directamente conectadas al motor como los exostos y el sistema de transmisión de potencia a los engranajes que mueven los rotores en el Petirrojo PR-01.

Al motor se acopla el eje arrancador, el cual se va a utilizar para poder encender el motor, como también se acoplan un ventilador para refrigerarlo y el clutch centrífugo que se conecta por medio del aumento de las revoluciones, a una campana que tienen el engranaje que le da el movimiento a los rotores principal y de cola. La figura 6.16 muestra la distribución del sistema de propulsión en el helicóptero.

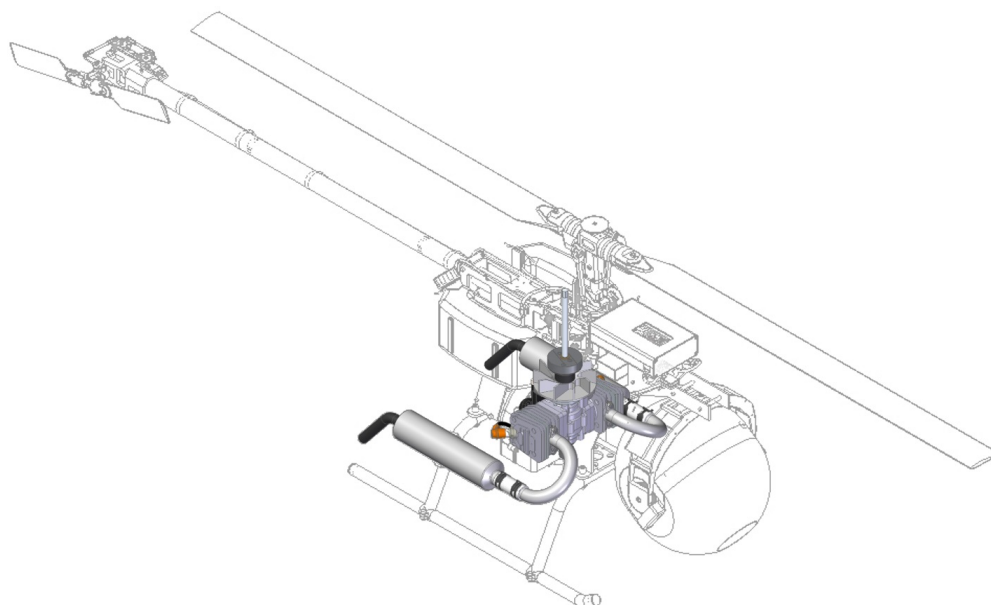


Figura 6.16: Sistema de propulsión

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales o rastros de esfuerzos de flexión. Los tubos de acople de los exostos no se deben reparar, en caso de fallo cambiar el componente. Se debe verificar el estado del ventilador de refrigeración, el soporte del clutch y el clutch centrífugo. En caso de encontrar deterioro como fisuras o grietas o que el componente tenga corrosión, estos se deben cambiar de forma que no sean un riesgo en la operación.

NOTA DE PELIGRO

El intentar reparar los tubos metálicos conllevará a un pérdidas en la potencia del motor

NOTA DE IMPORTANCIA

Revise el manual del fabricante del motor Zenoah GT80 de tal manera que pueda definir los procesos de mantenimiento que este requiere

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección al sistema, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble de la estructura:

1. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de combustible de la parte 6-12 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
2. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema eléctrico de la parte 6-11 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).
4. Verifique los procesos de desensamble de las partes del rotor principal de la parte 6.9.1 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
5. Verifique los procesos de remoción de las partes que componen la estructura del boom de cola de la parte 6.5.2 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
6. Verifique los procesos de remoción de las partes que componen la estructura del fuselaje de la parte 6.5.1 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
7. Remueva las cubiertas de las bujías del motor.
8. Remueva los 4 tornillos de ajuste del tubo de acople del exosto al motor con la ayuda de una llave de expansión o una copa de 4.5 milímetros.
9. Desacople los exostos del tubo de unión al motor removiendo las abrazaderas metálicas.
10. Remueva la arandela de separación del clutch y la campana deslizándola por el eje de arranque hacia arriba.
11. Remueva los 2 tornillos de ajuste del clutch centrífugo al soporte con la ayuda de una llave hexagonal de 5 milímetros.
12. Remueva el clutch centrífugo separándolo del soporte del clutch.
13. Remueva el eje de arranque del motor deslizándolo hacia arriba.
14. Remueva los 4 tornillos de ajuste del soporte del clutch al ventilador de refrigeración con la ayuda de una llave hexagonal de 5 milímetros.
15. Remueva el soporte del clutch separándolo del ventilador de refrigeración.
16. Remueva los 2 tornillos de ajuste del ventilador de refrigeración al motor con la ayuda de una llave hexagonal de 6 milímetros.
17. Remueva el ventilador de refrigeración del motor.
18. Para el desensamble del motor revisar el manual del fabricante y la sección 6.7.1 de este manual.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.17.

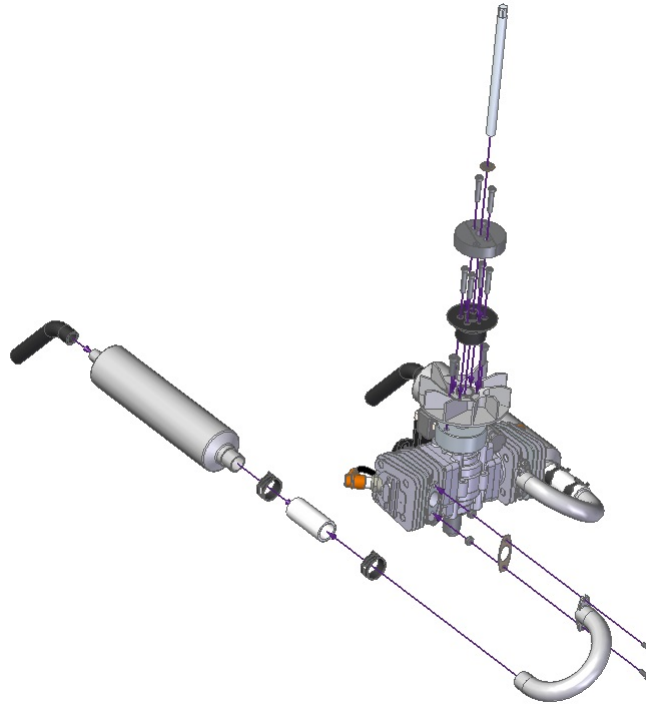


Figura 6.17: Explosionado del sistema de propulsión

6.7.1. MOTOR ZENOAH GT80TWIN

En esta sección se establecen algunos procedimientos de mantenimiento básico del motor Zenoah GT80 usado en el Petirrojo PR-01 de acuerdo a lo establecido en el manual del fabricante. Las instrucciones han sido desarrolladas para asegurar un rendimiento óptimo del motor, es importante que las instrucciones sean leídas detalladamente antes de montar y encender el motor. El motor ha sido modificado de su diseño original para poder encajar en la estructura y que se acople de forma correcta al sistema de transmisión de potencia. Esto se hizo con previa autorización del fabricante Zenoah demostrando que no afecta su operación normal.

6.7.1.1. Instrucciones de Seguridad

Aquí describe las características y funciones del motor. Para información específica de la montura, diríjase a la instrucción del manual incluida con el modelo del helicóptero. Se recomienda seguir estrictamente las instrucciones de seguridad y poner atención a las advertencias sobre

el uso seguro del motor, el cual tiene suficiente potencia para hacer daño si se usa incorrectamente o las precauciones de seguridad no son tenidas en cuenta.

6.7.1.1.1. Recomendaciones generales del fabricante

1. Utilice piezas originales para el reemplazo.
2. Compruebe el estado del rotor (helicóptero). antes de cada encendido del motor. Si este se encuentra en mal estado (rayado, agrietado o dañado, reemplácelo por uno nuevo.
3. Es extremadamente importante que se realice un proceso de balance de la hélice antes de la instalación del motor, de no hacerlo, puede causar daños al motor Zenoah y/o al helicóptero.
4. Mantenga su rostro y cuerpo alejados de la trayectoria de las palas de la hélice al darle arranque al motor.
5. Haga todos los ajustes del carburador para el buen funcionamiento del motor
6. Para detener el motor, el cable conductor negro de la bobina debe estar conectado a tierra (cuerpo del motor), o use las barras de control de aceleración para cortar el aire cerrando por completo la válvula reguladora en el carburador.
7. Asegúrese de que todos los espectadores, especialmente los niños, se encuentren al menos a 6 metros de distancia del helicóptero cuando comience a funcionar el motor.
8. Asegúrese de que el combustible se mantenga en un lugar seguro y lejos de chispas, calor o cualquier fuente que pueda hacer que el combustible se encienda.
9. Asegúrese de que todos los espectadores, especialmente los niños, estén al menos a 6 m de distancia cuando comience a funcionar el motor.
10. Asegúrese de que el combustible se mantenga en un lugar seguro y lejos de chispas, calor o cualquier cosa que pueda ignitar el combustible.

NOTA DE PELIGRO

NUNCA USE LAS MANOS, LOS DEDOS, NI NINGUNA OTRA PARTE DEL CUERPO PARA DETENER LA HÉLICE. NO LANCE NINGÚN OBJETO A LA HÉLICE PARA DETENERLA!

6.7.1.1.2. Recomendaciones de uso y operación

1. Utilice gafas de seguridad o de protección cuando encienda el motor.
2. No haga funcionar el motor cerca de grava suelta o arena. El flujo de la hélice puede arrojar estos hacia los ojos. El motor también podría llegar a ingerir estos materiales

dañando sus partes internas.

3. Evite la ropa suelta al operar el helicóptero y el motor, ya que esta podría enredarse con la hélice, creando la posibilidad de daño corporal. Todos los objetos sueltos (herramientas u otros elementos) deben sacarse de los bolsillos para que no caigan causando daño a la hélice.

6.7.1.1.3. Precauciones

1. El motor en operación normal se llega a calentar a temperaturas muy altas. No intente manipularlo o tocarlo hasta que este se haya enfriado.
2. Encienda siempre el motor en un lugar ventilado, debido a que este motor produce humos nocivos de monóxido de carbono.
3. Nunca modifique el motor sin previa notificación al fabricante.
4. Revise la volante del motor, en caso de daño, reemplácela por una nueva.
5. Cuando mezcle el combustible u opere el motor, hágalo en un área con buena ventilación.
6. Recuerde que el motor produce una gran cantidad de potencia, lo suficiente para herir gravemente a personas y/o causar daños considerables a la propiedad. Utilice siempre el sentido común, la habilidad y la observación constante de las precauciones de seguridad.

6.7.1.2. Desmontaje del motor

El motor Zenoah GT-80 se puede desmontar o volver a montar sin dificultades. Refiérase a la Sección de Mantenimiento del Motor para obtener instrucciones específicas sobre estos procedimientos. Si necesita servicio para su motor Zenoah, envíelo al centro de servicio autorizado en el siguiente dirección:

Horizon Hobby, Inc.
Attention: Zenoah Service
4105 Fieldstone Road
Champaign, IL 61822
Phone: (217) 355-9511

6.7.1.3. Identificación de las partes del motor

Es importante poder identificar las partes de su Motor Zenoah. En la figura 6.18 se encuentra una vista explosionada del motor Zenoah, así como la tabla 6.7 que incluye números de parte, esto le ayudará a identificar rápidamente las partes que lo componen.

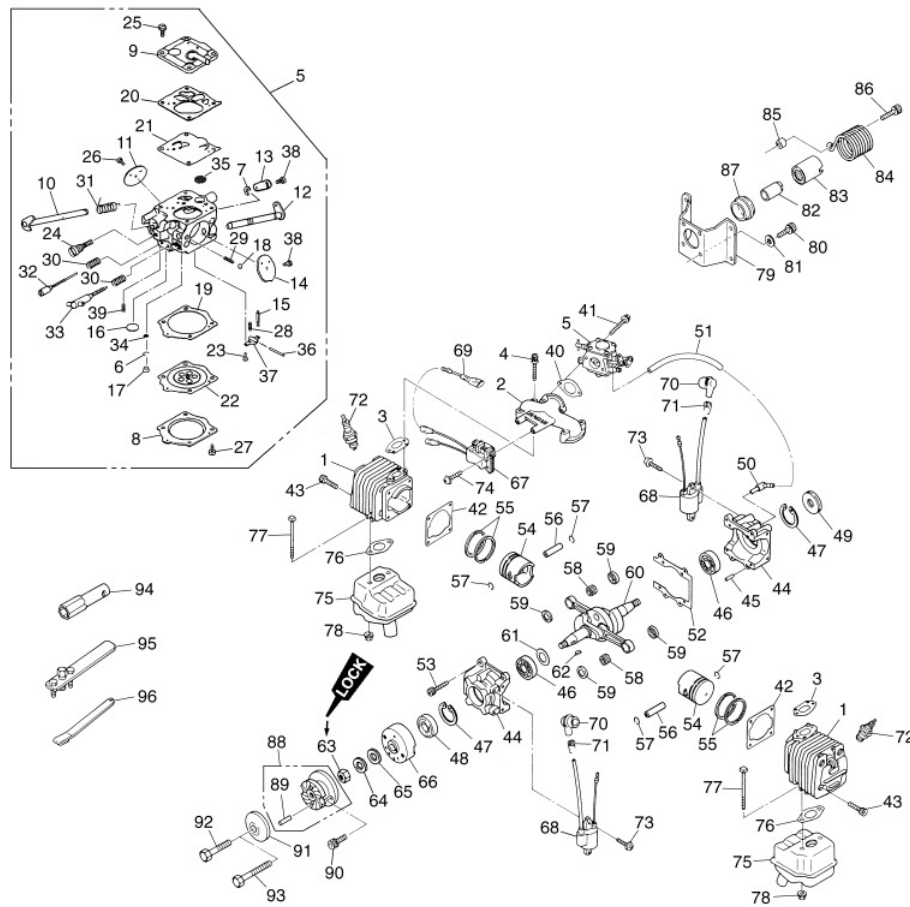


Figura 6.18: Explosionado del motor Zenoah GT80 (Fuente: Zenoah Inc.)

Index No.	Parts No.	Description	Q' ty /unit	Index No.	Parts No.	Description	Q' ty /unit
1	T2080-12110	Cylinder	2	50	2670-21250	• Elbow	1
2	T2080-14110	Manifold	1	51	1065-81100	• Pipe	1
3	2850-14123	Gasket, inlet	2	52	2898-21310	Gasket, crankcase	1
4	3310-72150	Bolt	4	53	01252-30520	Bolt	4
5	2898-81000	Carburetor assy, WJ-64	1	54	T2002-41110	Piston	2
6	3304-81441	• Ring	1	55	2660-41211	Ring, piston	4
7	1148-81390	• Ring	1	56	2850-41310	Pin, piston	2
8	2898-81120	• Cover	1	57	1300-41320	Snap ring	4
9	2898-81130	• Cover	1	58	2850-41410	Bearing	2
10	2898-81150	• Shaft	1	59	2850-41510	Thrust washer	4
11	2898-81340	• Valve	1	60	2898-42000	Crankshaft comp	1
12	2898-81170	• Shaft	1	61	1300-42410	Shim	0-2
13	2898-81440	• Lever	1	62	1000-43240	Key	1
14	2898-81180	• Valve	1	63	1100-43231	Nut	1
15	3310-81311	• Valve	1	64	01641-21016	Washer	1
16	2898-81450	• Plug	1	65	0290-21025	Washer	1
17	3360-81440	• Plug	1	66	1490-71110	Rotor	1
18	2898-81220	• Ball	1	67	2629-71210	Source coil	1
19	2898-81240	• Gasket	1	68	2629-71311	Ignition coil	2
20	2898-81230	• Gasket	1	69	2898-71510	Cord	1
21	2898-81260	• Diaphragm	1	70	2850-72110	Cap, plug	2
22	2898-81270	• Diaphragm	1	71	1400-72121	Spring	2
23	3310-81240	• Screw	1	72	1630-73110	Spark plug	2
24	2898-81330	• Screw	1	73	0263-30414	Screw	4
25	2898-81140	• Screw	4	74	0260-30422	Screw	2
26	1492-81560	• Screw	1	75	2898-15110	Muffler	2
27	3310-81351	• Screw	4	76	T2100-15210	Gasket, muffler	2
28	2898-81370	• Spring	1	77	3356-15220	Bolt	4
29	2898-81350	• Spring	1	78	2850-15230	Nut	4
30	1491-81160	• Spring	2	79	2898-74110	Mount	1
31	2898-81390	• Spring	1	80	01252-30614	Bolt	3
32	2898-81420	• Needle	1	81	3310-71150	Washer	4
33	2898-81410	• Needle	1	82	2699-75110	Boss	1
34	1282-81560	• Screen	1	83	2699-75200	Clutch comp	1
35	3306-81380	• Screen	1	84	2699-75310	Spring	1
36	7620-81610	• Pin	1	85	2699-75320	Collar	1
37	2898-81250	• Lever	1	86	01252-30625	Bolt	1
38	2880-81470	• Screw	2	87	2699-75410	Pad	1
39	3356-81430	• Plug	1	88	2628-51101	Hub, propeller comp	1
40	2898-14131	Gasket, carburetor	1	89	04025-00312	• Pin, spring	2
41	01252-30550	Bolt	2	90	3544-11510	Bolt	2
42	2898-14210	Gasket, cylinder	2	91	2629-51310	Hub, washer	1
43	01252-30520	Bolt	8	92	2629-51410	Bolt	1
44	2898-21001	Crankcase assy (No.45-51)	1	93	2629-91510	Bolt	1
45	2629-21130	• Pin	4	94	1110-91320	Socket	1
46	06030-06202	• Bearing	2	95	1490-96101	Puller assy (Optional)	1
47	04065-03515	• Snap ring	2	96	2670-96220	Stopper (Optional)	1
48	06034-06202	• Bearing	1				
49	1400-21220	• Oil seal	1				

Tabla 6.7: Parte-número de las piezas del motor Zenoah GT80 (Fuente: Zenoah Inc.)

6.7.1.4. Equipo de Soporte

Los siguientes elementos no están incluidos con su motor Zenoah pero son necesarios para su funcionamiento.

6.7.1.4.1. Combustible — Mezcle gasolina tipo súper (extra/alto octanaje) y aceite aintético para motor 2 tiempos en una proporción de mezcla de 25-40:1.

Nota: Asegúrese de utilizar mangueras de gasolina resistentes al combustible (no utilice mangueras de caucho de silicona). Nunca use combustible de alcohol (metanol) o combustible con alcohol agregado, ya que esto dañará los sellos de caucho del carburador.

6.7.1.4.2. Arrancador eléctrico — El helicóptero tiene un arrancador el cual se acopla al eje del sistema de propulsión, este se debe accionar por medio de un taladro eléctrico inalámbrico de alto torque. Para más información revise la parte 9.1 de este M/OM.

6.7.1.5. Operación

A continuación se explicarán los procesos de arranque y apagado del motor Zenoah GT80, incluyendo el ajuste de las agujas del carburador.

6.7.1.5.1. Arranque del motor — La siguiente lista describe el proceso de arranque del motor:

1. Llene los tanques de combustible con la mezcla para motor dos tiempos recomendada por Zenoah.
2. Empape el carburador con la mezcla de combustible por medio de una jeringa.
3. Baje el control de aceleración del motor de tal manera que quede cerrado el paso de combustible y después abra la válvula reguladora (mariposa del carburador) aproximadamente 1/3-1/2 de la posición de completamente abierta.
4. De arranque al motor por medio del taladro de alto torque hasta escuchar que hay explosión dentro del motor (arranque).
5. En caso de no encender, ajuste la válvula reguladora (mariposa del carburador) en la posición de ralentí o en la posición ligeramente abierto desde la posición original inactiva y continúe aplicando torque por medio del taladro hasta que arranque el motor.
6. Se debe ajustar el paso del rotor para obtener de 9.000 a 10.000 rpm del motor (máxima velocidad).

6.7.1.5.2. Apagado del motor — La capacidad de apagar el motor en caso de emergencia es de extrema importancia. Para detener el motor, el cable-conductor negro de la bobina debe estar conectado a tierra (cuerpo del motor), o la válvula reguladora debe estar completamente cerrada. Se recomienda la instalación de un interruptor de 'parada' o 'apagado'. La figura 6.19 muestra un esquema del sistema de apagado del motor.

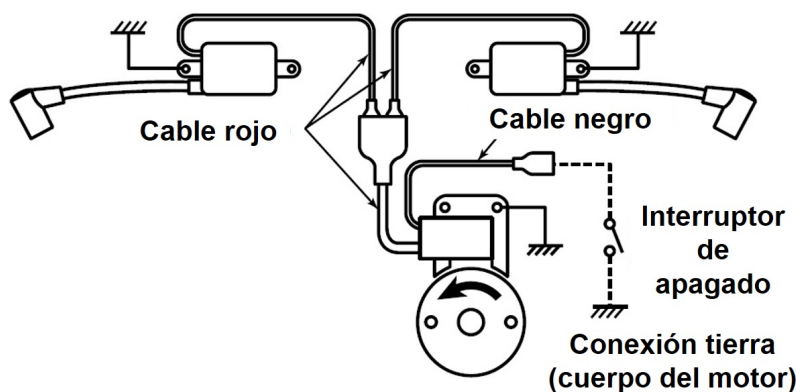


Figura 6.19: Esquema de apagado del motor Zenoah GT80 (Fuente: Zenoah Inc.)

6.7.1.5.3. Ajuste del carburador — El carburador está provisto de tres tornillos (agujas) de ajuste, que están configurados de fábrica en las mejores posiciones (aproximadas). Estos pueden necesitar un ajuste menor, dependiendo de la temperatura, la humedad, la presión atmosférica (altitud), etc., o de la zona (medio ambiente) donde se utilizará el motor. La figura 6.20 muestra un esquema de los tornillos que encontrará en el carburador.

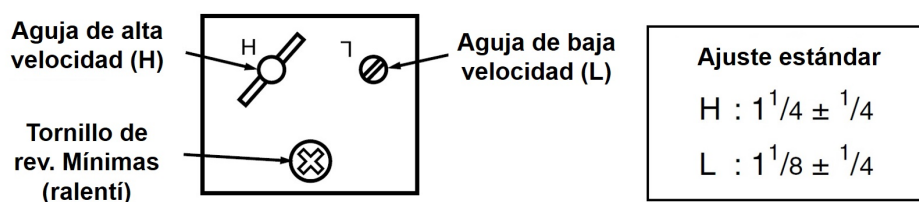


Figura 6.20: Esquema de ajuste de los tornillos (agujas) del carburador del motor Zenoah GT80 (Fuente: Zenoah Inc.)

La siguiente lista describe el proceso de arranque del motor Zenoah GT80 ajustando de los tornillos (agujas) del carburador:

1. Arranque el motor sin hacer ningún ajuste.
2. Realice ajustes solo cuando el motor muestre señales de funcionamiento ineficiente.
3. Los ajustes estándar de cada aguja son los siguientes:
 - Aguja de baja velocidad (L): $1 \frac{1}{8} \pm \frac{1}{4}$
 - Aguja de alta velocidad (H): $1 \frac{1}{4} \pm \frac{1}{4}$

A continuación, se describen los ajustes a los tornillos (agujas) del carburador del motor Zenoah GT80:

- Tornillo de Ralentí: se debe girar este tornillo en el sentido de las agujas del reloj para que se puedan aumentar las RPM del ralentí. Girarlo en sentido anti-horario disminuye la RPM del ralentí.
- Aguja de Baja Velocidad (L): Este es el tornillo de ajuste de combustible (no el tornillo de aire). Al girar esta aguja en el sentido horario, hace la mezcla de gasolina más pobre y girándola en sentido anti-horario la hace más rica.
- Aguja de Alta Velocidad (H): Girando esta aguja en sentido horario hace que la mezcla de gasolina sea más pobre, y girándola en sentido anti-horario la hace más rica. Ponga esta aguja en la posición de 1/4 abierto desde la posición máxima de RPM mientras la aeronave se encuentra en tierra.

Nota: No deje las agujas de velocidad alta y baja demasiado apretadas.

Cuando el motor se enciende y no está lo suficientemente caliente, puede haber aceleración insuficiente y puede llegar a apagarse. Asegúrese de permitir que el motor se caliente en ralentí durante unos minutos antes de realizar la operación normal.

6.7.1.6. *Cuidado y Mantenimiento del Motor*

6.7.1.6.1. Recomendaciones generales — Con el objetivo de prolongar la vida útil del motor Zenoah, el fabricante recomienda lo siguiente:

1. Use un aceite de 2 tiempos de calidad Zenoah mezclado en una relación 32 a 1.
2. Utilice las bujías recomendadas.
3. Ajuste siempre el motor a una configuración ligeramente rica.
4. Para almacenamiento a largo plazo, asegúrese de que no quede combustible en los tanques y en el motor. Retire las bujías y aplique varias gotas de aceite de alta calidad (por ejemplo, Marvel Air Tool Oil) en la parte superior del motor y en el agujero de este componente. Gire el cigüeñal varias veces. Almacene el motor en la caja en la que vino o instalado en la aeronave con la punta del eje del cigüeñal (eje de arranque) apuntando hacia abajo para mantener el aceite en los rodamientos.

6.7.1.6.2. Mantenimiento del motor — El motor se puede desensamblar o volver a ensamblar sin dificultad, sin embargo, tenga en cuenta lo siguiente:

Para el desmontaje, se requieren de herramientas especiales que son requeridas para el desmon-

te de algunas piezas (tapón, conjunto de extractor), junto a herramientas generales. Asegúrese de utilizar una junta nueva cuando el cárter y el cilindro sean desmontados.

Nota: Debido a que el cigüeñal es de tipo 'ensamblado', no desmonte, golpee ni tuerza su extremo.

6.7.1.6.3. Desmontaje del motor

1. Desmonte el motor de la aeronave.
2. Retire el carburador y el sello aislante con cuidado de no hacerle daño la junta.
3. Retire los exostos.
4. Retire la bujía y el módulo de encendido (magneto).
5. Retire el ventilador de refrigeración de la volante. Si no se puede separar, utilice un martillo de plástico y golpee ligeramente la pieza.
 - Enrosque el tapón en lugar de la bujía, luego gire el rotor en sentido anti-horario hasta que el pistón toque el tapón. Tenga cuidado, ya que puede causar daños al pistón o biela si el tope no está atornillado al fondo.
 - Afloje y retire la tuerca de fijación del rotor.
 - Retire el rotor utilizando el extractor. No golpee el cigüeñal con el martillo de plástico, ya que esto puede incrementar el riesgo de descentrar (desbalanceo) del eje.
6. Desmonte el motor de la estructura del fuselaje.
7. Quite los cuatro tornillos del cárter.
8. Golpee suavemente alrededor del lado de ajuste de la carcasa con el martillo de plástico y separe lentamente el cárter del bloque del cilindro.
9. Extraiga el cigüeñal con el pistón, los rodamientos y otras partes adjuntas.
10. Retire la llave Woodruff del cigüeñal.
11. Quite el sello del aceite, el anillo de retención y los rodamientos.
12. Retire el circlip y extraiga el pasador del pistón.
13. Retire las arandelas de empuje y el rodamiento de agujas del extremo más pequeño de la biela
14. Retire el anillo del pistón.
15. Lave cada parte. Compruebe si hay abrasión y daños, y reemplace cualquier pieza que esté defectuosa.

6.7.1.6.4. Montaje del motor

1. Aplique aceite de motor (SAE # 30) en el interior del cilindro y a los rodamientos de agujas en el extremo más grande de la biela.

2. Monte el anillo en el pistón.
3. Monte el rodamiento de agujas y la arandela de empuje (con su ranura de aceite mirando hacia adentro) al extremo más pequeño de la biela y aplique aceite de motor (SAE # 30).
4. Con la flecha en la parte superior del pistón mirando hacia el lado recto (lado opuesto de la hélice) del cigüeñal, monte el pistón en la parte superior de la biela e inserte el pasador del pistón con su extremo en lado del puerto de escape.
5. Monte el circlip.
6. Monte los rodamientos, el anillo de retención y el sello de aceite en el cigüeñal (Aplique grasa de litio en el área del labio del sello de aceite y colóquelo, preste atención a su dirección).
7. Limpie las superficies de contacto del bloque de cilindro y el cárter, y aplique lubricante al empaque (Permatex o equivalente).
8. Ponga el pistón en el cilindro, con la flecha mirando en la dirección del puerto de escape. Ajuste el cigüeñal al bloque del cilindro. Luego, coloque el sello de aceite en el bloque del cilindro. La junta del anillo de resorte debe ponerse verticalmente.
9. Monte el cárter en el bloque del cilindro y apriete los tornillos.
10. Compruebe que el cigüeñal se pueda girar con suavidad manualmente.
11. Vuelva a colocar la llave Woodruff.
12. Reemplace el rotor (volante), ajustándolo a la llave Woodruff. Apriete la tuerca del cubo después de haber aplicado el trabarrosas (Trabarrosas azul Z-42 o equivalente) a los dientes.
13. Aplique trabarrosas (Trabarrosas azul Z-42) a los pernos del silenciador y móntelo.
14. Aplique trabarrosas (Trabarrosas azul Z-42) a los tornillos del módulo de ignición y fije la bobina temporalmente.
15. Ponga el rotor (volante) de modo que el imán esté ubicado en el lado opuesto del módulo. Ubique un pie de rey entre el núcleo del módulo y el rotor (volante) y ajuste el espacio a $0,25 \pm 0,35$ mm ($0,01 \pm 0,014$ pulg). Luego apriete los tornillos aplicando trabarrosas (Trabarrosas azul Z-42).
16. Usando una junta nueva, fije el aislante con tornillos, los cuales deben tener aplicado trabarrosas (Trabarrosas azul Z-42).
17. Usando una junta nueva, monte el carburador con tornillos, prestando atención a la dirección de montaje.
18. Apriete la placa de montaje usando tornillos con trabarrosas (Trabarrosas azul Z-42) aplicado.
19. Instale la bujía.

6.7.1.7. Especificaciones del Motor

La tabla 6.8 muestra las especificaciones del motor Zenoah GT80. La figura 6.21 muestra las medidas generales del motor.

Motor	GT-80
Longitud	191.5 mm
Ancho	257 mm
Altura	190 mm
Desplazamiento	78.65 cm ³
Diámetro	0.62x2 mm
Stroke	0.48x2 mm
RPM	1800—10,000
Potencia	6 Hp
Peso	3.57 kg
Carburador	WJ-64
Silenciadores Opcionales	BIS07445/6

Tabla 6.8: Especificaciones generales del motor Zenoah GT80 (Fuente: Zenoah Inc.)

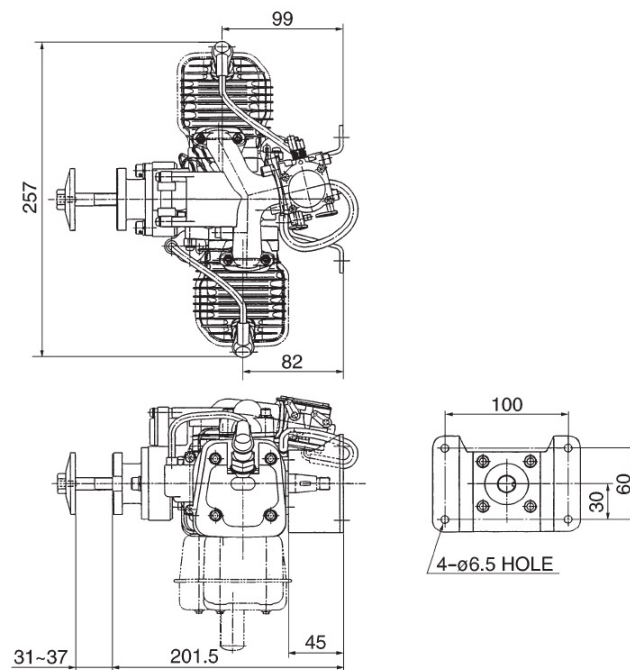


Figura 6.21: Medidas generales del motor Zenoah GT80 en milímetros (Fuente: Zenoah Inc.)

6.8. SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA

La transmisión del Petirrojo PR-01 está diseñada para poder llevar la potencia y el movimiento de rotación desde el motor hasta los rotores principal y de cola. En esta sección se muestra el proceso de remoción, reemplazo y mantenimiento del sistema de transmisión del helicóptero. A continuación, se describe la forma en que la transmisión funciona en el Petirrojo PR-01 y que se puede observar en la figura 6.22.

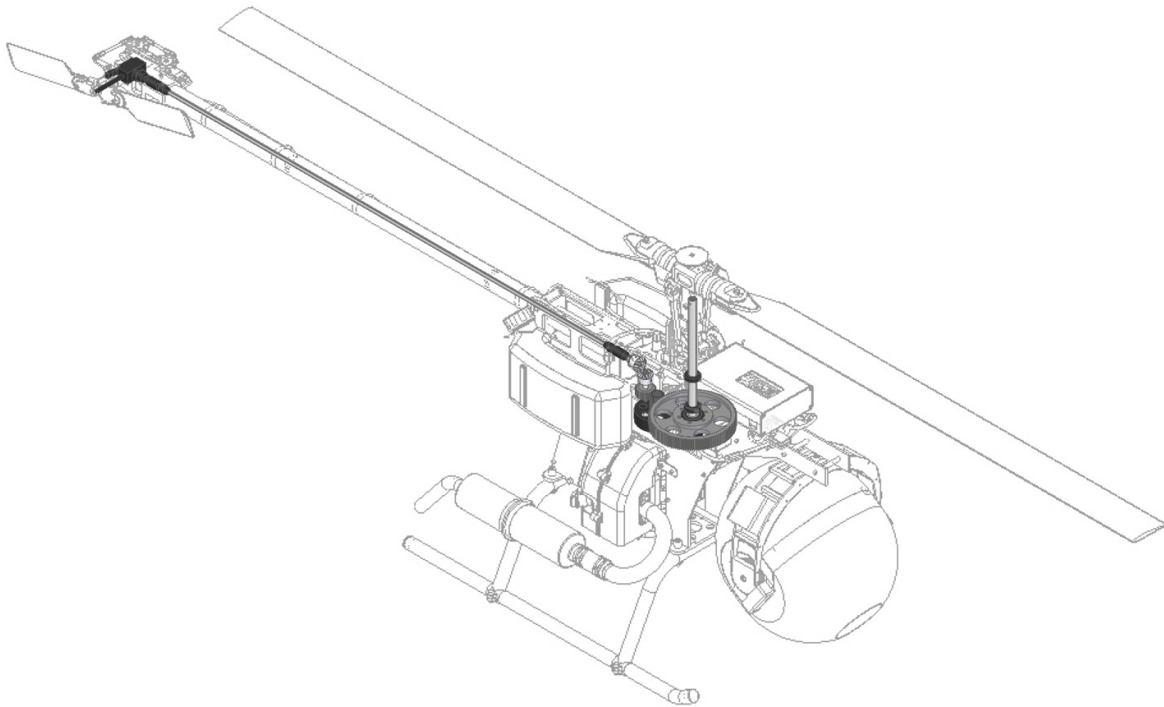


Figura 6.22: Sistema de transmisión de potencia

La potencia del motor es usada para que el clutch centrífugo se conecte con la campana, la cual tiene añadido un engranaje recto. Este, es elemento que va a mover el engranaje de mayor dimensión que se encuentra en la parte delantera y que a su vez hace que el eje del rotor principal gire. Hacia la parte de atrás la campana (engranaje) mueve el engranaje recto pequeño, el cual transmite la rotación a un eje de 8 milímetros moviendo a las mismas rpm's el engranaje cónico el cual se encuentra en el extremo superior de este y que hace parte de la caja de transmisión de 90 grados que se encuentra en el fuselaje y que se conecta al otro engranaje cónico que se encuentra en el extremo frontal del boom de cola. Este último, tiene un acople (hembra) para el cardan que conduce las revoluciones a todo el cardan a lo largo del

boom de cola hasta acoplarse a la caja de 90 grados del rotor de cola donde esta le imprime el movimiento al rotor de cola. Todo esto se puede ver en el esquema del sistema de transmisión en la figura 6.23, incluyendo la dirección del movimiento de rotación de cada componente.

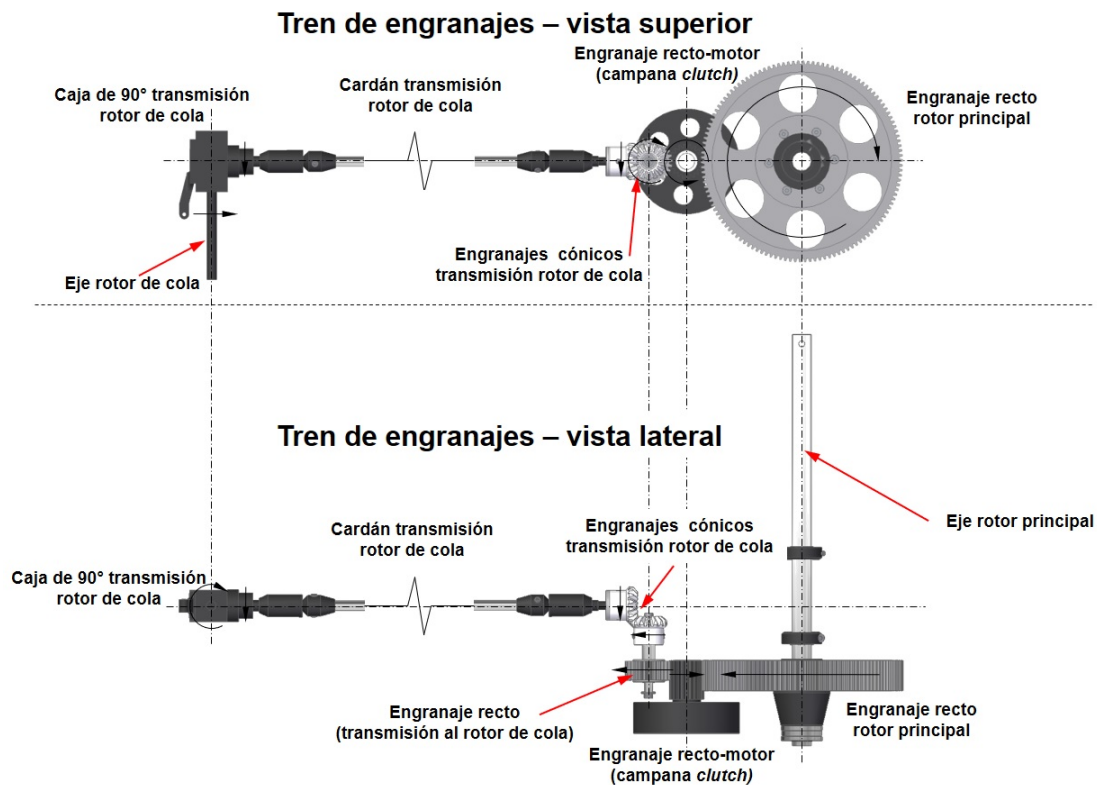


Figura 6.23: Esquema del sistema de transmisión de potencia

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales o rastros de esfuerzos en los dientes del engranaje del rotor principal que es el que recibe el mayor torque. Moviéndolo este último, se puede verificar que toda la transmisión funciona de manera adecuada, en caso de sentir algún tipo de bloqueo o salto durante el chequeo, se debe cancelar el vuelo o la misión, procediendo a seguir los pasos de la lista que prosigue. Engrase los dientes de los engranajes con la grasa extrema 10/360 del fabricante VARIO, asegurando una operación suave del rose entre piezas.

NOTA DE PELIGRO

Cualquier bloqueo que encuentre en el sistema de transmisión es señal de que no es segura la operación, por favor abstenerse de realizar el vuelo hasta que se proceda a una inspección de todos los componentes

Para los servicios de 140 ciclos, si encuentra un bloqueo en algún chequeo periódico o en caso de accidente se debe hacer una inspección de todos los componentes del sistema de transmisión, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema. Verifique el estado de cada engranaje en búsqueda de grietas y de igual manera verifique el estado de los ejes por señales de corrosión en la superficie

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble del sistema de transmisión:

1. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de combustible de la parte 6.11 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
2. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema eléctrico de la parte 6.10 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).
4. Remueva las palas de ambos rotores de acuerdo a lo establecido en las listas de las secciones 6.9.1 y 6.9.2 de este manual.
5. Remueva el rotor principal y el de cola de acuerdo a lo establecido en las listas de las secciones 6.9.1 y 6.9.2 de este manual.
6. Remueva los exostos del motor de acuerdo a la sección 6.7 de este manual.
7. Remueva el boom de cola de acuerdo a la sección 6.5.2 de este manual.
8. Remueva la tapa trasera de la carcasa de transmisión del rotor de cola de acuerdo a lo establecido en la sección 6.5.2 de este manual.
9. Remueva la caja de 90 grados del rotor de cola que se encuentra al final del boom de cola (parte trasera del helicóptero).
10. Desensamble la carcasa de refrigeración del motor al igual que las platinas laterales de la estructura del fuselaje del helicóptero de acuerdo a lo establecido en la sección 6.5.1 de este manual.
11. Remueva los soportes del boom de cola de acuerdo a lo establecido en la lista de la sección 6.5.1 de este manual, tenga cuidado en el desacople del engranaje cónico de la caja de 90 grados que se encuentra acoplado al eje hembra de transmisión del cardan.
12. Remueva los tornillos prisioneros del engranaje cónico con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros y deslice el este elemento hasta removerlo del eje. Tenga cuidado de no

- extraviar las arandelas de ajuste del engranaje cónico.
13. Deslice hacia arriba las platinas rectangulares/horizontales, que sostienen el sistema de transmisión y que se encuentran en el fuselaje, de tal manera que se desacople el eje de 8 milímetros que se encuentra acoplado al motor.
 14. Remueva la campana del clutch verificando el estado de los dientes y de los rodamientos.
 15. Desacople las prensas de anillo de 12 milímetros que se encuentran en el eje del rotor principal con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
 16. Deslice y remueva el eje de 12 milímetros hacia abajo.
 17. Remueva el engranaje del rotor principal.
 18. Remueva los seis tornillos de cabeza avellanada que acoplan el engranaje del rotor principal con el sistema de autorrotación con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros, verificando el estado de los dientes del engranaje y los rodamientos.
 19. Remueva el rodamiento axial de bolas SKF de referencia 51101 deslizándolo hacia arriba a lo largo del eje de 12 milímetros del rotor principal.
 20. Remueva los tornillos hexagonales que se encuentran en la parte superior e inferior del eje de 8 milímetros con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
 21. Deslice el engranaje recto del eje de 8 milímetros deslizándolo hacia abajo a lo largo del eje, tenga cuidado de no extraviar el bloqueo del engranaje al eje (media-luna).
 22. Remueva los tronillos prisioneros del engranaje cónico del eje de 8 milímetros con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
 23. Desacople la junta universal (macho) del eje del cardan removiendo los tornillos prisioneros con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros en ambos extremos de este mismo.
 24. Remueva la tapa trasera de la caja de 90 grados del rotor de cola con la ayuda de una llave hexagonal de 2 milímetros.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.24.

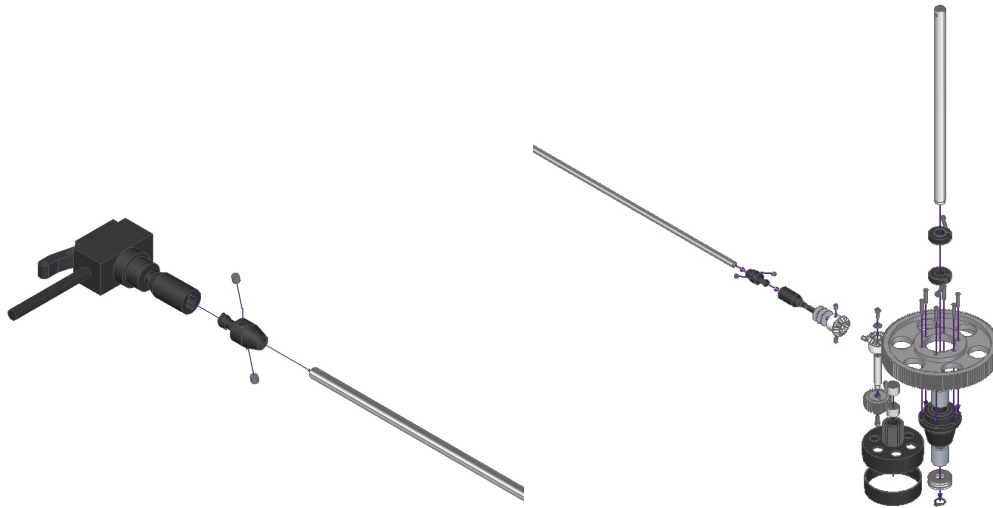


Figura 6.24: Explosionado del sistema de transmisión de potencia

6.9. SISTEMA DE ROTORES

6.9.1. SISTEMA DE ROTOR PRINCIPAL

El rotor principal tiene dos palas de material compuesto del fabricante SAB sostenidas en su raíz por la uña de control de paso a cada lado del núcleo (hub) o cuerpo central del rotor mediante un eje horizontal denominado el eje spindle, unas arandelas de ajuste y varios rodamientos. Este eje se sostiene en dos sellos (O-ring) elásticos de caucho en los cuales se balancean las palas haciendo que este sistema sea clasificado como un rotor semirrígido o de balancín. Las uñas del rotor están conectadas por medio de unos brazos a las barras de control de paso, que a su vez se conectan a la parte móvil del swachplate. La parte fija de este elemento se conecta a los 3 servos de control por medio de unas barras. En el eje se instala un driver que es utilizado para asegurar que la parte móvil del swashplate gire a las mismas revoluciones que la cabeza del rotor principal. En la parte superior se ubica una cubierta, la cual es utilizada para poder agarrar el helicóptero para el transporte.

La figura 6.25 muestra la distribución del sistema del rotor principal en el helicóptero.

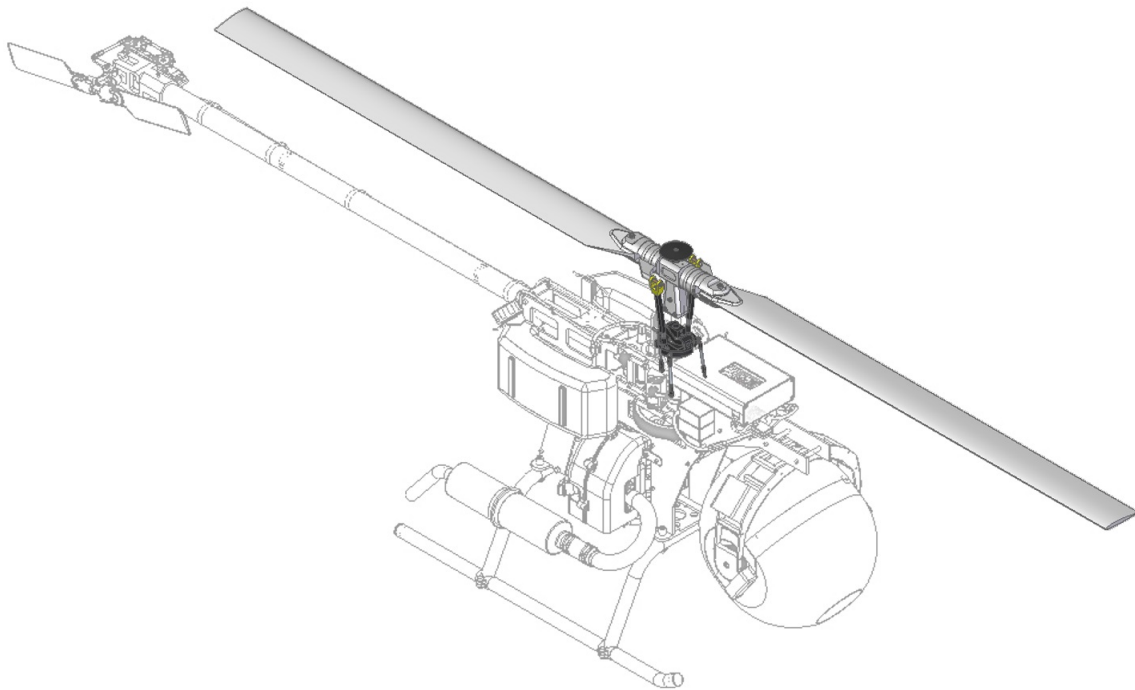


Figura 6.25: Sistema de rotor principal

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales en las palas o desgaste en las piezas metálicas. Los elementos que componen todo el rotor no se debe reparar, en caso de fallo estos se deben cambiar por unos nuevos.

NOTA DE PELIGRO

En caso de tener un movimiento excesivo de flapping en las palas del rotor, se debe inspeccionar de inmediato el estado de los sellos de cacho (O-ring). En caso de notar que estos sellos se han degradado de su condición inicial, se deben reemplazar de inmediato. Realizar una misión con los sellos desgastados puede ocasionar un aumento excesivo en las vibraciones del helicóptero.

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a la estructura primaria, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble del rotor principal:

1. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de combustible de la parte 6.11 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
2. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema eléctrico de la parte 6.10 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).
4. Remueva las palas del rotor principal aflojando los tornillos que se encuentran en la raíz con la ayuda de una llave hexagonal de 5 milímetros y una llave expansora para restringir el movimiento de la tuerca de ajuste y seguridad que se encuentra en la parte inferior de la uña de agarre. Tenga cuidado de no extraviar las arandelas plásticas de ajuste que se encuentran entre la pala y la parte interna de la uña de agarre.
5. Remueva el tornillo de la cubierta superior con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
6. Desensamble las barras de control de los 3 servos con la ayuda de una pinza plana.
7. Desajuste los dos tornillos del driver del swashplate con la ayuda de una llave hexagonal de 4 milímetros.
8. Desajuste los dos tornillos de la parte inferior del núcleo del rotor principal con la ayuda de una llave hexagonal de 4 milímetros.
9. Remueva el tornillo central del núcleo con la ayuda de una llave hexagonal de 4 milímetros.
10. Deslice todo el conjunto hacia la parte de arriba del helicóptero incluyendo el swashplate. Asegúrese de inclinar este último componente para que no se bloquee con la guía que se encuentra en la estructura del fuselaje.
11. Desacople las tres barras de control del swashplate con la ayuda de la pinza plana.
12. Desacople el drive del swahplate con la ayuda de la pinza plana.
13. Remueva los tronillos de la cubierta superior del swahplate con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
14. Remueva los tornillos que se encuentran en la parte inferior de las barras de control de paso y que se ajustan a la cubierta del swashplate con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
15. Remueva los tornillos del acople superior de las barras de control paso que se ajustan a los brazos de las uñas de agarre de las palas con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
16. Remueva los tornillos de la parte inferior del acople de las barras de control paso con la ayuda de una llave hexagonal de 4 milímetros.
17. Remueva los brazos de las uñas de agarre de las palas desajustando los 2 tornillos de ensamble con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
18. Remueva las uñas de agarre de las palas del núcleo con la ayuda de dos llaves hexagonales

de 5 milímetros que deben ser insertadas en el agujero interno de cada una. Remueva uno de los tornillos y utilícelo para empujar el spindle y de esta manera remover la uña del lado contrario.

19. Remueva los rodamientos y las arandelas de ajuste de cada uña para verificar su estado. En caso de sentir que los rodamientos se encuentran bloqueados o con algún tipo de traba, estos se deben reemplazar por unos nuevos.
20. Remueva los sellos de caucho (O-ring) del spindle deslizándolos a lo largo de este mismo. En caso de encontrar desgaste en estos componentes reemplácelos por unos nuevos.
21. Desajuste los dos tornillos prisioneros desde la parte superior del núcleo y que retienen las guías plásticas del spindle con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
22. Remueva las guías plásticas del spindle deslizándolas hacia la parte afuera, alejándolas del núcleo del rotor principal.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.26.

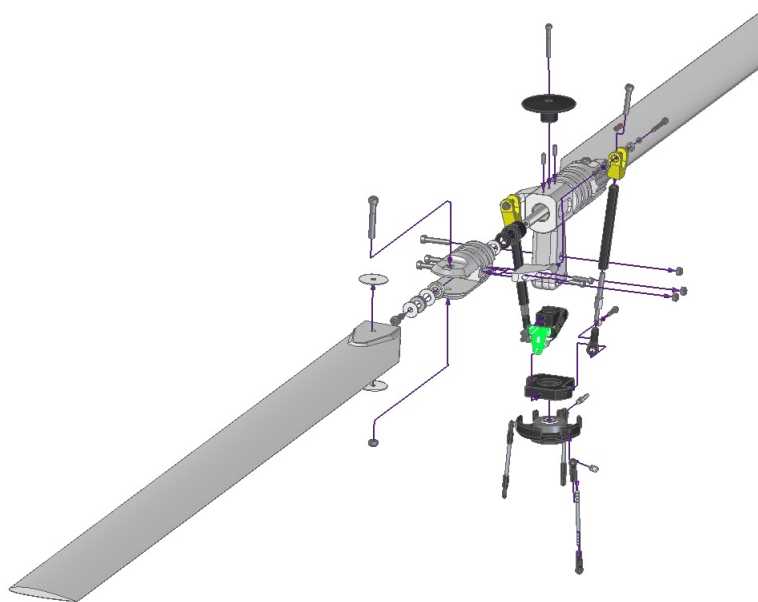


Figura 6.26: Explosionado del sistema de rotor principal

6.9.2. SISTEMA DE ROTOR DE COLA

El rotor de cola, al igual que el rotor principal, tiene dos palas de material compuesto del fabricante VARIO sostenidas en su raíz por la uña de control de paso a cada lado del spindle/núcleo (hub) o cuerpo central del rotor que a su vez es el eje de unión de ambas palas.

Las uñas tienen en su interior unas arandelas de ajuste y varios rodamientos. Las uñas del rotor están conectadas a las barras de control de paso, que a su vez se conectan a un sistema conocido como el delta 3 que se encarga de asegurar el flapping en el rotor de cola. Este último componente se ensambla a un eje deslizante de cobre que en el exterior tiene una cubierta que se usa para transmitir el movimiento del mando de cambio de paso desde las barras de control. Desde los servos del rotor de cola se acopla una barra de control que transmite el movimiento por medio de una barra de recta que se acopla al sistema deslizante en el eje del rotor de cola.

La figura 6.27 muestra la distribución del sistema del rotor de cola en el helicóptero.

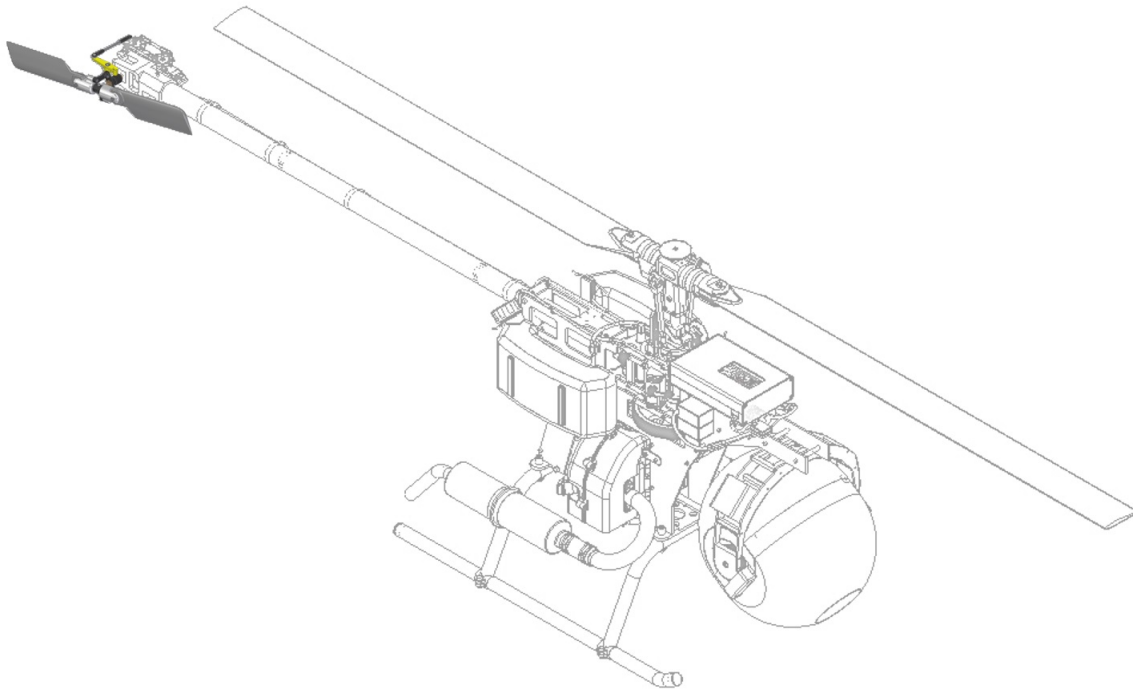


Figura 6.27: Sistema de rotor de cola

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en limpieza constante antes y después de la operación y en la inspección en búsqueda de cortes o grietas superficiales en las palas o desgaste en las piezas metálicas. Los elementos que componen todo el rotor no se debe reparar, en caso de fallo estos se deben cambiar por unos nuevos.

NOTA DE PELIGRO

Es importante mantener un control de limpieza adecuado ya que el eje está expuesto al medio ambiente, en caso de sentir algún ruido durante la rotación, se debe apagar inmediatamente el helicóptero e inspeccionar la fuente. Lubrique esta parte antes de cada operación con un aceite sintético.

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a la estructura primaria, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble del rotor de cola:

1. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de combustible de la parte 6.11 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
2. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema eléctrico de la parte 6.10 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
3. Remueva la carga paga de la parte frontal (de acuerdo a la misión).
4. Verifique los procesos de desensamble de las partes del rotor principal de la parte 6.9.1 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
5. Verifique los procesos de remoción de las partes que componen la estructura del boom de cola de la parte 6.5.2 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
6. Desacople la barra de control que conecta al servo con el rotor de cola con la ayuda de la pinza plana.
7. Remueva el tornillo de la barra de aluminio larga con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros. Tenga cuidado de no extraviar las arandelas de ajuste que se encuentran en la parte inferior de la barra de aluminio larga.
8. Remueva los dos rodamientos de la barra de aluminio larga empujándolos hacia arriba y hacia abajo.
9. Remueva los dos tornillos prisioneros del eje/spindle del rotor de cola con la ayuda de una llave hexagonal de 4 milímetros.
10. Deslice el rotor de cola a lo largo del eje de 8 milímetros de tal manera que salgan tanto el eje/spindle como el cilindro deslizante.
11. Desensamble las palas del rotor de cola removiendo el tornillo que retiene a cada una de

ellas, junto con la tuerca de seguridad con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros. Tenga cuidado de no extraviar las arandelas plásticas de ajuste que se encuentran entre la pala y la parte interna de la uña de agarre.

12. Desensamble la uña del rotor de cola removiendo el tornillo de la parte interna de este componente con la ayuda de una llave hexagonal de 3 milímetros.
13. Retire la arandela de ajuste y los rodamientos de cada uña de agarre.
14. Desensamble las barras de control de paso que se encuentran conectando la uña de agarre y el componente delta 3 removiendo el tornillo con la ayuda de la llave hexagonal de 2 milímetros. Tenga cuidado de no extraviar la arandela de separación que hay entre el tornillo y el rodamiento. Retire el rodamiento de la barra de control de paso empujándolo hacia afuera.
15. Desensamble las barras de control de paso del componente delta 3 removiendo el pin de retención soltando la arandela de seguridad con la ayuda de una pinza de punta fina.
16. Remueva la tuerca del eje de cobre deslizante con la ayuda de una llave expansora.
17. Remueva el componente delta 3 del eje de cobre deslizante.
18. Remueva la cubierta deslizante del eje de cobre deslizante.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.28.

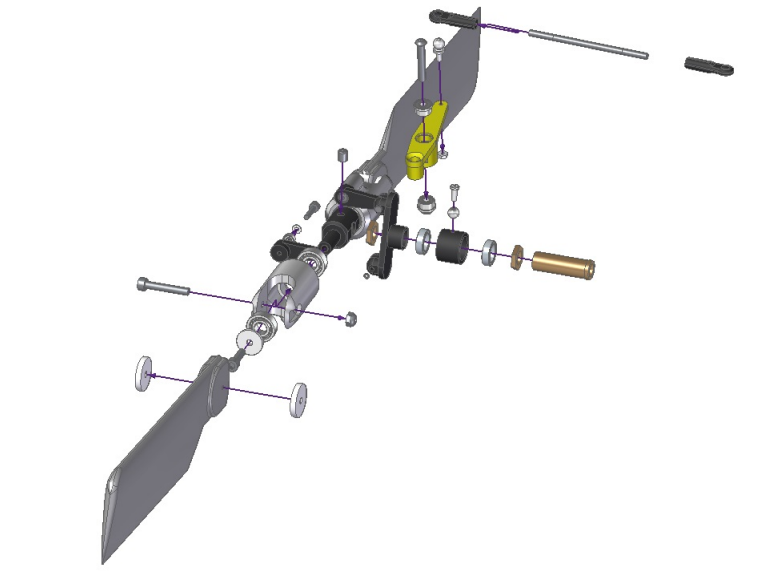


Figura 6.28: Explosionado del sistema de rotor de cola

6.9.3. AJUSTE DEL TRACKING Y BALANCE

En el helicóptero Petirrojo PR-01 el ajuste del tracking se refiere a que cuando las dos palas del rotor principal en el momento que se encuentre en movimiento de rotación, las puntas de cada una de estas deben seguir el mismo plano, en caso contrario se considera que la aeronave tiene estos componentes por fuera de tracking. Esto se muestra en la figura 6.29. El proceso para poder hacer este ajuste se encuentra en las listas de verificación pre-vuelo de la sección 9 de este M/OM.

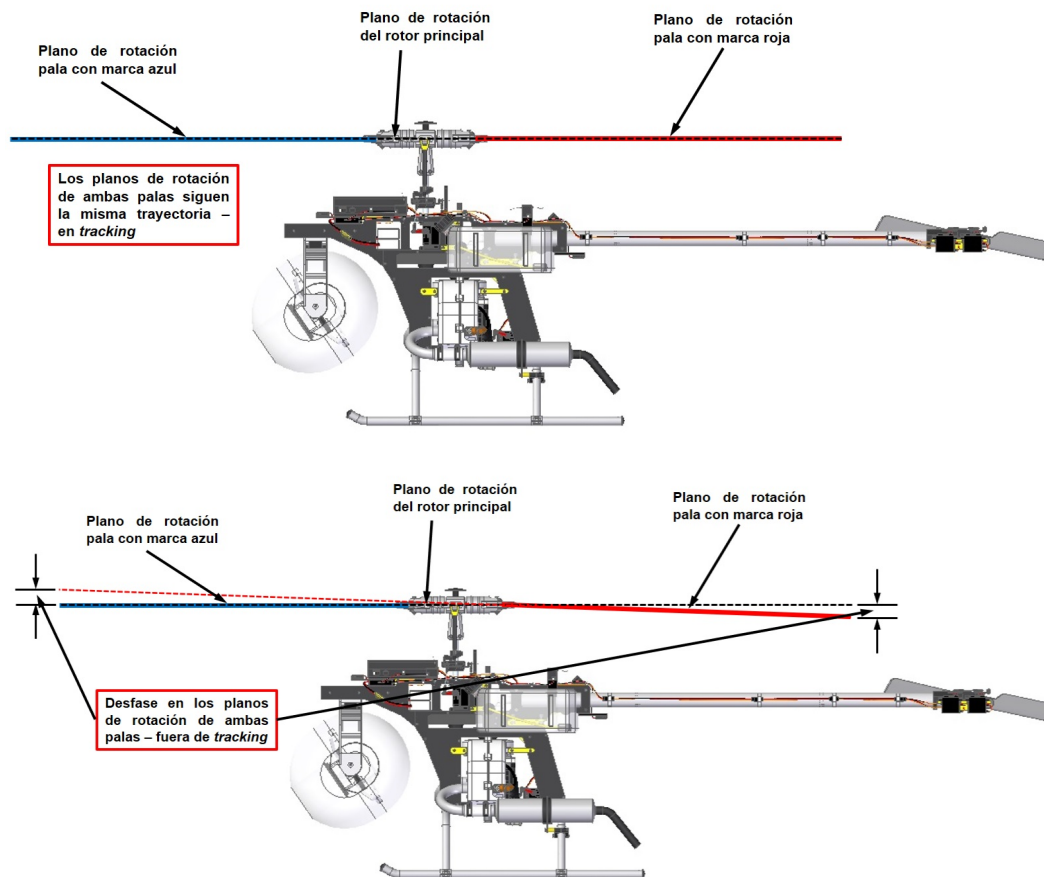


Figura 6.29: Explicación del ajuste de tracking en el rotor principal

Las palas deben pasar por un proceso de balance estático, en el cual, se establece la posición del centro de gravedad (cg) de este componente. El Petirrojo PR-01 es una aeronave que cuenta con dos palas tanto en su rotor principal como en el de cola. De acuerdo al fabricante (SAB), para ambos rotores las dos deben tener el cg en el mismo punto que es alrededor del 42 % de su longitud como se observa en la figura 6.30.

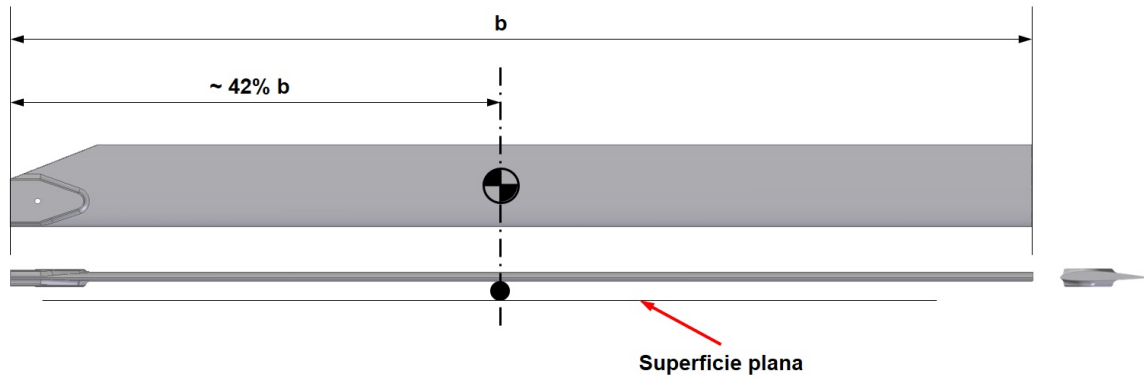


Figura 6.30: Balance estático pala MR

Las palas deben pasar por un proceso de balanceo estático, en el cual, se utiliza una superficie plana y nivelada y una barra cilíndrica con una longitud mayor a la cuerda del perfil de la pala. La siguiente lista explica el proceso de balanceo:

1. Ubique la barra cilíndrica entre la pala y la superficie plana en la posición aproximada de donde se debe encontrar el cg como se muestra en la parte inferior de la figura 6.30.
2. Cuando la pala se encuentre balanceada, esta debe quedar suspendida desde su cg sin tocar ninguno de sus extremos (raíz o punta) con la superficie plana como se ve en la parte inferior de la figura 6.30.
3. Marque el punto a lo largo de pala donde está ubicado el cg como se muestra en la parte superior de la figura 6.30.
4. Repita el proceso 1 al 3 de este listado con la otra pala.
5. Compare la ubicación del cg en ambas palas, si esta difiere debe hacer un ajuste a una de ellas (la que tenga el cg más alejado del 42% de la longitud total) por medio de la adición de una cinta a la punta o a la raíz de la pala hasta lograr que ambas queden igual en su balance.

6.10. SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROLES DE VUELO

El sistema eléctrico en el Petirrojo PR-01 se compone de dos baterías de litio-polímero (LiPo) cada una de 5000 mAh a 7.4 Voltios y de dos celdas, las cuales alimentan de energía eléctrica a un receptor de señal consta de un receptor marca JR de referencia R1222 el cual recibe la carga de la batería y la administra al resto de componentes de tal manera que cada uno de

ellos obtiene el voltaje apropiado. Este componente también recibe las señales en la banda de 2.4GHz enviadas por medio del transmisor (radio/control) a cuatro antenas DMS denominadas satélites (GNSS) de tipo omnidireccional y que se encuentran en diferentes posiciones en el helicóptero con el fin de asegurar que la señal sea captada sin importar la ubicación espacial del vehículo.

Al receptor se conecta el sistema de estabilización/control de mara ALIGN con referencia 3GX el cual recibe la alimentación tanto de energía como de señal enviada desde el radio/control (transmisor). Este sistema se encarga de enviar tanto la energía eléctrica (7.4 Voltios) como la señal directamente a cada servo/motor, como también de estabilizar el helicóptero en sus tres ejes de control por medio de un arreglo de giróscopos electrónicos incluidos en este mismo componente.

En el Petirrojo PR-01 hay seis servo-motores de marca JR denominados de alto voltaje y que trabajan con una alimentación eléctrica de 7.4 Voltios. Utiliza cuatro de referencia JR CCPM 8911HV, uno para el control de aceleración y tres para el control de los movimientos del paso de las palas del rotor principal (control de cíclico y colectivo), y dos de referencia CCPM 8917HV para el control del paso de las palas del rotor de cola. Los servos están conectados por medio de unas barras de control de tal manera que pueden mover diferentes mecanismos para la correcta operación de la aeronave.

La figura 6.31 muestra la distribución del sistema eléctrico y de control en el helicóptero.

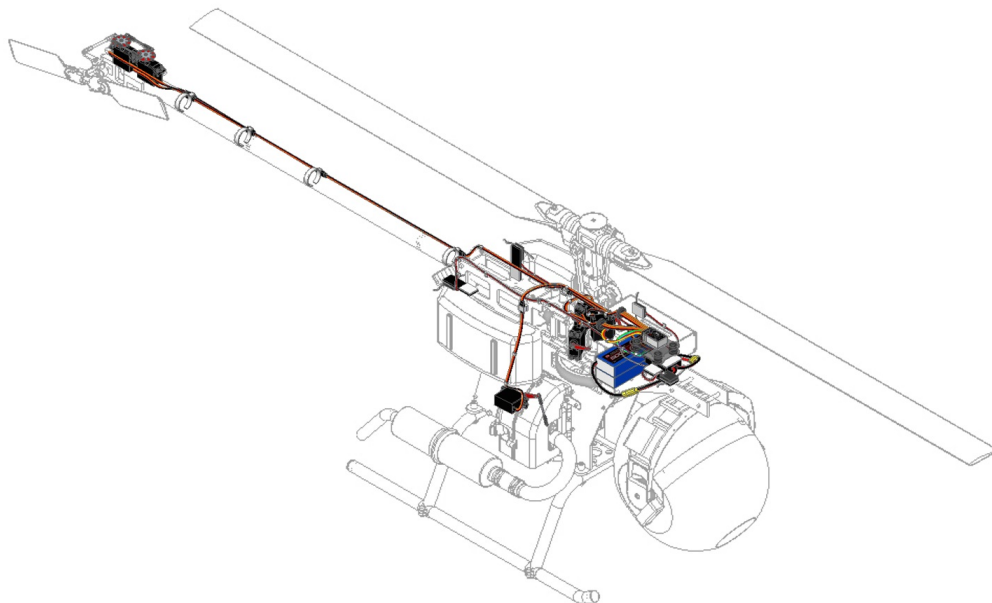


Figura 6.31: Sistema eléctrico y de control

Es importante tener claridad en las conexiones del cableado del sistema eléctrico, en la figura 6.32 se muestra un esquema de este, indicando la correcta distribución de cada uno de sus componentes y sus conexiones.

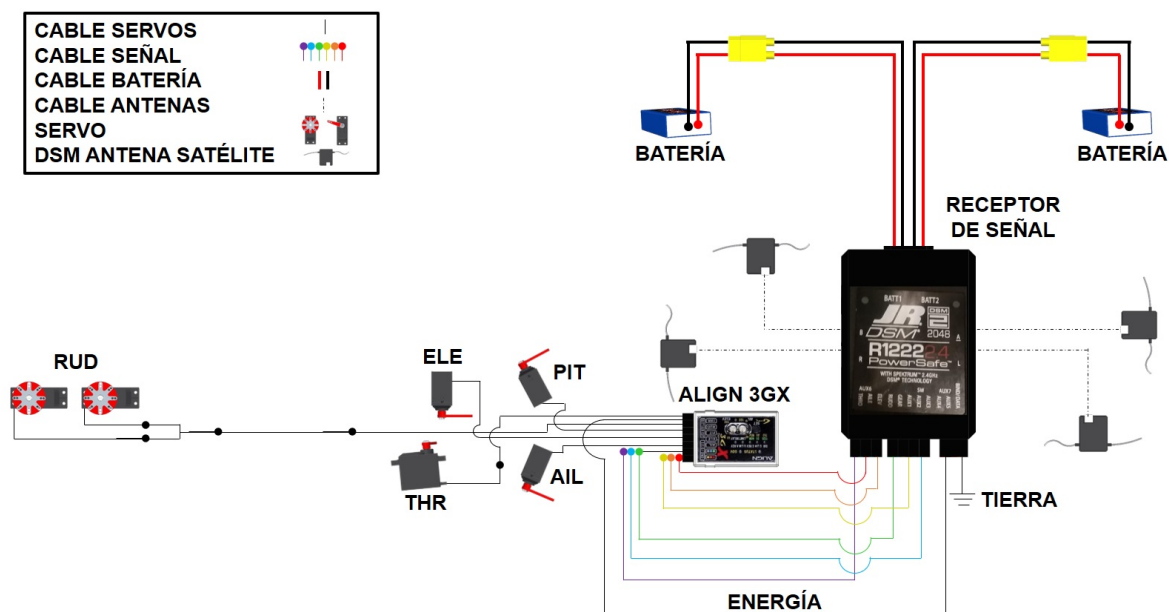


Figura 6.32: Esquema del sistema eléctrico y de control

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en la constante revisión antes y después de la operación y en la inspección de los cables en búsqueda de cortes o grietas superficiales. También se debe revisar el estado de las barras de control de cada servo, en búsqueda de evidencias de desgaste como la flexión de las mismas con aparición de grietas o rastros de óxido. En los extremos de las barras se encuentran las conexiones plásticas, las cuales se deben cambiar cada 140 ciclos o al encontrar holgura con los elementos de conexión (servo o componentes de control mecánico). Ninguno de los componentes anteriormente mencionados se debe reparar, en caso de fallo se debe cambiar por uno nuevo.

NOTA DE PELIGRO

Se recomienda revisar los manuales del receptor de señal y del sistema de estabilización/control para verificar la correcta conexión de cada componente a ellos. Verifique el estado de las baterías, en caso de ver rastros de cambio en las dimensiones (inflado), estas se deben cambiar de inmediato. Revise las indicaciones y sugerencias establecidas por el fabricante para la correcta carga de energía eléctrica.

El control de elevación o colectivo de este vehículo se hace por medio de tres servos que con la ayuda de unas barras de control conectadas al swashplate hacen que este elemento se deslice hacia arriba o hacia abajo a lo largo del eje principal de tal manera que se aseguren los movimientos hacia arriba, hacia abajo y de vuelo estacionario como también, los de cabeceo y alabeo de la aeronave.

El control de aceleración se realiza por medio de un servo que se encuentra en el interior de la parte inferior de la estructura del fuselaje. Al servo se le conecta la barra de control de aceleración, la se encargará de abrir y cerrar una válvula dentro del carburador del motor, permitiendo que se pueda entregar diferentes rangos de potencia a ambos rotores del helicóptero.

El control de guiñada y estabilización vertical en el Petirrojo PR-01 se hace por medio de dos servos ubicados en la parte trasera de este y que se encargan de mover una barra de control que va a deslizar a lo largo del eje del rotor de cola el mecanismo de cambio de paso de las palas, permitiendo generar una fuerza para contrarrestar el torque producido para el movimiento del rotor principal y también los movimientos del helicóptero alrededor de su eje vertical.

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a todo

el sistema, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble del sistema eléctrico:

1. Verifique los procesos de desensamble de las partes del sistema de combustible de la parte 6.11 de este manual, de acuerdo al servicio que se requiera ejecutar en el helicóptero.
2. Desconecte las baterías, libere los sistemas de restricción de estas a la estructura del fuselaje y remuévalas del helicóptero.
3. Desconecte las cuatro antenas DMS del receptor JR 1222 (de acuerdo a lo mostrado en la figura 6.32 y lo establecido por el manual de este componente).
4. Abra la caja de controladora de vuelo que se encuentra en la parte superior frontal de la estructura del helicóptero con la ayuda de un destornillador tipo Phillips de tal manera que pueda remover las platinas de las caras frontal y trasera de este componente.
5. Desconecte el conector que tiene los cables de colores rojo, naranja y amarillo del sistema de estabilización/control ALIGN 3GX.
6. Desconecte el conector que tiene los cables de colores verde, azul y morado del sistema de estabilización/control ALIGN 3GX.
7. Desconecte los cables de los servos del sistema de estabilización/control ALIGN 3GX.
8. Desconecte el cable de energía que se encuentra en la parte inferior del sistema de estabilización/control ALIGN 3GX.
9. Despegue el receptor de señal que se encuentra en la parte inferior de la caja controladora de vuelo con la ayuda de un bisturí. Efectúe esta acción con cuidado de no cortarse y de no dañar ninguno de los cables que se encuentren conectados al receptor o a su alrededor.
10. Desconecte el conector que tiene los cables de colores rojo, naranja y amarillo del receptor.
11. Desconecte el conector que tiene los cables de colores verde, azul y morado del receptor.
12. Desconecte el cable de energía que se encuentra en la parte inferior del receptor.
13. Despegue el sistema de estabilización/control del soporte de amortiguación con la ayuda de un bisturí. Efectúe esta acción con cuidado de no cortarse y de no dañar ninguno de los cables que se encuentren conectados al receptor o a su alrededor.
14. Remueva los retenedores de los cables de los servos y de las antenas de la estructura del fuselaje y del boom de cola del helicóptero.
15. Desconecte las barras de control de cada servo con la ayuda de la pinza plana.
16. Remueva los servos de sus montajes tanto en la estructura del fuselaje como en la del boom de cola desapretando y quitando los cuatro tronillos por medio de una llave hexagonal de tres ímetros.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.33.

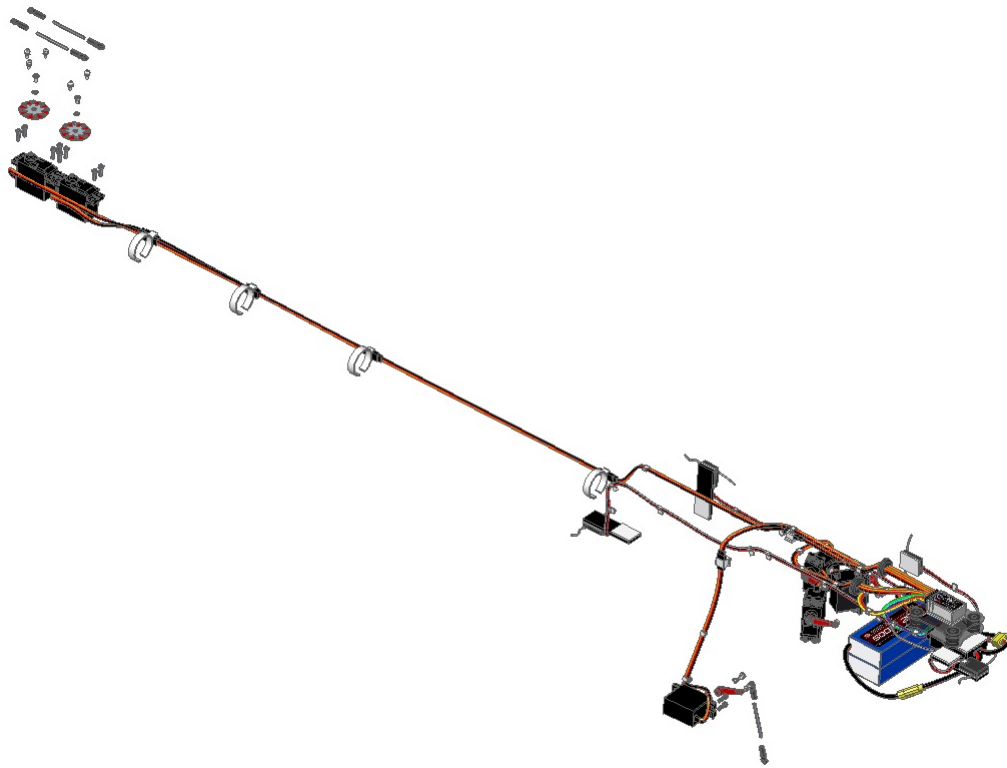


Figura 6.33: Explosionado del sistema eléctrico y de control

6.11. SISTEMA DE COMBUSTIBLE

El sistema de combustible del Petirrojo PR-01 funciona mediante flujo por gravedad, donde no se requieren de elementos como bombas para hacer que el combustible fluya hasta el carburador (motor). Consta de dos tanques de 0.9 litros cada uno, los cuales tienen un agujero de ventilación en la tapa. Dentro de estos, se encuentra un filtro que por peso se va a localizar siempre hacia el centro de la tierra. Al filtro se le conecta una manguera la cual sale por la parte lateral del tanque y se extiende hacia la estructura del fuselaje del helicóptero. Dentro de esta las mangueras de ambos tanques se unen para conectarse a una sola por medio de una conexión tipo T. A partir de esta, la manguera se va a dirigir a la parte inferior de la estructura del fuselaje donde se conecta a otro filtro de combustible y de ahí al carburador del motor Zenoah GT80.

Se recomienda que después de realizar la última misión (vuelo) del día los tanques se drenen

por completo para evitar la degradación de los componentes internos de estos. El filtro de combustible que se encuentra en la parte inferior del fuselaje se debe revisar periódicamente en búsqueda de partículas que puedan afectar el flujo normal del combustible. La figura 6.34 muestra la distribución del sistema de combustible en el helicóptero.

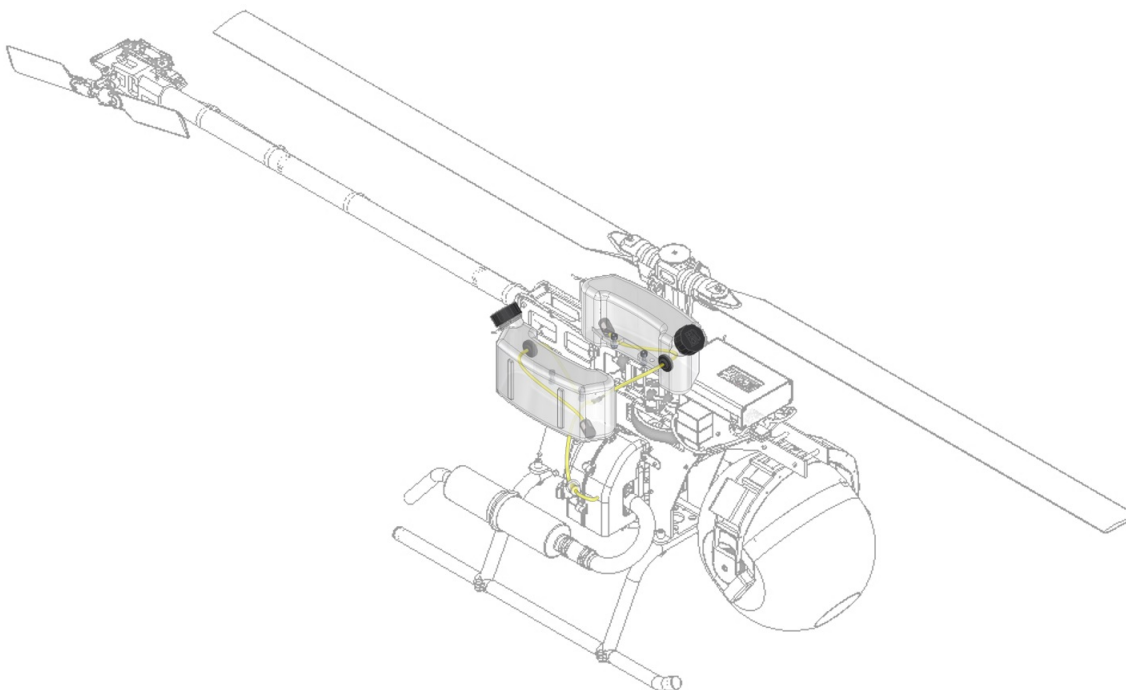


Figura 6.34: Sistema de combustible

Los procesos de mantenimiento de este sistema se basan en mantener los tanques sin residuos de combustible una vez se terminen las misiones del día y no se piense volar el equipo o en caso de almacenamiento del helicóptero. Se debe verificar que las mangueras no se encuentren cristalizadas o degradadas por efectos del ambiente y del combustible, en caso de que se encuentren con signos de grietas, cristalización del material que las componen y/o fugas, estas se deben reemplazar inmediatamente. Si encuentra que el filtro presenta residuos de elementos diferentes al combustible, este se debe reemplazar.

NOTA DE PELIGRO

El intentar reparar las mangueras puede conllevar a un fallo en el flujo normal del combustible a través de las líneas y posterior apagado del motor en tierra o en vuelo

La figura 6.35 muestra en esquemático del sistema de combustible del helicóptero Petirrojo PR-01.

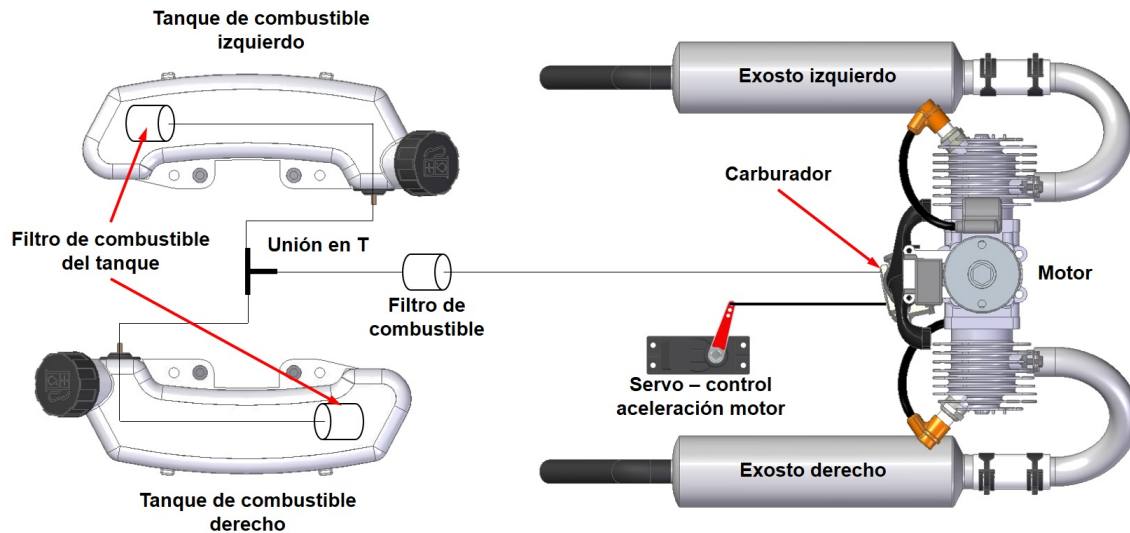


Figura 6.35: Esquema del sistema de combustible

Para los servicios de 140 ciclos o en caso de accidente se debe hacer una inspección a los estados de los tanques, las líneas y los filtros de combustible, de tal manera que se pueda determinar la acción a tomar en el mantenimiento de este sistema. Los tanques deben ser inspeccionados en búsqueda de grieta o desperfectos, en caso de tenerlo reemplace el componente dañado por uno nuevo.

Siga los pasos de la lista inferior para el desensamble del sistema de combustible:

1. Abra la tapa y asegúrese que no hay combustible en los tanques, en caso de tener algún residuo drénelo por medio de una bomba de combustible. Haga esto con ambos tanques.
2. Desacople la manguera de combustible de la parte lateral del tanque (parte que se enfrenta a la estructura del fuselaje).
3. Desajuste los tornillos M6x16mm que de las tuercas M6 que aseguran los tanques al montaje que se encuentra ensamblado a la estructura del fuselaje por medio de una llave hexagonal de 6mm y una llave que asegure la tuerca.
4. Desacople la manguera interna del tanque junto con el filtro de combustible.
5. Desacople la manguera de combustible del carburador del motor. Se recomienda que el tubo del carburador en donde se inserta la manguera del sistema de combustible sea tapado para evitar el ingreso de partículas a este componente.

6. Desacople las mangueras de la unión en T.
7. Desacople el filtro de combustible de las mangueras. Cuando lo vuelva a acoplar, verifique el sentido del flujo de combustible para asegurar que este vaya en la dirección correcta y no presente problemas en ingresar el fluido al motor.

Para referencia del listado anterior puede ver la figura 6.36.

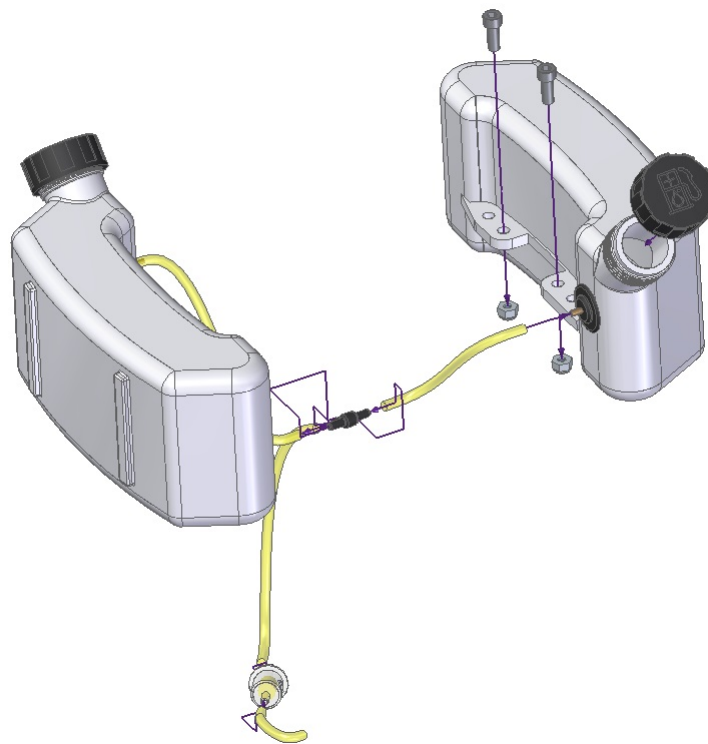


Figura 6.36: Explosionado del sistema de combustible

6.12. PESO Y BALANCE

El proceso de peso y balance de la aeronave se debe realizar siempre antes de realizar cualquier vuelo o misión de manera segura. El Petirrojo PR-01 debe tener su balance cerca a la ubicación del rotor principal que es el punto desde donde se sostiene toda la aeronave en vuelo. En esta sección del M/OM se muestra el proceso de peso y balance del helicóptero, como también los límites operativos de peso y de ubicación del centro de gravedad del mismo.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Para determinar el peso de la aeronave utilice una balanza que soporte por lo menos 30 kilogramos y que tenga una superficie grande (en la que quepan los skids) para ubicar helicóptero. Verifique que se encuentre nivelada con respecto al suelo.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Realice el proceso de balance en un ambiente con viento nulo y sobre una superficie plana.

Los siguientes son los límites operacionales del que se tiene por diseño para el Petirrojo PR-01:

- Máximo peso operacional: 22 kg
- Mínimo peso operacional: 15 kg
- Peso vacío operacional: 11.5 kg máximo (el mínimo se establece como el 50 % del máximo)

La distribución de los pesos operacionales en el helicóptero se da de acuerdo a lo mostrado en la figura 6.37.

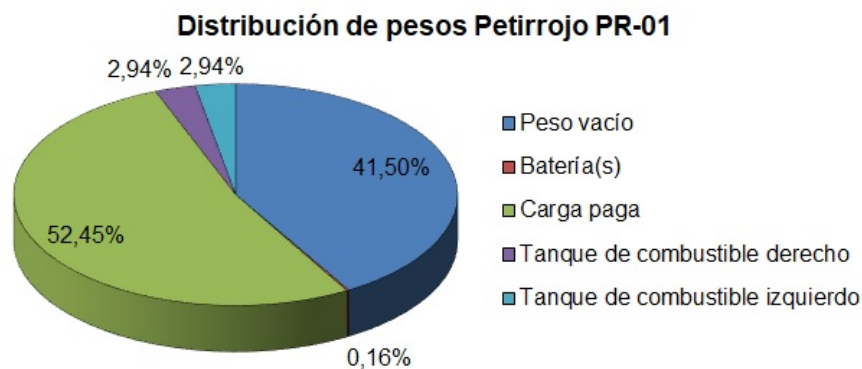


Figura 6.37: Distribución de pesos en el Petirrojo PR-01

Para determinar el centro de gravedad de la aeronave a lo largo del eje longitudinal se establecieron estaciones en el fuselaje (Figura 6.38) dadas en centímetros y tomando como datum un punto que se ubica 40 centímetros por delante de la línea central del eje del rotor principal.

No es necesario determinar el centro de gravedad en los otros dos ejes de referencia de la aeronave, debido a que a la largo del eje lateral la aeronave se considera como simétrica y en el eje vertical las medidas no cambian significativamente como para llegar a producir un desbalance en el helicóptero.

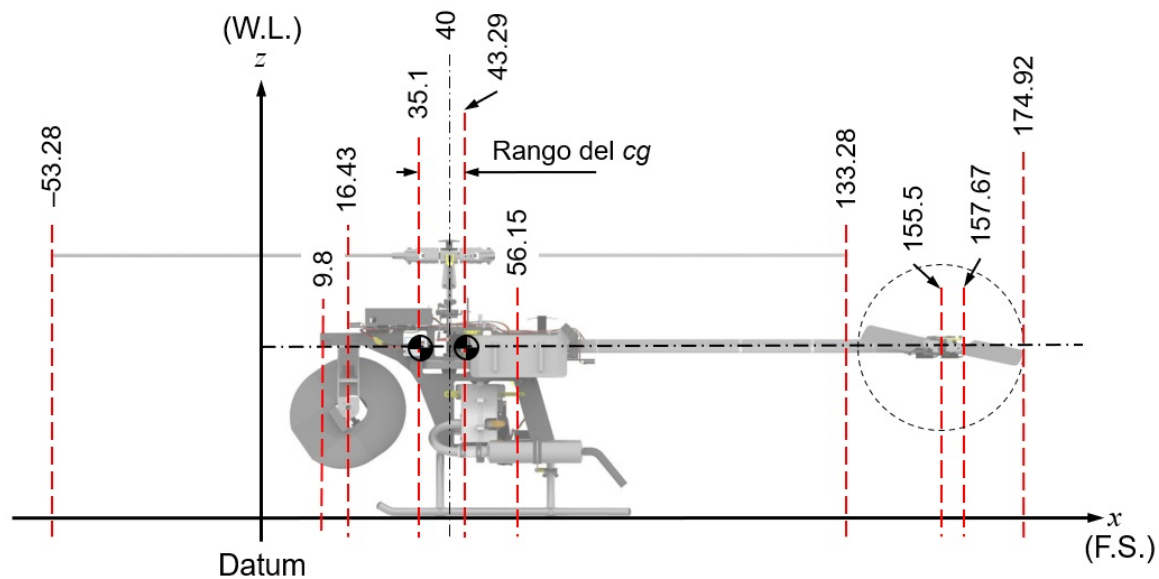


Figura 6.38: Estaciones de fuselaje del Petirrojo PR-01 a lo largo del eje longitudinal (Medidas en centímetros).

En la figura 6.39 se muestran la referencia para establecer los límites operativos en los cuales debe estar localizado el centro de gravedad del helicóptero.

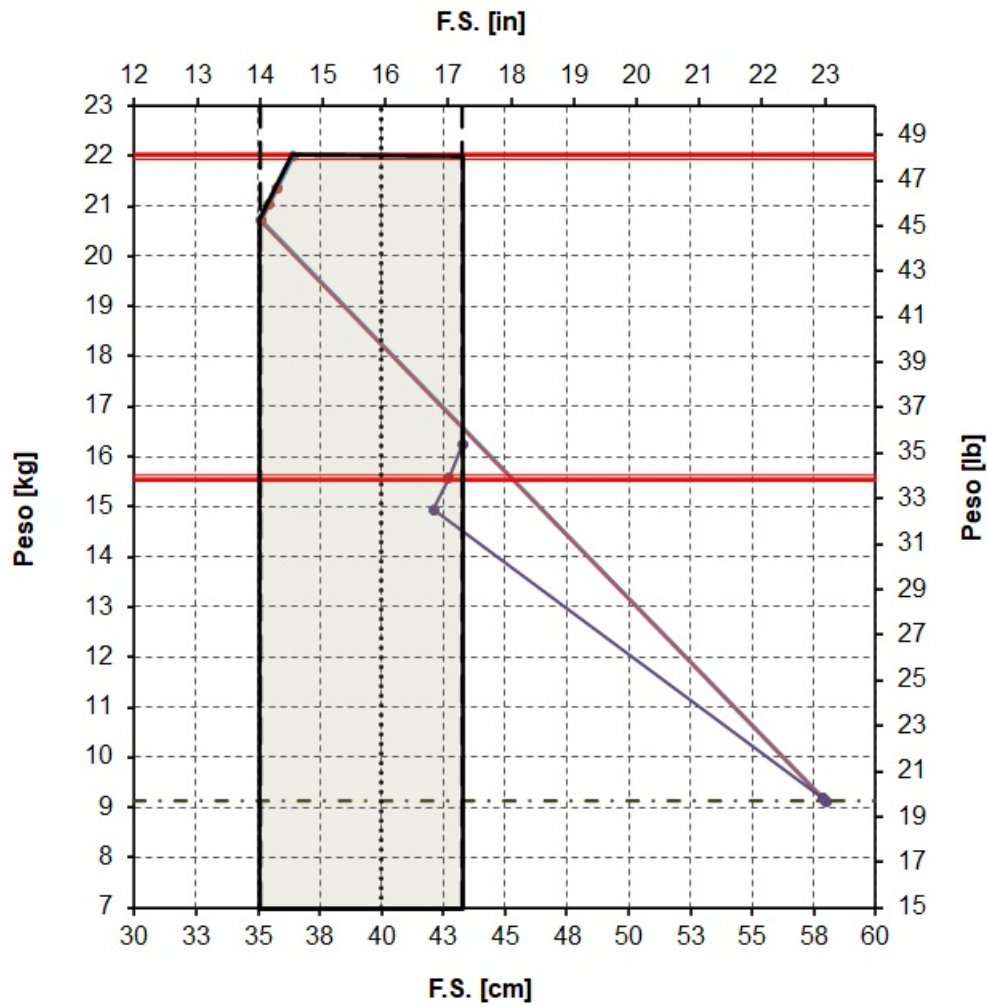


Figura 6.39: Límites operacionales del centro de gravedad del Petirrojo PR-01 (Área sombreada)

Las líneas horizontales superior e inferior (color rojo) representan los límites operacionales máximos y mínimos de peso de la aeronave respectivamente. Las líneas diagonales muestran el comportamiento del cambio de peso a medida que se le adicionan o remueven elementos como el combustible, la carga-paga, etc. La zona sombreada indica el área de operación del helicóptero. Se debe tener en cuenta estos valores en el momento de determinar el peso de la carga paga que se piense llevar en el Petirrojo PR-01 cuando se vaya a operar (diferentes misiones).

El proceso de balance de la aeronave se hace de manera manual de la siguiente forma:

1. Se pone la aeronave sobre una superficie plana.
2. Se tiene como referencia a la aeronave sin combustible, carga paga y batería(s).
3. Teniendo en cuenta los límites de peso de la carga paga, esta se instala al frente de la aeronave.
4. Se instala(n) la(s) batería(s) de alimentación del sistema eléctrico de la aeronave.
5. Se llenan los tanques de combustible de 0.9 litros (c/u) con la mezcla apropiada de acuerdo al fabricante del motor.
6. Se ubica una persona detrás del rotor principal, de tal manera que pueda agarrar el rotor principal y de esta manera lograr izar la aeronave. En la figura 6.40 se muestran los puntos de agarre para verificar el balance del helicóptero.
7. Se levanta la aeronave dejándola balancearse libremente alrededor del eje lateral. Con el helicóptero izado desde el rotor principal se verifica si este se encuentra balanceado. En caso de que la aeronave tienda a elevar la parte frontal se establece que está pesado de cola, en el caso contrario estará pesado de nariz.

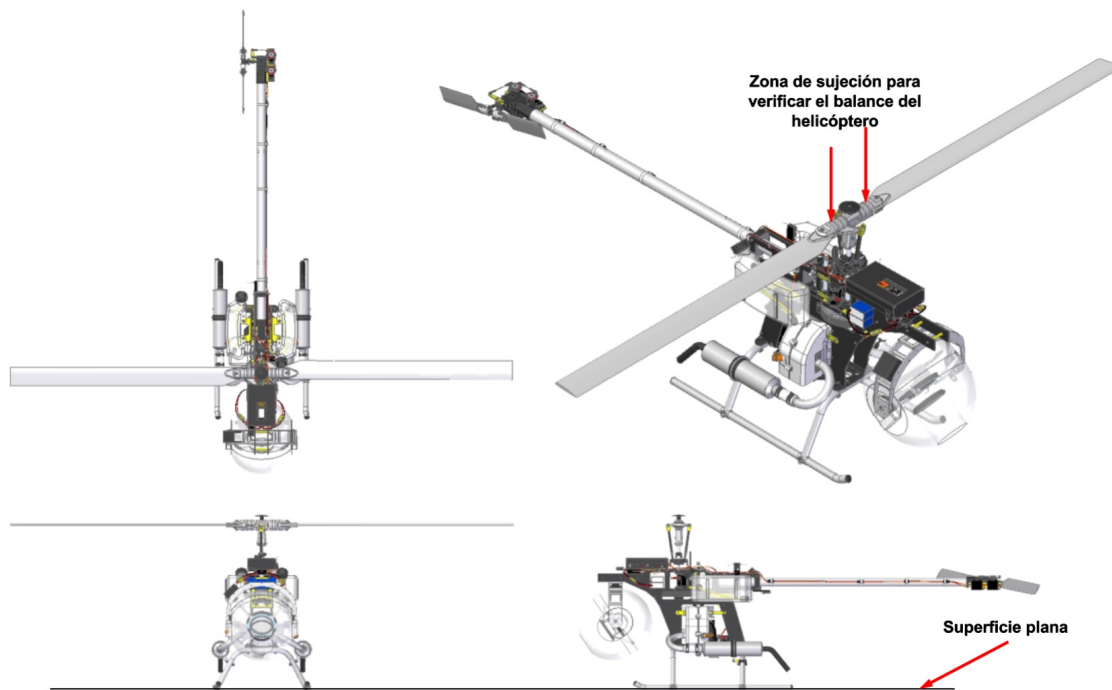


Figura 6.40: Puntos de sujeción para izar la aeronave (verificación del balance longitudinal)

Las inclinaciones tanto de nariz abajo como de nariz arriba no deben ser excesivas (aproximadamente 5 grados como máximo), en caso de encontrar un valor elevado se debe evaluar la localización y/o el peso de la carga paga.

6.13. MARCAS Y PLACAS

De acuerdo con lo establecido por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil (UAEAC — Aerocivil) las aeronaves tipo UAS deben tener además de la marca de fabricante o constructor, una placa de fácil identificación en donde queden consignada de manera legible y clara la información tanto de registro ante la Aerocivil, como la del operador/explotador. Para el caso del Petirrojo PR-01 el helicóptero fue diseñado, construido y fabricado por la UPB, además de ser operado y explotado por este mismo centro de educación superior y de investigación.

Teniendo en cuenta lo anterior, la placa de identificación queda como se muestra en la figura 6.41 con la información requerida para la operación.



Figura 6.41: Placa de identificación del Petirrojo PR-01

La placa tiene una medida de 80 mm de alto y 130 mm de ancho, haciéndola lo suficientemente grande para poder ser fácilmente identificada. Esta será ubicada en cada uno de los tanques de combustible laterales como se muestra en la figura 6.42.



Figura 6.42: Helicóptero UAS Petirrojo PR-01 con la placa de identificación en los tanques de combustible

Capítulo 7

Limitaciones y Condiciones de Operación

	Pág.
7.1 Limitaciones operacionales	102
7.2 Limitaciones del motor	103
7.3 Limitaciones de peso	104
7.4 Limitaciones del centro de gravedad	104
7.5 Limitaciones operativas de acuerdo a la regulación	105

En esta sección del M/OM se incluyen las limitaciones operacionales que se requieren para realizar vuelos de tal manera que se tenga una operación segura del UAS, motor y otros sistemas que integran al Petirrojo PR-01. Este helicóptero de tipo convencional está clasificado como un UAS multi-misión.

La parte frontal del Petirrojo PR-01 está habilitada para que se puedan montar diferentes tipos de carga paga, teniendo cuidado de mantener su peso máximo dentro de los límites operacionales al igual que mantener su centro de gravedad lo más cercano posible al eje del rotor principal.

Esta aeronave no está diseñada para operar en condiciones de lluvia ligera o fuerte y tampoco está habilitada con luces para realizar vuelos nocturnos. El Petirrojo PR-01 debe operarse por medio de su radio-control ya que no cuenta con un sistema de vuelo autónomo, por lo tanto, se restringen sus misiones a línea de vista. Se recomienda por seguridad volar este helicóptero con un observador que acompañe al piloto en todo momento.

7.1. LIMITACIONES OPERACIONALES

La tabla 7.1 muestra las especificaciones de rendimiento que tiene la aeronave Petirrojo PR-01, donde se determinan las limitaciones que tiene en operación.

Rendimiento-principales características operacionales del Petirrojo PR-01			
Característica	Símbolo	Valor	Unidad
Velocidad de crucero	V_{cr}	72	km/h
Velocidad de nunca exceder	V_{NE}	110	km/h
Rango	R	5.21	nm
Autonomía	E	0.67	horas
Techo de servicio (ASL)	h_{serv}	3.6	km
Velocidad vertical (rate of climb)	R/C	2165	ft/m
Carga de disco	D.L.	81.14	N/m ²
Relación potencia/peso	P/W	6.7	kg/hp
Consumo de combustible	-	3.5	ltr/h
Tasa de giro	ω	1.91	rad/seg

Tabla 7.1: Características operacionales del Petirrojo PR-01

El control del Petirrojo PR-01 es de mando a distancia por medio de un transmisor marca JR de referencia DMS 11X con una frecuencia de 2.4 GHz de 11 canales.

7.2. LIMITACIONES DEL MOTOR

El motor usado por el Petirrojo PR-01 es un Zenoah GT80 modelo G800BPI*G800BPU-1 de dos tiempos (combinación gasolina y aceite) y con cilindro opuestos que es enfriado por impacto de aire. La tabla 7.2 especifica las condiciones operativas de este de acuerdo con el fabricante.

Característica	Valor	Unidad
Desplazamiento	80	cc
Radio de compresión	8.3:1	-
Máxima potencia	7.5	<i>bhp/10000rpm</i>
Velocidad de operación	1800-10000	rpm
Peso en seco	2.8	kh

Tabla 7.2: Características del motor Zenoah GT80

El motor es modificado de su condición original al cual se le removió la parte frontal que sostiene la hélice y el montante y el resorte de encendido en la parte trasera. Estos cambios no afectan la condición de operación normal del motor.

El fabricante del motor recomienda la utilización de bujías marca Champion con referencia RCJ-7Y. El sistema de ignición en cada cilindro es de tipo CDI (magneto de rueda libre). Para el correcto funcionamiento se debe usar una mezcla de gasolina-aceite en una proporción de 25:1. La gasolina que se usa en el Petirrojo es la denominada en Colombia como extra de 91/92 octanos, la cual se combina con un aceite sintético de dos tiempos para lubricación de marca Mobil. En algunas ocasiones es recomendable mojar el carburador con la mezcla de gasolina-aceite debido a la posición en que se ubica el carburador en el helicóptero.

7.3. LIMITACIONES DE PESO

El máximo peso de operación (MTOGW) del Petirrojo PR-01 es de 22 kilogramos, dando un margen de aproximadamente 11 kilogramos para la carga paga. Estos pesos pueden variar dependiendo de la configuración de uno o dos tanques de combustible.

NOTA DE PRECAUCIÓN

El cambio en los pesos y la configuración del taque de combustible variará la autonomía y el rango de operación del helicóptero.

7.4. LIMITACIONES DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El helicóptero Petirrojo PR-01 fue diseñado con el objetivo de ser una plataforma multi-misión, lo que hace que la parte delantera se pueda adaptar a diferentes tipos de carga paga, dependiendo del uso y la operación que se quieran hacer con este.

Esta aeronave es simétrica en su parte derecha e izquierda si se observa desde la parte de atrás. Se debe tener cuidado en cuanto a la ubicación y el peso de la carga paga en la parte frontal ya que pueden variar significativamente el peso y balance de todo el helicóptero. Revise la figura 7.1 teniendo como referencia el datum localizado a 40 centímetros por delante del eje del rotor principal (revise la sección 6.14).

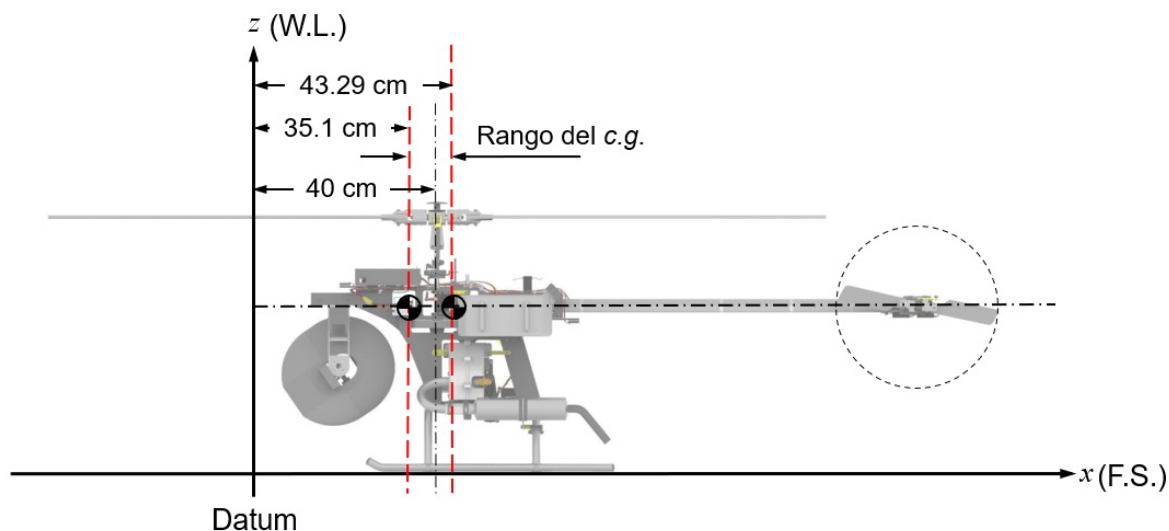


Figura 7.1: Localización del centro de gravedad para una operación segura con la aeronave balanceada

7.5. LIMITACIONES OPERATIVAS DE ACUERDO A LA REGULACIÓN

Esta sección toma elementos determinados en el RAC 91 con el objetivo de recordar al operador las limitaciones operativas que debe tener en cuenta a la hora de volar con el Petirrojo PR-01 y que aplican de acuerdo al rendimiento que alcanza. Teniendo en cuenta lo anterior se recomienda que antes de realizar cualquier misión se haga una verificación de las restricciones dadas en la tabla 7.3.

No.	Restricción operativa	Cumple		
		Si	No	N/A
1	Plan de misión para vuelo tipo "línea de vista" (VLOS) en un radio de 750 metros en la horizontal			
2	Plan de vuelo con una altura inferior a 123 metros de altura por encima del terreno o del agua			
3	Las condiciones de visibilidad del lugar superiores a 5 kilómetros desde el punto de control del helicóptero			
4	¿La distancia mínima de las nubes con respecto al helicóptero es mayor o igual a 150 metros?			
5	La operación se va realizar por fuera de un aeródromo o sus proximidades (radio de 9 kilómetros tomando como centro en aeródromo)			
6	Operación por fuera de un helipuerto o sus proximidades (radio de 3 kilómetros tomando como centro el helipuerto)			
7	En caso de que la operación diferente a captura de imágenes – Tiene permiso especial de operación de la Aerocivil			
8	En caso de que la operación sea de búsqueda y salvamento – Tiene permiso especial de operación de la Aerocivil			
9	La misión de vuelo de vuelo no se va a hacer en zonas prohibidas, restringidas o peligrosas a menos que se cuente con la autorización de la Dirección de Servicios de Navegación Aérea			
10	¿Va a operar únicamente este UAS?			
11	Si la misión requiere arrojar objetos (sólidos o líquidos), ¿tiene los permisos para hacerlo por parte de la Aerocivil?			
12	Si la misión requiere el transporte de animales o insectos, ¿tiene los permisos para hacerlo por parte de la Aerocivil?			
13	Si va a realizar una misión que requiere vuelo autónomo, ¿tiene los permisos para hacerlo por parte de la Aerocivil?			
14	Va a volar por fuera de un radio de 2 kilómetros donde se encuentra el Presidente de la República u otros Jefes de Estado			
15	Va a volar por fuera de un radio de 1 kilómetro de una base militar o de policía, cárcel, infraestructura crítica o cualquier aeronave tripulada en operación			
16	No transporta materiales explosivos, corrosivos o de riesgo biológico			
17	¿Realiza la misión de vuelo a una distancia mayor o igual a 3,6 kilómetros de distancia con respecto a un área fronteriza?			

Tabla 7.3: Tabla de verificación de restricciones operativas de acuerdo a la Aerocivil

NOTA DE IMPORTANCIA

En caso de que alguna de las preguntas de la tabla 7.3 sea afirmativa, verifique que cumple con los permisos establecidos por la autoridad.

Capítulo 8

Control Operacional

	Pág.
8.1 Fase de pre—vuelo (planeación de la misión)	108
8.2 Fase de operación	109
8.3 Fase de post—vuelo	109

El control y supervisión de las operaciones tiene una planeación que se hace identificando las misiones o vuelos a realizar en tres fases, fase pre—vuelo (planeación de la misión), fase de operación y fase post—vuelo. Todo lo anterior se hace teniendo en cuenta las condiciones en donde se va a volar el UAS siguiendo las recomendaciones y restricciones dadas por la autoridad aeronáutica.

Todos estos procesos se hacen con el objetivo de reducir el riesgo latente a una falla, pérdida de control y reconocer que hacer en caso de una emergencia o caída del equipo mientras se realizan las misiones de vuelo y que pueden llegar a ocasionar daño a personas envueltas y ajenas a la operación, a infraestructuras, flora, fauna e impacto al medio ambiente en general.

La parte 8 de este M/OM debe estar en constante revisión y adaptación a las normas dictadas por la autoridad aeronáutica.

8.1. FASE DE PRE—VUELO (PLANEACIÓN DE LA MISIÓN)

Es la fase en la cual se deben tener en cuenta los registros de misiones previas que puedan aportar criterios y evaluación para la planeación de la operación que se va a realizar.

Los trabajos a realizar con el UAS deben estar coordinados con los clientes finales, de tal manera que se establezcan las áreas en las cuales se requieran realizar los vuelos al igual que los equipos con los que se debe contar en la aeronave. Es importante que se revisen los espacios de vuelo restringidos, al igual que la altura máxima con la que se desea realizar la misión. Se recomienda ir previamente al lugar antes para determinar las posibles amenazas a la operación y reconocer los espacios determinados tanto como para el despegue y aterrizaje, como también ubicar las áreas en las cuales se puede hacer procedimientos como aterrizajes de emergencia. Con lo anterior, se debe revisar si se requiere solicitar permisos de sobre—vuelo sobre áreas que sean propiedad privada y de esta manera informar a la comunidad sobre la planeación y el objetivo de la misión.

De acuerdo con lo anterior, es requerido determinar la cantidad de personas que van a realizar la misión, por lo menos se debe contar con un piloto—operador del helicóptero y un observador.

A partir de lo descrito en los párrafos anteriores, se deben establecer los canales necesarios para solicitar las autorizaciones de vuelo del helicóptero requeridas por la autoridad aeronáutica, de tal manera que se informe a esta misma del trabajo a realizar.

8.2. FASE DE OPERACIÓN

Durante esta fase se deben volver a determinar los peligros y amenazas que se puedan presentar en el vuelo del helicóptero. Se debe realizar una reunión a manera de briefing con todas las personas relacionadas con la misión de vuelo, de tal manera que todos tengan claras los procedimientos, restricciones y acciones a adoptar en caso de presentarse una situación de emergencia durante la operación

Una vez realizado el briefing, se procede a determinar si las condiciones son seguras para volar para tomar la última decisión, e ir a vuelo de manera segura.

Durante el vuelo se recomienda que solo el observador se comuniquen con el operador, este es el único que tiene la autonomía para decidir sobre cualquier acción durante la operación del UAS.

8.3. FASE DE POST—VUELO

Una vez se termine la misión de vuelo y aterrice el helicóptero en la zona segura para ello, se debe proceder a revisar y verificar el estado del helicóptero de tal manera que se pueda tener la seguridad de que el UAS se encuentra operando de manera normal y segura, en caso de encontrar alguna anomalía, esta se debe indagar a profundidad, de tal forma que se tenga suficiente evidencia para decidir si se pueden seguir haciendo más vuelos o si se debe parar la operación de inmediato.

En caso de que la aeronave sufra de un desperfecto en vuelo y el operador no tenga la opción de aterrizarlo en el punto indicado, este con el apoyo del observador, debe ubicar el área establecida para una emergencia en el aire y hacer lo posible por aterrizarlo haciendo una maniobra de autorrotación como última opción.

Si la aeronave tiene un desperfecto con el cual no se tenga la posibilidad de tener el control por parte del operador y sufra un accidente, se debe avisar a las personas implicadas en la operación acerca del suceso para que puedan reaccionar de la manera planeada en el pre—vuelo (briefing). Una vez la aeronave impacte, se debe determinar las afectaciones que esto genera y tomar las acciones de emergencia establecidas. Se debe acordonar el área y antes de comenzar a recoger cualquier parte del UAS, tomar fotografías del siniestro. Lo anterior es requerido para poder hacer un análisis posterior y con esto tener claras las causas del accidente.

En cualquiera de los casos se debe llenar el libro de vuelo donde se consignan todas las operaciones del helicóptero Petirrojo PR-01 dando las observaciones necesarias en caso de requerirse.

Capítulo 9

Procedimientos Operacionales Normales

	Pág.
9.1 Listas de verificación pre-vuelo y ajustes	112
9.2 Limpieza periódica de la aeronave	121
9.3 Lubricación	122
9.4 Recomendaciones durante el vuelo	122
9.5 Lista de post-vuelo	123
9.6 Lista caza-fallas	124
9.7 Almacenamiento	124

En esta sección se pueden encontrar los procedimientos normales que se realizan con el helicóptero Petirrojo PR-01, los cuales se muestran a manera de listados de verificación.

NOTA DE PRECAUCIÓN

No realice los procedimientos de esta sección solo, siempre tenga a su lado por lo menos a una persona (observador) para que lo ayude en la verificación de las listas.

9.1. LISTAS DE VERIFICACIÓN PRE-VUELO Y AJUSTES

Lista de verificación de pre-vuelo — llenado de los tanques de combustible del helicóptero.

No.	Ítem	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	Asegure el lugar de despegue verificando que esté despejado en los alrededores y que en el suelo no se tenga polvo excesivo, piedras o cualquier elemento suelto que pueda comprometer la seguridad y el buen funcionamiento de todas sus partes			
2	Verifique que el helicóptero esté alejado de grupos de personas que no hagan parte de los encargados de la operación			
3	Haga un análisis de las condiciones climáticas, no vuele en condición de lluvia o de viento excesivo			
4	Despliegue y alinee las palas del rotor principal			
5	Despliegue y alinee las palas del rotor de cola			
6	Verifique el estado superficial de todas las palas			
7	Verifique que las baterías del transmisor (radiocontrol) y del receptor se encuentren conectadas y totalmente cargadas (encienda primero el transmisor y luego el receptor)			
8	Verifique que el control colectivo opera de manera correcta			
9	Verifique que el control cíclico funciona de manera correcta			
10	Verifique que el control de cambio de paso del rotor de cola funciona de manera correcta			
11	Verifique que el control de aceleración del motor funciona de manera correcta			
12	Haga una prueba para identificar si existe interferencia de señal entre el transmisor y el receptor			
13	Antes de ingresar el combustible a los tanques verifique que sea el adecuado para el helicóptero (mezcla de gasolina extra/premium y aceite sintético). Para ver las proporciones verifique lo recomendado por el fabricante del motor			
14	Llene los tanques de combustible con la mezcla de acuerdo a lo indicado en la figura 9-1			
15	Asegúrese de que las tapas de los tanques de combustible queden cerradas y apretadas para evitar cualquier fuga			
16	Revise el estado de las mangueras de combustible en búsqueda de cualquier fuga			
17	Verifique el rango de la señal de transmisión del radiocontrol alejándose con este mismo del helicóptero por lo menos 30 metros y haciendo movimiento de los diferentes controles			
18	Antes de encender el motor verifique que el control del servo de este mismo se encuentre en la posición de "mínimas"			
19	Verifique que el helicóptero no tenga partes sueltas o dañadas			

NOTA DE PRECAUCIÓN

Se recomienda que durante los procesos de ingreso del combustible a los tanques y en el momento de hacer el encendido del motor se tenga a mano un extintor de incendios, debido a su alta flamabilidad. Utilice gafas de protección para evitar el contacto de la mezcla de combustible con los ojos.

Para llenar de la mezcla de combustible a los dos tanques del helicóptero, se debe destapar

cada uno de ellos y mediante el uso de un bidón con boquilla de extensión, ingrese el líquido de acuerdo a lo mostrado en la figura 9.1.

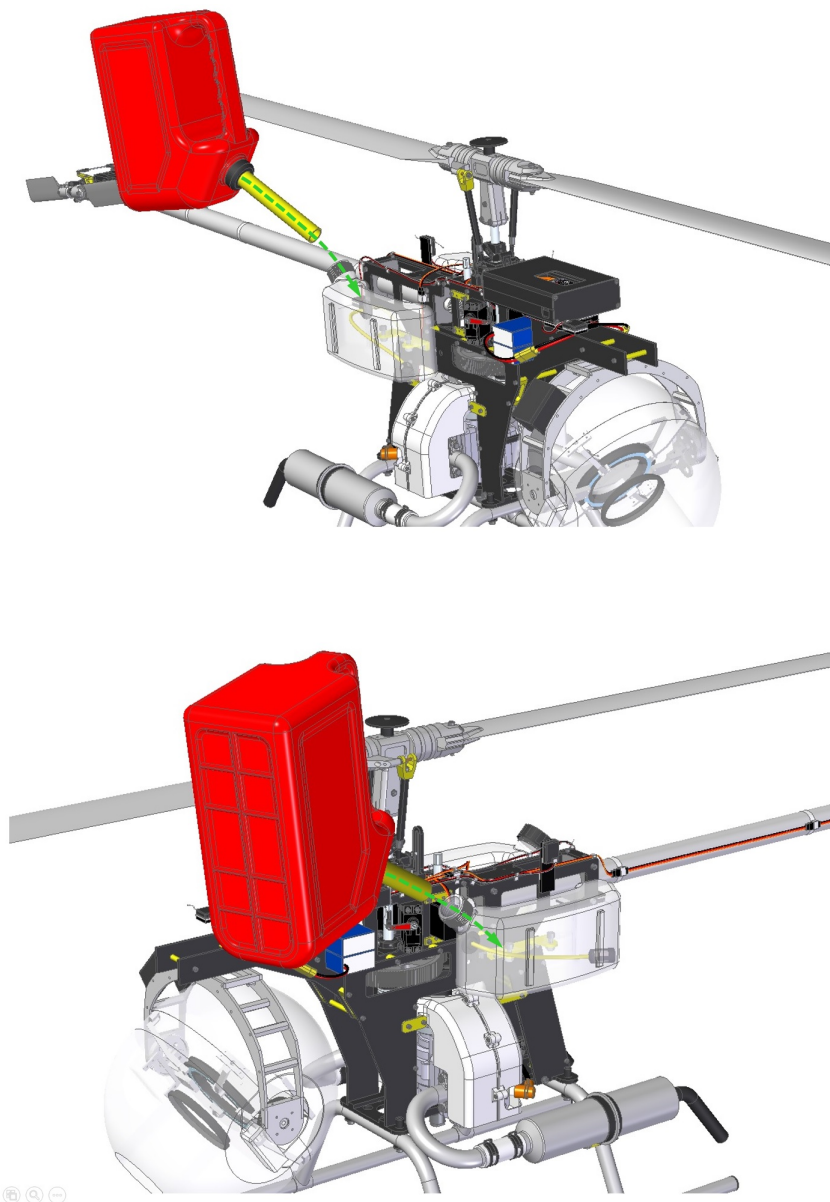


Figura 9.1: Proceso de llenado de los tanques de combustible del Petirrojo PR-01.

Complete la lista de verificación pre-vuelo — llenado de los tanques de combustible del helicóptero, no se debe continuar con la siguiente lista en caso de no pasar alguno de los ítems.

Lista de verificación de pre-vuelo — arranque del motor del helicóptero.

No.	Ítem	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	La apertura del carburador que es controlada por el servo debe encontrarse en la posición de mínimas			
2	Ajuste las agujas del motor de acuerdo a las condiciones atmosféricas y a la altitud a la cual se va a operar la aeronave (haga estos ajustes de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del motor)			
3	Verifique que las bujías del motor estén ajustadas y que el cable del magneto se encuentre conectado y ajustado			
4	Verifique que el taladro de alto torque tenga las baterías conectadas y con totalmente cargadas			
5	Acople la extensión/arrancador al taladro, verifique que quede firmemente conectado y alineado de acuerdo a lo mostrado en la figura 9-2			
6	Verifique que la rotación del taladro de alto torque sea en contra de las manecillas del reloj viéndolo desde la parte de atrás			
7	Inserte la parte hexagonal (hembra) de la extensión/arrancador (conectada al taladro de alto torque) en la parte hexagonal (macho) el eje arrancador del motor que se encuentra en la parte superior del helicóptero como se muestra en la figura 9.3			
8	Manteniendo el carburador cerrado y sosteniendo con una mano el rotor principal, verifique que el taladro junto con la extensión/arrancador le da movimiento al eje de arranque del motor (rotación en contra de las manecillas del reloj viéndolo desde arriba) en el helicóptero como se muestra en la figura 9-4			
9	Mediante el control remoto aplique un 5% de movimiento a la palanca de aceleración y verifique que el carburado está abierto para la entrada del aire			
10	Repita el paso 8 pero esta vez con el carburador en la posición dada en el paso 9. Verifique que el motor intenta encender al rotar el taladro por un tiempo máximo de 20 segundos			
11	Repita el paso 10 pero esta vez aumente el tiempo a máximo 40 segundos. Verifique que el motor esté encendido. Puede aumentar el control de aceleración en el radio control en un 5% adicional al establecido en el paso 9			
12	Una vez encendido el motor retire con cuidado y de manera vertical la extensión/arrancador del eje de encendido en el helicóptero y verifique que el motor continúe encendido y el eje arrancador girando			
13	Verifique los movimientos de los servos de control en el helicóptero mediante el movimiento de las palancas en el radiocontrol en búsqueda de cualquier tipo de interferencia en la señal. Haga esto con todos los controles a excepción de la palanca que controla la aceleración del motor y el control de paso colectivo			

NOTA DE PRECAUCIÓN

Una vez encendido el motor en el helicóptero y que la extensión/arrancador junto con el taladro sean desacopladas, no suelte la mano que evita la rotación del rotor principal.

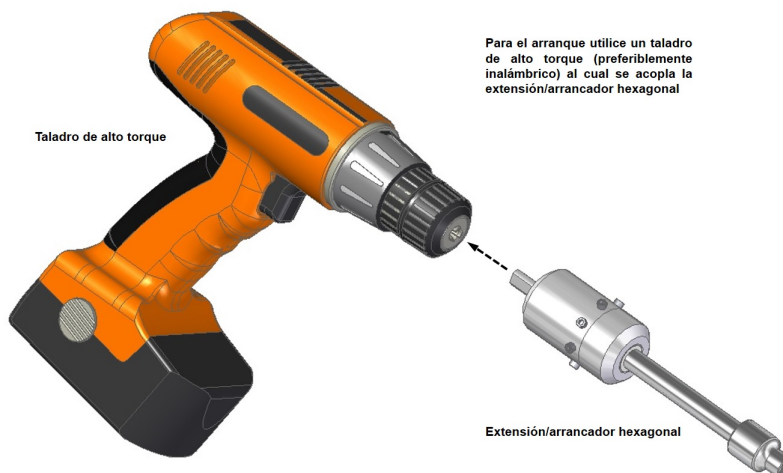


Figura 9.2: Acople de la extensión/arrancador al taladro

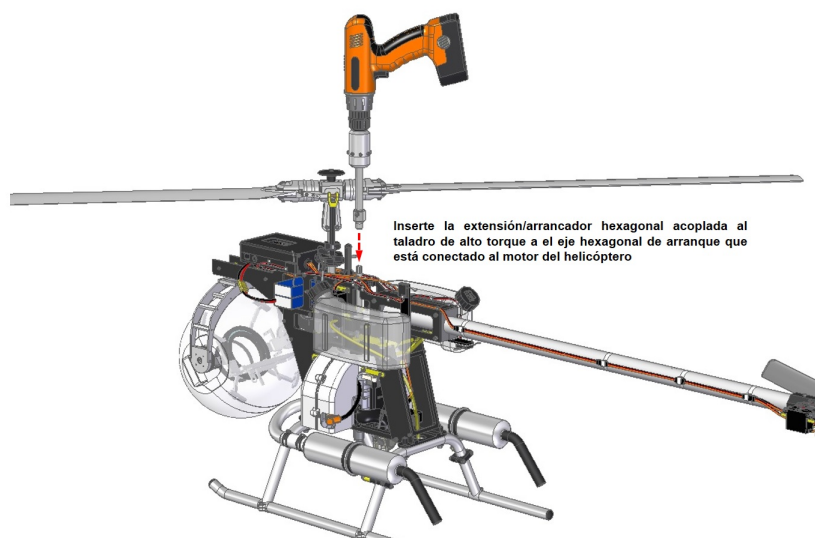


Figura 9.3: Procedimiento para insertar la extensión/arrancador en el eje de arranque del motor en el helicóptero

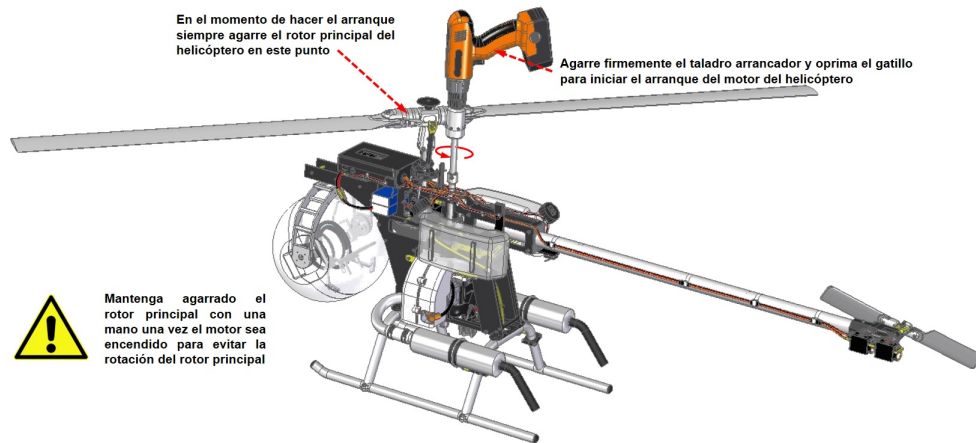


Figura 9.4: Procedimiento de arranque del motor en el helicóptero

Complete la lista de verificación pre-vuelo — arranque del motor del helicóptero, no se debe continuar con la siguiente lista en caso de no pasar alguno de los ítems.

Lista de ajustes de pre-vuelo — tracking de las palas MR.

No.	Ítem	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	Marque la punta de una de las palas con una cinta azul y la otra con una cinta roja (se sugieren estos dos colores ya que presentan alto contraste)			
2	Incremente las revoluciones del motor hasta que sienta que el helicóptero comienza a generar fuerza de empuje en el rotor y los <i>skids</i> se vean descargados			
3	Eleve el helicóptero a la altura de máximo 1 metro sobre el terreno incrementando la palanca de aceleración/control cíclico en el radiocontrol			
4	Mantenga el helicóptero en un vuelo estacionario y cerciórese de los planos descritos por la punta de cada pala. Debe ver dos planos de rotación descritos por las puntas de las palas, uno de color azul y otro de color rojo			
5	Cuando las dos palas se encuentran ajustadas en <i>tracking</i> significa que se deben ver ambos planos de rotación descritos por las puntas de las palas en una misma posición tal como se observa en la figura 9-5			
6	Cuando las dos palas se encuentran desajustadas en <i>tracking</i> , significa que ambos planos de rotación descritos por las puntas de las palas están desfasados tal como se observa en la figura 9-6			
7	En caso de que observe que las palas del rotor principal estén fuera de <i>tracking</i> , descienda el helicóptero y ajuste las barras de control de paso de acuerdo a lo mostrado en la figura 9-7. Haga esto mediante el movimiento del elemento de la barra de control. Vuelva a repetir los pasos 2 al 7 hasta que logre el <i>tracking</i>			

NOTA DE PRECAUCIÓN

El desfase de los planos de rotación de ambas palas (fuera de tracking) produce altas vibraciones en el helicóptero tanto en tierra como en vuelo. En caso de presentarse corrija este ajuste inmediatamente.

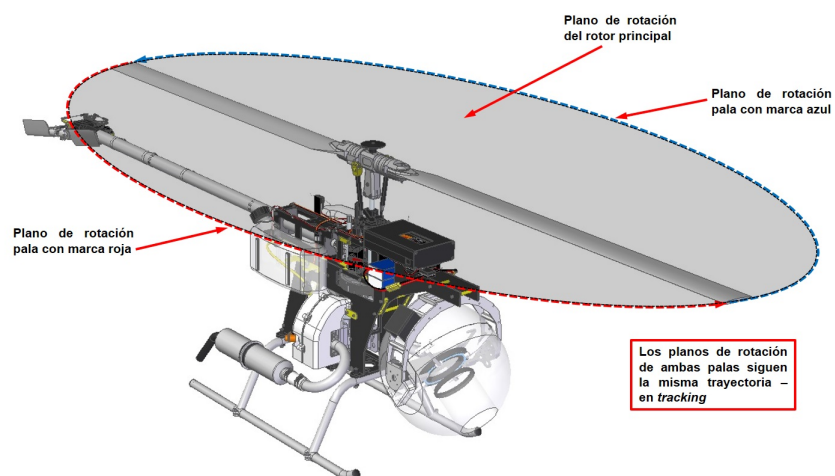


Figura 9.5: Ajuste del plano de rotación, ambas palas describiendo el mismo plano — en tracking

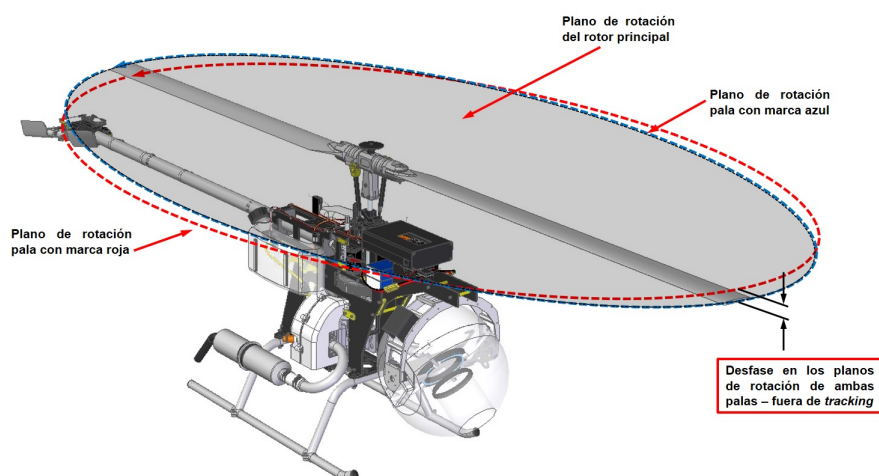


Figura 9.6: Desajuste del plano de rotación, ambas palas describiendo diferentes planos — fuera de tracking

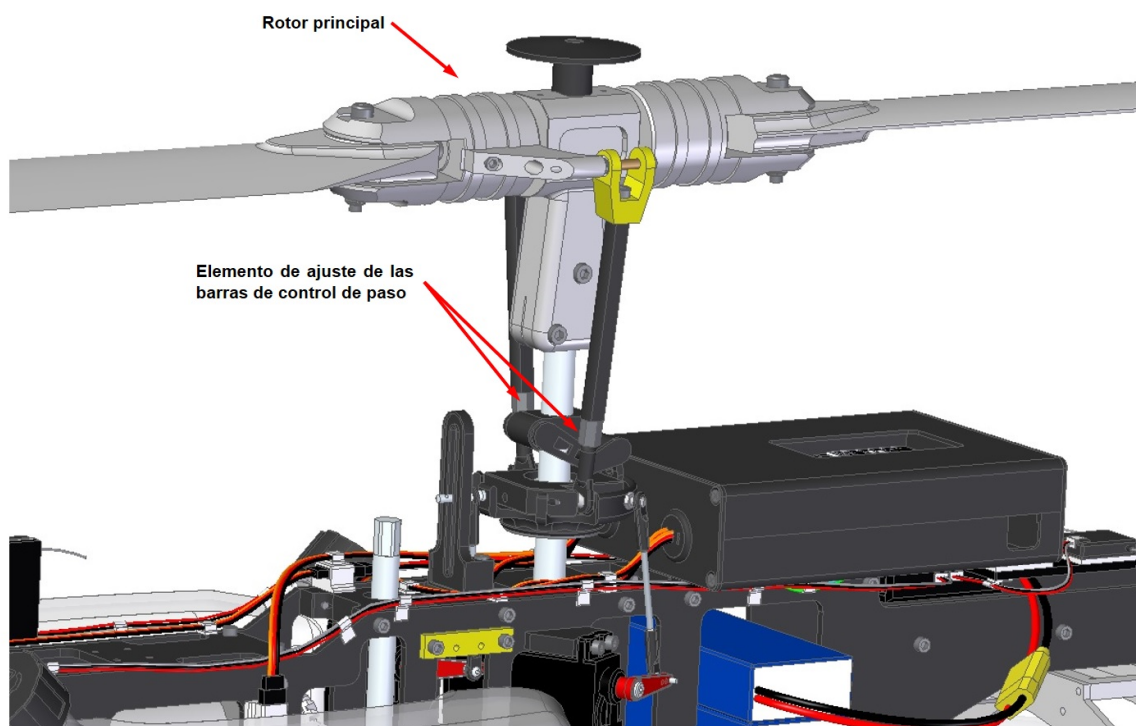


Figura 9.7: Ajuste de las barras de control de paso para el tracking

Complete la lista de ajuste de pre-vuelo — tracking de las palas MR, no se debe continuar con el siguiente procedimiento en caso de no pasar alguno de los ítems.

Todos los helicópteros son inherentemente inestables, sin embargo, cuando se hace la compensación o trimming de la aeronave, este no tenderá a cambiar su condición rápidamente por sí mismo. Haga uso de los siguientes procedimientos de tal manera que se pueda hacer la compensación adecuada con el Petirrojo PR-01.

Si el helicóptero tiende a mover la nariz a la derecha o a la izquierda alrededor del eje vertical, corrija esto de acuerdo a lo mostrado en la figura 9.8.

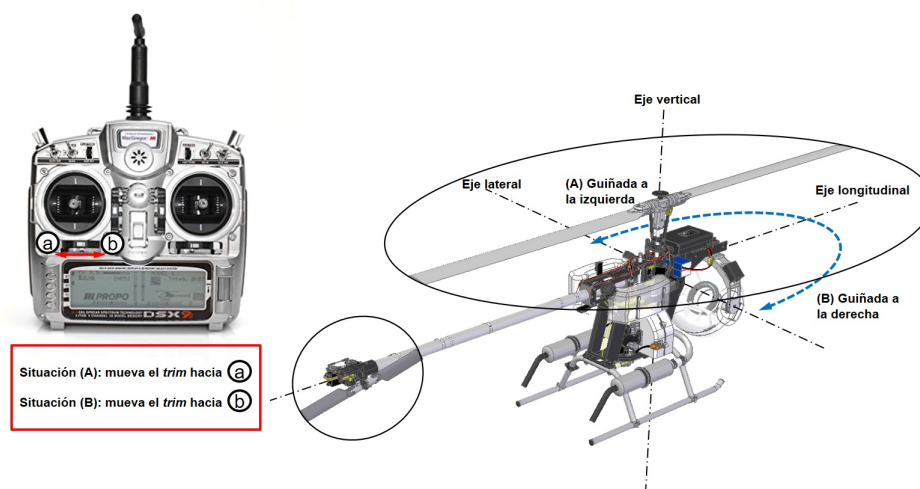


Figura 9.8: Compensación (trimming) movimiento de guiñada

Si el helicóptero tiende a hacer giros de rollo hacia la izquierda o hacia la derecha alrededor del eje longitudinal, corrija esto de acuerdo a lo mostrado en la figura 9.9.

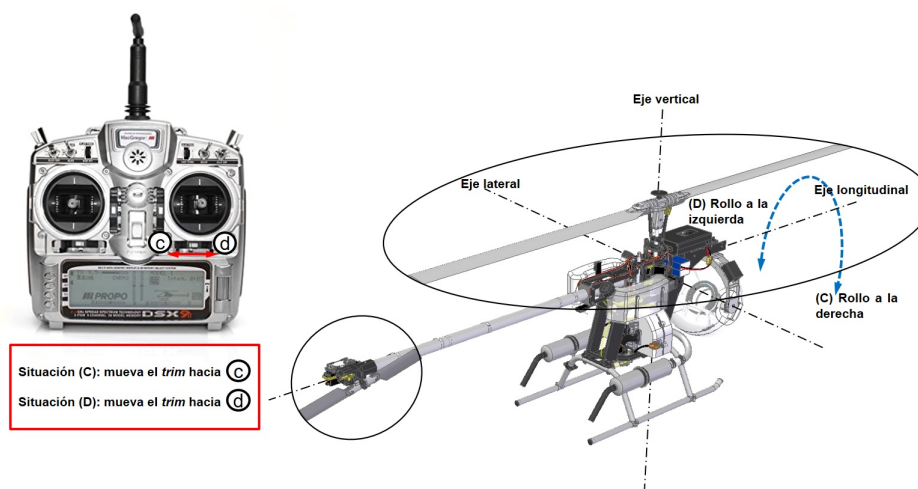


Figura 9.9: Compensación (trimming) movimiento de rollo

Si el helicóptero tiende a hacer giros de cabeceo hacia arriba o hacia abajo alrededor del eje lateral, corrija esto de acuerdo con lo mostrado en la figura 9.10.

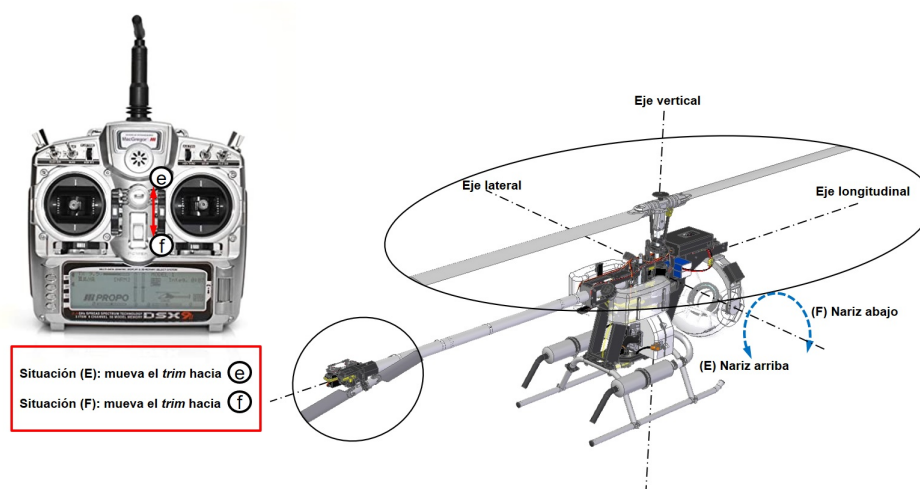


Figura 9.10: Compensación (tracking) movimiento de cabeceo

9.2. LIMPIEZA PERIÓDICA DE LA AERONAVE

NOTA DE PRECAUCIÓN

Limpie las superficies externas con un paño húmedo y alcohol isopropílico el cual no afecta los elementos electrónicos expuestos en la aeronave. Se recomienda evitar el uso de agua debido a que algunas partes del helicóptero son de aleaciones de acero las cuales pueden ser susceptibles a corrosión.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Jamás utilice agua a presión para limpiar el helicóptero. Utilice aire a alta presión únicamente para limpiar las partes internas del helicóptero donde se encuentra la transmisión de potencia.

El Petirrojo PR-01 fue manufacturado en su mayoría en aleaciones de aluminio certificadas para uso en la industria aeroespacial y tiene una terminación de anodizado, lo cual lo hace liviano y resistente. Se recomienda usar paños de microfibra para la limpieza. La limpieza de

la aeronave se debe realizar antes y después de cada vuelo que se haga con el helicóptero. En caso de almacenar el equipo por más de cuatro semanas, se debe sacar todo el combustible de los tanques, desconectar y almacenar en un lugar diferente las baterías y tapar la aeronave con plásticos para evitar el polvo.

9.3. LUBRICACIÓN

Los rodamientos usados en el Peritirrojo PR-01 son auto-lubricados, por lo tanto, no requieren lubricación periódica. El motor del helicóptero al ser de dos tiempos se lubrica cada vez que se llenan los tanques con la mezcla de gasolina y aceite sintético, sin embargo, en caso de almacenamiento por un largo periodo de tiempo se requieren seguir los procedimientos establecidos por el fabricante Zenoah.

Los piñones y engranajes de la transmisión requieren de una lubricación en los dientes cada 10 ciclos para asegurar una operación suave en la conexión de estos elementos. Se recomienda el uso de la grasa con titanio de la empresa VARIO helicopters No. 10/367. Cada vez que se haga un servicio de mantenimiento se deben lubricar todos los elementos que componen la transmisión.

9.4. RECOMENDACIONES DURANTE EL VUELO

Las siguientes son las recomendaciones a la hora de realizar vuelos con el helicóptero Petirrojo PR-01. La no atención y cumplimiento de la siguiente lista puede ocasionar daño del equipo y a terceros.

1. Mantenga siempre una distancia segura entre usted como operador y la aeronave cuando opere el helicóptero.
2. No vuele el helicóptero por encima de grupos de personas, carros y/o edificaciones.
3. El vuelo (operación) requiere de una alta concentración, el piloto debe mantener comunicación únicamente con el observador, el cual le debe informar sobre posibles amenazas o peligros que se encuentren cuando realizan la misión.
4. Operar el helicóptero por periodos largos de tiempo puede causar fatiga incrementando el riesgo de fallo durante la operación, por favor tome un tiempo de descanso entre cada

- ciclo.
5. No toque el motor o los exostos después de aterrizar el helicóptero, permita que estas partes tengan un tiempo de refrigeración de aproximadamente 10 minutos.
 6. Verifique el estado de las baterías una vez aterrice el helicóptero revisando la temperatura y la cantidad de carga que queda disponible para el siguiente vuelo.
 7. Inspeccione la aeronave a profundidad, asegurándose que no tenga elementos sueltos o dañados.
 8. En caso de no realizar más vuelos durante el día, drene los tanques de combustible por completo. El no realizar este procedimiento puede degradar la vida útil de las mangueras de este sistema.
 9. Revise el estado de los dientes de los engranajes y piñones de la transmisión de potencia, en caso de encontrar algo extraño, no realice el vuelo hasta verificar que todo el sistema funciona de manera suave y sin bloqueos.

9.5. LISTA POST-VUELO

El helicóptero Petirrojo PR-01 debe ser inspeccionado después de cada ciclo (vuelo).

Lista de verificación de post-vuelo.

No.	Ítem	Cumple		Observaciones
		Si	No	
1	Verifique cada uno de los tornillos de ensamblaje del helicóptero asegurándose que no estén sueltos (indicación de vibraciones altas en la operación)			
2	Verifique cada parte que rote o que se tenga movimiento para asegurar que siga realizando estos mismos de manera suave y normal			
3	Limpie los exostos de cualquier residuo del motor o de los tanques de combustible			
4	Verifique cualquiera de las partes que tienen movimiento durante la operación, como los engranajes/piñones, barras de control, rodamientos, etc. en búsqueda de cualquier anomalía (mal movimiento u holguras) o ruido extraño			

9.6. LISTA CAZA-FALLAS

El motor no enciende			
No.	Falla	Causa	Solución
1	El eje de arranque del motor no gira	El motor puede estar inundado de combustible	Remueva las bujías, luego gire el eje de arranque del motor con el taladro de alto rendimiento y la extensión/arrancador hasta que el exceso de combustible salga por el agujero donde están instaladas las bujías.
2	El motor gira cuando se aplica el arranque, pero no enciende	No hay suficiente combustible en el carburador Bujía defectuosa Ajuste de las agujas del carburador Movimiento de la barra de control de aceleración	Impregne el carburador con la mezcla de combustible con aceite sintético mediante una jeringa plástica con aguja de inyección. Remueva la bujía del motor, verifique si se encuentra quemada el platino que causa la chispa, cambie la bujía. Refiérase al manual del fabricante del motor (Zenoah) para el correcto ajuste de las agujas del carburador de acuerdo a las condiciones ambiente y a la altitud donde se opera el helicóptero Verifique que el movimiento del servo sea normal, en caso de encontrar la barra de control doblada o con grietas remueva y cambie por una nueva.
3	El motor arranca, pero se apaga inmediatamente	Posición del servo y la barra de control de aceleración Bujía defectuosa	Incrementa el movimiento de la palanca de control de aceleración en el radiocontrol. Remueva la bujía del motor, verifique si se encuentra quemada el platino que causa la chispa, cambie la bujía.
4	El motor arranca, pero el helicóptero no se eleva /humo excesivo en el exososto/el motor suena desincronizado en el encendido	Paso inadecuado en las palas del rotor principal Movimiento inadecuado de la barra de control de aceleración Ajuste de las agujas del carburador	Verifique que el ángulo de paso en las palas del rotor principal se encuentre de 6.5 a 7.0 grados cuando en el radiocontrol se posiciona la palanca de control de paso colectivo al 50%. Verifique que la mariposa del carburador quede totalmente abierta cuando la palanca de control de aceleración en el radiocontrol se mueve completamente hacia arriba y totalmente cerrada cuando se mueve hacia abajo. Refiérase al manual del fabricante del motor (Zenoah) para el correcto ajuste de las agujas del carburador de acuerdo a las condiciones ambiente y a la altitud donde se opera el helicóptero.

El helicóptero con vibraciones excesivas		
Falla	Causa	Solución
Vibración en tierra o en el aire	Resonancia en tierra/aire debido a que las palas del rotor principal o las del rotor de cola se encuentran con un apriete excesivo	Desajuste las palas del rotor principal y las de cola de tal manera que queden ajustadas, pero que les puedan rotar con respecto al tornillo de agarre en el soporte.
Vibración en el rotor principal	Ajuste del tracking de las palas del rotor principal	Verifique del proceso de ajuste del tracking de las palas del rotor principal en la sección 9.1 de este manual
	Eje <i>spindle</i> doblado	Cambie el eje <i>spindle</i>
	Eje del rotor principal doblado	Cambie el eje del rotor principal
	Palas del rotor principal defectuosas o desbalanceadas	Balancee las dos palas, en caso de continuar con la vibración por el desbalanceo, cambie las palas por unas nuevas (verifique el balance)
Vibración en el rotor de cola	Eje <i>spindle</i> doblado	Cambie el eje <i>spindle</i>
	Eje del rotor de cola doblado	Cambie el eje del rotor principal
	Palas del rotor de cola defectuosas o desbalanceadas	Balancee las dos palas, en caso de continuar con la vibración por el desbalanceo, cambie las palas por unas nuevas (verifique el balance)

9.7. ALMACENAMIENTO

Mantenga el helicóptero en un lugar fresco, seco y ventilado, evitando que entre en contacto directo con la luz del sol o cerca de una fuente de calor.

Impregne de aceite sintético el carburador del motor por medio de una jeringa, esto evitará que los rodamientos del motor se dañen por corrosión.

Reemplace cualquier parte dañada o con defectos en caso de ser descubiertas durante los procesos de inspección y mantenimiento.

Capítulo 10

Procedimientos Operacionales de Emergencia

	Pág.
10.1 Fallo de potencia—General	127
10.2 Verificaciones luego de un procedimiento de emergencia (autorrotación)	130

Esta sección del M/OM cubre los procedimientos de emergencia que se deben realizar con el helicóptero UAS Petirrojo PR-01. Es importante entender que cuando se dice "aterri-ce inmediatamente" se refiere que debe aterrizar en un área libre de obstáculos donde un aterrizaje normal y seguro se puede realizar. Se debe estar preparado para que en caso de que se necesite, se haga una maniobra de autorrotación durante la aproximación. Cuando se habla de "aterri-ce tan pronto como sea práctico" se tiene entender que el sitio donde se desea aterrizar es a discreción del piloto, basado en la naturaleza del problema y de las áreas seguras disponibles para esto.

10.1. FALLO DE POTENCIA—GENERAL

Un fallo de potencia general puede ser la causa de la pérdida del motor o un daño en la transmisión de potencia. Estos se detectan usualmente por la caída en las rpm de los dos rotores del helicóptero.

Un fallo de motor se puede detectar por el cambio en el nivel de ruido, un movimiento de guiñada (yaw) a la derecha y una pérdida de altitud abrupta. El fallo del sistema de transmisión de potencia se evidencia por un incremento anormal en las vibraciones del helicóptero, un movimiento de guiñada en cualquier dirección de la nariz y una disminución en las rpm de los rotores con incremento de las rpm del motor.

En caso de un fallo de potencia, baje el mando de colectivo en el radiocontrol de tal manera que pueda entrar en una condición de autorrotación.

NOTA DE PRECAUCIÓN

Se requiere que en la condición de autorrotación se dé un movimiento el mando del cíclico hacia atrás en el radiocontrol, según lo requiera la situación (alta velocidad de descenso).

NOTA DE PRECAUCIÓN

No aplique el mando del cíclico hacia atrás en el radiocontrol durante el momento de contacto o deslizamiento del tren de aterrizaje (skid) con el terreno, de tal manera que se pueda evitar el golpe de las palas del rotor principal con el boom de cola.

Las siguientes son las listas de verificación que se establecen en caso de una emergencia para los casos más típicos y que varían dependiendo de la altura, el peso de la aeronave y el lugar donde se esté operando (condiciones ambientales y del terreno/agua). En ellas se explica el proceso de la maniobra de autorrotación cuya explicación se puede ver en la figura 10.1.

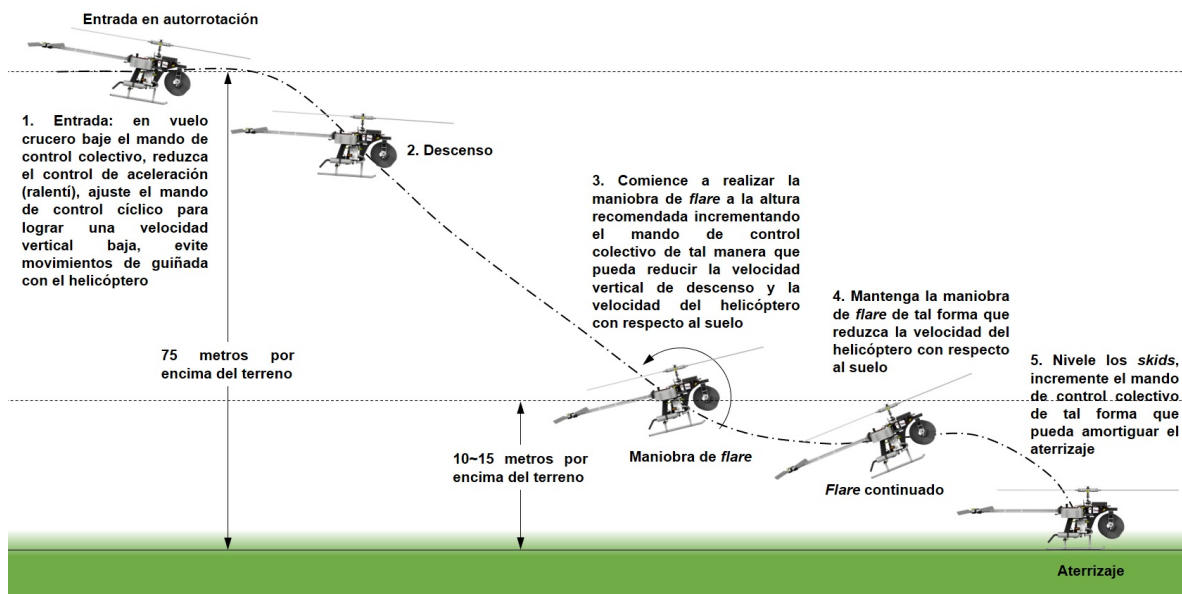


Figura 10.1: Maniobra de autorrotación en el helicóptero Petirrojo PR-01

Lista de verificación en caso de fallo de potencia a una altura por encima de los 75 metros sobre el nivel del terreno.

No.	Acción a realizar
1	Baje inmediatamente el control de colectivo en el radiocontrol para mantener las revoluciones altas en el rotor principal.
2	Establezca un descenso frontal estable a una velocidad aproximada de 35 km/h.
3	Ajuste el control colectivo en el radiocontrol para mantener unas revoluciones altas en el rotor principal (en caso de no tener un peso alto en el helicóptero puede aplicar el mando colectivo totalmente hacia abajo en el radiocontrol).
4	Maniobre el helicóptero de tal manera que lo pueda dirigir al lugar de aterrizaje de emergencia establecido previamente en la planeación del vuelo (tenga cuidado de la pérdida de altura en esta maniobra).
5	A unos 10 ~ 15 metros de altura (dependiendo del peso), comience a ajustar los controles de colectivo y cíclico en el radiocontrol de tal manera que efectúe un flare para reducir la velocidad de descenso del helicóptero.
6	A unos 1.5 ~ 3 metros de altura (dependiendo del peso), aplique el mando de control cíclico hacia adelante en el radiocontrol para nivelar el helicóptero y suba el mando de control colectivo en el radiocontrol, justo antes de entrar en contacto con el terreno para el descenso. Haga el contacto con el terreno en una actitud nivelada (horizontal).

Lista de verificación en caso de fallo de potencia a una altura de entre 3 y 75 metros sobre el nivel del terreno.

No.	Acción a realizar
1	Baje inmediatamente el control de colectivo en el radiocontrol para mantener las revoluciones altas en el rotor principal.
2	Mantenga la velocidad vertical de caída hasta que se aproxime al suelo, luego, comience a ajustar los controles de colectivo y cíclico en el radiocontrol de tal manera que efectúe un flare para reducir la velocidad de descenso del helicóptero.
3	A unos 1.5 ~ 3 metros de altura (dependiendo del peso), aplique el mando de control cíclico hacia adelante en el radiocontrol para nivelar el helicóptero y suba el mando de control colectivo en el radiocontrol, justo antes de entrar en contacto con el terreno para el descenso. Haga el contacto con el terreno en una actitud nivelada (horizontal).

Lista de verificación en caso de fallo de potencia una altura por debajo de los 3 metros sobre el nivel del terreno.

No.	Acción a realizar
1	Aplique el mando de control de guiñada (rotor de cola) a la izquierda para prevenir que el helicóptero comience a girar alrededor de su eje vertical.
2	Permita que la aeronave se estabilice.
3	Lleve hacia adelante el mando colectivo en el radiocontrol de tal manera que se aumente el paso en las dos palas del rotor, justo antes de entrar en contacto con el terreno.

Lista de verificación en caso de aterrizaje en agua con fallo de potencia.

No.	Acción a realizar
1	Siga los procedimientos establecidos en las listas de verificación anteriores (dependiendo de la altura sobre el agua).
2	Justo en el momento en el que el helicóptero entre en contacto con el agua, aplique el mando de control de cíclico en el radiocontrol (a cualquiera de los lados) de tal manera que se logre parar la rotación de los rotores.

Lista de verificación en caso de una pérdida de empuje en el rotor de cola del helicóptero durante el vuelo.

No.	Acción a realizar
1	Inmediatamente ocurra este fallo, seleccione en el radiocontrol la opción de deshabilitar el control de aceleración del motor (rpm a mínimas) y aplique en el helicóptero la maniobra de autorrotación.
2	Permita que la aeronave se estabilice y mantenga la velocidad de caída.
3	Seleccione el lugar donde aterrizará, y efectúe el aterrizaje de autorrotación.

10.2. VERIFICACIONES LUEGO DE UN PROCEDIMIENTO DE EMERGENCIA (AUTORROTACIÓN)

En el evento de una autorrotación o un aterrizaje de alto impacto con el terreno/agua, se debe inspeccionar la aeronave de acuerdo a la siguiente lista de verificación.

Una vez ocurra el incidente o el accidente.

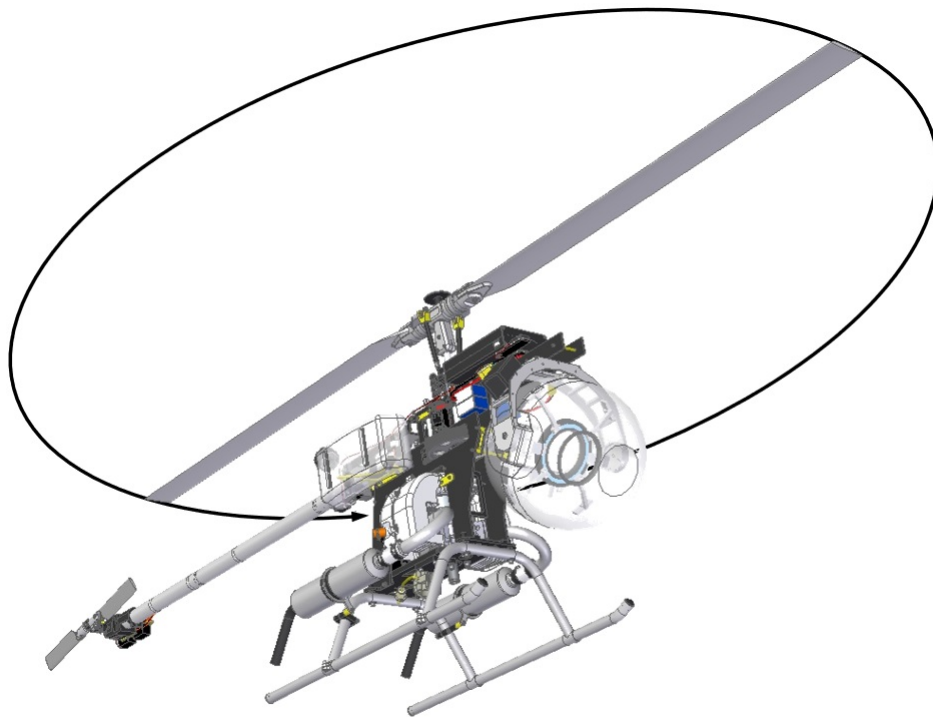
No.	Acción a realizar
1	Verifique que el motor quede totalmente apagado y desconecte la batería.
2	En caso de requerirse proceda a desconectar la carga paga.
3	Verifique el estado del eje de arranque del motor.
4	Revise el estado de los dientes de cada engranaje o piñón del sistema de transmisión.
5	Verifique el estado de alineación de los ejes de ambos rotores.
6	Verifique el estado de alineación de los ejes de unión de las palas de ambos rotores.
7	Verifique el estado del boom de cola y revise si hay grietas o fracturas.
8	Verifique el estado de las barras de control de ambos rotores.
9	Verifique el estado de los servos.
10	Verifique el estado de la estructura del fuselaje.
11	Verifique el estado de los tubos del tren de aterrizaje.

NOTA DE PELIGRO

En caso de daño de algún elemento del helicóptero, estos se deben reemplazar por uno nuevo para aumentar la confiabilidad y la seguridad en la operación. No pegue las partes plásticas que estén rotas. No repare las palas de ambos rotores.

Capítulo 11

Operaciones Especiales



El helicóptero Petirrojo PR-01 no está habilitado para operaciones especiales como vuelos nocturnos o el transporte de mercancías, en caso de requerir hacer alguna modificación del diseño original se debe contactar a los diseñadores/fabricantes y de acuerdo a las necesidades se harán los procesos necesarios y cambios en el M/OM.

Capítulo 12

Gestión de Riesgos y Errores

	Pág.
12.1 Políticas y Objetivos del Sistema de Gestión	134
12.2 Identificación de Peligros	136
12.3 Evaluación y Estrategias de Mitigación de Riesgos	140
12.4 Proceso de Definición y Aplicación de Medidas Correctivas	145

12.1. POLÍTICAS Y OBJETIVOS DEL SISTEMA DE GESTIÓN

12.1.1. POLÍTICA DE SEGURIDAD OPERACIONAL

La UPB es consciente de la importancia para todo el sector aéreo de incluir como una prioridad la Seguridad Operacional en la realización de todas las actividades, esta es la razón por la cual se compromete a implementar y mejorar activamente todos los lineamientos de Seguridad Operacional en todos sus niveles y bajo cualquier procedimiento llevado a cabo internamente.

Con el fin de garantizar la priorización del sistema de Seguridad Operacional internamente, se asegura la asignación equilibrada de los recursos tanto financieros como humanos que permitan mantener los estándares adecuados de la implementación de la Seguridad Operacional, salvaguardando así que este no se vea afectado bajo ningún interés comercial particular.

La Organización implementa un sistema de calidad que vigila constantemente todas las actividades operacionales llevadas a cabo, respaldando y haciendo cumplir que cada una de ellas sea realizada bajo las instrucciones descritas y certificadas en los manuales y directrices correspondientes. Del mismo modo, se garantiza que todos los procesos realizados se hagan únicamente por personal debidamente certificado y calificado para llevar a cabo dicha actividad.

Adicionalmente, se tiene como prioridad brindar constantemente el conocimiento y la capacitación competente a todo el personal dentro del sistema de Seguridad Operacional, asignando y delegando funciones y responsabilidades de acuerdo con el modo en que cada cargo se involucre dentro del sistema.

Activamente se desarrollan, implementan y mejoran procesos que permitan la identificación de peligros y gestión de riesgos, generando diferentes canales para todo el personal de la organización donde se posibiliten los reportes tanto voluntarios como obligatorios, siendo estos uno de los principales medios para la obtención de información que permita mitigar los riesgos de las consecuencias de los peligros de Seguridad Operacional.

Se cuenta con procedimientos para la realización de auditorías internas y/o externas, mediante las cuales se optimiza activamente todos los sistemas de la organización, incluida la Seguridad Operacional en todos sus niveles.

12.1.2. POLÍTICA DE NO-PUNITIVIDAD

La Seguridad Operacional requiere que activamente se realicen todo tipo de reporte por parte del personal donde se evidencien posibles situaciones que pongan en riesgo las operaciones del sistema. Esto requiere que la organización garantice una comunicación asertiva entre los entes administrativos y el resto del personal que se involucre de alguna manera en actividades operacionales.

La UPB con el fin de asegurar el continuo reporte de eventos que atenten o puedan atentar contra la Seguridad Operacional, garantiza que la notificación por parte del personal no será un acto punitivo en ninguna circunstancia, siempre y cuando de por medio se cataloguen los eventos como errores operacionales. Esto con el fin de que el empleado tenga plena certeza de que su actitud es positiva para la organización y no se tomarán medidas disciplinarias que lleguen a afectarlo negativamente.

En contraparte a lo mencionado anteriormente, omitir reportes que afecten la Seguridad Operacional se considera una violación. Todo acto denominado dentro de los parámetros de violación por su evidente intencionalidad no es respaldado bajo esta política de no punitividad y será presentado ante el ente regulador que definirá el adecuado procedimiento a seguir.

12.1.3. OBJETIVOS DE SEGURIDAD OPERACIONAL

Alcanzar un sistema de Seguridad Operacional donde se promueva la cultura justa en todos los niveles de la organización, implementando mecanismos que identifiquen los peligros y gestionen los riesgos del sistema.

Promover constantemente el conocimiento y capacitación para el personal tanto interno como externo por medio de los cursos regulares de entrenamiento sobre los lineamientos e implementación del sistema de Seguridad Operacional.

Incentivar constantemente la cultura de reportes voluntarios y obligatorios dentro de la organización, por medio de los cuales se detecten y prevengan los riesgos de Seguridad Operacional dentro de la Organización.

12.2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

La gestión del riesgo e identificación de peligros para las operaciones del UAS Petirrojo PR-01 por parte de la UPB es un foco de interés central para garantizar la seguridad y continuidad del sistema en condiciones óptimas de operación normal. Es por ello, por lo que se da plena importancia la comprensión y cultura de la seguridad operacional por parte de todo el personal de la organización, siendo todos responsables de la identificación de los peligros, designando metodologías especializadas para la formalización de la identificación, evaluación, análisis, planteamiento y ejecución de planes de acción que permitan mejorar continuamente el sistema de seguridad operacional de la operación de este UAS.

Un aspecto importante previo a la descripción de los procesos de identificación de peligros es el concepto de peligro operacional cuya definición data de cualquier condición u objeto que pueda provocar lesiones al personal, daños al equipo o estructuras, pérdidas de material o reducción de la capacidad de realizar una función prescrita (OACI, 2009), diferenciando el significado de las consecuencias que son el posible resultado de los peligros. Una vez definido el término "peligro", las estrategias de mitigación de riesgos están dirigidas a contemplar una combinación de los procesos reactivos, proactivos y predictivos para recopilar datos sobre la seguridad operacional de la organización. Estas fuentes permiten la identificación de peligros donde las consecuencias de cada uno deben ser descritas en términos operacionales con la finalidad de controlar las variables del sistema permitiendo la evaluación, análisis, planteamiento y ejecución de acciones de forma efectiva en el sistema o contexto operacional.

La metodología para la identificación de peligros se basa en 3 estrategias diferentes, como se muestra en la Fig. 12.1. Es importante tener en cuenta que no se selecciona una única estrategia, sino que es una combinación de las tres para garantizar la continuidad de las operaciones normales de la organización.



Figura 12.1: Indentificación de peligros.

■ Método Reactivo

El método reactivo contempla el peligro después de haberse materializado (PASADO) es decir que se percibe en un entorno de investigación como primer paso a ejecutar para el análisis, evaluación, planteamiento y ejecución de planes de acción frente a un evento operacional.

1. Identificar el acontecimiento mediante el Informe de Seguridad Aérea ASR (si se tiene), el Informe Obligatorio de Sucesos MOR (si se tiene) y el reporte de seguridad operacional.
2. Una vez se tenga claro que fue lo que pasó, realice las respectivas entrevistas al personal involucrado en el suceso.
3. Identifique si el peligro es externo, técnico, organizacional o de factor humano.
4. Identifique todos los factores de contribución que se le puedan atribuir al suceso en específico.
5. Realice y haga el análisis de la matriz de valoración de riesgo.
6. Tome las respectivas medidas correctivas para los peligros que tengan un nivel de riesgo alto, tomando como referencia la probabilidad y la severidad.
7. Haga un seguimiento estadístico a los peligros que no clasificaron en el paso anterior con el objetivo de identificar las situaciones en que estos peligros obtienen un nivel de riesgo alto.
8. Realice e implemente un plan de acción de ataque las situaciones identificadas en el punto anterior.
9. Realice nuevamente un análisis de valoración de riesgo, identifique si se logró la mitigación, si quedaron riesgos remanentes o si se identificaron riesgos nuevos.
10. En caso de encontrar riesgos remanentes o identificar riesgos nuevos, devuélvase al paso 7.

11. Realice un informe en el que se documente en detalle el suceso inicial, la identificación y valoración de riesgos, los planes de acción implementados y el seguimiento al cumplimiento de esos planes de acción.
12. Ponga el informe a disposición del público objetivo en la biblioteca de seguridad operacional.

■ **Método Proactivo**

El método proactivo está basado en la noción de la búsqueda de peligros (PRESENTE) antes de que efectúen fallas en el sistema.

1. Identifique muy bien la operación que realiza la aeronave, de acuerdo con sus especificaciones de operación.
2. Realice una auditoría interna para identificar las condiciones de operación actuales en las que se encuentra la organización.
3. De acuerdo con las condiciones encontradas en la auditoría, identifique todos los peligros a los cuales se pueda ver expuesta la aeronave y que puedan afectar tanto el nombre del operador, como costar grandes cantidades de dinero o que lleguen a atentar contra la vida del personal.
4. Haga una valoración de riesgos a los peligros identificados previamente de acuerdo con severidad y deficiencia.
5. Plantee propuestas de planes de acción para reducir los niveles de riesgos encontrados en la valoración.
6. Implemente el (los) plan(es) de acción aprobados por el ejecutivo responsable.
7. Vuelva a hacer una valoración de riesgo después de haber aplicado el plan de acción con el fin de identificar peligros remanentes o peligros nuevos, en caso de no encontrar resultados satisfactorios, devuélvase al punto 3.
8. De acuerdo con los planes de acción implementados, haga los cambios debidos al Manual General de Operaciones del operador.
9. Haga jornadas de instrucción y entrenamiento para que todo el personal involucrado en la operación de la empresa se entere y cumpla con el Manual General de Operaciones.

■ **Método Predictivo**

El método predictivo se basa en la noción de la búsqueda de peligros que representen un riesgo para la seguridad operacional del sistema (FUTURO) y asegurar la continuidad de las operaciones normales de la organización. Es indispensable tener en cuenta para la identificación de peligros de este método las políticas de no punitividad y las observaciones entre pares, es decir, observaciones vistas desde un punto de vista cotidiano en condiciones normales de operación.

1. Obtenga la aprobación del ejecutivo responsable.
2. Conforme un equipo especializado o designe un área encargada (de igual forma que en los modelos reactivos y proactivos).
3. Establezca un programa LOSA por sus siglas en ingles Line Operations Safety Assessment (Evaluación de la Seguridad de Operaciones en Línea), para operación.
4. Desarrolle un soporte o base para la recolección de información relacionada al programa de LOSA para la operación del Petirrojo PR-01.
5. La identificación de peligros se efectúa través de un proceso de observación continua de las operaciones normales del Petirrojo PR-01. Por lo tanto, se aplica un modelo de entrenamiento a los observadores (es importante tener en cuenta que no se está auditando sino observando el estado de las operaciones en condiciones normales, asegurando una política de no punitividad).
6. Recolecte la información de las observaciones continuas obtenidas de las operaciones normales de la organización.
7. El equipo designado seleccionará la información relevante para su posterior evaluación.
8. Se efectúa un análisis de cada peligro integrándolo a la base de datos general para la alimentación de la central y se genera un reporte efectivo para la retroalimentación general del sistema.
9. Programe socializaciones para el operador del Petirrojo PR-01 retroalimentando las observaciones que contienen información relevante del sistema para efectuar una mejora continua en las operaciones normales.

12.2.1. METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN DE UN PELIGRO

Ahora se va tener en cuenta las metodologías para investigar un peligro, teniendo en cuenta las diferentes formas de identificación de estos.

- **Reactivo:** MOR-Informe de Eventos Obligatorios (Mandatory Occurrence Reports) — Accidentes
- **Proactivo:** Auditorías — Reuniones — Incidentes — VOR
- **Predictivo:** LOSA-Auditoría de Seguridad de Operación en Línea (Line Operation Safety Audit) — FDA-Análisis de Datos de Vuelo (Flight Data Analysis)

12.3. EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DE RIESGOS

12.3.1. EVALUACIÓN

El proceso de definición y aplicación de medidas correctivas se basa en el método del funcionamiento de un SMS (Safety Management System) que corresponde a un sistema de administración segura. El funcionamiento de este proceso corresponde primeramente a un conjunto de diferentes informes, los cuales van a estar respaldados por reportes operacionales, ya sean de forma voluntaria, obligatoria o en una auditoría. El funcionamiento de los reportes se muestran en la figura 12.2, donde al final todos llegan a una base de datos que contendrá todos estos documentos.

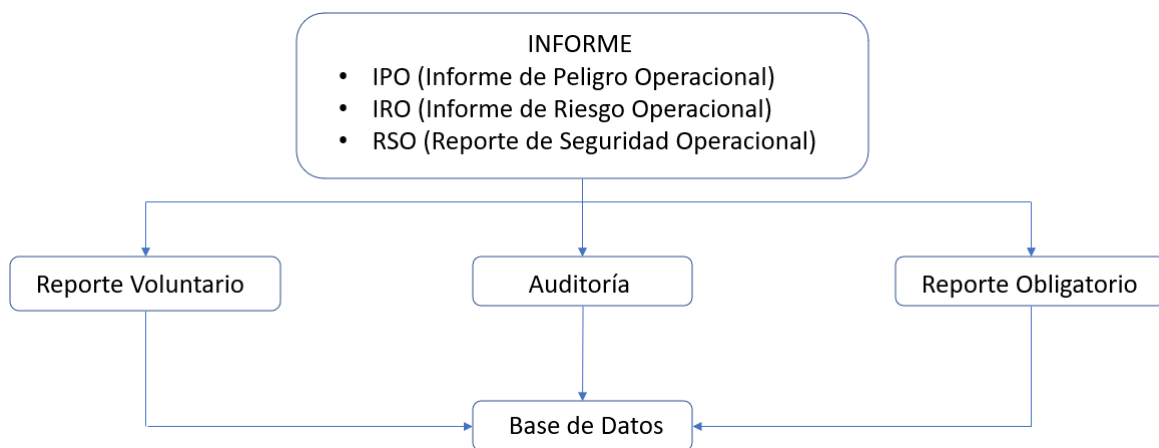


Figura 12.2: Proceso de reportes

Una vez los informes estén en la base de datos, se procederá a hacer la evaluación del riesgo, que buscará siempre llevar los riesgos a niveles aceptables mediante la implementación de controles y planes de acción que sean elaborados por el especialista que esté realizando esta evaluación. El diagrama que muestra el proceso de esta evaluación del riesgo se muestra en la figura 12.3.

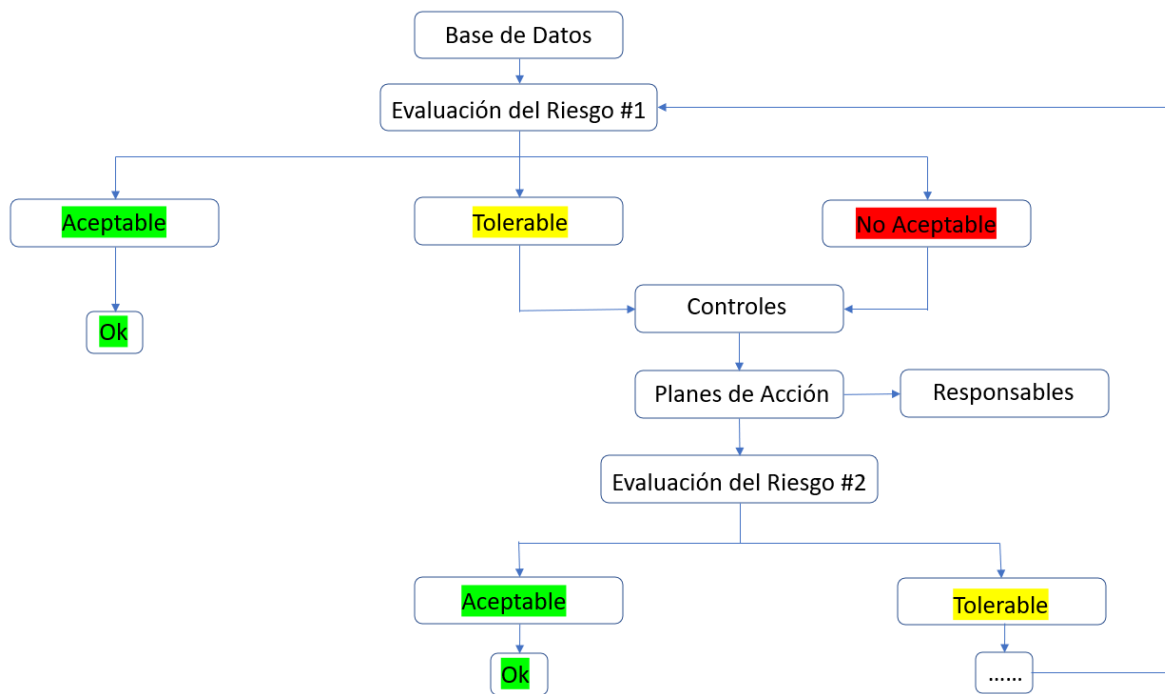


Figura 12.3: Proceso de evaluación del riesgo

12.3.2. MITIGACIÓN

La mitigación se plantea bajo un modelo de matriz de riesgos y daños que tendrá como objetivo mitigarlos bajo implementaciones de planes de mejora, tratando siempre de seguir el principio ALARP 'As Low As Reasonably Practicable' que traduce 'tan bajo como sea razonablemente factible', este principio es mostrado en la figura 12.4 y su principal función es llevar los niveles de riesgos de niveles no tolerables a niveles aceptables para lograr una operación segura.

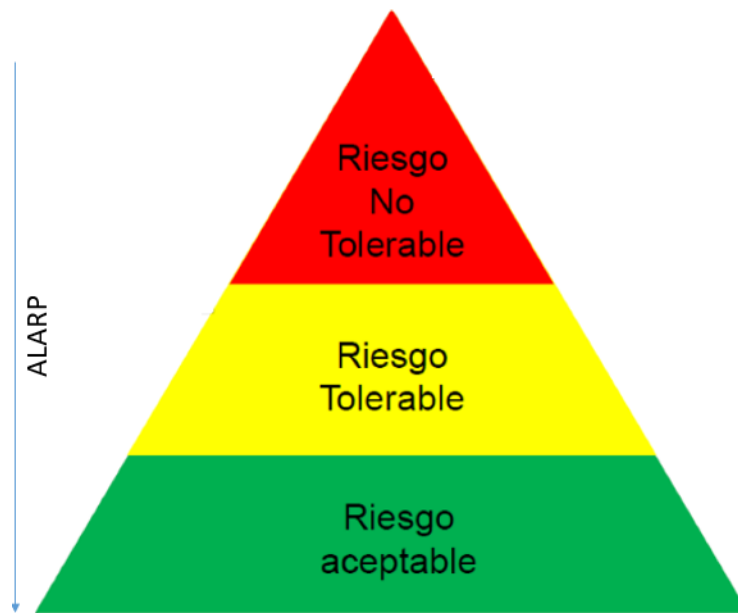


Figura 12.4: Principio ALARP

Para poder hallar el nivel de riesgo se hace una pequeña multiplicación que incluye unos factores a ser evaluados, donde estos representan lo que se puede tener en cuenta a la hora de evaluar un nivel de riesgo, esto se muestra gráficamente en la figura 12.5.

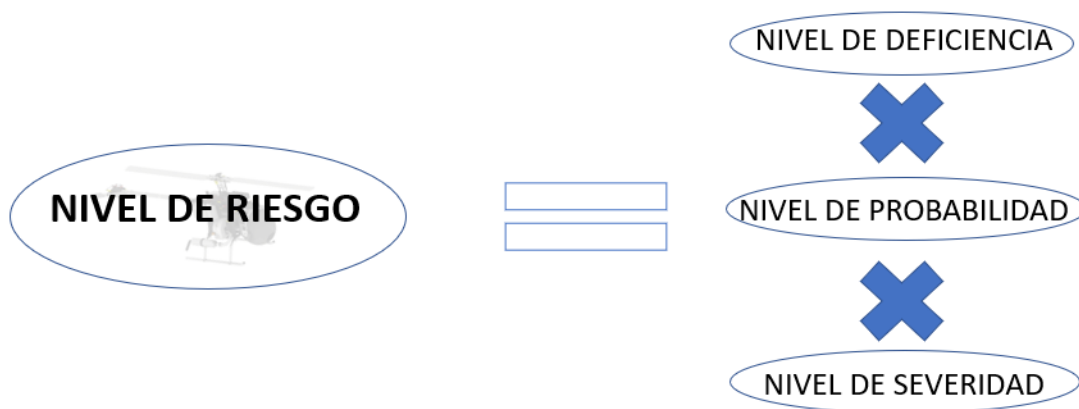


Figura 12.5: Nivel de Riesgo

Ahora, para poder cuantificar los factores a ser evaluados, se les dará una serie de rangos con números que representan cada evaluación, los cuales van a ser tenidos en cuenta al final para poder ser multiplicados y determinar en que nivel de riesgo se encuentra.

La figura 12.6 muestra los valores para el riesgo como una deficiencia, que incluye una breve explicación de lo que significa cada uno y de esta forma tener una mejor claridad a la hora de elegir el valor al riesgo.

Muy Deficiente	10	Los controles existentes respecto al riesgo son nulos o no existen.
Deficiente	6	Los controles existentes respecto al riesgo son bajos.
Poco Deficiente	2	Los controles existentes respecto al riesgo son moderados.
Sin Importancia	1	Los controles existentes respecto al riesgo son altos.

Figura 12.6: Riesgo como deficiencia

Siguiendo con la figura 12.7 que representa el riesgo como probabilidad, muestra una serie de números también asociados a una breve explicación, pero enfocada a lo que se refiere como probabilidad del riesgo.

Frecuente	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral
Ocasional	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Remoto	2	La situación de exposición se presenta una vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Improbable	1	La situación de exposición se presenta de vez en cuando

Figura 12.7: Riesgo como probabilidad

Por último tenemos la figura 12.8 que muestra el riesgo como severidad y como se puede observar tiene unos números más grandes con una descripción más amplia debido a que este factor es uno de los que más influye en el proceso de esta evaluación.

Catastrófica	100	1. La reparación deja la Aeronave inoperativa por más de 24 horas. 2. La operación se reinicia después de las primeras 24 horas. 3. Invalidez o Muerte. 4. Pérdidas mayores a 100 SMMLV. 5. Afectación a la imagen de la empresa a nivel internacional. 6. Suspensión de actividad más de 16 días. 7. Pérdida de la información crítica, sin respaldo.
Peligrosa	60	1. La reparación deja la Aeronave inoperativa entre de 60 minutos y 24 horas. 2. La operación se reinicia entre los 60 minutos y 24 horas. 3. Lesión o enfermedad Grave, con posibilidad de incapacidad permanente parcial. 4. Pérdidas entre 51 y 100 SMMLV. 5. Afectación a la imagen de la empresa solo de conocimiento nacional. 6. Suspensión de actividad entre 4 - 15 días. 7. Pérdida de la información, sin respaldo.
Moderada	25	1. La reparación deja la Aeronave inoperativa menos de 60 minutos. 2. La operación se reinicia antes de los 60 minutos. 3. Lesión o enfermedad, con incapacidad temporal, NO permanente. 4. Pérdidas entre 16 y 50 SMMLV. 5. Afectación a la imagen de la empresa solo de conocimiento local. 6. Suspensión de actividad entre 1 - 3 días. 7. Pérdida de la información, pero con respaldo.
Insignificante	10	1. La Aeronave no requiere reparación. 2. No hay ningún efecto operacional. 3. Sin Lesión o lesiones pequeñas. 4. Sin incapacidad pérdidas menores a 15 SMMLV. 5. Afectación a la imagen de la empresa solo de conocimiento interno. 6. Sin Suspensión de la actividad. 7. No hay pérdida de la información.

Figura 12.8: Riesgo como severidad

Cuando se tiene decidido cada valor para cada factor se procede a multiplicarlos y el valor final va ser el que decida en que nivel del riesgo está lo evaluado, para esto se presenta la matriz de riesgos de la figura 12.9.

I 4 000-2 400	I 2 000-1 200	I 800-600	II 400-200
I 2 400-1 440	I 1 200-600	II 480-360	II 200 III 120
I 1 000-600	II 500-250	II 200-150	III 100-50
II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

Nivel de riesgo	Valor de NR	Significado
I	4 000 - 600	Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo esté bajo control. Intervención urgente.
II	500 - 150	Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades si el nivel de riesgo está por encima o igual de 360.
III	120 - 40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad.
IV	20	Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aún es aceptable.

Figura 12.9: Valoración del riesgo

La figura 12.9 también muestra los resultados con una breve descripción del nivel en que se está y sugiere el siguiente paso a realizar ya sea suspender actividades, implementar medidas de control o buscar soluciones que permitan mejorar el nivel del riesgo donde se encuentra.

12.4. PROCESO DE DEFINICIÓN Y APLICACIÓN DE MEDIDAS CORRECTIVAS

Para esta parte se aplicarán 5 diferentes medidas de control para disminuir el riesgo detectado, las cuales son mostradas a continuación en un orden jerárquico.

1. **Eliminación:** Eliminar físicamente el peligro.
2. **Sustitución:** Reemplazar el peligro.
3. **Ingeniería:** Aislar las personas u objetos del peligro.
4. **Administración:** Implementar controles de tipo entrenamiento o procedimientos.
5. **EPP (Elementos de Protección Personal):** Entrega y uso de EPP.

Capítulo 13

Método de gestión de accidentes e incidentes

	Pág.
13.1 Definición de un error y una violación	147
13.2 Factor de contribución	147
13.3 Modelo de eventos operacionales	148
13.4 Proceso de investigación	151
13.5 Formato de resultados	153

13.1. DEFINICIÓN DE UN ERROR Y UNA VIOLACIÓN

13.1.1. *ERROR*

Las definiciones de error no tienden a ser tan diferentes una de otra, debido a que mantienen una similitud que sirve para todos los casos, y por esto, no es excepción el caso de la aviación, más específicamente el área de SMS.

Un error se define como aquella acción o acto de realizar una actividad y que al ejecutarla se salga de lo que se esperaba o de los lineamientos establecidos como normales teniendo en cuenta que esta falla sea sin intención alguna de querer perjudicar a una persona, o un bien material.

13.1.2. *VIOLACIÓN*

Muchas veces en el ámbito de seguridad operacional se tiende a confundir o manipular la definición de violación.

Una violación se define como aquella acción o acto de realizar una actividad y que al ejecutarla se salga de lo que se esperaba o de los lineamientos establecidos como normales teniendo en cuenta que esta falla sea con mala intención.

13.2. FACTOR DE CONTRIBUCIÓN

Este término es usado para ayudar a determinar las condiciones que contribuyeron a ocurrir un evento operacional, sin importar si es un error o una violación. Otra forma de definir lo que es un factor de contribución es cualquier cosa que afecte la manera de hacer el trabajo por parte de un técnico, inspector o cualquier persona involucrada en el mantenimiento u operación del Petirrojo PR-01.

Dado que estamos usando la metodología MEDA para la gestión de accidentes e incidentes, analizaremos los factores contribuyentes que tienen un efecto negativo en el rendimiento. ¿Qué cosas afectan como el piloto o un técnico de mantenimiento hace su trabajo? Algunas cosas son obvias, como la iluminación en el área donde se va a realizar la tarea, tener las herramientas

y piezas correctas para realizar el trabajo, distracciones o interrupciones durante la operación y/o cumplimiento de la tarea, capacitación o falta de capacitación para realizar la tarea o recibir instrucciones incorrectas de la tarea por parte del supervisor. Otras cosas no son tan obvias, como, los errores cometidos por un planificador que afectan el desempeño de la tarea del técnico de mantenimiento o aceptar que personal no calificado desempeñe funciones dentro de la operación o mantenimiento del Petirrojo PR-01.

Es más fácil comprender el concepto de factor de contribución utilizando un modelo, como el que se observa en la figura 13.1:

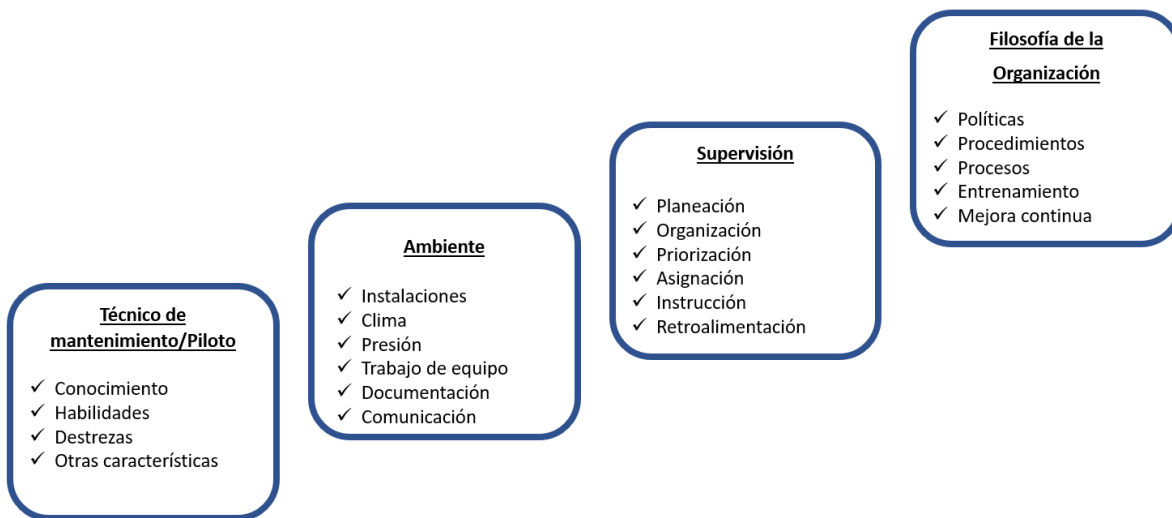


Figura 13.1: Factores que contribuyen al rendimiento del mantenimiento y operación del Petirrojo PR-01

En este modelo, un técnico de mantenimiento o un piloto trabaja dentro de un entorno inmediato bajo supervisión dentro de una organización o un ejecutivo responsable. Cualquiera de estos niveles o cualquiera de los elementos enumerados en el modelo puede afectar la forma en que un técnico/piloto hace su trabajo y, por lo tanto, podría contribuir a un error o violación.

13.3. MODELO DE EVENTOS OPERACIONALES

La forma más rápida y simple del modelo de eventos operacionales se muestra en la figura 13.2.



Figura 13.2: Modelo inicial de error

En este modelo simple, uno o más factores de contribución causan un error que causa un evento. Sin embargo, causar es una palabra "fuerte", por eso se presentarán dos significados de causa.

- **Causa de hecho:** Si 'A' existe (ocurrió) entonces 'B' ocurrirá.
- **Causa de probabilidad:** Si 'A' existe (ocurrió), entonces la probabilidad de que 'B' ocurra aumenta.

Se encontrará que en el mantenimiento suceden muy pocos casos de 'causa de hecho', especialmente respecto con los factores de contribución que causan errores. Para la relación 'factor de contribución—error', casi todas las causas son 'causa de probabilidad'. Para el caso de 'error—evento', es posible tener algunas instancias de 'causa de hecho'. Por ejemplo, dejar un componente sin ajustar y que este provoque fugas de cualquier líquido en el motor. Sin embargo, como investigador, encontrará que incluso para la relación error—evento, la mayoría de las causas son de probabilidad. Este pensamiento causal conduce a un modelo de error más complejo.

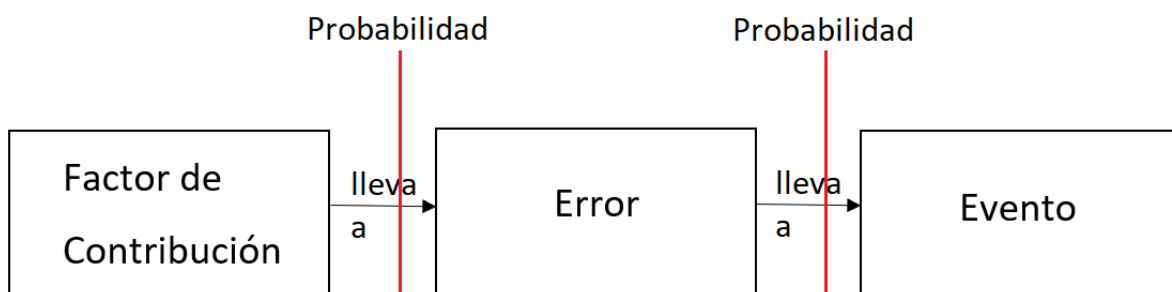


Figura 13.3: Modelo de error de probabilidad

El modelo de la figura 13.3 muestra explícitamente que hay una relación de probabilidad entre factor de contribución y error y entre un error y un evento. Pero basados en la investigación y experiencia se sabe que hay típicamente de 3 a 5 factores de contribución para cada error. De hecho, se puede llegar a tener factores de contribución para los factores de contribución. Por

ejemplo, se estaba realizando una tarea de mantenimiento y el técnico no colocó un tornillo en el eje de unión de las palas del MR (error de instalación incompleta) lo cual conduce a un evento. Durante la investigación se encontró que él no usó el manual de mantenimiento para hacer la tarea porque 'no estaba disponible', también que estaba trabajando en un lugar con poca luminosidad y no se percató que no había colocado el tornillo, estaba haciendo la tarea en horas extras nocturnas y estaba cansado. Todo lo anterior lleva a un modelo más refinado que es mostrado en la figura 13.4.

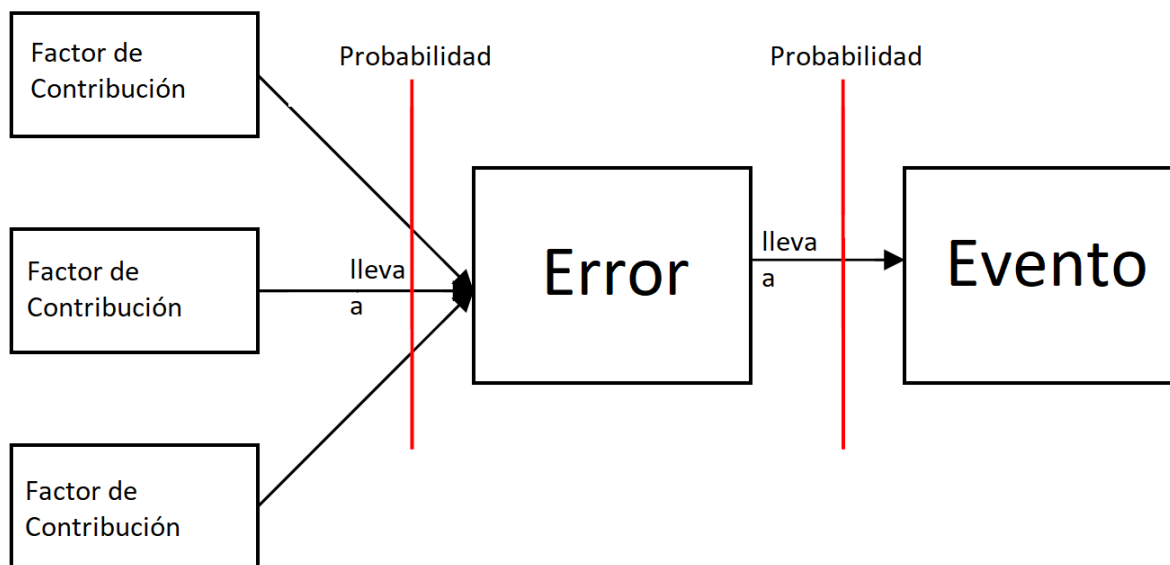


Figura 13.4: Modelo de error mejorado

Sin embargo, ahora se sabe que existen factores de contribución de los factores de contribución. Por ejemplo, uno de los factores de contribución de la figura 13.4 fue que el técnico de mantenimiento estaba cansado. Usando el principio de 'pregunta 5 veces ¿por qué?' se le preguntó al técnico '¿Por qué estabas cansado?' él respondió 'anoche solo dormí 5 horas'. '¿Por qué solo dormí 5 horas?' 'bueno, mi jefe me pidió que trabajara 8 horas extras, y me toma una hora de acá a casa y una hora volviendo, por lo que solo dormí 8 horas'. '¿Por qué tuvo que trabajar 8 horas extras?' 'no tenemos suficiente personal en este momento, por lo que se les pide a todos trabajar horas extras'. Por lo tanto, la causa del cansancio fue la falta de personal. Esto conduce a la figura 13.5.

Nota: En la figura 13.5 se ha eliminado el término 'lleva a' por las flechas de causalidad. El lector debe asumir que existen.

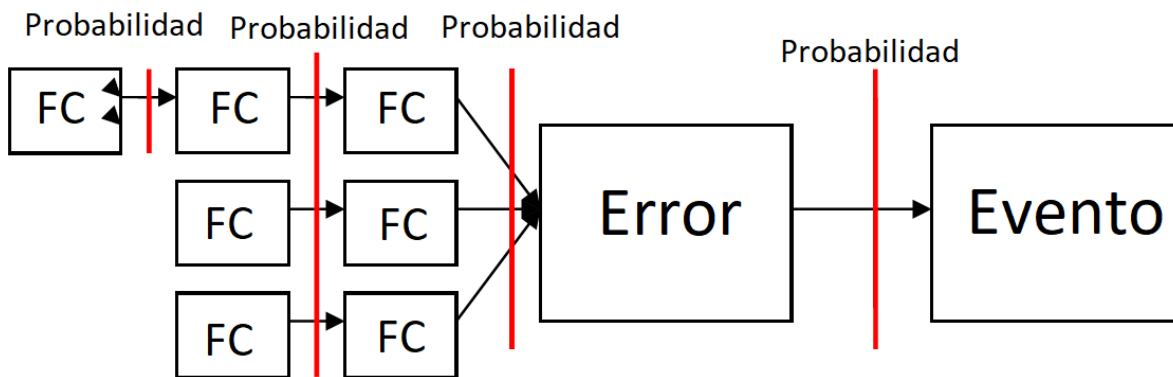


Figura 13.5: Modelo de error mejorado final

Como se pudo observar en la figura 13.5 se llega a un modelo bastante refinado que es el recomendado para el tipo de operación y mantenimiento del UAS Petirrojo PR-01, por lo tanto se tendrá como referencia a la hora de tener el modelo de eventos operacionales. De llegarse a necesitar un modelo más exacto para procesos de investigación más largos, se tendrá lugar a ser cambiado por uno más refinado.

13.4. PROCESO DE INVESTIGACIÓN

Para el proceso de investigación se llevarán a cabo ciertos pasos que permitan una correcta implementación de esta metodología para que la persona que esté investigando el accidente o incidente tenga una guía para que desarrolle de la mejor manera su trabajo.

1. **Ocorre el evento:** Esto es un proceso reactivo o basado en eventos. Es decir, se lleva a cabo una investigación después de que ocurre un evento para averiguar por qué ocurrió el evento. Sin embargo, antes de llevar a cabo una investigación, debemos saber que las personas pueden estar completamente o parcialmente involucradas en el evento.
2. **La investigación encuentra una persona involucrada en el evento:** Después de ocurrido el evento se hace una investigación inicial para determinar que tanta contribución tuvo esta persona para que el evento sucediera. Si se encuentra que esta persona no tuvo tal contribución al evento, se pasará a una investigación de ingeniería para determinar por qué el componente o sistema falló. Por otro lado, si se encuentra que hubo un error o violación que contribuyó al evento, entonces la investigación por este modelo puede seguir.

3. **Contacte a la persona involucrada en el evento:** El siguiente paso consiste en hacer contacto con la persona involucrada en el evento.
4. **Haga la respectiva entrevista y obtenga la mayor información que pueda, y a partir de ahí determine si fue un error o una violación y si hubieron factores de contribución y haga ideas para mejorar el proceso:** La principal función de la entrevista es lograr que la persona involucrada confíe en el entrevistador para generar un espacio libre de juicios a priori y de esta forma obtener la mayor información que pueda ser útil para llevar a cabo la investigación y determinar factores de contribución y si hubo un error o una violación.
5. **Si lo cree necesario haga más de una entrevista en orden de encontrar todos los posibles factores de contribución:** En muchos de los casos se requiere hacer más de una entrevista, con el fin de poder dar seguimiento a esos factores que necesiten ser corroborados para tener mejor exactitud.
6. **Agregue los resultados de la investigación a una base de datos de eventos operacionales:** Es importante tener una base de datos de eventos operacionales, con el fin de analizar tendencias de eventos, errores, violaciones y factores de contribución. Algo que se debe recordar es que estas tendencias serán visibles después de cierto número de reportes en la base de datos, que por lo general vienen siendo 20.
7. **Haga los cambios necesarios para mejorar los procesos, ya sean basados en este evento o en otros de la base de datos:** El investigador debe hacer una serie de propuestas de mejoramiento de la seguridad operacional teniendo en cuenta los resultados del evento o de la base de datos de los mismos, donde estos se presentarán al ejecutivo responsable quien será el encargado de tomar la decisión de aprobar o no estos cambios.
8. **Realice una retroalimentación a todos los involucrados en el evento:** Una de las mejores formas de ganar confianza con el personal de la organización es siempre dar retroalimentación de lo ocurrido, mostrando los cambios de mejora que se harán, para así mostrarles que la investigación no busca castigar a alguien si no mejorar los procesos que se están llevando a cabo.

13.5. FORMATO DE RESULTADOS

El formato de resultados de esta metodología permite crear 4 diferentes secciones que buscan reunir todas las características que ocurrieron en el evento y de esta forma realizar el respectivo informe que será colocado en la base de datos de eventos operacionales.

- Sección I—Información General
- Sección II—Evento
- Sección III—Resumen Cronológico del Evento
- Sección IV—Resumen de Recomendaciones

Las secciones I y II establecen lo que pasó en el evento. La sección III da un resumen de todo el evento en orden cronológico y la sección IV enlista una serie de recomendaciones de estrategias para prevenir futuros eventos relacionados con errores y establece el porqué de lo ocurrido en el evento a través de un conjunto de factores de contribución.

13.5.1. SECCIÓN I—INFORMACIÓN GENERAL

Esta sección busca recopilar toda la información en forma general de lo ocurrido, esto incluye datos como, dónde, cuándo y qué pasó. A continuación en las figuras 13.6 y 13.7 se presenta un breve ejemplo que busca dar una idea de la información que se podría incluir en esta sección.

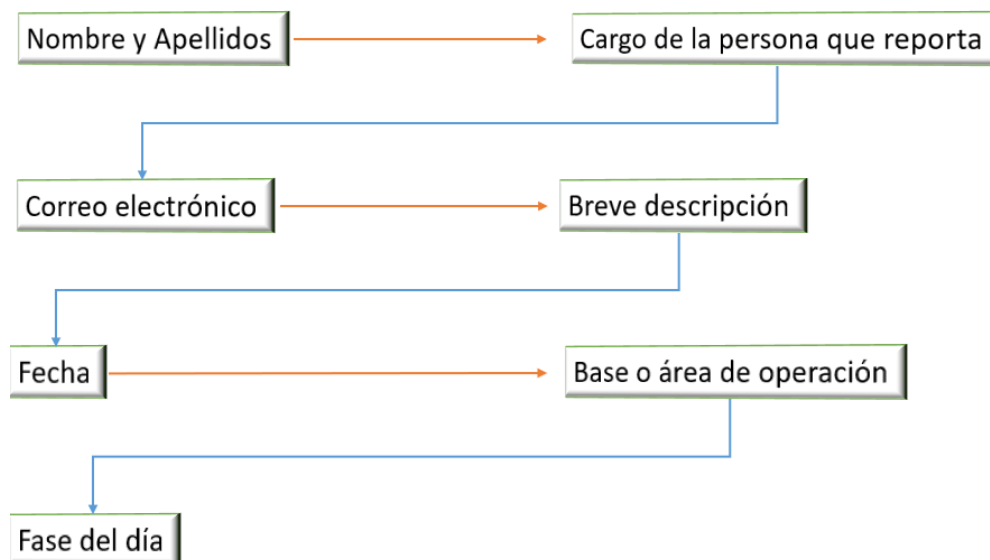


Figura 13.6: Ejemplo de información general

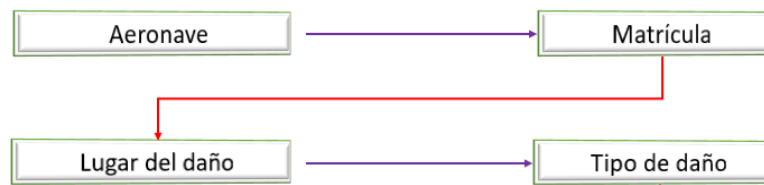


Figura 13.7: Ejemplo de información de la aeronave

Es de gran importancia resaltar que las figuras 13.6 y 13.7 son ejemplos y se pueden incluir más datos siempre y cuando se considere necesario y se cumpla con la sección de información general.

13.5.2. SECCIÓN II—EVENTO

Para la información del evento, se busca ser lo más específico posible, para poder tener la mayor cantidad de datos posibles y asegurar que se tengan en cuenta todas las variables, a continuación en la figura 13.8 se busca dar un ejemplo de la información básica que debería tener esta sección.

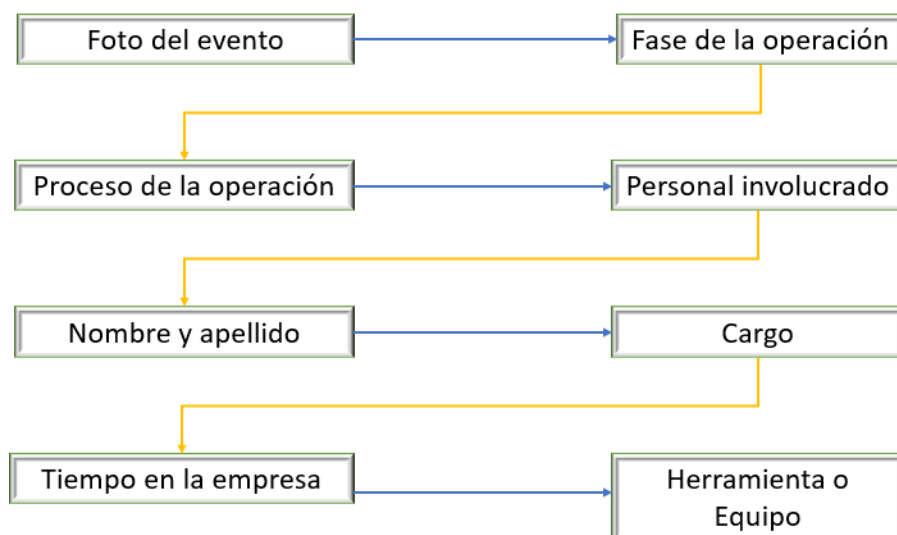


Figura 13.8: Ejemplo de eventol

13.5.3. SECCIÓN III—RESUMEN CRONOLÓGICO DEL EVENTO

El propósito de esta sección es hacer resumidamente un orden cronológico del evento, teniendo en cuenta los factores de contribución que se encontraron durante la entrevista. Asegúrese también de documentar si hubieron algunos factores de contribución ya identificados que llevaron a ocurrir factores de contribución adicionales.

13.5.4. SECCIÓN IV—RESUMEN DE RECOMENDACIONES

Se recomienda resumir las recomendaciones en orden de tener la información de forma breve y fácil de entender. Para esto se debe tener muy claro los factores de contribución y hacer para cada uno de ellos las recomendaciones que se crean pertinentes. Un ejemplo de como se debería manejar esta sección es hacer una lista y hacer una descripción breve de cada uno de ellos, como se muestra a continuación:

1. **Factor de Cotribución 1:** Breve descripción del factor y seguidamente su respectiva recomendación.
2. **Factor de Cotribución 2:** Breve descripción del factor y seguidamente su respectiva recomendación.
3. **Factor de Cotribución 3:** Breve descripción del factor y seguidamente su respectiva recomendación.

También se recomienda hacer recomendaciones generales que no tengan que ver con los factores de contribución y de este modo tener una visión general de lo que se debería hacer para mejorar el sistema.

Capítulo 14

Método de gestión documental y de registros

	Pág.
14.1 Producción de documentos	157
14.2 Recepción de documentos	157
14.3 Clasificación de documentos	158
14.4 Digitalización y archivado de documentos	159
14.5 Almacenamiento y tratamiento de documentos	159
14.6 Formatos para el M/OM del UAS Petirrojo PR-01	160

Este sistema permite asegurar un correcto uso, almacenamiento y control de los diferentes documentos y registros que se tendrán en la operación y mantenimiento del UAS Petirrojo PR-01, donde se deben seguir los pasos que se presentan a continuación para tener éxito en el proceso.

De la sección 14.1 hasta la 14.5 son los pasos a pasos del método de gestión documental y la sección 14.6 muestra los diferentes formatos que se usarán para la operación y mantenimiento del UAS Petirrojo PR-01.

14.1. PRODUCCIÓN DE DOCUMENTOS

El proceso de gestión documental inicia con la producción de documentos, que básicamente es llenar el se va a emplear en la operación o mantenimiento de la aeronave, teniendo en cuenta que estos ya están predeterminados por el operador y se debe seguir el formato que se autotice para conservar un sólo estilo de estos.

Para el UAS Petirrojo PR-01 se elaboraron los diferentes formatos para operación y mantenimiento, y estos son presentados en la sección 14.6 de este capítulo.

14.2. RECEPCIÓN DE DOCUMENTOS

Siguiendo con el proceso, la persona después de haber llenado el formato, debe presentarlo al área encargada de gestión documental, para que se haga el proceso de recepción que incluye la revisión del documento, donde se verificará que todos los espacios obligatorios estén completos y que no se evidencie alguna irregularidad en cuanto al formato del documento.

Para finalizar este paso, se tendrá un sello de confirmación y visto bueno del documento entrante a la base de datos, que deberá ir acompañado de la firma de la persona que recibe, esta firma puede ir al lado o debajo del sello y debe ser de visible.



Figura 14.1: Sello de recibido de documentos del PR-01

Nota: Por motivos de seguridad, documento que no tenga el sello de recibido no será incluido en la base de datos, sin excepción alguna.

14.3. CLASIFICACIÓN DE DOCUMENTOS

Después de que el documento tenga el sello, se procederá a clasificarlo según corresponda. La clasificación dependerá si es un documento de operación o mantenimiento.

14.3.1. DOCUMENTOS DE OPERACIÓN

Los documentos de operación consisten en aquellos que se deben llenar única y exclusivamente cuando el UAS Petirrojo PR-01 complete un despegue y un aterrizaje. Estos documentos incluyen la bitácora del vuelo y permisos de operación comercial si lo requiere.

14.3.2. DOCUMENTOS DE MANTENIMIENTO

Los documentos de mantenimiento, son los que se llenan cuando se hagan servicios de mantenimiento a la aeronave, estos incluyen todos aquellos que comprometan desarmar cualquier componente de la misma, que incluyan cambios y/o reparaciones.

14.4. DIGITALIZACIÓN Y ARCHIVADO DE DOCUMENTOS

Cuando ya se ha clasificado el documento se procede a hacer la respectiva digitalización y archivado de los mismos, esto con el fin de tener un respaldo de la base de datos de los documentos de la aeronave.

14.4.1. DIGITALIZACIÓN

Para hacer la digitalización se debe escanear el documento y este debe ser guardado en formato PDF con la siguiente nomenclatura:

- Opn/Mantto-PetirrojoPr01-Tipo de Opn/Matto-Fecha-Ciudad

A parte de eso, se tendrán carpetas destinadas para la ubicación de los documentos que sean de mantenimiento y que este sea de algún componente o parte en específico de la aeronave.

14.4.2. ARCHIVADO

Para archivar los documentos de forma física se hará uso de carpetas legajadoras tipo A-Z las cuales se organizarán dependiendo del documento, y así mismo como la forma digital, se tendrán carpetas destinadas para los documentos que sean de mantenimiento de algún componente o parte en específico de la aeronave.

14.5. ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE DOCUMENTOS

Luego de tener los documentos organizados y archivados tanto digitalm como físicamente, se tendrá en cuenta como será el almacenamiento de estos y su tratamiento.

Para almacenar los documentos digitales, se destinará el uso de un Ipad y un computador portátil, que son propiedad de la UPB, donde estos tendrán información sobre el UAS Petirrojo PR-01 y almacenarán las carpetas que contendrán todos los PDF de la base de datos.

Para el almacenamiento físico se contará con un organizador de carpetas en el Bloque 8, aula 201 de la UPB, donde se tendrá acceso restringido a sólo personal autorizado para ingresar al

aula y por ende al organizador que tiene la base de datos de los documentos.

Para el tratamiento de los documentos, ya sean digitales o físicos sólo se podrá acceder con previa autorización del ejecutivo responsable y/u operador de la aeronave, y deberá ser justificado el acceso a estos.

14.6. FORMATOS PARA EL M/OM DEL UAS PETIRROJO PR-01

	FORMATO DE MANTENIMIENTO UAS PETIRROJO PR-01 		
	PR01-MTTO-01	Fecha:	Ciudad:
	Horas de Vuelo Aeronave:	Hora Inicio Local:	Hora Fin Local:
Tipo de Mantenimiento			
Preventivo	Correctivo	Predictivo	
Parte y/o Componente			
Descripción del Mantenimiento			
Reemplazo de Equipos			
Si	No	Equipos	
Observaciones			
Sello de Recibido		Nombre del Técnico:	
		Firma del Técnico:	
		Notas adicionales:	

Figura 14.2: Formato de mantenimiento del PR-01

	FORMATO DE OPERACIÓN UAS PETIRROJO PR-01 		
	PR01-OPN-01	Fecha:	Ciudad:
	Horas de Vuelo Aeronave:	Hora Inicio Local:	Hora Fin Local:
Tipo de Operación			
Vuelo Regular	Vuelo Comercial	Vuelo de Prueba	Vuelo Académico
Descripción del Vuelo			
Observaciones			
Uso de Permisos Especiales			
Si	No	Permisos	
Sello de Recibido		Nombre del Piloto:	
		Firma del Piloto:	
		Nombre del Observador:	
		Firma del Observador:	
		Notas adicionales:	

Figura 14.3: Formato de operación del PR-01

	FORMATO DE ESTADO DE COMPONENTES CON VIDA LÍMITE UAS PETIRROJO PR-01 		
	PR01-ECVL-01	Fecha:	Ciudad:
	Horas de Vuelo Aeronave:	Hora Inicio Local:	Hora Fin Local:
Información General			
Nombre del componente		Número de parte	
Fecha de instalación/OVH		Zona/posición	
Condición		CSN	
		CSO	
Tiempo límite			
Observaciones			
Sello de Recibido	Nombre del Técnico:		
	Firma del Técnico:		
	Notas adicionales:		

Figura 14.4: Formato de estado de componentes con vida límite del PR-01

	FORMATO DE REPORTES OPERACIONALES UAS PETIRROJO PR-01		
	PR01-ROPS-01	Fecha:	
Horas de Vuelo Aeronave:	Mantenimiento:	Operación:	
Nombre de la Empresa		Tipo de Mantenimiento u Operación	
Tipo de Evento Operacional			
Fecha de Ocurrencia: Fase de Operación:			
Hora Local: Condición Meterológica:			
Descripción del Evento			
Aeronave(s) Involucrada(s)			
Plan de Acción Sugerido			
Datos de Quien Reporta			
Nombre:		Correo:	
Cargo:		Firma:	
Sello de Recibido			

Figura 14.5: Formato de reportes operacionales del PR-01

Figura 14.6: Ejemplo del libro del registro de mantenimiento del PR-01

Figura 14.6: Ejemplo del libro del registro de mantenimiento del PR-01