



**Rehabilitación del aeromodelo Cheetah propulsado por el motor JETCAT P80SE,
mediante datos e información técnica, perteneciente a la Unidad de Gestión de
Tecnologías de la Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE.**

Ludeña Encalada, Bryan Israel

Departamento Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología en Mecánica Aeronáutica Mención Motores

Monografía previa a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Aeronáutica mención
Motores

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

Latacunga

07 de abril del 2021



DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA DE ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

Certificación

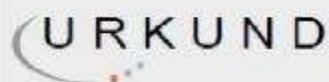
Certifico que la monografía, **"Rehabilitación del aeromodelo Cheetah propulsado por el motor JETCAT P80SE, mediante datos e información técnica, perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE."** fue realizado por el señor **Ludeña Encalada, Bryan Israel**, con número de cédula **1104435209**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, abril 2021

Firma:

Ing. Inca Yajamín, Gabriel Sebastián

C. C: 1722580329



Urkund Analysis Result

Analysed Document: LUDEÑA ENCALADA BRYAN ISRAEL.pdf (D100715966)
Submitted: 4/6/2021 10:32:00 AM
Submitted By: biludena@espe.edu.ec
Significance: 6 %

Sources included in the report:

URKUND QUEVEDO JOSUE.docx (D78629719)
TESIS JHOAB CHACON.pdf (D54147463)
1-4 cap BARAHONA LARA FRANKLIN MATEO.docx (D98860500)
CUENCA MENDIETA HERMAN DAVID TESIS....docx (D54659865)
TESIS MISHEL VILLALBA FLORES.pdf (D63152628)
Documento principal 2017_12_7.docx (D35873845)
[https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/3556/pfc5427.pdf?
sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/3556/pfc5427.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1086&context=ing_automatizacion
<https://aeronautica.art.blog/2020/01/25/aviones-de-aeromodelismo/>

Instances where selected sources appear:

24

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Gabriel Sebastián Inca Yajamin".

Ing. Inca Yajamin, Gabriel Sebastián

C. C: 1722580329



DEPARTAMENTO CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA EN MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

Responsabilidad de autoría

Yo, **Ludeña Encalada, Bryan Israel**, con cédula de ciudadanía n° **1104435209**, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Rehabilitación del aeromodelo Cheetah propulsado por el motor JETCAT P80SE**, mediante datos e información técnica, perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Las Fuerzas Armadas – **ESPE**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, abril 2021

Firma

Ludeña Encalada, Bryan Israel

C.C.: 1104435209



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE TECNOLOGÍA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES**

Autorización de publicación

Yo **Ludeña Encalada, Bryan Israel**, con cédula de ciudadanía n° **1104435209**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la presente monografía: **Rehabilitación del aeromodelo Cheetah propulsado por el motor JETCAT P80SE, mediante datos e información técnica, perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, abril del 2021

Firma

Ludeña Encalada, Bryan Israel

C.C.: 1104435209

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia y en especial a mis padres, quienes me han apoyado a lo largo de mi vida y me han enseñado valores como humildad, honradez y perseverancia, que los he llevado a lo largo de mi vida y han formado mi carácter en todos los aspectos.

A Andrea Florez, quien estuvo a mi lado dándome su apoyo y motivación para cumplir mis objetivos, ayudándome en cada aspecto que lo necesitaba.

Bryan Ludeña

Agradecimiento

Agradeciendo infinitamente a aquellas personas que estuvieron conmigo en cada etapa de mi vida que son mis familiares más cercanos. A mis padres, hermana, abuela, tía, y demás seres queridos que me enseñaron valores, que estarán conmigo a lo largo de mi vida.

Agradeciendo a mis profesores, desde la escuela, colegio y universidad, quienes siendo grandes personas han compartido sus conocimientos para que logre ser mejor persona cada día, y, así, logrando llegar a este campo que es la aviación, con grandes técnicos conocedores del ámbito disfrutando de esta profesión.

A compañeros de clases, y grandes amigos, con quienes se vivieron grandes experiencias que ayudaron a crecer como humanos.

A todos ellos, muchas gracias por todo.

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Urkund.....	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de figuras.....	12
Índice de tablas	15
Resumen	16
Abstract.....	17
Planteamiento de la investigación	1
Antecedentes	1
Planteamiento del problema	1
Justificación e importancia.....	2
Objetivos	3
<i>Objetivo general</i>	3
<i>Objetivos específicos</i>	3
Alcance.....	3
Marco teórico.....	4
Generalidades del Aeromodelismo	4
<i>Introducción e historia</i>	4
<i>Tipos o modalidades de aeromodelismo</i>	6
Partes del aeromodelo.....	6

<i>Alas</i>	7
<i>Fuselaje</i>	7
<i>Grupo motopropulsor</i>	7
<i>Estabilizadores horizontales</i>	8
<i>Estabilizadores verticales</i>	8
<i>Tren de aterrizaje</i>	8
Sistema de control de aeromodelos	8
<i>Sin control</i>	8
<i>Radiocontrol</i>	9
<i>Emisora</i>	9
<i>Receptor</i>	10
<i>Servomotores</i>	10
Peso y balance del aeromodelo	11
<i>Brazo (Arm)</i>	11
<i>Momento</i>	11
Sistemas de propulsión	12
<i>Planeadores</i>	12
<i>Motor CO2</i>	12
<i>Motor de combustión interna</i>	13
<i>Motor de turbina</i>	14
Motor JETCAT P80SE	15
<i>Historia motores JETCAT</i>	15
<i>Generalidades</i>	16
<i>Descripción Motor JETCAT P80SE</i>	17
<i>Secciones del motor</i>	19
<i>Componentes y funcionamiento</i>	21

Proceso de rehabilitación del aeromodelo	26
<i>Inspección visual</i>	27
<i>Recubrimiento exterior de aeromodelos</i>	29
<i>Mantenimiento Motor JETCAT</i>	30
<i>Fallos y soluciones</i>	33
Desarrollo del tema	36
Introducción	36
Equipos y materiales	36
Diagrama de flujo Rehabilitación aeromodelo Cheetah	37
Inspección visual aeromodelo Cheetah	38
<i>Inspección de alas</i>	38
<i>Inspección de fuselaje</i>	39
<i>Inspección de trenes</i>	40
<i>Chequeo de conexiones eléctricas</i>	41
<i>Chequeos de respuesta con el Radio control</i>	41
Proceso de rehabilitación del aeromodelo Cheetah.....	42
<i>Rehabilitación de servos y controles de superficies de vuelo</i>	42
<i>Rehabilitación de alas</i>	43
<i>Rehabilitación del fuselaje</i>	45
Rehabilitación del motor JETCAT P80SE.....	47
<i>Inspección visual motor JETCAT</i>	48
<i>Preparación para envío del motor</i>	49
<i>Reporte de daños de la empresa JETCAT BRAZIL</i>	50
<i>Tareas de mantenimiento</i>	51
Readecuación del banco de pruebas del motor JETCAT.....	55
Chequeos operacionales del aeromodelo Cheetah.....	55

<i>Chequeo de mecanismo de retracción de trenes</i>	55
<i>Chequeo de respuesta de los servocontroles</i>	55
<i>Puesta en marcha del motor</i>	56
<i>Parámetros de funcionamiento del motor</i>	60
Presupuesto	62
Conclusiones y recomendaciones	64
Conclusiones	64
Recomendaciones	65
Glosario.....	66
Abreviaturas	67
Bibliografía.....	68

Índice de figuras

Figura 1 <i>Planóforo</i>	5
Figura 2 <i>Modelo de Walter Good, 1939</i>	5
Figura 3 <i>Partes principales de un avión</i>	7
Figura 4 <i>Aeromodelo de vuelo libre</i>	9
Figura 5 <i>Control del aeromodelo por radiocontrol</i>	9
Figura 6 <i>Modelo de receptor de aeromodelo</i>	10
Figura 7 <i>Modelo de servomotor</i>	10
Figura 8 <i>Cálculo del Centro de Gravedad CG</i>	12
Figura 9 <i>Motor multicilíndrico</i>	13
Figura 10 <i>Bujía incandescente</i>	14
Figura 11 <i>Modelo de motor turbina</i>	15
Figura 12 <i>Evolución de motores JETCAT</i>	16
Figura 13 <i>Motor JetCat P80SE</i>	17
Figura 14 <i>Sección de admisión del motor JetCat P80SE</i>	19
Figura 15 <i>Sección de admisión del motor JetCat P80SE</i>	19
Figura 16 <i>Sección de combustión del motor JetCat P80SE</i>	20
Figura 17 <i>Turbina del motor JetCat P80SE</i>	20
Figura 18 <i>Sección de escape del motor JetCat P80SE</i>	21
Figura 19 <i>Engine Control Unit</i>	21
Figura 20 <i>Descripción de elementos del GSU</i>	22
Figura 21 <i>Visualización de componentes</i>	23
Figura 22 <i>Esquema A de conexiones del sistema de combustible</i>	25
Figura 23 <i>Conexiones de la turbina</i>	26
Figura 24 <i>Uso de linterna para una inspección visual</i>	28
Figura 25 <i>Colores de plásticos autoadhesivos</i>	29

Figura 26 <i>Papel clásico o japonés</i>	30
Figura 27 <i>Tela de fibra de vidrio</i>	30
Figura 28 <i>Componentes internos del motor JETCAT P80SE</i>	31
Figura 29 <i>Daños en álabes del compresor</i>	32
Figura 30 <i>Aeromodelo Cheetah</i>	38
Figura 31 <i>Discrepancias encontradas</i>	39
Figura 32 <i>Discrepancias en la punta del ala</i>	39
Figura 33 <i>Cubiertas del motor y cabina incompletas</i>	40
Figura 34 <i>Mecanismo de retracción de tren delantero</i>	40
Figura 35 <i>Discrepancias encontradas</i>	41
Figura 36 <i>Discrepancia con un servomotor del ala derecha</i>	42
Figura 37 <i>Instalación de batería y receptor</i>	43
Figura 38 <i>Pegado de tela especial a la superficie del ala</i>	44
Figura 39 <i>Capa de pintura base para la estructura del ala</i>	44
Figura 40 <i>Nueva capa de pintura del ala</i>	45
Figura 41 <i>Preparación para la nueva capa de pintura</i>	45
Figura 42 <i>Capa base de pintura</i>	46
Figura 43 <i>Reparación de cubierta de cabina del aeromodelo</i>	46
Figura 44 <i>Nuevo diseño de la aeronave</i>	47
Figura 45 <i>Logotipos adheridos a la estructura del ala</i>	47
Figura 46 <i>Motor JETCAT en su banco de pruebas</i>	48
Figura 47 <i>Discrepancias encontradas</i>	49
Figura 48 <i>Embalaje del motor JetCat</i>	50
Figura 49 <i>Chequeo general del motor JETCAT</i>	50
Figura 50 <i>Sección de entrada del motor</i>	51
Figura 51 <i>Sección de escape del motor</i>	52

Figura 52 <i>Chequeo de placa de turbina</i>	53
Figura 53 <i>ECU V6.0</i>	53
Figura 54 <i>Chequeo previo de GSU</i>	54
Figura 55 <i>Motor JETCAT en banco de pruebas</i>	54
Figura 56 <i>Mecanismo de retracción de trenes</i>	55
Figura 57 <i>Chequeo de respuesta de servocontroles</i>	56
Figura 58 <i>Visualización de parámetros en GSU</i>	59
Figura 59 <i>Motor JETCAT P80SE en banco de pruebas</i>	62

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Especificaciones Técnicas del Motor Jetcat P80SE</i>	18
Tabla 2 <i>Botones del GSU</i>	22
Tabla 3 <i>Descripción de luces del GSU</i>	24
Tabla 4 <i>Cazafallas</i>	33
Tabla 5 <i>Lista de chequeo antes de la puesta en marcha del motor</i>	57
Tabla 6 <i>Verificación de operación normal del motor JETCAT P80SE</i>	58
Tabla 7 <i>Parámetros de operación del motor</i>	60
Tabla 8 <i>Chequeo posterior a la detención del motor</i>	61
Tabla 9 <i>Estimación de presupuesto</i>	62

Resumen

En el presente trabajo se describe el procedimiento para la rehabilitación del aeromodelo Cheetah, y la reparación de su motor JETCATP80SE. Para la rehabilitación de la aeronave se realizaron procesos de inspección de las estructuras principales, como alas, fuselaje, controles de vuelo, y conexiones eléctricas y mecánicas, para posteriormente realizar la reparación de discrepancias encontradas, las cuales incluyen desgaste de pintura, daños en conexiones de controles de vuelo y daños en la estructura, dando también un nuevo diseño a la aeronave con nuevos acabados de pintura. Dentro de la reparación del motor JETCAT P80SE, éste se lo realizó a través de la empresa Jetcat Brazil, realizando procesos de inspección de las secciones del motor y de las conexiones y elementos eléctricos del mismo, logrando encontrar daños en placas y conexiones eléctricas, que para su reparación, se necesitó reemplazar algunos componentes. Tras la rehabilitación de los equipos se realizaron las pruebas operacionales correspondientes de acuerdo al Manual Operativo del motor y manuales de usuario de aeromodelos con radiocontrol.

Palabras clave:

- **AEROMODELO**
- **MOTOR JETCAT**
- **ENGINE CONTROL UNIT (ECU)**
- **PESO Y BALANCE**

Abstract

This work describes the rehabilitation process of Cheetah model airplane and the reparation of its engine Jet Cat P80SE. This aircraft rehabilitation process was performed through the inspection procedures of the main structures, such as wings, fuselage, flight controls, and electrical connections including the discrepancies found that will be repaired. This covers also the paint wear, damage to flight control connections and damage to the structure, also giving a new design to the aircraft as the new paint finishes. The JETCAT P80SE reparation process was performed through the company JetCat Brazil, performing inspection processes of the engine sections and its electrical connections and elements, finding damage to plates and electrical connections, which required the replacement of some components. After the rehabilitation of the equipment, the operational tests was performed according to the Engine Operating Manual and User manuals for radio-controlled model airplanes.

Key words:

- **AEROMODELLING**
- **JETCAT ENGINE**
- **ENGINE CONTROL UNIT**
- **WEIGHT AND BALANCE**

CAPÍTULO I

1. Planteamiento de la investigación

1.1. Antecedentes

En la ciudad de Latacunga se encuentra ubicada la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE, en donde la carrera de Mecánica Aeronáutica, es la base en la formación de técnicos en mantenimiento de aeronaves con un perfil acorde a las normativas de la Autoridad de Aviación Civil. Sus diversos laboratorios, tales como el de motores jet, ensayos no destructivos, hidráulica, electricidad y electrónica, aerodinámica, materiales compuestos, modelos reales y a escala de motores, aseguran un aprendizaje íntegro a los estudiantes.

La institución crece mediante la investigación e innovación, generando así una cultura de búsqueda de conocimientos, en donde vale destacar que todos estos trabajos sirven de base para futuras generaciones. Para lo cual es importante describir que la presente investigación está enfocada al aeromodelismo con la rehabilitación del aeromodelo Cheetah, mediante datos e información técnica. Con el presente proyecto, se busca incentivar a estudiantes y docentes en el área de aeromodelismo para la investigación de futuras tecnologías que signifiquen el avance de la aviación nacional e internacional.

1.2. Planteamiento del problema

La Unidad de Gestión de Tecnologías cuenta con instructores preparados y autorizados para impartir clases con ayuda de información técnica, legal y mediante laboratorios en donde se están maquetas a escala de aeronaves y motores de aviación que son utilizados para impartir clases prácticas. Sin embargo, algunos equipos están en desuso y no han sido chequeados con periódicamente, por lo que se requiere ciertas acciones para su readecuación

La falta de un material didáctico que funcione correctamente, como es el caso del aeromodelo Cheetah, imposibilita el desarrollo de conocimiento que brinde la oportunidad al estudiante de ampliar su perspectiva del funcionamiento de aeronaves y motores a gran escala, mediante el aeromodelismo.

Por lo tanto, gracias a este proyecto, los estudiantes tendrán una mayor perspectiva sobre los principios de funcionamiento de motores a gran escala, logrando nuevas innovaciones y soluciones a problemas reales en la operación de motores y aeronaves, con nuevas ideas para el beneficio del medio ambiente, con nuevas tecnologías aplicadas para el beneficio de la sociedad

1.3. Justificación e importancia

La rehabilitación del aeromodelo Cheetah y su motor JETCAT, brindará la oportunidad de desarrollar nuevos conocimientos relacionados a la operación de aeronaves y sus componentes, aplicándolos al sector de aeromodelismo para posteriormente servir como base para el desarrollo de nuevas ideas y tecnologías en el ámbito de la aviación, mejorando el nivel de educación, desarrollando y fomentando a estudiantes a seguir innovando en la industria.

El proyecto de la rehabilitación de dichos equipos conlleva una mejora continua al nivel educativo de la carrera e institución, brindando la oportunidad a estudiantes y docentes de destacar gracias a la calidad de laboratorios, equipos en clases prácticas y teóricas impartidas.

El aeromodelismo está compuesto de aspectos científicos y técnicos, en donde se diseña, construye y se operan aeronaves a escala, sirviendo como réplica o modelos para futuras tecnologías. Por consiguiente, dicho proyecto proyectará la carrera de estudiantes y docentes para la búsqueda, desarrollo y aplicación de nuevos diseños

para mejorar o resolver problemas reales con el funcionamiento de motores y aviones a gran escala.

1.4 . Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Rehabilitar el aeromodelo Cheetah propulsado por el motor JETCAT P80SE, mediante datos e información técnica, perteneciente a la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de Las Fuerzas Armadas – ESPE.

1.4.2. Objetivos específicos

- Recopilar información técnica y legal del motor JETCAT P80SE.
- Reparar estructuras y conexiones del aeromodelo Cheetah, de acuerdo a guías técnicas sobre el uso correcto de materiales
- Realizar una inspección del motor JETCAT P80SE siguiendo los procesos recomendados por el fabricante en el Manual de Operación del motor
- Operar el aeromodelo Cheetah, con su motor JETCAT P80SE, comprobando los parámetros recomendados en el Manual

1.5 Alcance

La rehabilitación del aeromodelo Cheetah con su motor JETCAT, beneficia a docentes y estudiantes de la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de las Fuerzas Armadas – ESPE, ya que dicho proyecto podrá servir como nuevas herramientas para impartir clases prácticas y teóricas, aplicando principios y recomendaciones de fabricantes en la operación o mantenimiento de los mismos

CAPÍTULO II

2. Marco teórico

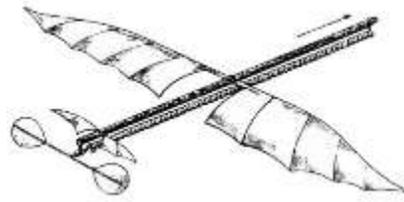
2.1. Generalidades del Aeromodelismo

2.1.1. *Introducción e historia*

El Aeromodelismo es un deporte derivado de la técnica de construcción, operación y vuelo de aeronaves de pequeño tamaño, preparados para volar sin tripulación. Conllevan aspectos científicos y deportivos, en donde la parte científica comprende el estudio de los principios sobre aerodinámica, física y mecánica. La parte deportiva es la afición para hacer volar a estos equipos en la atmósfera, dependiendo de las características del aeromodelo. (ANAC, 2020)

La historia del Aeromodelismo está íntimamente relacionada historia de la aviación, debido a que el hombre trató de replicar las formas de vuelo con modelos y diseños a escala. Se tiene como referencia el inicio del aeromodelismo con el modelo de paloma voladora de Arquitas de Tárento (s. III a.C.) y. Seguidamente aparece Leonardo Da Vinci en el siglo XIV, quien junto a sus diseños científicos sobre las características de vuelo de aves, y sus inventos, constituyen un legado para las sucesivas generaciones de inventores que buscaban la manera de satisfacer la incapacidad humana para volar.

Tras el paso de los años se consideró a Alphonse Pénaud como el iniciador del Aeromodelismo actual, quien en 1870 hizo volar un pequeño modelo llamado Planóforo, el cual era un monoplano de hélice movida por unas tiras de caucho y equipado con una cola estabilizadora. (Aeromodelismo Ilustrado, 2014)

Figura 1*Planóforo*

Nota. Se visualiza el modelo de Alphonse Pénaud. Tomado de (Aviation History, 2009)

Desde los primeros años del siglo actual y hasta la época de la primera guerra mundial, se intentó dar solución para equipar con motor los aeromodelos. La solución se encontró aplicando de aire comprimido, que eran modelos muy baratos de fabricar pero requerían dar presión a los depósitos, llegando a una alternativa que sería el uso de pequeños depósitos de CO₂, que disminuía el peso de los aviones.

A partir de 1930, aparecen los primeros motores de explosión, comienzan a construirse maquetas de los aviones más populares del momento, entrando así a una época llamada moderna, en donde llegó el radio control al aeromodelismo en donde se hicieron las primeras demostraciones en vuelo con un modelo que pesaba 6kg gracias al norteamericano Walter Good.

Figura 2*Modelo de Walter Good, 1939*

Nota. Se visualiza al modelo Walter Good. Tomado de (Aeromodelismo Ilustrado, 2014)

2.1.2. Tipos o modalidades de aeromodelismo

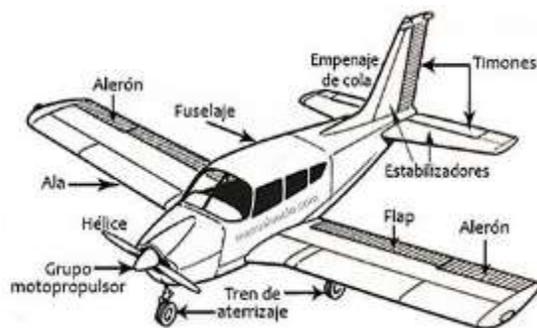
El aeromodelismo se puede dividir según el medio de propulsión, la modalidad de vuelo, el tipo de control y la categoría de los aviones. Existen diferentes modalidades de aeromodelismo, en donde las principales son:

- **Vuelo libre.-** Modelos lanzados a mano o con motor a goma o explosión que planean sin control o intervención de una persona, en donde el avión vuela por medios propios.
- **Vuelo Circular.-** Modelos en donde el avión gira alrededor del piloto, siendo controlado mediante cables, brindando movimiento hacia abajo y hacia arriba.
- **Vuelo a Radio Control.-** Modelos en donde el avión se controla gracias a señales de radio emitidas desde una emisora controlada. (Ecured, 2019)

2.2 Partes del aeromodelo

La gran mayoría de aviones, incluyendo aeromodelos tienen los mismos componentes estructurales. Se puede dividir a un aeromodelo en partes que son fijas y móviles.

Las partes fijas forman la estructura básica del avión, las cuales son: alas, fuselaje, estabilizadores horizontales y estabilizador vertical. Las partes móviles son los controles primarios y secundarios, los cuales permiten que la aeronave pueda ser controlada en sus ejes.

Figura 3*Partes principales de un avión*

Nota. Se puede observar las principales partes de un avión. Obtenido de (EcuRed, 2018)

2.2.1 Alas

El ala es la superficie aerodinámica que permite la sustentación del avión debido a los principios aerodinámicos, por la curvatura del extradós, el cual es la parte superior del ala, haciendo que el aire que fluye por encima de ésta, acelerándose y por lo tanto bajando su presión, mientras que el aire que circula por debajo del ala, lleva la misma velocidad y presión.

2.2.2 Fuselaje

Es el cuerpo del avión en donde se unen las alas y los estabilizadores tanto horizontales como verticales, brindando también soporte principal y conexión estructural al resto de componentes. Su función también es alojar los sistemas y equipos de control para la operación del avión.

2.2.3 Grupo motopropulsor

Son los motores del el avión cuya función es brindar la propulsión requerida para continuar con su curso frontal, contrarrestando la presión del aire que pone resistencia.

El grupo motopropulsor es analizado por el fabricante y después instalados en el avión de acuerdo a los requerimientos de potencia.

2.2.4 Estabilizadores horizontales

Están ubicadas en posición horizontal en el empenaje y en distintas posiciones y formas dependiendo del diseño, las cuales le brindan estabilidad, dando ayuda extra para el despegue y aterrizaje. Aquí se encuentran superficies de control llamadas elevadores con los cuales se controla al avión produciendo el movimiento de cabeceo, haciendo ascender o descender la aeronave.

2.2.5 Estabilizadores verticales

Son estructuras ubicadas parte trasera del fuselaje, en donde se encuentra el timón de dirección, con el cual tiene permite el movimiento de guiñada, el cual es el movimiento que hace el avión sobre su eje vertical.

2.2.6 Tren de aterrizaje

Es el soporte del avión, en donde su principal objetivo es permitir el estacionamiento y movimiento del avión en tierra, y también amortiguar el impacto contra la superficie en la fase de aterrizaje. (EcuRed, 2018)

2.3 Sistema de control de aeromodelos

Otra forma de clasificar aeromodelos es por el sistema de control, el cual se divide de la siguiente forma:

2.3.1 Sin control

Son los llamados aeromodelos de vuelo libre, ya que estos deben ser autoestables, es decir que el avión no dispone de mecanismos para controlar su curso, y funcionan bajo los principios de aerodinámica.

Figura 4

Aeromodelo de vuelo libre



Nota. Control libre de la aeronave. Toma de (Ecured, 2019)

2.3.2 Radiocontrol

Estos modelos usan una emisora controlada desde tierra por el piloto, y un receptor dentro de la estructura de la aeronave que controla un conjunto de servos que transmiten movimiento a las diferentes superficies de control de vuelo del aeromodelo.

Figura 5

Control del aeromodelo por radiocontrol



Nota. Se visualiza los diferentes componentes de un modelo controlado por. Tomado de (Ecured, 2019)

2.3.3 Emisora

Llamado comúnmente radio, es un equipo cuya función es permitir interfaz entre el piloto y los controles del avión. Su funcionamiento consiste en interpretar los movimientos que ejerce el piloto y transformarlos en una señal de radio, para posteriormente enviar a los controles del avión.

2.3.4 Receptor

Es un pequeño equipo montado dentro del avión, encargado de descodificar las señales recibidas del radiomando, para luego convertirla en impulsos eléctricos haciendo mover los servos correspondientes.

Figura 6

Modelo de receptor de aeromodelo



Nota. Se visualiza un receptor de marca Futaba. Tomado de (Ecured, 2019)

2.3.5 Servomotores

Son los encargados de producir fuerza mecánica, para accionar los distintos sistemas del avión.

Figura 7

Modelo de servomotor



Nota. Se puede observar un servomotor de marca TowerPro. Tomado de (Ecured, 2019)

2.4 Peso y balance del aeromodelo

Se trata del estudio sobre la distribución de las cargas a lo largo de la estructura de la aeronave y cómo puede influir dicha distribución en la operación del avión. Este sistema conlleva tres elementos importantes que son: peso de la aeronave, mantenimiento de los registros de peso y balance, y distribución correcta carga adecuada de la aeronave. Una carga inadecuada disminuye la eficacia y el rendimiento de una aeronave.

Dos aspectos son de vital importancia para tener consideración de peso y balance de una aeronave:

- El peso total de la aeronave no debe ser mayor al peso máximo permitido para la marca o modelo de la aeronave
- El centro de gravedad (CG) debe mantenerse dentro del rango para una correcta operación de la aeronave

2.4.1 Brazo (Arm)

Se refiere a la distancia horizontal entre el CG de un elemento y el punto de referencia llamado datum, el cual es un punto desde el cual se toman todas las mediciones. Y normalmente se suele medir y expresar en pulgadas. Las mediciones a la izquierda del punto de referencia son negativos y los que están a la derecha del datum son positivos (+).

2.4.2 Momento

El momento es la fuerza que trata de provocar la rotación, y es el productor entre el brazo y el peso.

El CG se puede determinar siguiendo los pasos descritos a continuación:

- Medir el brazo de cada peso desde la datum o el punto de referencia
- Multiplicar cada brazo por su peso para determinar el momento.
- Determinar el total de todos los pesos y todos los momentos.
- Dividir el momento total para el peso total, y así encontrar el punto de equilibrio

$$CG = \frac{\text{Momento total}}{\text{Peso total}}$$

Figura 8

Cálculo del Centro de Gravedad CG

Item	Weight (lb)	Arm (in)	Moment	CG
Weight A	100	50	5,000	
Weight B	100	90	9,000	
Weight C	200	150	30,000	
	400		44,000	110

Nota. En el siguiente gráfico se observa un ejemplo para el cálculo del CG

El CG también puede ser expresado como un porcentaje de la MAC (cuerda aerodinámica media). (U.S. Department of Transportation, 2016)

2.5 Sistemas de propulsión

Los modos de propulsión más comunes dentro del aeromodelismo son:

2.5.1 Planeadores

Son modelos que caracterizan por una gran superficie alar y dependen exclusivamente las alas para la sustentación. La elevación se consigue gracias a las corrientes térmicas ascendentes producidas en laderas de montañas o desniveles.

2.5.2 Motor CO2

Son modelos en donde un tanque de gas a presión en el fuselaje del modelo, se rellena desde el exterior mediante de una bomba. El CO2 liberado a presión ejerce una

presión sobre un pistón en el cilindro del motor, produciendo un movimiento similar al motor de explosión, transformando este movimiento lineal en movimiento rotatorio, haciendo girar el eje del motor al que está acoplada la hélice.

Actualmente, estos motores están en desuso por la aparición de los motores eléctricos y las baterías de pequeño tamaño.

Figura 9

Motor multicilíndrico



Nota. Se visualiza un motor CO2 instalado en aeromodelo. Tomado de (Ecured, 2019)

2.5.3 Motor de combustión interna

Comprende el mismo funcionamiento que otro motor de combustión interna, en donde un reservorio de combustible alimenta un motor de uno o varios cilindros. La explosión del combustible dentro del cilindro produce el movimiento del pistón, haciendo girar la hélice.

Los motores de combustión interna más utilizados en aeromodelismo se dividen en tres categorías

- **Motores Glow plug.-** Es un tipo de motor de combustión interna pequeño en donde el encendido se realiza mediante la combinación de calentamiento por

compresión, calentamiento por una bujía incandescente y el efecto catalítico del platino de la bujía incandescente que ejerce sobre el metanol dentro del combustible.

Figura 10

Bujía incandescente



Nota. Se visualiza un modelo de bujía incandescente. Obtenido de (Wikimedia Foundation Inc., 2020)

- **Motores Diésel.-** El funcionamiento consiste en el incremento de temperatura debido a que la compresión de los gases en la sección de combustión, en donde la cámara dispone de un contrapistón ajustable con un tornillo para incrementar o disminuir la compresión.
- **Motor de chispa.-** Tipo de motor que lleva encendido electrónico y funciona con una batería externa, en donde la chispa es producida mediante el portahélices, el cual lleva un pequeño imán, y pasa por un captador, enviando una señal para producir la chispa.

2.5.4 Motor de turbina

Es un motor a basado en las leyes de newton, en donde tienen el mismo funcionamiento que los motores a gran escala, incluso generando un sonido muy similar. Este tipo de motores son más caros, ya que generan mucha potencia, llegando a alcanzar velocidades de 550 km/h. (Ecured, 2019)

Figura 11

Modelo de motor turbina



Nota. Se visualiza un ejemplo de motor turbina usado para aeromodelismo. Tomado de (Aliexpress, 2021)

2.6. Motor JETCAT P80SE

2.6.1. Historia motores JETCAT

La historia empieza desde 1976, en el área de ingeniería CAT, M. Zipperer GmbH, en donde se ha desarrollado soluciones en el sector de laboratorios adaptadas a necesidades del usuario. La gama de productos va desde bombas micro dosificadoras de alta precisión hasta agitadores magnéticos, y equipos para la automatización del laboratorio. Se añade una nueva área en el año 1988 para el desarrollo y la fabricación de turbinas para aviones a reacción, naciendo la marca "JetCat" que, se utilizan en el vuelo en modelo y para aplicaciones industriales como los aviones no tripulados. La empresa mantiene operaciones de fabricación que son certificados bajo la ISO9000. (JETCAT, 2019)

Figura 12

Evolución de motores JETCAT



Nota. Se observan las diferentes variaciones de motores JETCAT. Tomado de: (JetCat, 2019)

2.6.2. Generalidades.

Los motores JetCat son diseñados y verificados completamente por sistemas 3D CAD, en donde todo el software y equipos electrónicos son desarrollados y fabricados por la misma empresa.

Todos los motores se someten a pruebas antes de cada entrega, aplicando una prueba especial en un banco de pruebas, en donde se mide el empuje, el par/potencia, y también se aplica proceso de balance dinámico. (JETCAT, 2019)

Los motores de esta generación poseen los siguientes componentes:

- ECU
- Bomba de combustible
- Solenoides y motor de arranque
- Filtro de combustible
- Arranque directo de keroseno
- Sensor barométrico
- Puerto de sangrado de aire

2.6.3 Descripción Motor JETCAT P80SE

Es tipo de motor de micro turbina de un solo eje, que posee un motor eléctrico de arranque, sección de admisión, compresor de tipo centrífugo, difusor, cámara de combustión, y turbina y una sección de escape. Se utiliza para impulsar aeromodelos, mochilas propulsoras, y es ampliamente usado a nivel mundial por su facilidad y versatilidad al momento de operarse.

Figura 13

Motor JetCat P80SE



Nota. Se observa la vista externa del motor P80SE. Tomado de (JetCat, 2019)

Las dimensiones de dicho motor comprende 286 mm de longitud, en donde 132 mm corresponden a la sección de compresión y admisión, 105 mm entre la sección de combustión y turbina y 49 mm en la sección de escape. Posee un diámetro de 112 mm en las secciones de admisión, compresión, combustión y turbina, y en la sección de escape posee 68mm de diámetro. (Turbine Shop, 2020)

Tabla 1*Especificaciones Técnicas del Motor Jetcat P80SE*

Descripción	Valor
Radio de presión	2.3
Consumo de combustible (ml/min)	275
Consumo en ralentí (ml/min)	95
Peso (g)	1446
Dimensiones del diámetro (mm)	112
Longitud (mm)	286
Temperatura de gases de escape EGT (°C)	510-700
Velocidad en ralentí (rpm)	35000
RPM máximas (rpm)	125000
Empuje en ralentí (N)	3
Empuje en rpm máxima (N)	97
Velocidad de gases de escape (km/h)	1305

Nota. Se visualiza la ficha técnica del motor JETCAT P80SE

2.6.4 Secciones del motor

El motor está dividido en cuatro secciones descritas a continuación:

- **Sección de Admisión.-** Comprende un eje unido a un conjunto de álabes fabricados de aluminio, cuya principal función es de dirigir el aire hacia el compresor. (Oñate.E, 2007)

Figura 14

Sección de admisión del motor JetCat P80SE



Nota. Se observa la sección de admisión del motor. Tomado de (JetCat, 2019)

- **Sección de compresión.-** Consiste de un compresor radial de tipo centrífugo, cuya función es dirigir el aire, desde el centro del eje a la periferia, a una velocidad y flujo estable desde la sección de admisión hacia la sección de combustión.

Figura 15

Sección de admisión del motor JetCat P80SE



Nota. Modelo de compresor del motor JETCAT P80SE. Tomado de (Turbine Shop, 2020)

- **Sección de combustión.-** Esta sección se encarga de encender la mezcla aire combustible, a través de la cámara de combustión tipo anular, produciendo un gas de alta presión y temperatura como resultado de la combustión. Aquí el aire que entra en la cámara proviene del compresor, y llegando a la entrada de la cámara a una alta presión. (Oñate.E, 2007)

Figura 16

Sección de combustión del motor JetCat P80SE



Nota. Modelo de cámara de combustión desmontada del motor JETCAT P80SE.

Tomado de (RC Universe, 2020)

- **Sección de turbina.-** Es la sección donde se extrae la energía de los gases de combustión y los dirige hacia la sección de escape, produciendo una potencia aproximada de 125000 rpm. (Turbine Shop, 2020)

Figura 17

Turbina del motor JetCat P80SE



Nota. Modelo de turbina desmontada. Tomado de (WorthPoint Corporation, 2021)

- **Sección de escape.-** Aquí se dirigen los gases que salen de la turbina hacia la atmósfera, con un rango de temperatura aproximada de 500 a 700 C.

Figura 18

Sección de escape del motor JetCat P80SE



Nota. Se visualiza el cono de escape del motor JETCAT. Tomado de (RC Universe, 2020)

2.6.5 Componentes y funcionamiento

- **Engine Control Unit (ECU).-** Es un conjunto electrónico encargado de controlar y monitorear los parámetros de operación del motor, donde éstos son visualizados en el GSU. (JetCat Spain, 2018)

Figura 19

Engine Control Unit

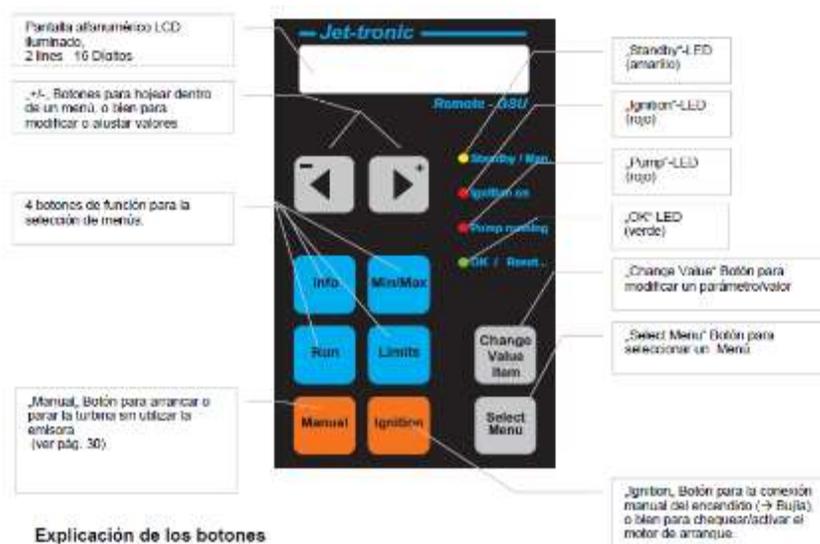


Nota. Se observa el ECU versión 6.0. Tomado de (RC Universe, 2020)

- **Ground Support Unit (GSU).**- Es el encargado de permitir la visualización y programación de los parámetros de la turbina, el cual puede ser conectado o desconectado en cualquier momento.

Figura 20

Descripción de elementos del GSU



Nota. Se detalla la descripción de botones del GSU. Tomado de (JetCat Spain, 2018)

La naturaleza de tiempo real del ECU permite al operador ajustar los parámetros de la turbina, incluso cuando la turbina está funcionando. (JetCat Spain, 2018)

Tabla 2

Botones del GSU

BOTÓN	SIGNIFICADO
Info	Selección directa del Info-Menú (Hotkey)
Run	Selección directa del Run-Menú (Hotkey)
Limits	Selección directa del Limits-Menú (Hotkey)

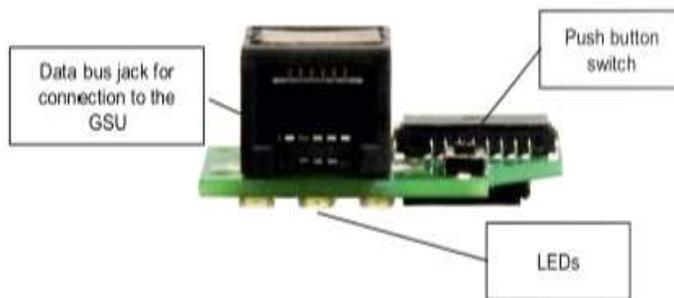
Min/Max	Selección directa del Min/Max-Menú
Select Menu	La pantalla mostrará el menú seleccionado. Si se mantiene apretado, se puede seleccionar otro menú con los botones +/-
Change Value	Presionando y manteniendo este botón se puede modificar el valor que figura en pantalla, con ayuda de +/-.

Nota. Se detalla la descripción de cada botón del GSU. Obtenido de (JetCat Spain, 2018)

- **Diodos del GSU.-** El tablero de LEDs es un punto de conexión para la barra de datos y una pantalla para el estado de la corriente del ECU, en donde también cuenta con pulsadores para comprender el sistema R/C, calibrar la sonda de EGT o resetear todos los parámetros a los establecidos por defecto.

Figura 21

Visualización de componentes



Nota. Se observa los componentes de la placa de LEDs. Tomado de (JETCAT, 2015)

También existe una función especial, la cual indica que si los LED's "standby" y "OK" parpadean al mismo tiempo, se debe recargar la batería. (JetCat, 2018)

Tabla 3*Descripción de luces del GSU*

Indicación	LED Encendido	LED Parpadeando	Color
Standby / Manual	El motor de arranque está operando	Modo manual activado	Amarillo
Ignition	Bujía conectada	-	Rojo
Pump Running	Bomba activa	Bujía defectuosa (interrupción)	Rojo
OK	Turbina en funcionamiento Potencia controlable	<ul style="list-style-type: none"> • Con la turbina funcionando: Temp. Máx. de gases de salida sobrepasada • Si la turbina está apagada, el modo de detención se activará 	Verde

Nota. Cada activación del led posee su explicación. Obtenido de (JetCat Spain, 2018)

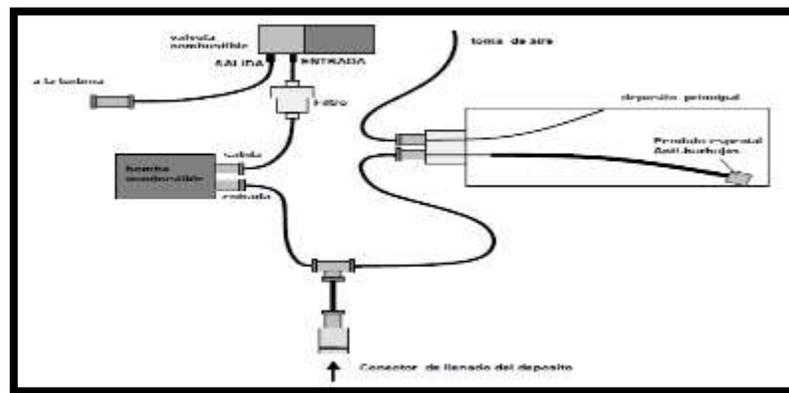
- **Sistema de combustible.-** Es el conjunto de instalaciones cuyo objetivo es proporcionar un caudal ininterrumpido de combustible para el motor. Como

combustible se recomienda usar keroseno JET-A1 con un 5% de aceite mezclado, que puede ser aceite para turbina como Mobil JET OIL II. (JetCat Spain, 2018)

Los principales componentes del sistema de combustible son: válvula de combustible, toma de Aire, depósito principal, bomba de combustible, filtro, conector de llenado del depósito

Figura 22

Esquema A de conexiones del sistema de combustible

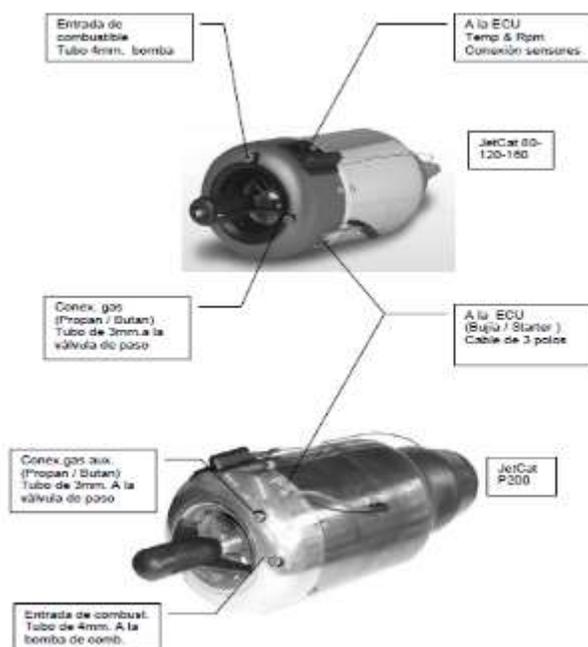


Nota. Visualización del esquema tipo A. Tomado de (JetCat Spain, 2018)

- **Sistema eléctrico del motor.**- La batería es de tipo Níquel Cadmio con 1250 mAh de capacidad, la cual se debe recargar cada tres vuelos, la cual proporciona la energía eléctrica y se conecta al ECU. Una vez se conecta el receptor, se suministra energía eléctrica a los diferentes componentes del motor. (JetCat Spain, 2018)

Figura 23

Conexiones de la turbina



Nota. Visualización de conexiones de la turbina. Tomado de (JetCat, 2019)

2.7 Proceso de rehabilitación del aeromodelo

Las inspecciones son examinaciones visuales y chequeos manuales para determinar la condición de una aeronave o sus componentes. Cualquier proceso de reparación o reconstrucción empieza con una inspección de todos los componentes.

Siempre se debe usar una lista de comprobación cuando se realice una inspección, la cual puede ser de su propio diseño, proporcionada por el fabricante del equipo que se está inspeccionando, o una obtenida de alguna otra fuente confiable. La lista de comprobación o check list debe incluir lo siguiente:

- Grupo de fuselaje y estructura
- Grupo de cabina
- Grupo motopropulsor

- Grupo de trenes de aterrizaje
- Alas y sección central
- Grupo del empenaje
- Grupo de comunicación o navegación

2.7.1 Inspección visual

La inspección visual es el proceso de utilizar la vista, solo o en combinación con herramientas, como mecanismo de detección desde el cual se pueden hacer juicios sobre el estado de un componente o estructura a inspeccionar.

La inspección visual es usada para:

- Proporcionar una evaluación general del estado de una estructura, componente o sistema
- Proporcionar una detección temprana de los defectos antes de que alcancen tamaño crítico.
- Detectar errores en el proceso de fabricación.
- Obtener más información sobre el estado de un componente que muestra la evidencia de un defecto.

Las posibilidades de detección de esta técnica se limitan discrepancias que son visibles a simple vista, tales como grietas, desgaste, decoloraciones, corrosión, etc.

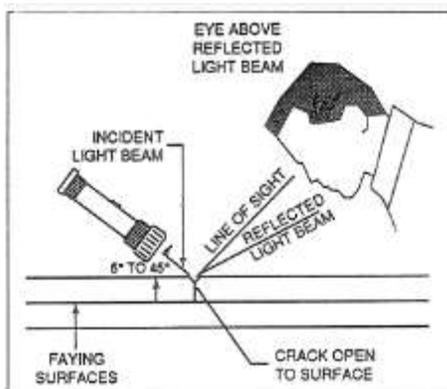
(Federal Aviation Administration, 1997)

El procedimiento y técnicas para la inspección visual incluyen lo siguiente:

- **Detección visual de rajaduras superficiales.**- Al momento de inspeccionar en busca de grietas o rajaduras en la superficie con una linterna, la luz se debe direccionar en un ángulo de 5 a 45 grados, en donde el haz de luz reflejada no se debe proyectar directamente a los ojos.

Figura 24

Uso de linterna para una inspección visual



Nota. Combinación correcta entre linterna y ángulo de visión. Tomado de (Federal Aviation Administration, 1997)

- **Detección visual de defectos ocultos.**- Se puede utilizar un espejo para lugares que no se pueden ver directamente, en donde este espejo puede ser sujetado a un brazo para poder tener mayor campo de visión. Se puede dirigir la luz hacia el espejo e iluminar indirectamente el área que se requiere inspeccionar.
- **Ferretería y elementos de fijación.**- Se debe comprobar la fijación, integridad, tamaño y ajuste adecuados de remaches, pernos y otros elementos estructurales diversos en busca de señales de corrosión o desgaste.
- **Sistemas de control.**- Se debe examinar para chequear la integridad, solidez estructural y corrosión de cables, varillas de control y sus extremos, guías, poleas y demás elementos similares.
- **Otras discontinuidades superficiales.**- Se pueden detectar decoloración por sobrecalentamiento, abolladuras en la piel, grietas en tubos, discrepancias en cableado eléctrico, delaminaciones de materiales compuestos, mediante una

cuidadosa inspección visual otras discontinuidades. (Federal Aviation Administration, 1997)

2.7.2 Recubrimiento exterior de aeromodelos

Los recubrimientos vienen en diversas presentaciones, los cuales se dividen en tres tipos:

- **Plásticos termo contraíbles y autoadhesivos.**- Es el tipo de recubrimiento más frecuente. Su presentación viene con los colores listos y no es necesario agregar una capa de pintura. Otra ventaja es su fácil aplicación en la estructura del aeromodelo.

Figura 25

Colores de plásticos autoadhesivos



Nota. Se visualiza las diferentes gamas de colores para recubrimiento de aeromodelos

- **Papel modelos.**- Son usados para modelos de muy bajo peso, los cuales vienen en dos presentaciones. Una es llamada papel japonés o papel clásico, siendo similar a las de cometas, pero con más calidad y resistencia, es muy delgado y ligero, y se contrae humedeciéndolo, dando más resistencia. Otro tipo de papel es llamado StarSpan, que es un poco más denso y un poco más pesado,

teniendo pinta de microfibra pero es mucho más resistente. La ventaja de este material es que no les afecta el calor del sol.

Figura 26

Papel clásico o japonés



Nota. Se visualiza el recubrimiento con papel clásico alrededor de la estructura del ala

- **Telas.-** Se usan en aeromodelos de gran tamaño, brindando resistencia y rigidez, y en algunos casos un mejor diseño. (Aeromodelismo Ilustrado, 2014)

Figura 27

Tela de fibra de vidrio



Nota. Se observa el aspecto de la tela de fibra de vidrio

2.7.3 Mantenimiento Motor JETCAT

Toda tarea de mantenimiento debe ser realizada por personal o empresa autorizada, la cual en este caso es JETCAT BRAZIL, empresa autorizada por el Fabricante JETCAT,

Tanto el mantenimiento como el overhaul del motor se realizan normalmente a intervalos especificados, en donde este intervalo se rige normalmente por el número de horas de funcionamiento del motor. El período de revisión real para un motor específico se determina generalmente por las recomendaciones del fabricante, en donde su objetivo principal de la revisión es inspeccionar, reparar y sustituir las piezas desgastadas del motor.

Un proceso de revisión completa incluye los siguientes aspectos básicos:

- **Inspección de entrada.-** Consiste en determinar el estado general del motor en su totalidad, junto con un inventario de los componentes del mismo. Se debe enviar si es necesario todos los accesorios, así como el modelo y el número de serie.
- **Desmontaje.-** Todos los componentes individuales deben ser colocados de forma ordenada en un banco o soporte de trabajo a medida que se retiran, ya que la inspección visual se realiza inmediatamente luego del desmontaje. Se debe disponer de recipientes adecuados para colocar componentes de dimensiones pequeñas (tuercas, tornillos, etc.) durante la operación de desmontaje.

Figura 28

Componentes internos del motor JETCAT P80SE

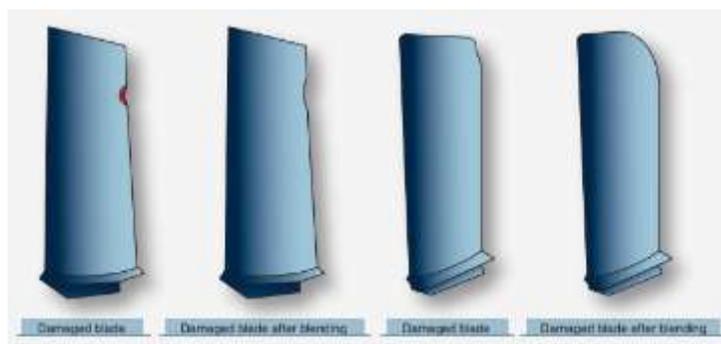


Nota. Se visualiza los componentes internos del motor. Tomado de (JETCAT, 2015)

- **Proceso de inspección.-** Este proceso se divide en inspección visual, estructural y dimensional. Aquí, a inspección visual debe empezar antes que todos los demás procedimientos de inspección y los componentes no deben limpiarse antes de una inspección visual preliminar, ya que a menudo pueden detectarse señales de un fallo a partir de restos metálicos en algunas áreas del motor.
- **Limpieza.-** Es importante limpiar a fondo todos los componentes del motor para facilitar la inspección posterior luego de inspeccionar visualmente las zonas del motor en busca de depósitos de partículas metálicas. Los principales procesos para limpiar los componentes del motor son el desengrasado para eliminar la suciedad y carbón blando; y la descarbonización o cepillado de la zona para la eliminación de sedimentos de carbón duro.
- **Inspección estructural.-** Es recomendable complementar con formas de ensayo no destructivos todas las inspecciones para comprobar mejor los resultados de una inspección visual.

Figura 29

Daños en álabes del compresor



Nota. Se observa varios tipos de daños comunes que puede sufrir un álabe. Tomado de (Federal Aviation Administration, 2018)

- **Montaje.-** Todos los componentes del motor, nuevos y que se pueden reparar, deben limpiarse, ordenarse y colocarse en el orden en que se vaya a ensamblar. Durante el montaje, los componentes también deben ser pre-lubricados.
- **Instalación y pruebas.-** La puesta en marcha del motor que se realiza durante la revisión previa a la entrega del motor es primordial para la aeronavegabilidad del motor. La celda o banco de prueba requiere entre otras, tener un área para montar y sostener el motor, tener los controles, instrumentos y cualquier equipo especial para comprobar el rendimiento total del motor. (Federal Aviation Administrarion, 2018)

2.7.4 Fallos y soluciones

A continuación se detalla el proceso a seguir para el cazafallas, según las indicaciones del manual de operación del motor:

Tabla 4

Cazafallas

Problema	Origen	Solución
Turbina no enciende	<ul style="list-style-type: none"> • Escape de gas • Depósito de gas vacío o presión muy baja • Incandescencia de la bujía • Bujía defectuosa o rosca no suficientemente afuera 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar instalación y las conexiones • Llenar el depósito de gas • Aumentar la tensión de la bujía • Chequear la bujía. El filamento de la Bujía debe estar 4mm afuera

Problema	Origen	Solución
No se inicia el proceso de arranque	<ul style="list-style-type: none"> • Turbina demasiado caliente <ul style="list-style-type: none"> • Batería no conectada, débil o descargada • Bujía defectuosa • El cable de 3 polos no está conectado a la turbina 	<ul style="list-style-type: none"> • Esperar hasta que el procedimiento de refrigeración concluya • Conectar o cargar la batería <ul style="list-style-type: none"> • Chequear o cambiar la bujía • Conectar o revisar el cable
Turbina enciende, pero el proceso en marcha se interrumpe	<ul style="list-style-type: none"> • Hay aire en las tuberías de combustible • Bomba atascada. No gira • Depósito del gas vacío 	<ul style="list-style-type: none"> • Purgar el sistema de combustible • Una vez el LED rojo "PUMP RUNNING" se enciende debe de girar la bomba. Si es necesario, chequear la bomba • Llenar el depósito
Motor de arranque no se acopla correctamente	<ul style="list-style-type: none"> • Aceite o suciedad sobre el embrague 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar con un pincel y liquido desengrasante el mecanismo de acople
La turbina arranca, se acelera y permanece al ralentí. No reacciona al mando del gas.	<ul style="list-style-type: none"> • El mando del gas no se ha llevado a la posición de ralentí 	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar la palanca del gas a la posición de ralentí y esperar que se encienda el LED verde "OK"

Problema	Origen	Solución
Sensor de temperatura indica valores erróneos	<ul style="list-style-type: none">• Antena de la emisora demasiado próxima al aeromodelo	<ul style="list-style-type: none">• Alejar la antena del aeromodelo
ECU no reacciona al mando del gas	<ul style="list-style-type: none">• Modificación del programa de la emisora	<ul style="list-style-type: none">• Chequear la programación de la emisora. Programar si es necesario

Nota. Cada proceso debe seguir como indica el manual. Tomado de (JetCat Spain, 2018)

CAPÍTULO III

3. Desarrollo del tema

3.1 Introducción

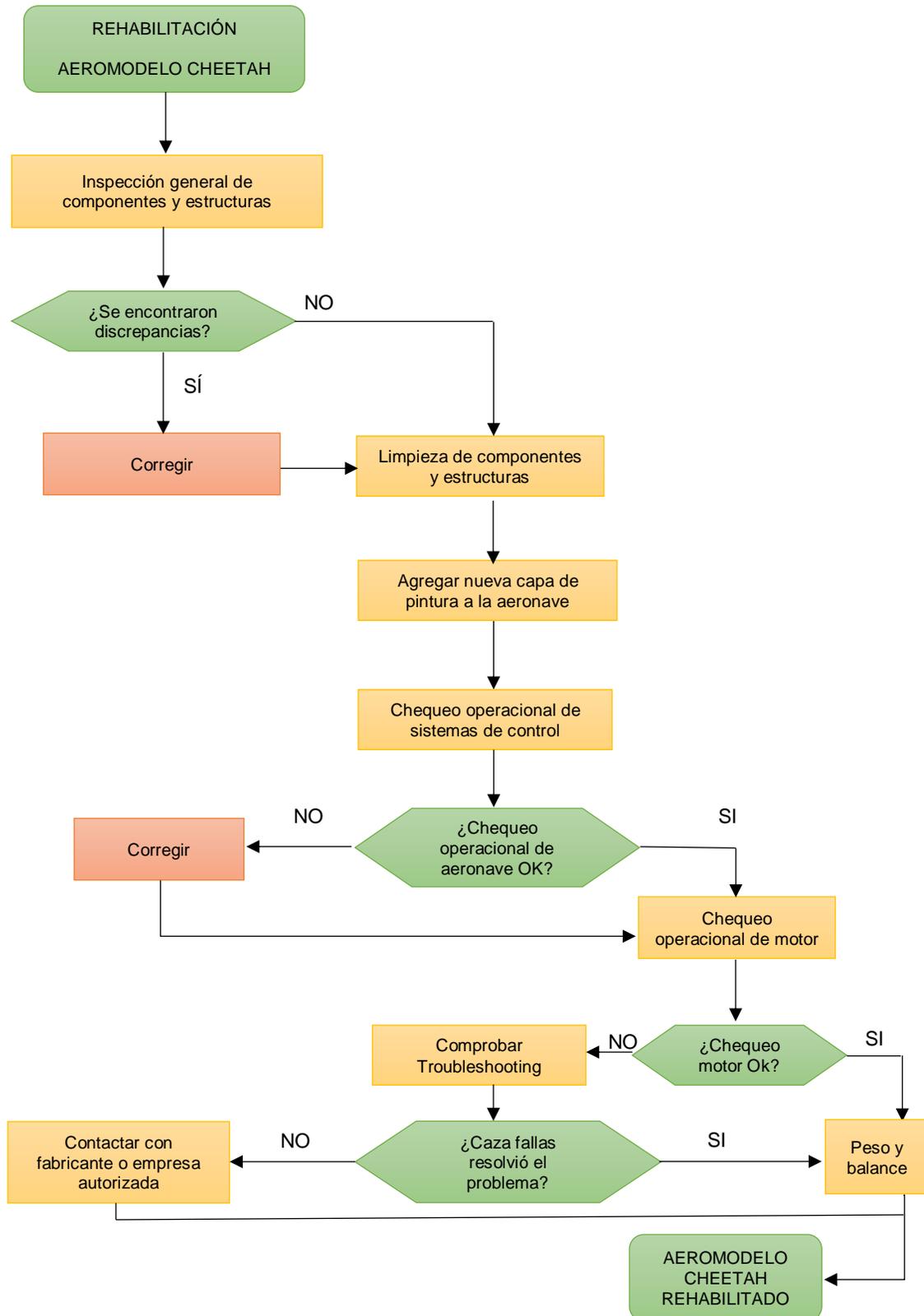
En el presente capítulo se describe el procedimiento para la rehabilitación del aeromodelo Cheetah, así como las tareas requeridas para la reparación del motor JetCat. Dichos procedimientos serán en base a manuales o guías de usuario sobre el correcto uso de materiales, y de acuerdo a indicaciones recomendadas en el manual de operación del motor JetCat.

Dichos equipos se encontraban en los Talleres de Aerodelismo de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, en su sede de Belisario Quevedo, por lo que, debido a las tareas de mantenimiento a realizar, se realizó la solicitud correspondiente para la custodia de los equipos.

3.2 Equipos y materiales

- Llaves
- Destornilladores
- Aceite de turbina
- Pintura de poliuretano
- Tinner
- Acelerante
- Lija
- Tela de fibra de vidrio
- Resina
- Batería abordo
- Receptor Futaba

3.3 Diagrama de flujo Rehabilitación aeromodelo Cheetah

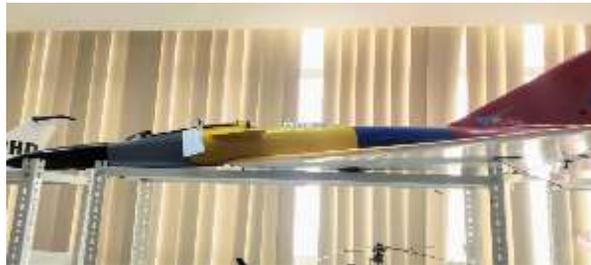


3.4 Inspección visual aeromodelo Cheetah

Tras la autorización de custodia del equipo, se procedió a trasladar a la aeronave al área de trabajo y realizar un chequeo general, ya que debido al paso del tiempo y el traslado que se realizó al campus de Belisario Quevedo, el aeromodelo ha sido desatendido, y tiene ciertas averías, las cuales se las van a reparar, y también completar las partes faltantes.

Figura 30

Aeromodelo Cheetah



Nota. Se visualiza la aeronave en el Taller de Aeromodelismo

3.4.1 Inspección de alas

Una vez autorizada la salida de los equipos, se llevó el aeromodelo al área de trabajo para observar detenidamente las condiciones en las cuales se encontraba la aeronave. Se empezó con el chequeo visual de las alas y toda su estructura, revisando cuidadosamente el estado de la misma. Una vez realizada la inspección visual, y posteriormente la limpieza correspondiente se comprobó ciertas discrepancias, como:

- Daños en la estructura de controles de vuelo
- Daños en la estructura del ala
- Servos incompletos
- Desgaste de la pintura

Figura 31*Discrepancias encontradas*

Nota. Conexiones mecánicas rotas de servo de control de vuelo del ala derecha

En la inspección se comprobó también daños en la punta del ala derecha, evidenciando una rotura en la estructura del ala, en la cual se encontraba desprendida una sección, encontrando también desgaste en la pintura debido al uso incorrecto de cinta en esta zona.

Figura 32*Discrepancias en la punta del ala*

Nota. Se observa la punta del ala derecha rota y desgaste en la pintura

3.4.2 Inspección de fuselaje

Se realizó el mismo procedimiento para la revisión de la estructura del fuselaje, así el chequeo del recubrimiento de capa de pintura, en donde se logró evidenciar rajaduras, cortes y ciertas abolladuras. También se comprobó que el recubrimiento de la cabina y motor estaban incompletos.

Figura 33

Cubiertas del motor y cabina incompletas



Nota. Se visualiza que se encuentran descubiertas la cabina y sección del motor

3.4.3 Inspección de trenes

El tren de aterrizaje delantero es accionado por un tanque y un servo mecánico, por lo que se procedió a chequear el estado de los mismos. Para realizar este chequeo, se desacopló la nariz del aeromodelo aflojando los tornillos de sujeción. Una vez retirada la cubierta se comprobó el estado del tanque de aire, el cual accionaba una válvula que retrae y contra el tren de aterrizaje, el cual es producido por un accionamiento mecánico mediante una señal del radiocontrol, impulsado por el aire de la bomba.

Figura 34

Mecanismo de retracción de tren delantero



Nota. Se comprobó el tanque de aire se encontraba vacío.

3.4.4 Chequeo de conexiones eléctricas

Las conexiones eléctricas se encuentran distribuidas a lo largo del fuselaje. Primeramente se comprobó mediante un chequeo visual, las condiciones de las conexiones eléctricas del motor, encontrando ciertos cables en mal estado. Posteriormente, se realizó una comprobación de continuidad en cable y sus componentes, para verificar el correcto funcionamiento del mismo. Se comprobó que la fuente de poder está incompleta

Figura 35

Discrepancias encontradas



Nota. Fuente de poder incompleta

3.4.5 Chequeos de respuesta con el Radio control

Para esta tarea, se inspeccionó el estado de los servocontroles más detenidamente, logrando evidenciar que uno de ellos se encontraba incompleto y con un daño en la conexión, que une el brazo mecánico a la estructura del alerón. Posteriormente, se comprobó también que el receptor para las señales del control remoto se encontraba incompleto, por lo que se tenía que adquirir un nuevo receptor compatible con el radio control.

Figura 36

Discrepancia con un servomotor del ala derecha



Nota. Se visualiza el cuerno u Horn del servomotor roto

3.5 Proceso de rehabilitación del aeromodelo Cheetah***3.5.1 Rehabilitación de servos y controles de superficies de vuelo***

Para esta tarea se solicitó un radiocontrol del taller de aeromodelismo, sin embargo, tras el chequeo visual de las conexiones eléctricas se comprobó que el receptor para el accionamiento de los servomotores se encontraba incompleto, por lo que se adquirió uno nuevo. Seguidamente se conectó una nueva batería.

Para la instalación del brazo del servo, se ubicó el control en el orificio del cable o enlace de control de vuelo usando un tornillo de fijación. Posteriormente, fijando y alineando los estabilizadores horizontales con el eje del avión, se conectó la línea o cable con la palanca del servo, también llamado Control Horns (cuernos de control) ubicando los seguros correspondientes, cortando el cable sobrante.

Figura 37

Instalación de batería y receptor



Nota. Se instaló un receptor marca Futaba de 8 canales

3.5.2 Rehabilitación de alas

Primero se desmontó el ala de la estructura del fuselaje, aflojando los pernos de sujeción que unían a los mismos. Se realizó otro chequeo visual, y se procedió retirar la piel o capa de papel para cubrir los rayones y abolladuras directo sobre la estructura del ala,

Una vez verificado el estado de la estructura, y tras hacer las correcciones de todas las abolladuras y rajaduras encontradas, se procedió a preparar la mezcla de resina con el endurecedor, usando mascarilla y guantes quirúrgicos como equipos de protección. Se impregnó de resina la estructura del ala usando una brocha cubriendo el área completamente. Posteriormente se adhirió la tela de fibra de vidrio, cubriendo toda la estructura de manera uniforme, para luego nuevamente agregar una nueva capa de resina.

Figura 38

Pegado de tela especial a la superficie del ala



Nota. Se utilizó tela de fibra de vidrio que brinda mayor resistencia a la estructura.

Tras dejar un día secar la capa de fibra de vidrio, se agregó la capa base de pintura. Todas estas tareas se realizaron en un lugar idóneo y al aire libre, usando los equipos de protección personal.

Figura 39

Capa de pintura base para la estructura del ala



Nota. Estas tareas es necesario hacerlas en un ambiente abierto o ventilado

Para agregar la capa de pintura de poliuretano, se preparó la superficie, limpiando el área, removiendo polvo y otros materiales extraños para asegurar la adhesión adecuada. También se realizó la mezcla de la pintura con el catalizador, en la relación recomendada de cinco partes de pintura por una parte del catalizador

Posteriormente, con ayuda de un compresor y rociador de pintura, se añadió la capa final de pintura para la estructura del ala, dándole un acabado estético y con una

superficie lisa, cumpliendo así con un perfil aerodinámico adecuado. Se dejó 48 horas de reposo a temperatura ambiente según las indicaciones en el Anexo A

Figura 40

Nueva capa de pintura del ala



Nota. Se usó pintura de color negro, de acuerdo al diseño del logo de la carrera

3.5.3 Rehabilitación del fuselaje

Para la estructura del fuselaje, se empezó dando una capa de lija por toda la estructura, desde estabilizadores, hasta la nariz del avión. Una vez realizada esta tarea, se procedió a cubrir las abolladuras, rayones y rajaduras de la estructura usando masilla, dando una nueva capa de lija por la zona reparada.

Figura 41

Preparación para la nueva capa de pintura



Nota. Los trabajos son realizados en un área abierta y bien ventilada.

Una vez realizadas las correcciones de las discrepancias encontradas, y cubriendo las zonas de accionamiento de tren, cabina y soporte del motor, se agregó la capa de pintura base a toda la estructura del fuselaje con ayuda del rociador y

compresor. Todas las tareas relacionadas a pintura son realizadas con los equipos de protección correspondientes.

Figura 42

Capa base de pintura



Nota. Se debe dejar secar la pintura por un día para continuar los trabajos

Tras dejar la pintura secar, se tomaron las medidas para las cubiertas de cabina y el soporte del motor, ya que las mismas se encontraban incompletas. Se utilizó balsa para dar forma a la estructura, cubriendo con una capa de masilla y tela especial para darle forma a la cubierta de cabina y del motor.

Figura 43

Reparación de cubierta de cabina del aeromodelo



Nota. Se utilizó varillas de balsa para darle forma a la cubierta.

Una vez adquirida la pintura para la estructura del fuselaje, nuevamente con ayuda del compresor y rociador se agregó la pintura de color plateado, a toda la estructura del fuselaje, dando un diseño nuevo y moderno al aeromodelo, usando las recomendaciones en el Anexo A.

Figura 44

Nuevo diseño de la aeronave



Nota. Se utilizó pintura de poliuretano

Para culminar todo el proceso, se agregó etiquetas o stickers a la estructura del ala y fuselaje con los logotipos de la carrera y otras marcaciones, para darle un mejor acabado al aeromodelo.

Figura 45

Logotipos adheridos a la estructura del ala



Nota. Se utilizó plástico adhesivo para colocar los diseños en la estructura del fuselaje y ala

3.6 Rehabilitación del motor JETCAT P80SE

El motor se encontraba en una bodega en el Campus Belisario Quevedo, el cual fue trasladado desde la antigua sede de la UGT. Debido a esto y al paso del tiempo el motor quedó fuera de uso. Para la custodia del motor se realizó una solicitud la cual fue

aprobada, por lo cual se hizo el traslado del motor, junto con su banco de pruebas al área de trabajo correspondiente.

Figura 46

Motor JETCAT en su banco de pruebas



Nota. Se visualiza el estado del motor y su banco de pruebas

3.6.1 Inspección visual motor JETCAT

Una vez ubicado el motor en el área de trabajo, se realizó una limpieza general, quitando polvo y objetos que no pertenecían al banco de pruebas ni al motor. Al finalizar la limpieza, se realizó un chequeo visual de todos los componentes, logrando encontrar las siguientes discrepancias:

- Fuente de poder incompleta
- Tanque de propano vacío
- Tanque de combustible vacío

Figura 47

Discrepancias encontradas



Nota. Se visualiza fuente de poder incompleta. Se requiere batería LiPo

3.6.2 Preparación para envío del motor

Una de las tareas de mantenimiento necesarias del motor, es el proceso de Overhaul, el cual será mediante la empresa JETCAT BRAZIL, la misma que, una vez finalizado las tareas de reparación y mantenimiento correspondientes, emitirá un reporte de daños encontrados y de los trabajos de reparación y mantenimiento realizados, dando una certificación del correcto funcionamiento de dicho motor.

Se procedió a hacer el embalaje del motor, junto con su soporte y demás componentes, como el ECU, GSU, válvulas, etc. Posteriormente se lo puse en la caja para el envío, junto con las etiquetas correspondientes. El motor llegará en aproximadamente 48 horas a la empresa, la cual luego de 15 días, enviará nuevamente el producto al país. El envío se realizó mediante la empresa UPS, así como se visualiza en el Anexo B

Figura 48*Embalaje del motor JetCat*

Nota. Se utilizó plástico burbuja para mayor seguridad del motor y sus componentes

3.6.3 Reporte de daños de la empresa JETCAT BRAZIL

Tras el arribo del motor JETCAT a la empresa de Brasil, el personal autorizado examinó la unidad en busca de discrepancias, logrando encontrar las fallas más relevantes, según Anexo C:

- Engine Control Unit (ECU) quemado
- Placa PCI de la turbina quemada
- Cable de conexión del GSU deteriorado

Las tareas de reparación incluyen la compra de un nuevo kit de cable original del GSU, reparación de la placa PCI y reemplazo del ECU.

Figura 49*Chequeo general del motor JETCAT*

Nota. Cable de conexión en mal estado

3.6.4 Tareas de mantenimiento

De acuerdo al informe realizado por el representante de JETCAT BRAZIL, (ver anexo C) se realizaron las siguientes tareas:

- **Inspección del compresor-**. Se realizó la inspección de los álabes. Los daños que pudiere haber aquí se deben a cuerpos extraños que ingresan en la sección de entrada del motor. Se detectó cierta suciedad en la sección de entrada debido a la ingesta de partículas de suciedad, aceite, hollín y otras sustancias extrañas.

Figura 50

Sección de entrada del motor



Nota. Se debe revisar esta sección en busca de FOD

- **Inspección de la sección de combustión.-** Se realizó el chequeo de la zona de combustión en busca de grietas o señales de desgaste sobrecalentamiento de algunas zonas, y también de partículas extrañas o FOD que pudiere haber absorbido el motor. Las grietas encontradas deben estar dentro de los límites tolerables para el correcto funcionamiento.
- **Inspección de la sección de turbina.-** En esta sección no son permisibles las grietas en el disco de álabes de la turbina. El indicio de picaduras por impacto de materias extrañas puede ser eliminado mediante un correcto pulido. La

inspección de los álabes se la realizó de la misma forma que la sección del compresor, pero aquí es recomendable usar ayuda como linterna y lupa, debido a que esta sección está sujeta a grandes temperaturas y se debe prestar mucha atención a indicios de desgaste.

- **Inspección de la sección de escape.-** En esta sección se realizó un chequeo en busca de grietas debido al calor generado por la sección de combustión y de la turbina.

Figura 51

Sección de escape del motor



Nota. Realizar chequeos en busca de signos de desgaste por calor

- **Limpieza de componentes.-** Una vez realizada la inspección, mediante un compresor externo y pistola de aire, se limpió y eliminó las impurezas exteriores restantes. Usando un líquido limpiador y no corrosivo, se dejó limpia cada sección del motor, asegurándose que no queden residuos o partículas extrañas dentro del mismo.

Figura 52

Chequeo de placa de turbina



Nota. Se puede visualizar el desmontaje de la cubierta de la sección de entrada del motor para el chequeo de la placa de la turbina

- **Instalación de ECU y placa de turbina.-** Una vez realizada las tareas de reparación de la placa PCI, se reemplazó la placa deteriorada, junto con el nuevo cable original adquirido para el GSU, ya que el anterior no corresponde al kit original para el correcto funcionamiento del mismo.

Figura 53

ECU V6.0



Nota. Desmontaje del ECU para su reemplazo

Tras la adquisición del nuevo cable, se realizó las conexiones correspondientes con el GSU

Figura 54

Chequeo previo de GSU



Nota. Se visualiza la comprobación de botones de GSU

Una vez realizados todos los trabajos de mantenimiento, se realizó la prueba operacional y puesta en marcha del motor en el banco de pruebas en Brasil.

Figura 55

Motor JETCAT en banco de pruebas



Nota. Se visualiza la puesta en marcha del motor en su banco de pruebas en Brasil.

Finalmente se hizo el envío del motor a Ecuador, junto con sus componentes y el certificado de correcto funcionamiento del mismo, mediante la empresa DHL.

3.7 Readecuación del banco de pruebas del motor JETCAT

Para esta tarea se diseñaron nuevos modelos de etiqueta, basado en la norma INEN-ISO3864-1:2013 relacionada a Símbolos Gráficos – Colores de seguridad y señales de seguridad para la nueva señalización del banco de pruebas. Previamente se retiró las antiguas señales y posteriormente se realizó la limpieza del mismo, agregando brillo y pulimento para darle un mejor diseño a la estructura. Seguidamente se colocó las etiquetas de seguridad y descripción de componentes del motor.

3.8 Chequeos operacionales del aeromodelo Cheetah

3.8.1 Chequeo de mecanismo de retracción de trenes

Para realizar este chequeo, se desacopló la nariz del aeromodelo aflojando los tornillos de sujeción. Una vez retirada la cubierta se comprobó el estado del tanque de aire, el cual accionaba una válvula la cual retrae y contra el tren de aterrizaje, el cual es un accionamiento mecánico mediante una señal del radiocontrol, impulsado por el aire de la bomba. Se hizo la recarga correspondiente del tanque

Figura 56

Mecanismo de retracción de trenes



Nota. Se recargó el tanque mediante una bomba manual de aire

3.8.2 Chequeo de respuesta de los servocontrolles

Una vez instalados todos los servos, y revisando sus conexiones eléctricas y mecánicas, se procedió a verificar la respuesta de los servos a las señales emitidas por

el radiocontrol. Dicho control posee seis canales, los cuales controlan los alerones, estabilizadores horizontales y verticales, y el mecanismo de retracción de los trenes de aterrizaje. Todos los servos respondieron positivamente, verificando el correcto funcionamiento de los mismos, los cuales dieron movimiento a los trenes de aterrizaje, elevadores, rudder y demás controles de vuelo, siguiendo las instrucciones recomendadas en la guía del Anexo D.

Figura 57

Chequeo de respuesta de servocontroles



Nota. Se observa las ruedas retraídas del tren de aterrizaje posterior

Todo el chequeo final también se lo realizó según las instrucciones referenciales del anexo E para un chequeo general de la aeronave

3.8.3 Puesta en marcha del motor

Una vez que el motor arribó nuevamente al país, se instaló el mismo en la aeronave para realizar la puesta en marcha correspondiente, llevando la aeronave a un lugar abierto y de operación segura. Usando todos los equipos de protección personal correspondiente, así como la señalización del lugar, se procedió realizando los chequeos previos como indica en el Manual de Operación del Motor (Ver Anexo F):

Tabla 5

Lista de chequeo antes de la puesta en marcha del motor

Descripción	Verificación
Cargar la batería del ECU	Sí
Preparar extintor	Sí
Chequear líneas de combustible y filtro	Sí
Chequear que la ventilación del tanque no esté obstruida	Sí
Mezclar 5% de aceite en combustible	Sí
Llenar el tanque de combustible	Sí
Asegúrese que la válvula de gas esté cerrada	Sí
Encenderle interruptor del receptor	Sí
Ubicar el motor con la nariz hacia el viento	Sí
Activar los frenos y arrancar la turbina	Sí

Nota. La lista de chequeo se debe seguir según el orden indicado en el Manual correspondiente

Una vez realizado el chequeo, se realizó la puesta en marcha del motor de acuerdo al Manual de operación del motor, siguiendo el proceso a continuación:

- a) Posicionar el interruptor AUX a la posición OFF. Todas las luces led se apagarán.
- b) Mover la palanca de aceleración a la posición de ralentí (máximo)
- c) Posicionar el interruptor AUX a la posición (media) Start/Standby

- d) Si el botón de aceleración no está en la posición de ralentí, el led va a parpadear en una secuencia continua de amarillo a verde y rojo. Lleve la palanca de aceleración a la posición idle, cambiando la secuencia de luz del led a verde rojo y amarillo continuamente.
- e) Mueva la palanca de aceleración a la máxima configuración y la turbina encenderá
- f) Una vez que la turbina empiece a acelerar, la palanca de aceleración puede ser regresada a la posición de ralentí. Tan pronto como la turbina se estabilice en la velocidad de ralentí, la luz verde OK se iluminará, indicando que el control de empuje puede ser modificado por el piloto. La palanca de aceleración debe estar en la posición ralentí, para que la luz verde se ilumine.

Tabla 6

Verificación de operación normal del motor JETCAT P80SE

Proceso	Verificación / Cumplimiento
El motor de arranque hace girar el rotor hasta 2500-3500 RPM. Luego el motor de arranque se detiene	Sí
Se conecta la bujía y la válvula de gas se abre	Sí
La velocidad de la turbina desciende lentamente, mientras el encendido normal se produce durante este periodo	Sí
Tan pronto como se produzca el encendido, el LED amarillo de Standby/Manual se iluminará y el motor de arranque se vuelve a poner en marcha para acelerar la turbina. A aproximadamente 5000 RPM, la bomba de combustible se enciende y el LED rojo Pump running se ilumina.	Sí
La velocidad de la turbina aumentará progresivamente hasta alcanzar una velocidad estable. Cuando la velocidad de la	Sí

Proceso	Verificación / Cumplimiento
turbina supere el valor de las RPM de ralentí, el motor de arranque se desconecta y el LED amarillo de Standby/Manual se apaga.	No
A medida que la turbina se acerca a las 55.000 RPM aproximadamente, se estabiliza brevemente	Nota. La turbina continuó acelerando sin estabilizar brevemente
Cuando la turbina alcanza la velocidad de ralentí y la palanca del acelerador se coloca en la posición de ralentí, el LED verde de OK se iluminará, indicando que el control de empuje está ahora en manos del piloto.	Sí

Nota. Se cumplió la mayoría de ítems descritos en el manual de operación del motor.

Mediante el GSU se observó todos los parámetros en las etapas de operación del motor

Figura 58

Visualización de parámetros en GSU



Nota. Se visualiza los parámetros en etapa de aceleración del motor

3.8.4 Parámetros de funcionamiento del motor

Al momento de realizar la puesta en marcha del motor, se chequearon los parámetros de acuerdo al Manual de Operación del motor, dando los siguientes resultados en los tres encendidos:

Tabla 7

Parámetros de operación del motor

Encendido	Voltaje de la bomba	EGT (°C)	RPM
Primer encendido	Min: 0.54	Min: 545	Min: 35600
	Max: 2.44	Max: 650	Max: 123200
Segundo encendido	Min: 0.6	Min: 530	Min: 45000
	Max: 2.5	Max: 700	Max: 125000
Tercer encendido	Min: 0.55	Min: 550	Min: 36000
	Max: 2.4	Max: 695	Max. 124000

Nota. Para visualizar estos campos, se debe seleccionar el menú Min/Max en el GSU

Tras la visualización y análisis de los parámetros de operación de la turbina, se apagó el motor, y se hizo el procedimiento para el chequeo luego de la puesta en marcha (ver Anexo F):

Tabla 8*Chequeo posterior a la detención del motor*

Descripción	Verificación
Cargar la batería del ECU	Sí
Preparar extintor	Sí
Chequear líneas de combustible y filtro	Sí
Chequear que la ventilación del tanque no esté obstruida	Sí
Mezclar 5% de aceite en combustible	Sí
Llenar el tanque de combustible	Sí
Asegúrese que la válvula de gas esté cerrada	Sí
Encenderle interruptor del receptor	Sí
Ubicar el motor con la nariz hacia el viento	Sí
Activar los frenos y arrancar la turbina	Sí

Nota. El primer encendido se lo realizó en la aeronave, sin embargo los encendidos siguientes se lo realizaron en el banco de pruebas correspondiente

Luego de todo el proceso de rehabilitación, se realizó la entrega de los equipos al Taller de Aeromodelismo, certificando el mismo mediante el Acta de Entrega-recepción correspondiente, comprobando que la aeronave, ya con un nuevo diseño y nuevo acabado, opera correctamente los sistemas de controles de vuelo, retracción de trenes, así como el sistema eléctrico. El motor quedó montado en el banco de pruebas, operando correctamente.

Figura 59

Motor JETCAT P80SE en banco de pruebas



Nota. Se colocaron nuevos rótulos y señales de precaución

3.8 Presupuesto

Para el análisis del presupuesto utilizado para la realización del presente proyecto se dio seguimiento de todos los procesos y materiales adquiridos, los cuales se detallan a continuación:

Tabla 9

Estimación de presupuesto

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Traslado de aeronave y motor	N/A	\$ 20,00	\$ 20.00
Envío de motor a Brasil	N/A	\$ 327.00	\$ 327.00
Envío de motor a Ecuador	N/A	\$ 320.00	\$ 320.00
Reparación Motor JETCAT	N/A	\$ 645.00	\$ 645.00
Pago de aduanas	N/A	\$ 500.00	\$ 500.00
Pintura	1 L	\$ 30.00	\$ 30.00

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tinner	1 L	\$ 20.00	\$ 20.00
Acelerante	1 L	\$ 10.00	\$ 10.00
Lija	15 u	\$ 0.60	\$ 8.00
Guaípe	3 lb	\$ 1.00	\$ 3.00
Masking	1 u	\$ 3.00	\$ 3.00
Tela de fibra de vidrio	2 m	\$ 30.00	\$ 60.00
Resina	1 L	\$ 40.00	\$ 40.00
Batería abordo	1 u	\$ 58.00	\$ 58.00
Receptor Futaba	1 u	\$ 60.00	\$ 60.00
Impresiones	N/A	\$ 6.00	\$ 6.00
Anillados	N/A	\$ 1.50	\$ 1.50
Imprevistos	N/A	\$ 20.00	\$ 20.00
TOTAL			\$ 2131.50

Nota. Para el envío desde Brasil a Ecuador, se realizó la conversión de Reales a Dólares

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- La información técnica recopilada sobre el motor JETCAT P80SE permitió una correcta inspección y solución de fallas encontradas, así como una mejor comprensión para la puesta en marcha y la operación satisfactoria del mismo.
- El aeromodelo Cheetah, mediante la aplicación de información técnica sobre el uso correcto de materiales como tela de fibra de vidrio, pintura poliuretano y funcionamiento de servomotores, opera correctamente tras haber realizado el proceso de rehabilitación de la aeronave, realizando chequeos recomendados en el Anexo F para comprobar el correcto funcionamiento del aeromodelo.
- El motor JETCAT P80SE opera normalmente luego del proceso de reparación, así como lo especifica el informe emitido por la empresa Jetcat Brazil, siguiendo los procesos recomendados para inspección, mantenimiento y cazafallas del mismo, según el Manual de Operación del motor.
- El motor JETCAT P80Se está dentro de los parámetros recomendados por el fabricante, los cuales se pueden evidenciar en la Tabla 7, así como el aeromodelo Cheetah, tras verificar que los controles de vuelo de la aeronave, así como el mecanismo de retracción de trenes, y conexiones eléctricas se encuentran operativos y acoplados a la frecuencia correcta del emisor del radiocontrol, según los chequeos recomendados en el anexo E.

4.2 Recomendaciones

- Realizar una limpieza y chequeo visual frecuente de los mecanismos de retracción de trenes, así como los controles de vuelo de la aeronave, mediante el radiocontrol, comprobando que la frecuencia entre el receptor y emisor sean los correctos.
- Cerrar la válvula de gas propano antes del encendido del motor para evitar posibles accidentes durante la operación del equipo.
- Realizar una mezcla de $\frac{1}{4}$ de galón de aceite por 5 galones de combustible, y seguir las indicaciones del Manual Operativo.
- Al realizar cualquier tarea de mantenimiento siempre es recomendable usar el Equipo de Protección Personal idóneo para cada trabajo, siguiendo las normas de seguridad.

Glosario

Aeronave: Toda máquina que puede navegar en la atmosfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.

Aeronavegabilidad: Aptitud técnica y legal que deberá tener una aeronave para volar en condiciones de operación seguras, de manera que cumpla con su Certificado Tipo, que exista la seguridad o integridad física incluyendo sus partes, componentes y subsistemas, su capacidad de ejecución y sus características de empleo, y, que la aeronave lleve una operación efectiva en cuanto al uso (corrosión, rotura, pérdida de fluidos, etc.) hasta su próximo mantenimiento.

Aeromodelismo: Actividad consistente en construir pequeños modelos de aeronaves que puedan volar.

Mantenimiento: Ejecución de los trabajos requeridos para asegurar el mantenimiento de la aeronavegabilidad de las aeronaves, lo que incluye una o varias de las siguientes tareas: reacondicionamiento, inspección, reemplazo de piezas, rectificación de defectos e incorporación de una modificación o reparación

Inspección: Es el acto de examinar una aeronave o componente de aeronave para establecer la conformidad con un dato de mantenimiento

Reparación: Una reparación de una aeronave o componente de aeronave significa un cambio en el diseño que tiene por objeto restaurarlo a un estado de aeronavegabilidad y asegurarse de que la aeronave siga respetando los aspectos de diseño de los requisitos de aeronavegabilidad utilizados para la emisión de un certificado de tipo para dicho tipo de aeronave o componente de aeronave después que se haya dañado o haya sufrido de desgaste

Abreviaturas

ECU: Engine Control Unit

EGT: Exhaust Gas Temperature

FOD: Foreign Object Damage

GSU: Ground Support Unit

RC: Radio control

RPM: Revoluciones por minuto

Bibliografía

- Aeromodelismo Ilustrado. (2011). *ISSUU*. Recuperado el 03 de 2021, de <https://issuu.com/ferarcosn/docs/aeromodelismoilustrado-free>
- Aeromodelismo Ilustrado. (2015). *Issuu Inc*. Recuperado el 03 de 2021, de <https://issuu.com/ferarcosn/docs/aeromodelismoilustrado-free>
- Aliexpress. (01 de 01 de 2021). *Aliexpress [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de <https://es.aliexpress.com/i/4000108067589.html>
- ANAC. (01 de 2020). *Aviación Civil Argentina*. Recuperado el 03 de 2021, de Aviación Civil Argentina: <https://www.anac.gov.ar/anac/web/index.php/1/517/aviacion-general/aeromodelismo>
- Aviation History. (30 de 11 de 2009). *Alhponse Pénaud [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de Aviation Models: <http://aviation-history.com/early/penaud.htm>
- EcuRed. (2018). *Avión*. Recuperado el 03 de 2021, de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Avi%C3%B3n>
- EcuRed. (2018). *Avión [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Avi%C3%B3n>
- Ecured. (06 de 2019). *Aeromodelismo*. Recuperado el 03 de 2021, de <https://www.ecured.cu/Aeromodelismo>
- Ecured. (2019). *Aeromodelismo [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de <https://www.ecured.cu/Aeromodelismo>
- Federal Aviation Administration. (2018). *Aviation Maintenance Technician Handbook - Powerplant*. Recuperado el 03 de 2021, de https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/FAA-H-8083-32-AMT-Powerplant-Vol-2.pdf

- Federal Aviation Administration. (14 de 08 de 1997). *FAA*. Recuperado el 03 de 2021, de Advisory Circular 43-204 [Fotografía]:
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/43-204.pdf
- Federal Aviation Administration. (14 de 08 de 1997). *FAA*. Recuperado el 03 de 2021, de Advisory Circular:
https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/43-204.pdf
- JETCAT. (2015). *RX Turbines [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de Yumpu:
<https://www.yumpu.com/en/document/read/40183737/instruction-manual-jetcat>
- JetCat. (2018). *Instruction Manual*. Recuperado el 03 de 2021, de
<https://www.yumpu.com/en/document/read/40183737/instruction-manual-jetcat>
- JETCAT. (2019). *JetCat Americas*. Recuperado el 03 de 2021, de
<https://www.jetcat.de/jetcat/Kataloge/JetCat%20ENGINES.pdf>
- JetCat. (2019). *Pro Engines [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de
<https://www.jetcat.de/jetcat/Kataloge/JetCat%20ENGINES.pdf>
- JetCat Spain. (2018). *jetcat-spain*. Recuperado el 03 de 2021, de <https://www.jetcat.es/>
- JetCat Spain. (2018). *Manual Operativo [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de
Jetcat P: www.jetcat-spain.com
- Oñate.E. (2007). *Conocimiento del Avión*. Thomson Paraninfo.
- RC Universe. (2020). *Jetcat 80 Issue [Fotografía]*. Recuperado el 03 de 2021, de RC
Forums: <https://www.rcuniverse.com/forum/rc-jets-120/10768031-old-jetcat-p80-issue-5.html>
- Turbine Shop. (2020). *JetCat P80Se Complete Set [Fotografía]*. Recuperado el 03 de
2021, de Turbines: <http://www.turbineshop.com/JetCat-P80SE-CompleteSet>
- Turbine Shop. (2020). *Turbineshop.com*. Recuperado el 03 de 2021, de
<http://www.turbineshop.com/JetCat-P80SE-CompleteSet>

U.S. Department of Transportation. (2016). *Federal Aviation Administration*. Recuperado el 03 de 2021, de

https://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/media/aa-h-8083-1.pdf

Wikimedia Foundation Inc. (22 de 09 de 2020). *Wikipedia*. Recuperado el 03 de 2021, de Bujía incandescente [Fotografía]:

[https://es.qaz.wiki/wiki/Glow_plug_\(model_engine\)](https://es.qaz.wiki/wiki/Glow_plug_(model_engine))

WorthPoint Corporation. (2021). *Jetcat P80 Turbine for rebuild [Fotografía]*. Recuperado

el 03 de 2021, de Woth Point: <https://www.worthpoint.com/worthopedia/jetcat-p80-turbine-rebuild-parts-139154274>

Anexos