



ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL

Tema:

**ADECUACIÓN DE LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA DE UN
DRONE AERONÁUTICO CON FINES DE EXPLORACIÓN Y
MONITOREO DE FAUNA.**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero en Diseño
Industrial

Línea de investigación, Innovación y Desarrollo principal:

Morfología, Tendencias, Normativas y/o Gestión de Diseño y aplicaciones.

Autor:

MOISÉS IVÁN PÉREZ PALACIOS

Director:

ING. Msc. SANTIAGO ALEJANDRO ACURIO MALDONADO

Ambato – Ecuador

Marzo 2017

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDE AMBATO

HOJA DE APROBACIÓN

Tema:

ADECUACIÓN DE LA ESTRUCTURA MORFOLÓGICA DE UN DRONE
AERONÁUTICO CON FINES DE EXPLORACIÓN Y MONITOREO DE
FAUNA.

Líneas de Investigación:

Morfología, Tendencias, Normativas y/o Gestión de Diseño y aplicaciones.

Autor:

MOISÉS IVÁN PÉREZ PALACIOS

Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing.Msc f _____
CALIFICADOR

Delia Angélica Tirado Lozada, Dis.Msc f _____
CALIFICADORA

Pablo Ernesto Montalvo Jaramillo, Ing.Msc f _____
CALIFICADOR

Fernando Alfredo Flor Tapia, Ing.Msc f _____
DIRECTOR ESCUELA DISEÑO

Hugo Rogelio Altamirano Villarroel, Dr. f _____
SECRETARIO GENERAL PUCESA

Ambato – Ecuador

Marzo 2017

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo, Moisés Iván Pérez Palacios, portador de la cédula de ciudadanía y/o pasaporte No. 050383070-5, declaro que los resultados obtenidos en el proyecto de titulación y presentados en el informe final, previo a la obtención del título de Ingeniero en Diseño Industrial, son absolutamente originales y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto, y luego de la redacción de este documento, son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Moisés Iván Pérez Palacios
050383070-5

RECONOCIMIENTOS

Me hacen falta términos, hay demasiado desorden, dudo demasiado de momentos, no sé cómo plasmar textualmente lo agradecido que me encuentro con mi familia, en especial con mi hermano, porque cuando me quede sin aliento, fuiste tú el que me tendió su mano y me motivo a seguir.

Un reconocimiento para todas las personas que de manera genuina me brindaron ayuda y colaboraron en la realización de este proyecto.

Agradezco además a todas las personas involucradas con el Parque Nacional Llanganates y el GAD Parroquial de San José de Poaló, que me ofrecieron de manera desinteresada, las facilidades para dirigir este proyecto íntegramente.

DEDICATORIA

A mis padres por haberme enseñado a definir con pertinencia mis creencias, disposiciones, hábitos y gustos. Por educarme con sus valores, cualidades que he aprehendido a considerar como principios fundamentales para regir mi vida: honestidad, fidelidad y verdad.

A mi hermano por su apoyo y amistad inquebrantable ante los obstáculos, por ser mi modelo a seguir. Un ejemplo de tenacidad y valor.

A mi novia por ser la fuerza motivadora para conservar intacta la esperanza, por llenarme con intenciones nobles, pensamientos y emociones sublimes. Y representar la inspiración para continuar.

Con amor incondicional, para ustedes.

Moisés Iván Pérez Palacios

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño de una estructura externa para generar la adecuación morfológica de un dron e integrarlo de manera funcional en relación a las características biofísicas particulares del Parque Nacional Llanganates. Este proyecto permitirá prolongar la vida útil del equipo e implementar dichas adecuaciones a la tecnología dron para apoyar los objetivos de conservación y protección de la biodiversidad del Área Protegida y brindar resultados inmediatos a los requerimientos de los beneficiarios en las actividades de investigación, monitoreo, muestreo y vigilancia. La presente investigación está apoyada en la metodología cualitativa, y se usan las herramientas de entrevistas y fichas de observación, para permitir el análisis descriptivo de las variables determinantes sobre el uso de drones en las áreas de aplicación, y así definir una propuesta validada a través de pruebas de vuelo ante las particularidades de la zona. En función a los requerimientos del grupo de estudio y los resultados de la investigación, se conceptualiza un prototipo específico, una carcasa, propicia explícitamente a los ecosistemas, con un diseño que no resulte anacrónico en relación a los patrones de forma y cromática visualmente habituales en las áreas; dicha adecuación estructural presenta un esquema aerodinámico sustentable capaz de aislar al dron de las condiciones biofísicas, e integrar morfológicamente al equipo con el entorno. Esta investigación busca establecer un prototipo potencialmente sostenible orientado a un estudio de caso, con la promesa de brindar prestaciones apropiadas, factibles e inmediatas a los beneficiarios.

Palabras clave: dron, Parque Nacional Llanganates, adecuación, morfología.

ABSTRACT

This work aims to design an external structure to generate the morphological adaptation of a drone and to integrate to a functional way according to specific biophysical characteristics of the Llanganates National Park. This project will make it possible to extend equipment life and implement such adaptations to the drone technology in order to support the conservation and protection objectives of protected areas and to provide immediate results to the beneficiaries' requirements in research, monitoring, sampling and monitoring activities. The research is supported by the qualitative methodology, in which interviews and observation sheets are used to develop a descriptive analysis of the variables that determine the use of drones in the application areas, thus defining a validated proposal through flight tests given by the particularities of the area. Depending on the requirements of the study group and the results of the research, a specific prototype, a shell, explicitly conduct ecosystems with a design that is not anachronistic in regard to the patterns of form and chromatic standards that are visually common in the areas. This structural suitability presents a sustainable aerodynamic scheme capable of isolating the drone from the biophysical conditions, and to integrate morphologically to the equipment with the environment. This research seeks to establish a potential sustainable prototype oriented to a case of study, with the promise of providing appropriate, feasible and immediate benefits to the beneficiaries.

Keywords: drone, Llanganates National Park, adequacy, morphology.

TABLA DE CONTENIDOS

PRELIMINARES

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	iii
RECONOCIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
TABLA DE CONTENIDOS.....	viii
LISTA DE TABLAS	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1.2. Preguntas básicas	3
1.3. Formulación de la meta.....	4
1.4. Justificación.....	4
1.5. Objetivos	5
1.6. Variables	6
CAPÍTULO II	7
2.1. Definiciones y conceptos.	7
2.1.1. Características Biofísicas del Parque Nacional Llanganates.	7
2.1.1.1. Ubicación Geográfica.	7
2.1.1.2. Características Biofísicas.	8
Clima.....	8
Temperatura.	9
Hidrología.	9
Geología.	9
Pendientes.	10
2.1.2. Características de la Biodiversidad del Parque Nacional Llanganates.	10
2.1.2.1. Flora.	10
2.1.2.2. Fauna.....	12
Mamíferos.	12
Aves.	13
Reptiles, peces y anfibios.....	14
Fauna en Condición Vulnerable.....	14

2.1.3. Identificación de Problemas del Parque Nacional Llanganates.	15
2.1.3.1. Áreas críticas del Parque Nacional Llanganates.	16
2.1.4. Monitoreo, Exploración e investigación en el Parque Nacional Llanganates..	17
2.1.4.1. Talento Humano a Cargo (Gestores Ambientales).	17
2.1.4.2. Condiciones Actuales sobre monitoreo, exploración e investigación.....	17
2.1.4.3. Limitaciones sobre monitoreo, exploración e investigación.....	18
2.1.4.4. Oportunidades sobre monitoreo, exploración e investigación.	18
2.1.5. Morfología	18
2.1.6. Drones (Unmanned Aerial Vehicle).....	19
Características Generales.	20
2.1.6.1. Normas y Regulaciones sobre el uso de drones en Ecuador.....	21
2.1.6.2. Drones con características viables para ser operados en ecosistemas del Parque Nacional Llanganates.	22
Drones en el mercado nacional.	22
DJI Mavic Pro.	23
Walkera Tali H500.....	24
Yuneec Typhoon Q500.	25
Hubsan X4 Pro H109S.....	26
Blade Chroma Camera Drone	27
Dji Phantom 3 Standard.	28
Dji Phantom 3 Professional.....	29
2.1.7. Materiales.....	30
2.1.7.1. Plásticos.	30
Termofijos.	30
Elastómeros.....	30
Termoplásticos.....	30
2.1.7.2. Fibra de Carbono.....	33
2.1.7.3. Fibra de Vidrio.....	33
2.1.8. Impresión 3D.....	34
2.1.8.1. Principios de la impresión 3D.....	34
2.1.8.2. Métodos de impresión 3D.....	35
2.1.9. Mecánica de Fluidos.....	35
2.1.9.1. La atmósfera.....	36

Presión de la atmósfera.	36
Temperatura de la atmósfera.	37
Densidad de la atmósfera.	37
2.1.9.2. Principios Aerodinámicos.	37
La ecuación de Bernoulli.	38
Leyes de Newton.	38
2.1.9.3. Fuerzas que actúan en vuelo.	39
Sustentación.	39
Resistencia.	40
Peso.	41
Empuje.	42
Ángulo de ataque.	42
La Pérdida o “Stall”.	42
Estabilidad.	43
2.2. Estado del Arte.	44
CAPITULO III	47
METODOLOGÍA	47
3.1. Enfoque del proyecto.	47
3.2. Modalidad Básica de la investigación.	47
3.2.1. Tipo de investigación	47
3.2.2. Metodología.	48
3.2.2.1. Método General.	48
3.2.3. Metodología de Diseño.	48
3.3. Grupo de Estudio.	49
3.3.1. Población.	49
3.3.2. Muestra.	49
3.4. Técnicas e Instrumentos.	50
3.4.1. Entrevistas.	50
3.4.2. Fichas de observación.	52
3.4.2.1. Fichas de observación drone Phantom 3 Professional.	55
3.4.2.2. Fichas de observación de los lugares.	59
Resultados	66
3.5. Conclusiones de resultados.	71

CAPITULO IV	73
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	73
4.1. Objetivo.....	73
4.2. Antecedentes y Justificación.....	73
4.2.1. Antecedentes	73
4.2.2. Justificación.....	74
4.3. Proceso de diseño.....	75
4.3.1. Metodología.....	76
4.3.2. Definición del problema.....	76
4.3.3. Problemática.....	76
4.3.4. Elementos que intervienen en el desarrollo de la propuesta.....	76
4.3.5. Requerimientos a considerar en el desarrollo de la propuesta.....	76
4.3.6. Análisis pruebas de vuelo.....	77
4.3.7. Pruebas de material.....	78
4.3.8. Motivo Gestor.....	79
Temática.....	79
Moodboard.....	80
4.3.9. Marca.....	81
Significado.....	81
Tipografía.....	82
Cromática.....	83
Variaciones.....	84
Papelería Básica.....	85
4.3.10. Target.....	86
4.4. Representación Técnica.....	86
4.4.1. Análisis Morfológico.....	86
4.4.1. Elementos conceptuales.....	86
4.4.2. Bocetos.....	87
Bocetos a color.....	89
Elementos visuales.....	90
Elementos de relación.....	90
Elementos prácticos.....	91
4.4.4. Planimetría.....	91

4.5. Prototipo físico y/o virtual.	103
Modelado 3d.	103
Piezas impresas en 3d.....	106
Pintura y acabados.....	107
Prototipo Final.....	108
Relación Objeto - Entorno.	110
Relación Objeto - Sujeto.	111
4.6. Análisis de Costos.	111
4.7. Evaluación de la propuesta.....	113
CAPITULO V	116
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	116
BIBLIOGRAFÍA.....	118

LISTA DE TABLAS

Tablas

Tabla 2.1: Coordenadas Geográficas Parque Nacional Llanganates.....	8
Tabla 2.2: Tipos de Clima Parque Nacional Llanganates.....	8
Tabla 2.3: Geología Parque Nacional Llanganates.....	9
Tabla 2.4: Tipos de pendientes Parque Nacional Llanganates.....	10
Tabla 2.5: Cobertura Vegetal Parque Nacional Llanganates.....	10
Tabla 2.6: Especies endémicas encontradas en el Parque Llanganates.....	11
Tabla 2.7: Mamíferos representativos del Parque Nacional Llanganates.....	12
Tabla 2.8: Fauna en Condición Vulnerable del Parque Nacional Llanganates.	14
Tabla 2.9: Problemas Parque Nacional Llanganates.....	15
Tabla 2.10: Áreas críticas del Parque Nacional Llanganates.....	16
Tabla 2.11: Clasificación Programas de Gestión en el Parque.....	17
Tabla 2.12: Resolución N° 251.....	21
Tabla 2.13: Dji Mavic Pro Características.....	23
Tabla 2.14: Walkera Tali H500.....	24
Tabla 2.15: Yuneec Typhonn Q500 Características.....	25
Tabla 2.16: Hubsan X4 Pro H109S Características.	26
Tabla 2.17: Blade Chroma Camera Drone Características.....	27
Tabla 2.18: Dji Phantom 3 Standard Características.....	28
Tabla 2.19: Dji Phantom 3 Professional Características.....	29
Tabla 2.20: Termoplásticos FDM.....	31
Tabla 2.21: Tipos de Fibra de Vidrio.....	34
Tabla 2.22: Métodos de Impresión 3D.....	35
Tabla 2.23: Leyes de Newton.....	38
Tabla 2.24: Variables de Sustentación.....	40
Tabla 3.1: Resultados de Entrevista.....	50
Tabla 3.2: Elección de un dron para su aplicación en el Parque.....	53
Tabla 3.3: Ficha de observación características Dron Phantom 3 Professional	55
Tabla 3.4: Especificaciones Técnicas Dron Phantom 3 Professional.....	57

Tabla 3.5: Cinemática Drone Phantom 3 Professional.....	58
Tabla 3.6: Ficha de observación características Área Pisayambo.....	59
Tabla 3.7: Ficha de observación características San José de Poaló.....	61
Tabla 3.8: Ficha de observación características Área Salayambo.....	62
Tabla 3.9: Ficha de observación características Área Yacupamba.....	64
Tabla 3.10: Ficha de observaciones características HuagraHuasi, Censo.....	65
Tabla 3.11: Listado de Requerimientos de los beneficiarios.....	67
Tabla 4.1: Cuadro de necesidades.....	77
Tabla 4.2: Resultados pruebas de vuelo.....	77
Tabla 4.3: Elementos Conceptuales.....	86
Tabla 4.4: Elementos visuales.....	90
Tabla 4.5: Elementos de relación.....	90
Tabla 4.6: Elementos Prácticos.....	91
Tabla 4.7: Tabla de Costos.....	112

FIGURAS

Figura 2.1: Ubicación Geográfica Parque Nacional Llanganates.....	7
Figura 2.2: Sustentación ejercida en un dron.....	39
Figura 2.3: Resistencia ejercida en un dron.....	41
Figura 2.4: Dirección y sentido del peso ejercido en un dron.....	41
Figura 2.5: Centro de gravedad en un dron.....	41
Figura 2.6: Ángulo de ataque.....	42
Figura 2.7: Sustentación del perfil alar, del ángulo de ataque crítico.....	43
Figura 2.8: Flujo Laminar y Flujo Turbulento.....	43
Figura 4.1: Esquema del proceso de diseño.....	75
Figura 4.2: Motivo Gestor.....	79
Figura 4.3: Moodboard para la concepción de la propuesta.....	80
Figura 4.4: Marca Falcon.....	81
Figura 4.5: Síntesis gráfica motivo gestor.....	82
Figura 4.6: Tipografía.....	82
Figura 4.7: Tipografía en el logo.....	83

Figura 4.8: Cromática.....	83
Figura 4.9: Variaciones permitidas.....	84
Figura 4.10: Variaciones no permitidas.....	84
Figura 4.11: Papelería.....	85
Figura 4.12: Bocetos en Blanco y Negro.....	87
Figura 4.13: Bocetos a color.....	89
Figura 4.14: Despiece para producción en masa.....	103
Figura 4.15: Prototipo, Modelo monocromático.....	103
Figura 4.16: Prototipo, Modelo tricromático.....	104
Figura 4.17: Prototipo adecuado al dron.....	104
Figura 4.18: Prototipo en conjunto con el dron.....	105
Figura 4.19: Prototipo en conjunto con el dron.....	105
Figura 4.20: Piezas impresas.....	106
Figura 4.21: Pintura.....	107
Figura 4.22: Prototipo.....	108
Figura 4.23: Prototipo.....	109
Figura 4.24: Prototipo.....	110
Figura 4.25: Relación objeto – entorno semiurbano.....	110
Figura 4.26: Relación objeto – Parque.....	111
Figura 4.27: Relación objeto – sujeto.....	111
Figura 4.28: Pregunta 1.....	113
Figura 4.29: Pregunta 2.....	113
Figura 4.30: Pregunta 3.....	114
Figura 4.31: Pregunta 4.....	114
Figura 4.32: Pregunta 5.....	115

INTRODUCCIÓN

El proyecto tiene como objetivo el diseño de una estructura para un dron Phantom 3 Professional; adecuado para las condiciones biofísicas del Parque Nacional Llanganates. Su propósito es prolongar la vida útil del equipo y en un aspecto más generalizado, mediante la incorporación de tecnología dron, ayudar a cumplir con los objetivos de protección e investigación de la biodiversidad en el Área Protegida.

La investigación presenta el desarrollo cronológico en función a datos obtenidos de investigaciones y pruebas realizadas, empezando por la identificación del problema en sus diferentes concepciones y contextos, el cual se abarca en el Capítulo I. El capítulo incluye el planteamiento de: metas, objetivos y justificación, que respaldan de forma lógica y pertinente, la investigación para revalidar su importancia e impacto entre los beneficiarios.

El Capítulo II, por su parte sustenta teóricamente el proyecto de investigación, mediante el análisis y recopilación de información útil, correlacionada y en función de las variables de estudio.

El Capítulo III, hace referencia al marco metodológico (enfoque del proyecto, tipo de investigación, metodología proyectual), identificación de la población y muestra; herramientas utilizadas (entrevistas y fichas de observación) para la validación y sustentación de los objetivos.

El Capítulo IV, describe sustancialmente el proceso de diseño de la propuesta. En este capítulo se analizan las necesidades del target y se plantea una solución en función de requerimientos. A su vez, se le otorga al producto final una identidad propia, mediante el desarrollo de una marca.

Finalmente se realiza una valoración y observación sobre las limitaciones, oportunidades y alcances de nuestra investigación, a través de conclusiones y recomendaciones en el Capítulo V.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

Como lo menciona el Plan de Manejo de los Llanganates. (2013), en Parques Nacionales y Reservas Ecológicas existen actividades contraproducentes (caza ilegal, comercialización de especies endémicas de fauna y flora, introducción de especies invasoras como ganado y mascotas, monocultivos, deforestación, quema, entre otros) con los objetivos de conservación y protección, actividades que han sido determinantes de forma negativa sobre la biodiversidad, contaminación del recurso hídrico y fragmentación de la flora.

Según el Ministerio del Ambiente. (2013) “La falta de delimitación de perímetros restantes se debe al difícil acceso al terreno y a la carencia de equipos que permitan realizar esta actividad en esas condiciones, sin embargo se mantienen los límites de acuerdo con lo que establece el Registro oficial y la cartografía oficial que maneja el Ministerio del Ambiente” (p. 26).

El problema son los equipos aeronáuticos inadecuados para realizar monitoreo de fauna y cartografía en áreas inaccesibles. En condiciones normales los equipos aeronáuticos y más específicamente los Vehículos Aéreos no Tripulados (UAV), se adquieren para ser usados a nivel urbanístico, generalmente en actividades profesionales como periodismo, cartografía, publicidad, fotografía, etcétera. En este caso se empleará en el Parque Nacional Llanganates para monitoreo de Fauna endémica y cartografía en sitios de difícil acceso. Al ser adquiridos como modelos con un diseño estándar, el mismo presenta un diseño impropio con el nicho ecológico con el cual interactúa. La estructura es inadecuada en aspectos como: aerodinámica, si se toma en cuenta el grado de turbulencia en esta área; la permeabilidad, al ser un ecosistema húmedo el modelo estándar sufre daños a corto, mediano y largo plazo en sus componentes.

Por consiguiente existen inconvenientes en cuanto a la relación de adaptabilidad e integración en este medio ambiente y vehículos aéreos no tripulados. La fauna endémica puede reaccionar negativamente al ver el drone, atemorizarse e incluso

destruir el equipo, de tal forma se considera pertinente dotarlo de una estructura morfológica que sea familiar y funcional con el entorno en el que se desea trabajar. Mediante los resultados de evaluaciones de conflictos y necesidades, entrevistas efectuadas a los involucrados con el área protegida y en la revisión de información de trabajos realizados por Ecociencia y El Ministerio del Ambiente; se ha podido hacer un diagnóstico y determinar los efectos negativos respecto a la capacidad de manejo del Parque Nacional Llanganates dentro de las áreas, donde se hará la aplicación de este proyecto: San José de Poaló, Salayambo, Pisayambo, entre otras, dentro de la delimitación física del Cantón Píllaro. Además de, en efecto, confirmar que no se cuentan con drones en los sectores.

Delimitación de contenidos

Campo: Diseño Industrial

Área: Diseño de Objetos

Aspecto: Adecuación de la estructura morfológica de un dron aeronáutico con fines de exploración y monitoreo de fauna.

Delimitación temporal: Un año a partir de la aprobación del plan de tesis.

Delimitación espacial: San José de Poaló, Salayambo, Pisayambo, entre otras, dentro de la delimitación física del Cantón Píllaro.

1.2. Preguntas básicas

¿Cómo aparece el problema que se pretende solucionar?

El Parque Nacional Llanganates, presenta características biofísicas que resultan determinantes al momento de usar tecnología dron. La fauna puede reaccionar negativamente al notar un dron en su medio, pues al no identificarlo como una representación familiar en relación al entorno, lo considera una amenaza y puede evitar, ocultarse e incluso atacar el equipo.

¿Qué lo origina? Como argumentan los gestores ambientales del Parque Nacional Llanganates, los drones al ser fabricados, se sujetan a un mismo esquema de producción, el resultado es un modelo estándar con aplicaciones porcentualmente más centradas en áreas urbanas. Son relativamente pocos, en Ecuador, los modelos que están formalmente equipados para funcionar de forma genuina en condiciones estacionarias adversas.

1.3. Formulación de la meta.

1.3.1. Meta

Diseñar una estructura externa para un drone, bajo consideraciones de las características biofísicas de los ecosistemas. La función a cumplir por parte del drone será ayudar en la recolección de datos de cartografía y delimitación de tierras; monitoreo y exploración de especies de fauna endémicas.

1.4. Justificación

“La rápida desaparición de la vegetación y fauna endémica en el Ecuador, es motivo de preocupación del Ministerio del Ambiente, que le induce a contar con una herramienta de gestión para asegurar la conservación y protección de los recursos naturales que se encuentran en el ecosistema; más aún, si se considera que se cuenta con un alto endemismo. Esta condición permitió que el Área Protegida sea declarada en el 2005 como Área de Importancia para la Aves (IBA) definido por Birdlife International; lo que hace de la zona un ecosistema de importancia en el ámbito internacional (Freire y Santander 2005)”. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013, p. 7).

“A nivel latinoamericano, esta región se encuentra entre las 17 prioridades de conservación más importantes debido a su carácter único de su biodiversidad y la amenaza constante que ésta enfrenta. Conservación Internacional (CI) ha identificado a los Andes del norte como uno de los 25 “puntos calientes” de biodiversidad a nivel mundial (Myers et al. 1999). BirdLife International identifica casi todo el complejo ecorregional como un área de aves endémicas (AAE) de importancia mundial (Stattersfield et al. 1998; Wege & Long 1995), mientras que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN y WWF, reconocen el carácter único de la flora de esta región, al identificar al menos nueve Centros de Diversidad de Plantas (Davis et al. 1997) en la región andina tropical”. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013, p. 7).

El Parque Nacional Llanganates, presenta características biofísicas que resultan determinantes en la aplicación de equipos aeronáuticos. En condiciones rutinarias

dentro del ecosistema, es común la turbulencia de los vientos, la humedad, la lluvia, entre otros fenómenos naturales que interfieren directamente al momento de utilizar tecnología drone. Por consiguiente la estructura morfológica de un modelo drone estándar, no está equipada explícitamente para funcionar de manera óptima en este sistema ecológico. Un modelo drone estándar, morfológicamente, resulta anacrónico en función al área donde se usa; la fauna a la que se pretende estudiar/monitorear al no reconocer patrones de forma familiares en su entorno lo relacionan como una amenaza, lo que converge en consecuencias negativas.

Para fines investigativos de este proyecto se tiene planificado la aplicación de entrevistas, cuestionarios, para en un contexto general, respaldar los estudios y resultados de esta investigación y aplicación. Conocer la factibilidad en términos convergentes al uso de un equipo aeronáutico en el Parque Nacional Llanganates, su impacto en la fauna y su real utilidad en función a necesidades de las personas involucradas en la Reserva, posteriormente presentar una propuesta viable, sustentable y funcional.

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una estructura morfológica para un drone, una adecuación diseñada en función de las características biofísicas del ecosistema y considerar los preceptos del diseño en función al entorno. El drone estará en capacidad de integrarse de manera funcional y adaptarse al entorno del Parque Nacional Llanganates.

La meta es apoyar los objetivos de conservación y protección de Fauna y Flora endémica del Parque Nacional Llanganates, mediante la incorporación de tecnología drone para facilitar la recolección de datos en referencia a cartografía y delimitación de tierras; monitoreo y exploración de especies de fauna endémicas.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Adecuar la estructura morfológica de un Drone aeronáutico con fines de exploración y monitoreo de fauna.

1.5.2. Objetivos específicos

- Desarrollar una estructura para un dron, que integre morfología y funcionamiento.
- Analizar las especificaciones técnicas y morfológicas de los drones en el mercado nacional, para la adecuación correcta de la estructura.
- Establecer morfologías en función al entorno en el cual el equipo va interactuar.

1.6. Variables

Variable Independiente: Exploración y monitoreo de fauna (Parque Nacional Llanganates).

Variable Dependiente: Adecuación de la estructura morfológica de un dron aeronáutico

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Definiciones y conceptos.

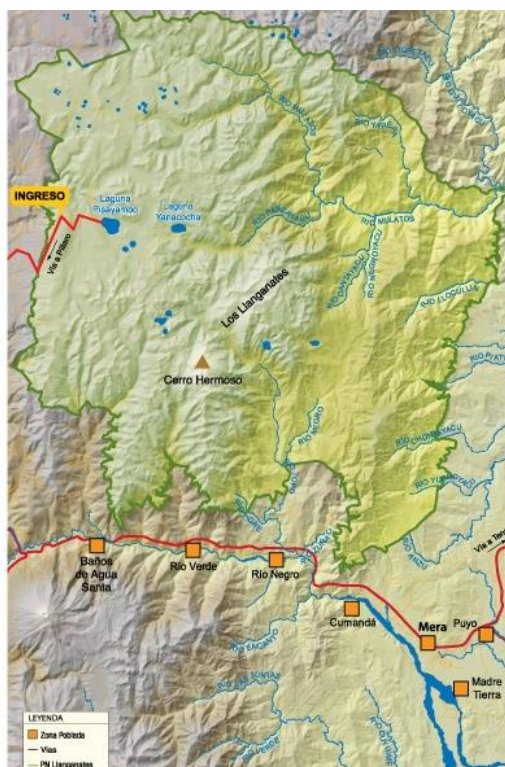
2.1.1. Características Biofísicas del Parque Nacional Llanganates.

El Área protegida, presenta características biofísicas muy particulares en comparación a otros ecosistemas de la región Andina y Oriental; como consecuencia la biodiversidad es alta con un alto porcentaje de endemismo.

2.1.1.1. Ubicación Geográfica.

El Parque Nacional Llanganates, se encuentra ubicado entre las provincias de Cotopaxi, Pastaza, Tungurahua y Napo; siendo estas dos últimas las que cuentan con la mayor parte del área del Parque. Se localiza entre los ríos Chalupas y Verdeyacu al norte, Yanayacu y Patate al occidente; Pastaza al sur; y, Anzu y Jatunyacu al este. Cuenta con una superficie de alrededor de 219.931,81 ha y un perímetro aproximado de 347, 96 km. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013, p. 9).

Figura 2.1: Ubicación Geográfica Parque Nacional Llanganates



Fuente: Plan de Manejo Parque Nacional Llanganates, 2013

Tabla 2.1: Coordenadas Geográficas Parque Nacional Llanganates

COORDENADAS GEOGRÁFICAS PARQUE NACIONAL LLANGANATES		
	Latitud Sur	Long. Occidental
Norte	0° 52' 24''	78° 20' 00''
Sur	01° 25' 24''	78° 08' 59''
Este	01° 03' 00''	77° 59' 00''
Oeste	01° 13' 24''	78° 28' 42''

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Plan de Manejo Parque Nacional Llanganates, 2013

2.1.1.2. Características Biofísicas.

El Parque Nacional presenta características climáticas y físicas, capaces de incidir, notablemente en el desempeño y aplicación de equipo aeronáutico en las diversas zonas dentro de su extensa delimitación geográfica. A continuación se presenta un análisis descriptivo de las características biofísicas del Área Protegida.

Clima

San José de Poaló, Pisayambo, Salayambo y áreas dentro de la delimitación del Parque correspondientes al cantón Píllaro de la provincia de Tungurahua; en relación a la presente investigación, presentan un clima ecuatorial frío de alta montaña, con un rango altitudinal de 3000 a 3200 msnm.; precipitaciones que fluctúan entre 800 - 2000 mm³ y una temperatura variable que va desde los 5° a los 22°. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013).

Tabla 2.2: Tipos de Clima Parque Nacional Llanganates

TIPOS DE CLIMA PARQUE NACIONAL LLANGANATES			
Clasificación	Rango Altitudinal (msnm)	Precipitación mm ³	Temperatura
Clima ecuatorial mesotérmico semihúmedo a húmedo	3000 y 3200	500 y 2000	12° y 20°
Clima ecuatorial frío de alta montaña.	3000 y 3200	800 y 2000	Menor de 12°
Clima ecuatorial megatérmico muy húmedo.	1000 y 2000	Mayor a 2000	Mayor a 22°

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Plan de Manejo Parque Nacional Llanganates, 2013

Temperatura.

La temperatura fluctúa entre 12 °C y 22 °C, sin embargo en los páramos, durante la noche puede descender dramáticamente a menos 0 °C. (Izurieta & Espíndola, 2008).

Sobre la temperatura se puede discernir, su variabilidad en función de las condiciones climáticas, siendo un elemento en particular difícil de predecir bajo circunstancias relativamente cambiantes.

Hidrología.

De acuerdo al (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013), dentro de la delimitación física del Parque Nacional Llanganates se encuentra un diverso sistema de ríos afluentes, cuencas y cerca de 80 lagunas, ubicados mayoritariamente en los páramos sobre los 3400 msnm, siendo las más importantes las que se ubican en el sector de Pisayambo, los páramos de la vía Salcedo - Tena y a lo largo de la Cordillera de los Llanganates. (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013).

Debido a su alta precipitación, la concentración de abundantes sistemas hídricos como lagunas, afluentes y cuencas, las zonas presentan una humedad relativa porcentualmente alta.

Geología.

El área de aplicación del proyecto se encuentra incluida en la Cordillera de los Llanganates. Las formaciones geológicas que están dentro del área de investigación del Parque Nacional Llanganates, inciden proporcionalmente en los alcances de conexión entre el drone y el operario, pueden dificultar el manejo y la comunicación.

Tabla 2.3: Geología Parque Nacional Llanganates

GEOLOGÍA PARQUE NACIONAL LLANGANATES		
FORMACIÓN	LITOLOGÍA	PERÍODO
Cangagua	Toba	Cuaternario
Formación Pisayambo	Lava andesítica	Plioceno
Grupo Llanganates	Filita, esquisto, gneis.	Paleozoico
Formación Napo	Arenisca, caliza, lutita	Cretáceo Medio

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Hojas Cartográficas. Dirección Nacional de Geología, 2008.

Pendientes.

El Parque Nacional Llanganates presenta entre los siguientes niveles de pendientes en su delimitación física:

Tabla 2.4: Tipos de pendientes Parque Nacional Llanganates

TIPOS DE PENDIENTES PARQUE NACIONAL LLANGANATES			
PENDIENTE	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HAS)	%
0 - 5	Plano a casi plano	350,06	0,16
5 - 12	Suave a ligeramente ondulado	7865,79	3,58
12 - 25	Moderadamente Ondulado	9060,50	4,12
25 - 50	Colinado	13533,78	6,16
50 - 70	Escarpado	29483,58	13,42
>70	Montañoso	114845,44	52,27
Er	Eriales o afloramientos rocosos.	44217,03	20,13
Wn	Cuerpos de Agua	350,88	0,16
	TOTAL	219707	100

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: SISAGRO, 2008.

2.1.2. Características de la Biodiversidad del Parque Nacional Llanganates.

El área protegida cuenta con un alto porcentaje de especies de fauna, mamíferos y aves mayoritariamente, dispersas en el amplio perímetro del Parque, varias de estas especies autóctonas. Presenta gran variedad de ecosistemas que incluyen desde paramos herbáceos y arbustivos hasta complejos sistemas de bosques húmedos.

2.1.2.1. Flora.

El Parque Nacional Llanganates cuenta con una cobertura vegetal heterogénea, con un alto porcentaje de endemismo, cuya distribución se encuentra en ecosistemas que van desde los 1300 msnm hasta los 5000 msnm.

Tabla 2.5: Cobertura Vegetal Parque Nacional Llanganates

COBERTURA VEGETAL PARQUE NACIONAL LLANGANATES		
TIPOS DE VEGETACIÓN	UBICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Páramo herbáceo	3.400 y 5.000 msnm	Se encuentra al borde de remanentes de bosque andino o áreas cultivadas y potreros.

Páramo de frailejones	3.500 y 3.700 msnm	Predominancia de frailejones, <i>Espeletia pycnophylla</i> .
Páramo de almohadillas	4.000 y 4.500 msnm	Se encuentra especialmente en los alrededores de las lagunas andinas. Se compone de hierbas, almohadillas y algunos grupos arbustivos como el <i>Polylepis</i> .
Bosque siempreverde montano alto	2.900 y 3.600 msnm	Incluye la vegetación también conocida como Ceja Andina.
Bosque de neblina montano	2.000 y 2.900 msnm	Dominado por epifitas.
Bosque siempreverde montano bajo	1.300 y 2.000 msnm	Incluye árboles con un dosel de 25-30 m. Existe una gran cantidad de epifitas y se puede encontrar herbazales lacustres.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural, 2000.

La abundante biodiversidad de especies de flora, la cobertura vegetal, el endemismo, las formaciones vegetales y características paisajísticas, hacen del Parque Nacional Llanganates un conjunto único de ecosistemas que necesitan de un manejo adecuado, por ejemplo (Vázquez et al., 2000), proponen: la protección de la integridad de los bosques, elaboración de planes de conservación, la realización de estudios sistemáticos, fenológicos y demográficos de especies de flora endémicas; y el control de actividades las turísticas

Tabla 2.6: Especies endémicas encontradas en el Parque Nacional Llanganates y sus alrededores.

ESPECIES ENDÉMICAS	
FAMILIA	ESPECIE
Acanthaceae	<i>Sanchezia sericea</i>
Asteraceae	<i>Clibadium microcephalum</i>
Asteraceae	<i>Liabum kingii</i>
Asteraceae	<i>Espeletia pycnophylla</i> subsp. <i>llanganatensis</i>
Begoniaceae	<i>Begonia consobrina</i>
Brassicaceae	<i>Draba aretioides</i>
Fabaceae	<i>Zapoteca aculeata</i>
Gentianaceae	<i>Gentianella splendens</i>
Gesneriaceae	<i>Pearcea schimpfii</i>
Orchidaceae	<i>Epidendrum imitans</i>
Poaceae	<i>Calamagrostis llanganatensis</i>

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural, 2000.

Los bosques de Polylepis andinos son parte importante de la cobertura vegetal del ecosistema de páramo (Romoleroux et al., 2016).

En el Parque Nacional Llanganates, los bosques de polylepis representan un complejo sistema de hábitats que albergan tanto en especies de flora y fauna, además constituyen gran parte de la cobertura vegetal de carácter arbustiva.

2.1.2.2. Fauna.

“Los patrones de distribución espacial se mantienen en algunas especies todo el año; en otras varían con las estaciones”. (Vaz Ferreira, 1984, p. 100).

Bajo esta premisa se reconoce que la fauna del Parque Nacional Llanganates, puede encontrarse en determinadas áreas durante todo el año o migrar a otros lugares, ya sea por época de reproducción o por búsqueda de alimentos.

Mamíferos.

En el Área Protegida, habitan un gran número de mamíferos, por ejemplo, osos de anteojos, cervicabras, zorros, conejos, perros de páramo, entre otros.

Tabla 2.7: Mamíferos representativos del Parque Nacional Llanganates.

MAMÍFEROS REPRESENTATIVOS DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES		
FAMILIA	ESPECIE	ESTADO
Didelphidae	Raposa de agua	Casi amenazada.
	Raposa de cola peluda	Vulnerable.
Emballonuridae	Murciélago	En peligro.
Phyllostomidae	Falso vampiro	Vulnerable.
	Murciélago pies peludos	Datos insuficientes.
Myrmecophagidae	Flor de balsa	Datos insuficientes.
	Oso hormiguero gigante	Datos insuficientes.
Dasypodidae	Armadillo gigante	Casi amenazado.
	Armadillo narizón	Datos insuficientes.
Cricetidae	Ratón espinoso andino	En peligro
Erethizontidae	Erizo, puerco espín	Vulnerable
	Puerco espín cola corta	Datos insuficientes.
Agoutidae	Guanta de Monte.	Casi amenazado.

Canidae	Perro de orejas cortas. Perro de monte de Sechura Guanfando.	Datos insuficientes. Casi amenazado. Vulnerable.
Mustelidae	Nutria común. Nutri gigante Comadreja de Don Felipe	Vulnerable. En peligro crítico. En peligro crítico.
Procyonidae	Coatí andino	Datos insuficientes.
Felidae	Gato pajero Puma Tigrillo, ocelote Tigrillo chico Yaguarandí Jaguar	Vulnerable Vulnerable Casi amenazado Vulnerable Datos insuficientes Vulnerable
Perissodactyla	Tapir de Montaña	En peligro
Cervidae	Venado Gris Cervicabra Ciervo enano	Datos insuficientes Casi amenazado Vulnerable
Cebidae	Mono araña Mono negro Mico negro Mono Capuchino. Chorongo	Vulnerable En peligro crítico En peligro En peligro Vulnerable Vulnerable
Callitrichidae	Chichico	Casi amenazado
Ursidae	Oso de Anteojos	En peligro

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Compendio de Mamíferos de la Fauna de Ecuador, 2002; Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, 2001.

Aves.

“En el estudio de Evaluación Ecológica Rápida de avifauna del Parque Nacional Llanganates, realizado por ECOCIENCIA en el 2005, se registraron 231 especies que pertenecen a 41 familias, agrupadas en 16 órdenes”. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013, p.21)

Algunos ejemplos son: el quilico, un pequeño halcón; el guarro, una ave de aproximadamente 68 cm de longitud; los curiquingues, especie común en los páramos;

la codorniz, se la encuentra sobre alturas próximas a los 4000 metros; los halcones y gavilanes, aves rapaces andinas y el imponente cóndor de los Andes. (Patzelt, 1978).

Reptiles, peces y anfibios.

Dentro del Parque Nacional Llanganates, se han registrado 21 especies de anuros, 1 variedad de caudado y un reptil de la familia Dactyloa sp. (Ortiz & Morales, 1999).

En cuanto a peces e invertebrados, según el (Ministerio del Ambiente de Ecuador, 2013), no existe un registro determinado. La preñadilla, pez endémico de la Sierra ecuatoriana, ha sido desplazado por la introducción de la trucha y por la destrucción y contaminación de sus ecosistema.

Fauna en Condición Vulnerable.

Las especies de fauna en condición vulnerable y con prioridad para ser investigadas, monitoreadas y protegidas.

Tabla 2.8: Fauna en Condición Vulnerable del Parque Nacional Llanganates.

FAUNA EN CONDICIÓN VULNERABLE DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES		
FAMILIA	ESPECIE	ESTADO
Vultur griphus	Cóndor andino	En peligro
Ursidae	Oso de anteojos	En peligro
Rodentia	Sacha cuy	Casi amenazada
Erethizontidae	Erizo, puerco espín Puerco espín cola corta	Vulnerable Datos insuficientes.
Agoutidae	Guanta de monte.	Casi amenazado.
Canidae	Perro de orejas cortas. Guanfando.	Datos insuficientes. Vulnerable.
Mustelidae	Nutria gigante Comadreja de Don Felipe	En peligro crítico. En peligro crítico.
Felidae	Gato pajero	Vulnerable
Perissodactyla	Tapir de montaña	En peligro
Cervidae	Cervicabra	Casi amenazado

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador, 2001; Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013

2.1.3. Identificación de Problemas del Parque Nacional Llanganates.

Dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Llanganates, se puede identificar diversos inconvenientes, resultado directo de la mala gestión del territorio, una clara delimitación de linderos entre las comunidades aledañas y el Área Protegida; y las actividades ilícitas de las comunidades que afectan los objetivos de conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales.

Tabla 2.9: Problemas Parque Nacional Llanganates.

PROBLEMAS PARQUE NACIONAL LLANGANATES.	
PROBLEMAS	CAUSAS
Quemas Periódicas	Quema para actividades pecuarias, agricultura.
Tenencia de la tierra no resuelto	Falta de delimitación clara a cerca de los límites en relación al Área protegida y las comunidades aledañas, debido al difícil acceso al lugar y carencia de equipos para realizar esta actividad en esas condiciones.
Introducción de Especies Foráneas	Aves de corral, ganado ovino, bovino, caprino, etc. Mascotas, que desplazan y ponen en peligro la fauna endémica. La introducción de la trucha, que desplazó a la preñadilla.
Avance de la frontera Agropecuaria	Las comunidades colindantes al Parque realizan actividades agrícolas, pecuarias y piscícolas que inciden sobre el ecosistema de páramo por: <ul style="list-style-type: none"> - La compactación y erosión del suelo. - Contaminación de las fuentes de agua por el uso de productos químicos.
Deforestación	Para obtención de recursos, construcción de vías, creación de parcelas para agricultura, entre otras.
Mal uso del Recurso Hídrico	Para agricultura. Contaminación del sistema lacustre, afluentes y cuencas.
Caza y Pesca	Caza. Exterminio de animales considerados peligrosos por los habitantes de las comunidades: pumas, aves rapaces, zorros, el cóndor andino.
Contrabando y comercio de especies endémicas de Fauna y Flora.	Captura de especies exóticas para su comercialización como mascotas o para usos gastronómicos.
Pastoreo	Introducción de ganado.

Fragmentación de la Cobertura vegetal.	La vía Salcedo - Tena y proyectos hídricos (ELEPCO S.A. y Pucará), afectan el paisaje, produciendo un efecto de borde al ecosistema, la alteración del sistema lacustre, reducción de caudales hídricos.
--	--

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013; Entrevistas Gestores ambientales Parque Nacional Llanganates.

2.1.3.1. Áreas críticas del Parque Nacional Llanganates.

Las condiciones de las áreas consideradas como críticas, están relacionadas directamente con actividades ilícitas por parte de las comunidades que se encuentran en las proximidades, siendo la explotación de recursos naturales y actividades agropecuarias, los principales problemas. Las zonas adyacentes a las comunidades de San José de Poaló y Huagrahuasi, son las de mayor riesgo, pues las comunidades presentan un crecimiento exponencial alarmante.

Tabla 2.10: Áreas críticas del Parque Nacional Llanganates.

ÁREAS CRÍTICAS PARQUE NACIONAL LLANGANATES.	
UBICACIÓN	ESTADO DEL SECTOR EN AMENAZA
Salayambo, Cuchihuasi, Río Yanayacú Río Yanayacú, Poaló, Sucre, Jibaría, Tres Cruces, Quebrada Corazón, Colonia México.	Bosque parcialmente intervenido, producción ganadera, cultivos agrícolas, extracción de madera, ingreso para caza, pesca y quema.
Salayambo, Sacha, Cumbijín, Las Carmelas, Galpón, San José de Poaló, Huagrahuasi, Páramos de Jaramillo, Sucre, El Triunfo, Río Negro, Río el	Zona de páramos con intervención agrícola, ganadería y quema en el bosque de neblina. Extracción de Madera en Pisayambo y en Río Negro y Topo, existe presión para caza y pesca.
Salayambo, Sacha, Cumbijín, Las Carmelas, Galpón, San José de Poaló, Huagrahuasi, Páramos de Jaramillo, Páramos de Patate y Río Negro.	Efecto de borde y pérdida del paisaje, contaminación del suelo y recurso hídrico.
Proyectos Hidroeléctricos Salayambo e Illuchi (ELEPCO S.A) Pisayambo, Pucará, Hidrogoyán, Hidro San Francisco (SELEC. E.P.); Hidrotopo.	Efecto de borde y pérdida del paisaje, alteración de los cursos hídricos. Pérdida y compactación del suelo.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Plan de Manejo de los Llanganates, 2013

2.1.4. Monitoreo, Exploración e investigación en el Parque Nacional Llanganates.

Las actividades de monitoreo, exploración e investigación dentro del Área Protegida, se encuentran gestionadas por el Ministerio del Ambiente del Ecuador.

2.1.4.1. Talento Humano a Cargo (Gestores Ambientales).

Según el (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2013, pp. 35 – 38) los gestores ambientales del Área protegida se agrupan de acuerdo a los siguientes Programas, que fueron impuestos en el Plan de Manejo de los Llanganates hace dos años y que actualmente se encuentran en ejecución:

Tabla 2.11: Clasificación Programas de Gestión en el Parque Nacional Llanganates.

CLASIFICACIÓN PROGRAMAS DE GESTIÓN	
PROGRAMA	FUNCIONES
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD	La conservación de la diversidad biológica de las especies, los recursos genéticos y los ecosistemas representativos, puesto que se posee un alto índice de endemismo y una importante riqueza biológica.
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO.	Obtener datos científicos que nos permitan identificar, endemismo, comportamientos etológicos, frecuencias y sobre todo nuevas especies para la ciencia.
PROGRAMA DE DESARROLLO SOSTENIBLE.	Propiciar cambios de actitud al ambiente natural y las relaciones de género e incidir en la toma de decisiones.
PROGRAMA DE DESARROLLO ORGANIZACIONAL	Lograr el cumplimiento de las actividades en el tiempo establecido y con el menor esfuerzo, al tomar en cuenta las habilidades y destrezas del talento humano, con el propósito de tener la capacidad institucional para competir en un mundo globalizado.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Plan de Manejo de los Llanganates, 2013.

2.1.4.2. Condiciones Actuales sobre monitoreo, exploración e investigación.

Según el Ministerio del Ambiente del Ecuador, (2013) en su Plan de Manejo de los Llanganates, entre el marco de los objetivos propuestos que se cumplen en la actualidad están: la publicación de hallazgos, descubrimientos e información científica; la preparación de una base datos de los estudios realizados en el Parque

durante los últimos 15 años; la coordinación con instituciones científicas y educativas para normalizar metodologías para la investigación de la biodiversidad; realización de estudios de monitoreo ambiental para conocer el estado de los ecosistemas y la conformación de plataformas virtuales con la información obtenida.

2.1.4.3. Limitaciones sobre monitoreo, exploración e investigación.

En base a lo expuesto por el Plan de Manejo Parque Nacional Llanganates, (2013), la dotación de equipos para el patrullaje, vigilancia, muestreo, monitoreo, exploración e investigación depende tanto de las facilidades económicas y de logística. También se hace énfasis sobre la capacitación y exposición de los objetivos para un plan de manejo sustentable en cuanto a la gestión de la biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates.

2.1.4.4. Oportunidades sobre monitoreo, exploración e investigación.

El Ministerio del Ambiente del Ecuador, (2013), en su Plan de Manejo del Parque Nacional Llanganates, asegura que mediante el monitoreo, exploración e investigación se genera la oportunidad de conocer el estado en que se encuentran los ecosistemas del área; conformar una base de datos con la información sobre los recursos naturales; generar turismo sustentable y educación ambiental; y la publicación de la información obtenida para el conocimiento y utilidad pública.

2.1.5. Morfología

La morfología estudia la generación y las propiedades de la forma.

El concepto de forma en Diseño, tiene una concepción como estructura esencial que complementa la apariencia visual y forma el elemento activo de la existencia del objeto; la forma es considerada como un elemento abstracto que aporta al significado y asigna un sentido a la materia. Olgún et al. (2009).

La forma asigna significado a la materia cuando se cumplen estas condiciones:

Conformación.

Se tiene que el espacio es una serie infinita de puntos, por lo que la forma es una sucesión finita puntos; es decir la forma al ocupar un lugar finito y delimitado en el espacio origina a partir de esta premisa, tipologías de diseño básicas que determinan

el desarrollo, construcción agrupación de la figura y se manifiesta de forma espacial mediante las dimensiones predominantes: punto, línea, área y volumen. En el área de diseño industrial se conoce más preceptos que contribuyen a la concepción de formas como: las curvas cónicas (elipse, parábola e hipérbola que permiten describir curvas desarrollables y aplicables a ámbitos industriales) y las estructuras poliédricas, que permite desarrollar fundamentalmente sistemas de figuras sustentadas en planos geométricos. Olguín et al. (2009).

La forma es abstracta pero es susceptible de ser representada y conceptualizada; mediante su conocimiento se realiza la lectura morfológica para desarrollar formas a través de las características de estereotomía, superficies espaciales y maquetas volumétricas. Olguín et al. (2009).

Configuración.

Este aspecto otorga a la forma características táctiles y visuales que comuniquen su función (se entiende como función el para que “sirve” un objeto):

Color: Para distinguir unidades a través de contrastes, para cuestiones de seguridad y reglamentación u objetivamente para un grupo de personas.

Textura: Para diferenciar componentes y otorgar el carácter funcional.

Brillos, transparencias: Establecen la configuración del objeto según el concepto que maneje el diseñador.

2.1.6. Drones (Unmanned Aerial Vehicle)

En términos conceptuales, los drones obtienen sus nombres de los zánganos de una colmena de abejas (drones en inglés), que realizan sus tareas sin razonamiento propio, pues son controlados por la abeja reina. Técnicamente, un drone es una aeronave, equipada con un microcontrolador programado para funcionar como un piloto automático, pero que necesita ser controlado de forma remota. Los drones también pueden definirse como robots autónomos cuyos operadores toman el control activo según sea necesario. (Baichtal, 2015).

“El término drone, cuyo significado en español es ‘zángano’, proviene de su uso inicial como pequeños aviones a hélice que eran usados para prácticas de fuego antiaéreo mientras zumbaban en los campos de entrenamiento” (Mesa e Izquierdo, 2015, p.12).

Los drones o vehículos aéreos no tripulados, cuyo origen es militar, actualmente cuentan con una gran cantidad de aplicaciones civiles. Un drone es una aeronave diseñada con diferentes formas, y que, en función del modelo, son controlados por control remoto o autónomamente mediante GPS. El término para nombrar a estas aeronaves es Vehículo Aéreo No Tripulado (VANT), aunque también son denominados de las siguientes formas: uninhabited aircraft (UA), unmanned aerial vehicles (UAV), unmaned aerial systems (UAS), remotely piloted aircraft (RPA) y remotely piloted vehicles (RPVs). Este variado sistema para nombrar un drone representa un problema expertos, periodistas y en general para el usuario común como, esto se debe principalmente a que los organismos oficiales, indiferentemente del país, no han codificado y determinado en particular como conceptualizar de forma técnica estos equipos. (Mesa e Izquierdo, 2015)

Características Generales.

Hoy en día existe una gran complejidad en cuanto a características, formas, aplicaciones, autonomía y tamaños. Los drones civiles, por ejemplo, son muy ligeros, desmontables y en su mayoría son portátiles. La autonomía depende directamente de las baterías, aproximadamente entre 15 y 60 minutos. Algunos modelos están equipados con GPS, GLONASS y giróscopos. Estos dispositivos pueden ser aplicados en diversas áreas, por su fácil desplazamiento en zonas de alto riesgo y de difícil acceso, para mejorar notablemente servicios como la obtención de imágenes aéreas y recolección de información. En la actualidad ya es posible visualizar las imágenes en tiempo real y pueden ser controlados mediante aplicaciones en un smarthphone. (Mesa e Izquierdo, 2015).

Los drones realizan tareas preprogramadas, mediante el funcionamiento remoto del dispositivo por un controlador humano distante. (Springer, 2013).

Los drones, son actualmente una de las tecnologías que presenta un alto índice de crecimiento exponencial. En un futuro el desarrollo de los drones y equipos UAVs en general, según argumenta (Kreps, 2016), se sustentará en la incorporación de sistemas autónomos e inclusive micro y nanotecnología.

2.1.6.1. Normas y Regulaciones sobre el uso de drones en Ecuador.

De manera global, el marco regulatorio en torno a usos y responsabilidades sobre UAVs, atraviesa constantes modificaciones en función del creciente y perenne desarrollo de nuevas tecnologías; la claridad, en cuanto a la perspectiva moral y política sobre privacidad, términos de uso junto al límite en cuanto al proceso de producción relacionado con los drones, aún es prematuro. (Završnik, A. (Ed.). 2016).

En Ecuador ya existe un marco regulatorio definido por La Dirección General de Aviación Civil, en su (Resolución N° 251, 2015, art. 1) resuelve:

Tabla 2.12: Resolución N° 251.

RESOLUCIÓN N° 251	
ART.	DETALLE
Art.1. Operaciones cerca de un aeródromo.	Se prohíbe el uso de RPAS/ UAVS, en los alrededores de aeródromos.
Art.2. Altura límite de vuelo.	La operación de RPAS/ UAVS, no excederá la altura de vuelo de 122 m sobre el punto de despegue.
Art.3. Horas de Operación	Los RPAS/ UAVS deben ser usados entre las 6 am y 6 pm.
Art.4. Responsabilidad de Operación	El usuario que opere RPAS/ UAVS es responsable por el uso de la unidad durante el vuelo.
Art.5. Integridad de un Operador de RPA (Aeronave piloteada a distancia)	Las personas no podrán operar drones bajo las siguientes consideraciones: <ul style="list-style-type: none"> a) Si el usuario está fatigado y sufre de sus efectos. b) Bajo efectos de sustancias psicotrópicas y alcohol.
Art.6. Función automática.	Los UAVs, tienen la función de vuelo automático, es una opción que solo puede usarse en caso de que el operador tenga total control sobre el equipo.
Art.7. Limitaciones.	El usuario debe operar con responsabilidad el equipo, bajo las limitaciones y restricciones de uso que posee el mismo.

Art. 8. Seguros.	El dueño de un UAV, tiene la obligación de reconocer los daños causados a terceros, como resultado de sus actividades, para lo cual se debe adquirir una póliza en base a los montos mínimos:	
	Peso entre 02 a 25 kg.	\$ 3.000
	Peso superior a 25 kg.	\$ 5.000
Art.9. Cumplimiento de leyes y reglamentos regionales.	El cumplimiento de las leyes no indulta al operador de una RPAS/ UAVS de cumplir con los reglamentos nacionales.	
Art.10. Consideración.	Los aspectos no considerados en la presente resolución, serán solucionados por la Autoridad Aeronáutica Civil.	

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Dirección General de Aviación Civil, 2015

2.1.6.2. Drones con características viables para ser operados en ecosistemas del Parque Nacional Llanganates.

Actualmente en el mercado nacional existen múltiples tipos de drones en función del uso (civil y comercial), modo de control (autónomo, preprogramado, monitorizado, dirigido desde una ubicación remota), Los precios son variables desde 100 dólares y fácilmente superan los mil de dólares. Guevara, Cecilia. (22 de Octubre de 2015). Drones surcando el cielo. *El Universo*. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/10/22/nota/pequenos-surcando-cielo>.

Drones en el mercado nacional.

En este apartado se toma como muestra de estudio una lista de drones de diferentes marcas disponibles en el mercado nacional, con características, prestaciones y precios similares que teóricamente presentan especificaciones potencialmente convenientes para su ulterior aplicación en el Parque Nacional Llanganates; el propósito, elegir la opción más idónea y conveniente en función al contexto expuesto anteriormente. Los modelos de drones se escogieron en función a su reputación en el mercado y bajo criterios de expertos y profesionales que usan estas aeronaves.

DJI Mavic Pro.

El Dji Mavic Pro, fue presentado en septiembre de 2016. Varios especialistas afirman que es el mejor dron actualmente en el mercado. A continuación se presentan sus características más sobresalientes:

Tabla 2.13: Dji Mavic Pro Características.

CARACTERÍSTICAS DRONE DJI MAVIC PRO	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	(Tamaño Doblada) 83mm x 83mm x 198mm Tamaño en diagonal 335 mm
Peso	Peso (incluye batería y hélices) 1.62 lbs
Máximo tiempo de vuelo	27 minutos
Velocidad máxima	65 km/ h (sin viento)
Máximo de altitud	16404 pies (5,000 msnm) 300 m sobre el punto de despegue
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolidión	SI
Modo GPS	GPS/GLONASS
Temperatura de Funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Cámara	4K ultra HD (a 30 fps – 40 fps, video)
Capacidad Máxima	64 gb
Dispositivos Recomendados	iOS Android
Soporte Técnico a nivel nacional	Modelo nuevo, su coste y precio en el mercado se encuentra aún sobrestimado.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 1500

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-mavic>

Walkera Tali H500.

El Tali H500 de Walkera, morfológicamente tiene forma de hexacóptero, de grandes dimensiones. El modelo permite un vuelo estable ideal para aplicaciones profesionales, grabación de vídeo y toma de fotografías. A continuación se presentan sus características más sobresalientes:

Tabla 2.14: Walkera Tali H500 Características.

CARACTERÍSTICAS DRONE WALKERA TALI H500	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	47 x 26.9 x 53.6 cm
Peso	2020 gramos
Máximo tiempo de vuelo	25 minutos
Velocidad máxima	46 km/ h (sin viento)
Máximo de altitud	1,200 m. s .n .m / 120 m sobre el punto de despegue.
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolidión	NO
Modo GPS	GPS
Temperatura de Funcionamiento	32 ° a 104 ° F (0 ° a 40 ° C)
Cámara	iLook 4032 x 3024 píxeles / compatible con GoPro
Capacidad Máxima	32 gb
Dispositivos Recomendados	ios Android
Soporte Técnico a nivel nacional	Parcial.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 1000

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: https://www.yuneec.com/en_US/products/typhoon/q500-4k/overview.html

Yuneec Typhoon Q500.

Typhoon Q500 4K posee características que lo sitúan como el dron competencia directa de los Phantom, sus especificaciones junto con su precio lo valorizan como uno de los mejores en el mercado. A continuación se presentan sus características más sobresalientes:

Tabla 2.15: Yuneec Typhonn Q500 Características.

CARACTERÍSTICAS DRONE TYPHOON Q500	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	565 x 420 x 210 mm.
Peso	Peso : 1.130 g. (en vacío); 1700 g. (con carga)
Máximo tiempo de vuelo	25 minutos
Velocidad máxima	Velocidad máxima de descenso: 2 m/s Velocidad máxima: 48 km/h Velocidad máxima de rotación: 65°/s
Máximo de altitud	Rango máximo de vuelo: 120 m sobre el punto de despegue.
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolidión	SI
Modo GPS	GPS
Temperatura de Funcionamiento	-10° hasta 40°C
Cámara	CGO3, 12 Megapíxeles a 30 fps, lente de 115°
Capacidad Máxima	128 gb
Dispositivos Recomendados	ios Android
Soporte Técnico a nivel nacional	Parcial.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 1200

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://walkera.com.ar/tali-h500>

Hubsan X4 Pro H109S.

Hubsan X4 Pro, es un dron de tipo cuadricóptero, con características básicas pero óptimas para aplicaciones profesionales, viene con un paracaídas incorporado. A continuación se presentan sus características más sobresalientes:

Tabla 2.16: Hubsan X4 Pro H109S Características.

ESPECIFICACIONES DRONE HUBSAN X4 PRO H109S	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	30 x 30 x 20,5 cm.
Peso	1400 gramos Carga útil: 650 gramos
Máximo tiempo de vuelo	23 min. Aproximadamente.
Velocidad máxima	Velocidad máxima de vuelo: 38 km/h Velocidad máxima ascenso: 3 m/s Velocidad máxima descenso: 3 m/s
Máximo de altitud	3000 m.s.n.m / 120 m sobre el punto de despegue
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolidión	NO
Modo GPS	GPS
Temperatura de Funcionamiento	-10° hasta 30°C
Cámara	5.8G FPV 1080P HD, campo de visión 170°
Capacidad Máxima	64 gb
Dispositivos Recomendados	ios Android
Soporte Técnico a nivel nacional	Parcial.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 1000

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: www.xdrones.es/hubsan-x4-pro-h109s/

Blade Chroma Camera Drone

El Drone Chroma de la marca francesa Horizon Hobby, presenta como característica más sobresaliente la incorporación de un software de autocontrol, el nuevo sistema SAFE Plus, y que cuenta con varios modos de vuelo automático.

Tabla 2.17: Blade Chroma Camera Drone Características.

CARACTERÍSTICAS DRONE BLADE CHROMA CAMERA	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	400 mm x 400 mm x 242 mm
Peso	1300 gramos
Máximo tiempo de vuelo	30 minutos
Velocidad máxima	Velocidad máxima de vuelo: 48 km/h Velocidad máxima ascenso: 5 m/s Velocidad máxima descenso: 5 m/s
Máximo de altitud	2000 m.s.n.m / 120 m sobre el punto de despegue.
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolidión	NO
Modo GPS	GPS/GLONASS
Temperatura de Funcionamiento	0° hasta 40°C
Cámara	CGO3 4K / 30fps y 1080p / 120fps vídeo
Capacidad Máxima	128 gb
Dispositivos Recomendados	Android
Soporte Técnico a nivel nacional	Parcial.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 1100

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.horizonhobby.com/product/multirotor/multirotor-aircraft/ready-to-fly-15086--1/chroma-w-st-10-and-c-go3-blh8675>

Dji Phantom 3 Standard.

Dji ofrece con su serie Phantom 3, una línea de drones muy elogiados por expertos y usuarios en general, tanto por sus especificaciones y prestaciones como por su precio, ideal para aplicaciones profesionales por su gran desempeño y estabilidad.

Tabla 2.18: Dji Phantom 3 Standard Características.

CARACTERÍSTICAS DRONE DJI PHANTOM 3 STANDARD	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	290 mm x 290 mm x 193 mm
Peso	1216 g Carga útil 1300 g
Máximo tiempo de vuelo	25 minutos
Velocidad máxima	Velocidad máxima de vuelo: 70 km/h Velocidad máxima ascenso: 5 m/s Velocidad máxima descenso: 3 m/s
Máximo de altitud	Altitud máxima de vuelo: 6000 m.s.n.m Sobre punto de despegue: 120 m
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolisión	NO
Modo GPS	GPS
Temperatura de Funcionamiento	0° hasta 40°C
Cámara	GoPro HD 30fps y 1080p / 120fps vídeo
Capacidad Máxima	32 gb
Dispositivos Recomendados	Android iOS
Soporte Técnico a nivel nacional	Completo.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 800

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-standard>

Dji Phantom 3 Professional.

El dron más completo de la serie Phantom 3 junto con el 3 Advanced, Dji ofrece con este dron características que garantizan la seguridad del equipo mediante aplicaciones inteligentes como su sistema anticolidión y de ubicación GLONASS.

Tabla 2.19: Dji Phantom 3 Professional Características.

CARACTERÍSTICAS DRONE DJI PHANTOM 3 PROFESSIONAL	
	
CARACTERÍSTICAS	
Tamaño	290 mm x 290 mm x 193 mm
Peso	1280 g / Carga útil 1300 g
Máximo tiempo de vuelo	25 minutos
Velocidad máxima	Velocidad máxima de vuelo: 96 km/h (sin viento) Velocidad máxima ascenso: 5 m/s Velocidad máxima descenso: 3 m/s
Máximo de altitud	Altitud máxima de vuelo: 6000 m.s.n.m Sobre punto de despegue: 120 m
Opción Regreso a Casa	SI
Sistema anticolidión	NO
Modo GPS	GPS / GLONASS
Temperatura de Funcionamiento	0° hasta 40°C
Cámara	GoPro 4K 30fps y 1080p / 120fps vídeo/ campo de visión 94°
Capacidad Máxima	32 gb
Dispositivos Recomendados	Android iOS
Soporte Técnico a nivel nacional	Relativamente Completo.
Precio a nivel nacional	Apróx: \$ 1200

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

2.1.7. Materiales.

Los materiales utilizados para la construcción de drones, y en general de vehículos aéreos no tripulados, son polímeros, aleaciones metálicas, fibra de carbono, fibra de vidrio; las propiedades de los plásticos y de las fibras son las predilectas para la composición de la estructura de los drones, pues son particularmente muy ligeras, y ofrecen características especializadas como la resistencia, la disipación electrostática, la translucidez, la biocompatibilidad, entre otras.

2.1.7.1. Plásticos.

Los plásticos son polímeros de origen orgánico, como elemento principal conformador se tiene al carbono, los otros componentes restantes que lo conforman: el hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Los plásticos son sólidos al enfriarse, pero en algunas etapas de su manufactura son bastante suaves para ser modelados por sistemas de calor y/o presión. (Cornish, 1997, p. 8).

“Un polímero es una gran molécula construida por la repetición de pequeñas unidades químicas simples”. (Billmeyer, 1974, p.3).

Termofijos.

Conocidos como termoestables. Son resistentes al calor y no se deforman fácilmente una vez que adquieren cierto nivel de rigidez. Los termoestables se presentan en forma líquida (resina), en el proceso de polimerización, se le añade catalizadores que le otorgan la cualidad sólida a la resina en forma definitiva. (Cornish, 1997, p. 23).

Elastómeros.

“Son un grupo de materiales plásticos de origen vegetal o sintético que tienen la propiedad física de elongación hasta 30 veces su superficie estándar, con la cualidad de poder regresar a su estado original sin ser alterado. Existen elastómeros termofijos y elastómeros termoplásticos”. (Cornish, 1997, p. 24).

Termoplásticos.

Son materiales en los que su elaboración se efectúa en condiciones en las que son conformables plásticamente. Estos materiales a bajas temperaturas son quebradizos, pero al ir aumentando la temperatura se ablandan y permiten

darles una forma, que al enfriarlos se conserva. Las moléculas filiformes de estos materiales determinan tal comportamiento. Están constituidos por macromoléculas lineales que constan de una porción indeterminada de meros, que se yuxtaponen en una sola dirección. (Bilurbina & Liesa, 1990, p. 11).



Una característica que define a los polímeros termoplásticos es que pueden calentarse desde el estado sólido hasta el líquido viscoso, y al enfriarse vuelven a adoptar el estado sólido; además, este ciclo de enfriamiento puede aplicarse muchas veces sin degradar al polímero. (Groover, 1997, p.196).


Los termoplásticos presentan cualidades como resistencia, plasticidad y solidez, que constituyen una gran oportunidad para la creciente práctica de impresión 3D.


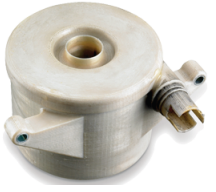
La compañía Stratasys Inc., introdujo la tecnología FDM (Fused Deposition Modeling o modelado por deposición fundida, en español) actualmente, oferta en el mercado polímeros que pueden ser sometidos a tolerancias exactas, entornos rigurosos y aplicaciones exigentes.

Los termoplásticos FDM brindan propiedades como: la biocompatibilidad de materialidad, resistencia, transparencia, disipación electrostática, resistencia UV, la bajo el respaldo de las calificaciones FST. Esto los hace materiales ideales para ingenieros industriales y desarrolladores de prototipos.

Tabla 2.20: Termoplásticos FDM.

TERMOPLÁSTICOS FDM		
EJEMPLO	TIPO	GENERALIDADES Y APLICACIONES
	ABSi	Polímero útil en la fabricación automotriz, aeroespacial y de accesorio y equipos médicos.
	ABS-M30i	Material de impresión 3D biocompatible, permite crear piezas para la industria médica, farmacéutica y de empaque de comida, producir modelos de planificación quirúrgica.

	<p>ASA</p>	<p>Combina la resistencia mecánica y la estabilidad UV. Ideal para crear prototipos perdurables para probar ajuste, forma y función, para el uso al aire libre; desde carcasas y soportes eléctricos hasta artículos deportivos y prototipos de automóviles.</p>
	<p>PC</p>	<p>Sumamente resistente a la tensión y flexión. Excelente para la realización de prototipos de prueba, herramientas, accesorios, módulos para la flexibilidad de capas metálicas y en general para trabajos surtidos y exigentes.</p>
	<p>PC-ISO</p>	<p>PC-ISO es un termoplástico biocompatible que permite la impresión en 3D de modelos de equipos médicos, instrumentos fuertes y relativamente resistentes al calor, de forma directa a partir de los datos trabajados en software CAD.</p>
	<p>ULTEM 9085</p>	<p>Las aplicaciones de ULTEM incluyen: prototipos funcionales, piezas de uso final para componentes internos de aeronaves y automóviles.</p>
	<p>ABS plus</p>	<p>Las piezas elaboradas en este material son resistentes en cualidades mecánicas y son perdurables en el tiempo.</p>
	<p>ABS-M30</p>	<p>El material ABS-M30 es excelente para modelar prototipos y piezas para equipos funcionales. Desarrollo de guías, ensamblajes, instrumentos de manufactura de uso final.</p>
	<p>FDM Nylon 12</p>	<p>Excelente material para aplicaciones exigentes, que demandan una alta resistencia al esfuerzo, presión y a fricción. Las aplicaciones aeroespaciales y automotrices incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Módulos y accesorios de producción. - Prototipos para compartimientos interiores.
	<p>ABS-ESD7</p>	<p>Termoplásticos para usos en que una carga estática puede alterar los componentes, decrementar el desempeño o producir liberación de fuerza.</p>

	<p>PC-ABS</p>	<p>Ofrece y combina las mejores particularidades de dos termoplásticos FDM: fuerza y resistencia al calor del plástico PC combinado con la flexibilidad del ABS.</p>
	<p>PPSF/PPSU</p>	<p>Ofrece gran resistencia a altas temperaturas admirable resistencia mecánica y solidez ante el petróleo y solventes.</p>

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.stratasys.com/es>

2.1.7.2. Fibra de Carbono.

Se fabrican mediante pirólisis controlada y ciclización de precursores de fibra orgánica, el más común de los cuales es el precursor poliacrilonitrilo (PAN) y el precursor MPP; el primero es una fibra sintética y el segundo se obtiene de la destilación destructiva del carbón. Este tipo de material es más utilizado en aplicaciones aeronáuticas y espaciales, sin embargo su uso ha empezado a expandirse a áreas más industriales. Se han identificado tres tipos de fibras de carbono: Tipo 1 (es más rígida y requiere la mayor temperatura en el tratamiento); Tipo 2 (es la más fuerte y se carboniza a la temperatura que proporciona la mayor resistencia tensil); y Tipo 3 (la más barata, la rigidez es menor, pero la resistencia es buena). (Miravete, 1995, p.26).

2.1.7.3. Fibra de Vidrio.

La fibra de vidrio es un material compuesto consistente en fibras continuas o discontinuas de vidrio embebidas de una matriz plástica. La fibra de vidrio se utiliza como material de refuerzo debido a las siguientes razones:

- a) Es fácilmente hilable en fibras de alta resistencia.
- b) Es fácilmente disponible y se puede aplicar económicamente para producir plástico reforzado con vidrio utilizando una gran variedad de técnicas de fabricación de materiales compuestos.
- c) Como fibra es relativamente fuerte y, cuando esta embebido en una matriz plástica produce un compuesto con muy alta resistencia específica.

d) Cuando está unido a varios plásticos se obtienen materiales compuestos químicamente inertes muy útiles en una gran variedad de ambientes corrosivos. (Callister, 1996, p. 550).

Tabla 2.21: Tipos de Fibra de Vidrio.

TIPO	GENERALIDADES Y APLICACIONES
TIPO E	El tipo más común. Presenta ablandamiento a los 846 °C, Con una densidad de 2, 58 g/cm ³ .
TIPO S	Ofrece una resistencia y rigidez más elevadas pero a costos más elevados. Presenta ablandamiento a los 1056 °C, Con una densidad de 2, 46 g/cm ³ .
TIPO E - CR	Ofrece una resistencia a altas temperaturas y a la corrosión ácida más elevadas que el vidrio E.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: (Schmid & Kalpakjian, 2001, p.224)

2.1.8. Impresión 3D.

La impresión 3D consiste en la fabricación por adición, donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. La tecnología de impresión 3D es relativamente más barata y fácil de usar que otras tecnologías de fabricación por adición. (Lipson & Kurman, 2013).

Con el perfeccionamiento de la tecnología de impresión 3D, las limitaciones y complicaciones dentro del diseño y desarrollo de objetos son cada vez menores.

Actualmente con las impresoras 3D se pueden crear partes y montajes hechos de diversos materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas. (Berchon & Luyt, 2016).

2.1.8.1. Principios de la impresión 3D.

A partir de programas de diseño como el CAD o a su vez otros archivos de formato: CAPA, wrtl (impresión a color), STL (un archivo STL genera la forma de la pieza empleando una descomposición en triángulos, estos triángulos podrían ser el equivalente a píxeles, menor el tamaño de estos triángulos mayor calidad de diseño). El diseño de la pieza se encuentra limitada en función de las características de la impresora y de los materiales empleados. El proceso de impresión tridimensional, de

forma resumida, es ir creando un modelo u objeto capa por capa y de abajo hacia arriba; para eso la impresora deposita una capa de plástico en polvo, se compacta la zona que le indica el ordenador y se vuelve a repetir el proceso colocando una capa sobre otra hasta que la pieza 3D se imprime. (Lipson & Kurman, 2013)

2.1.8.2. Métodos de impresión 3D.

En Ecuador, la tecnología de impresión 3D crece exponencialmente, ya se cuenta con emprendimientos; compañías como SAIS 3D, ofrecen servicios de impresión 3D. Asimismo los métodos son relativamente más accesibles, fáciles y baratos.

Tabla 2.22: Métodos de Impresión 3D.

MÉTODO	GENERALIDADES
Impresión por Inyección.	La impresión se efectúa de capa en capa, el proceso es repetido hasta que todas las capas han sido impresas. Esta tecnología es la única que permite la impresión color.
Estereolitografía	La tecnología SLA utiliza resinas líquidas fotopoliméricas que se solidifican cuando son expuestas a la luz emitida por un láser ultravioleta. De esta forma se van creando capas superpuestas de resina sólida que van creando el objeto.
Modelado por deposición de fundente	Usa una tobera para depositar polímero fundido sobre una estructura o soporte, capa a capa.
Fotopolimerización por luz ultravioleta	SGC, un recipiente de polímero líquido es expuesto a la luz de un proyector DLP bajo condiciones controladas. El polímero líquido expuesto endurece; la placa de montaje se mueve hacia abajo en incrementos pequeños y el polímero es expuesto de nuevo a la luz.
Fotopolimerización por absorción de fotones	El objeto 3D es trazado en un bloque de gel con un láser.
Impresión con hielo	Por medio de un enfriamiento controlado de agua tratada, se produce la impresión 3D con hielo como material. Es una tecnología en desarrollo.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: (Micallef, 2015)

2.1.9. Mecánica de Fluidos.

Para el desarrollo del perfil estructural de un vehículo aéreo no tripulado, en este caso de un drone, los procedimientos deben estar sujetos a antecedentes técnicos que sustenten su aplicación y funcionalidad; por consiguiente se necesita un estudio de las

características físicas y mecánicas, una breve introducción a las condiciones atmosféricas y premisas aerodinámicas, parte de la mecánica de fluidos.

“La mecánica es la ciencia que estudia el comportamiento de los fluidos en reposo (estática de fluidos) o en movimiento (dinámica de fluidos), y la interacción de éstos con sólidos o con otros fluidos en las fronteras” (Çengel & Cimbala, 2010, p.2).

La interacción de los fluidos con el equipo drone, y su incidencia sobre el vuelo, dentro de las áreas de aplicación se toman en cuenta debido al alto porcentaje de humedad relativa del Parque Nacional Llanganates; se tiene que la atmósfera del Área Protegida es considerablemente húmeda, debido al volumen de precipitaciones, los numerosos sistemas de cuerpos de agua naturales como: ríos, afluentes y lagunas, además de los vientos cargados de fluidos provenientes de oriente.

2.1.9.1. La atmósfera.

El medio en el que se mueve el drone. La atmósfera, a lo que denominamos aire, es la envoltura gaseosa que rodea la capa terrestre, se compone de una mezcla de gases principalmente por nitrógeno (78%), oxígeno (21%) y el porcentaje restante de otros gases. La densidad de la atmósfera depende proporcionalmente de las condiciones climatológicas y ubicación geográfica; en las capas más bajas existen mayor concentración de oxígeno y vapor de agua, debido a que cada componente atmosférico posee un peso distinto, la tendencia es que los elementos más pesados como los nombrados permanezcan en las capas más bajas. Muñoz (s.f.)

La atmósfera es un cuerpo gaseoso que posee su propia masa y peso, por consiguiente está sujeta y reacciona a leyes físicas. La atmósfera tiene muchas propiedades importantes, sin embargo solo se estudiará aquellas que intervienen directamente en el vuelo de un vehículo aéreo: presión, temperatura y densidad.

Presión de la atmósfera.

La presión es la cantidad de fuerza ejercida por la atmósfera sobre una superficie o cuerpo. Depende de la ubicación geográfica en la que se ubica dicha superficie o

cuerpo, la presión atmosférica varía proporcionalmente en función a la altura, por tanto a mayor altura menor presión. (Mott, 2006).

Temperatura de la atmósfera.

La ubicación geográfica de un lugar, es un factor que parcialmente interviene en la temperatura de la atmósfera, su cercanía a la línea ecuatorial, a regiones costeras o cordilleras.

La temperatura varía proporcionalmente en función a la altura, por tanto a mayor altura menor temperatura. La magnitud de cambio es de $6,5^{\circ}\text{C}$ cada 1000 metros, aproximadamente. Estos valores son válidos desde el nivel del mar hasta una altitud de 11000 mts.; a alturas superiores la temperatura tiene un valor constante de $-56,5^{\circ}\text{C}$. (Isidoro Carmona, 2015).

Densidad de la atmósfera.

La densidad de un cuerpo: sólido, líquido o gaseoso expresa la cantidad de masa del mismo por unidad de volumen ($d=m/v$). (Çengel & Cimbala, 2010).

La densidad del aire es relativamente mínima en comparación a otros cuerpos, sin embargo esta relatividad es lo que hace el vuelo posible. Como se enuncio con anterioridad la altura interviene directamente en la variabilidad de la presión y la temperatura, debido a esto las variaciones de presión y temperatura afectan de igual manera la densidad en el aire.

Para fines de esta investigación la capa atmosférica en la cual se aplicará el dron es una parte de la troposfera, la que está en contacto con la tierra y se extiende hasta 10 km aproximadamente.

2.1.9.2. Principios Aerodinámicos.

La aerodinámica es la parte de la mecánica de fluidos que estudia los gases en movimiento y las fuerzas o reacciones a las que están sometidos los cuerpos que se hallan en su seno. A la importancia propia de la aerodinámica hay que añadir el valor de su aportación a la aeronáutica. (Vélez Salazar, 2015).

La ecuación de Bernoulli.

Bernoulli hace una relación entre la suma de la presión, la elevación y la velocidad bajo condiciones de flujo estacionario permanece constante cuando un objeto se encuentra en movimiento. Los efectos de los fluidos sobre un cuerpo son despreciables en comparación con los efectos de inercia, gravedad y presión. (Çengel & Cimbala, 2010).

La ecuación de Bernoulli se suele expresar en la forma:

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2$$

Donde:

V = velocidad del fluido en la sección considerada.

ρ = densidad del fluido.

P = presión a lo largo de la línea de corriente.

g = aceleración gravitatoria

z = altura en la dirección de la gravedad desde una cota de referencia.

Para fines de este proyecto la ecuación de Bernoulli se toma como guía para la sustentación de la estructura del drone, tomando en cuenta la humedad relativa que se encuentra en los vientos de las áreas.

Leyes de Newton.

Las leyes de Newton expresan relación entre los movimientos de los cuerpos y las fuerzas que actúan sobre ellos. Por tales motivos se consideran las leyes de Newton como premisas básicas para el movimiento de vehículos aéreos, en función de las fuerzan que inciden en su aplicación.

Tabla 2.23: Leyes de Newton.

LEY	PRINCIPIOS
Primera Ley de Newton	“Un cuerpo en reposo se mantiene en reposo, asimismo un cuerpo en movimiento se mantiene en movimiento a la misma velocidad en una trayectoria recta cuando la fuerza neta que actúa sobre él es cero”.
Segunda Ley de Newton.	“La aceleración de un cuerpo es proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él y es inversamente proporcional a su masa”

Tercera Ley de
Newton.

“Cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo, este último ejerce una fuerza igual y opuesta sobre el primero”

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: (Çengel & Cimbala, 2010, p. 240).

2.1.9.3. Fuerzas que actúan en vuelo.

La capacidad de un vehículo aéreo no tripulado, y en general de los aeroplanos, de volar se sustenta como consecuencia de la acción de una serie de fuerzas en las corrientes de aire sobre la estructura del perfil aerodinámico del drone. Entre todas las fuerzas que actúan y afectan directamente en el vuelo se reconocen cuatro básicas y principales: Sustentación, peso, empuje y resistencia. Las fuerzas actúan de forma opuesta, así se tiene que la sustentación es opuesta al peso, y el empuje es opuesto a la resistencia. Muñoz (s.f.)

Sustentación.

La sustentación es la fuerza desarrollada por una superficie o perfil aerodinámico, moviéndose en el aire, ejercida de abajo hacia arriba, y cuya dirección es perpendicular en relación al viento relativo y a la morfología del aeroplano. También es proporcional, para valores medios, a la inclinación del ángulo de ataque del eje de la superficie de sustentación respecto al de la corriente de aire. Muñoz (s.f.).

Figura 2.2: Sustentación ejercida en un drone



Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

Editado por: Iván Pérez Palacios

De igual manera existen variables que influyen en la sustentación, están en función de las condiciones climáticas y el diseño, principalmente.

Tabla 2.24: Variables de Sustentación.

VARIABLES	PRINCIPIOS
Densidad del aire	Factor del Teorema de Bernoulli. La densidad es la cantidad de partículas de aire por unidad de volumen. El aire caliente es menos denso que el aire frío, por tanto cambian velocidad por presión y existe sustentación.
Velocidad del viento relativo sobre el perfil aerodinámico	La sustentación es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad. A mayor velocidad sobre el perfil, mayor la sustentación.
La superficie alar	Cuanto mayor es la superficie alar mayor es la sustentación, sin embargo, entre más grande sea, la resistencia también será mayor.
El ángulo de ataque	La sustentación es directamente proporcional al $\cos a$. La fórmula de la sustentación que agrupa todos estos elementos sería la siguiente: $L = r \cdot V^2 \cdot S \cdot C_f \cdot \cos a / 2$; donde: L = Sustentación; r = Densidad del aire; V^2 =Velocidad al cuadrado; S = Superficie alar; C_f = Coeficiente aerodinámico

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: (Isidoro Carmona, 2015).

Resistencia.

La resistencia es la fuerza que retrasa el movimiento del aeroplano en el aire y actúa en la misma dirección que el viento relativo (Isidoro Carmona, 2015).

La resistencia parásita, en un drone, es producida por la fricción del fuselaje y el exceso de carga útil. Se puede reducir diseñando perfiles muy aerodinámicos del fuselaje y utilización de material ligero. Un buen diseño ayuda a reducir la fricción, para permitir que las corrientes de aire que fluyen en contacto con la estructura mantengan el llamado flujo laminar cuando se desliza sobre ella sin producir torbellinos. La resistencia inducida, es el resultado directo de la sustentación y se incrementa directamente en función al ángulo de ataque. (Isidoro Carmona, 2015).

Figura 2.3: Resistencia ejercida en un drone



Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

Editado por: Iván Pérez Palacios

Peso.

El peso es la fuerza de atracción gravitatoria sobre un cuerpo, siendo atraído en dirección perpendicular sobre la superficie de la tierra, en sentido hacia abajo, y su intensidad proporcional al peso del cuerpo. Muñoz (s.f.)

Figura 2.4: Dirección y sentido del peso ejercido en un drone



Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

Editado por: Iván Pérez Palacios

Centro de gravedad, es el punto de balance del peso, donde la fuerza de la gravedad ejerce toda su fuerza.

Figura 2.5: Centro de gravedad en un drone.



Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

Editado por: Iván Pérez Palacios

Empuje.

El empuje o tracción es la fuerza necesaria para que un aeroplano venza la inercia cuando no está en movimiento, acelerar en el despegue o ascenso (en el caso de los drones, mantener una tasa de ascenso adecuada) y vencer la resistencia al avance provocada por la velocidad del viento relativo. (Isidoro Carmona, 2015).

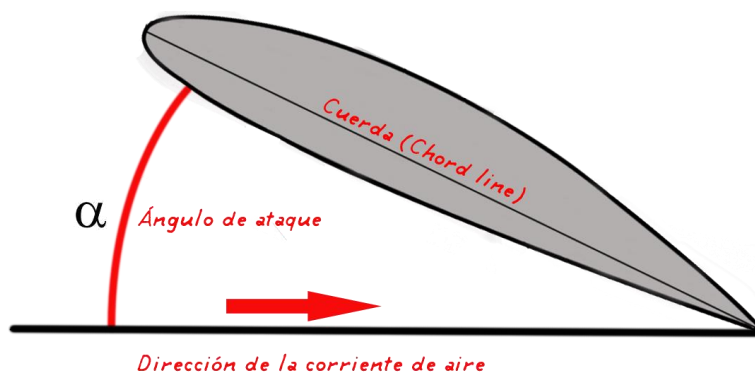
La fuerza de propulsión, en drones lo genera la rotación de las hélices movidas por los rotores, aplica la tercera Ley de Newton, “cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre un segundo cuerpo, este último ejerce una fuerza igual y opuesta sobre el primero”.

Ángulo de ataque.

El ángulo de ataque es formado por la cuerda geométrica del perfil alar con la dirección de la corriente de aire; muchos de los números críticos relativos al rendimiento del avión están relacionados con el ángulo de ataque; por ejemplo:

La pérdida ocurre con un determinado ángulo de ataque, el mejor ángulo de ascenso es un ángulo de ataque, la mejor velocidad de ascenso se da con un ángulo de ataque concreto, el mejor planeo ocurre con un ángulo de ataque determinado. (Muñoz, s.f.)

Figura 2.6: Ángulo de ataque.

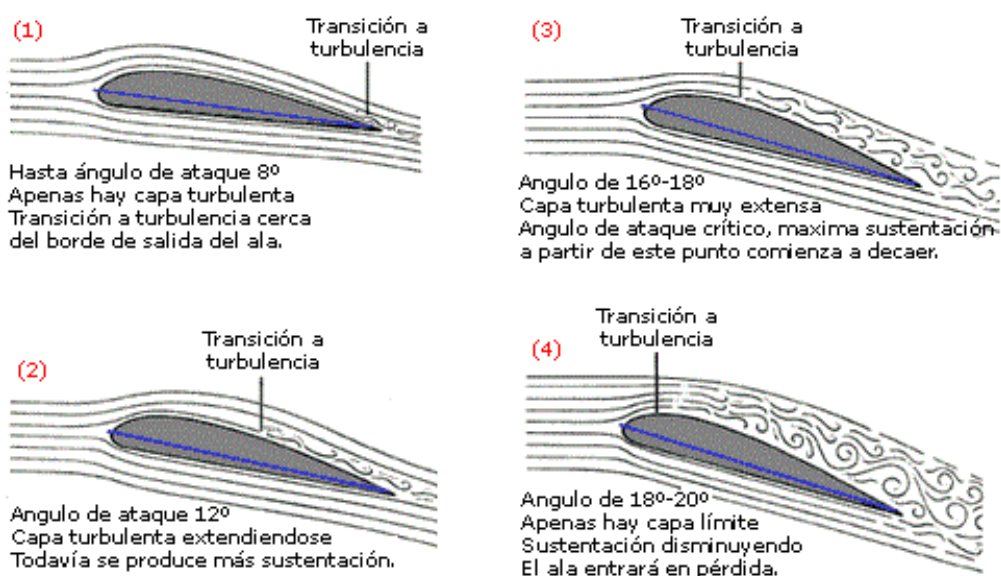


Fuente: <http://www.manualvuelo.com/indice.html>.

La Pérdida o “Stall”.

“Es el efecto provocado por la incapacidad del ala para seguir produciendo sustentación, y se produce cuando el avión vuela con un ángulo de ataque mayor que el ángulo de ataque crítico”. Muñoz (s.f.)

Figura 2.7: Sustentación del perfil alar en función del ángulo de ataque crítico.



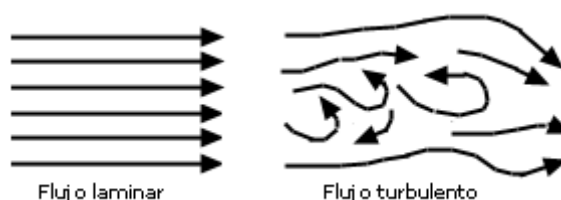
Fuente: <http://www.manualvuelo.com/indice.html>

El efecto pérdida se da principalmente cuando el flujo es turbulento.

Flujo laminar. El fluido se mueve en capas uniformes denominadas láminas.

Flujo turbulento. Es un flujo donde el fluido se mueve desorganizadamente, tanto en su dirección como en su velocidad.

Figura 2.8: Flujo Laminar y Flujo Turbulento.



Fuente: <http://www.manualvuelo.com/indice.html>

Estabilidad.

El equilibrio define el estado de un cuerpo o sistema cuando la resultante de las fuerzas que actúan sobre él es nula. La 1ª Ley de Newton, dice que un cuerpo en reposo y un cuerpo en movimiento en línea recta permanecen así, hasta que se les aplique una fuerza externa. Muñoz (s.f.)

Un drone detenido está estable; en movimiento en línea recta, nivelado y a velocidad constante está en equilibrio; en ascenso o descenso recto a velocidad constante también

está en equilibrio. Sin embargo cuando se aplican giros a velocidad a altura constante y existe gran cantidad de turbulencia la estabilidad se pierde.

2.2. Estado del Arte.

De acuerdo con (Hodgson, 2016), los drones se han convertido en una herramienta viable y económica para los investigadores de la ecología y gestores ambientales. Los vehículos aéreos no tripulados son útiles para monitoreo y vigilancia de fauna, por el amplio rango de cobertura que obtienen y el acceso a zonas de difícil alcance, ya sea por condiciones biofísicas o por restricciones de logística. Sin embargo, la tecnología drone, puede provocar efectos indeseables e imprevistos en la vida silvestre. La necesidad de crear un código de buenas prácticas, entre las que se incluyen la adecuación de la estructura de vehículos aéreos no tripulados y el modo de uso de los mismos en condiciones estacionarias adversas o de riesgo para la integridad del drone; además con el fin de aminorar o evitar riesgos que perjudican a la vida silvestre, se toman en cuenta recomendaciones para no asustar o poner en peligro a la fauna endémica. De las consideraciones realizadas por (Hodgson, 2016), se prevé útil para la realización de este proyecto, incluir, además de la mencionada adecuación estructural para el drone, un código de normas que garanticen la protección de la fauna endémica del lugar.

En base a la metodología descriptiva y de características analíticas, realizadas en el estudio de Rodríguez, (2012), que les permitió evaluar la experiencia de usuario que un drone brinda en relación a actividades de monitoreo ambiental, se confirma la factibilidad y usabilidad de los vehículos aéreos no tripulados UAV's, como una herramienta útil para una amplia variedad de estudios relacionados con la fauna endémica de un ecosistema particular. De la investigación realizada por Rodríguez, (2012), se toma como antecedentes y se revalida la premisa de la factibilidad de uso de drones para monitoreo de fauna, a la vez que se considera las condicionantes que limitan su uso bajo características biofísicas particulares, para el desarrollo de una estructura adecuada a las exigencias.

Los datos recogidos a través del monitoreo, por vehículos aéreos no tripulados, según Paneque Gálvez, (2014), pueden ser tan puntuales y útiles como los obtenidos

por científicos profesionales, al mismo tiempo resulta, comparativamente, más económico; son capaces de proporcionar información comprobable, que precisa las causas y consecuencias de la pérdida de bosques, la degradación de recursos hídricos, el crecimiento a escala comunitaria y el avance de la frontera agropecuaria. Con el fin de apoyar al desarrollo y ejecución de planes más eficaces para la ordenación forestal comunitaria, en este trabajo se evalúan: la viabilidad de utilizar vehículos aéreos no tripulados en los programas monitoreo; las oportunidades potenciales, ventajas y desventajas y limitaciones para el diseño de programas de monitoreo mediante aviones no tripulados; además se define en qué medida su utilización, junto con los conocimientos ecológicos locales, mejorarían la vigilancia de los bosques tropicales.

Paneque Gálvez, (2014), evalúa los problemas que tienen que ver con los impactos socio-culturales, políticas y regulaciones en la introducción de tecnología dron en las comunidades donde se pretende hacer la aplicación del sistema de monitoreo; y la asistencia y la financiación para la operación de vehículos aéreos no tripulados. Su estudio realiza la evaluación de las perspectivas, desafíos y oportunidades del uso de drones para la vigilancia de los bosques, como una oportunidad para apoyar los esfuerzos de conservación de la biodiversidad. El uso de un vehículo aéreo no tripulado puede representar una excelente oportunidad para las comunidades que deseen mejorar sus capacidades de gestión de los recursos naturales, manejo y conservación de sus recursos de flora y fauna. De lo citado en el trabajo de Paneque Gálvez, (2014), se toma como idea puntual, que a la vez sirve como base argumentativa para la adecuación morfológica de un dron, el estudio de las oportunidades, ventajas, desventajas y limitaciones para el diseño de programas de monitoreo mediante aviones no tripulados y su trascendencia e impacto para los beneficiarios.

A nivel nacional estudios realizados por Vélez Salazar, (2015), consideran el análisis estructural de vehículos aéreos no tripulados como una herramienta de mejora y entendimiento sobre la aplicación de este tipo de aeronaves; el proyecto propone la simulación del comportamiento del perfil aerodinámico y el análisis estructural del ala principal, los estabilizadores verticales y horizontales de un vehículo aéreo no

tripulado, como el estudio de las interacciones entre las variables citadas. El proyecto toma como eje central de su desarrollo, el análisis estructural y la simulación aerodinámica del dron al utilizar software como herramientas de desarrollo y de simulación. La importancia de la información recopilada y la investigación realizada por parte de Vélez Salazar, (2015), radica en el aprovechamiento de dichos estudios para facilitar la construcción de vehículos aéreos y/o sus componentes, sirve además como una guía para este proyecto, sobre el funcionamiento y las normas que se emplean para la construcción de drones.

De los trabajos citados anteriormente, se puede discernir y a la vez concluir, que la tecnología dron implementada y adecuada correctamente sobre ecosistemas con características particulares, con el propósito de monitorear especies de fauna, resulta factible, económica y útil. Además de ayudar a lograr los objetivos de conservación y protección de la biodiversidad, puede ser usada para llevar a cabo más actividades, según los intereses de los beneficiarios así lo consideren.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque del proyecto.

El proyecto tiene carácter cualitativo. Se busca la comprensión de los fenómenos, procesos y elementos en referencia a las variables de estudio como mencionan), “la investigación busca el acercamiento a la realidad subjetiva desde la aproximación cualitativa” (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p. 38). Se presenta el estudio detallado de un caso atípico, debido al contexto de la variable independiente, el cual indefectiblemente interviene en los resultados que se prevén conseguir con el desarrollo del objeto de estudio. En función de los elementos que se someten a análisis, interpretación y posterior propuesta de estructura de un drone con fines de exploración y monitoreo, las conclusiones son particulares y pueden servir como base para investigaciones posteriores encaminadas a encontrar una solución específica. Se pretende generar nuevo conocimiento, sobre las ventajas y desventajas, oportunidades y limitaciones de la incorporación de tecnología drone adecuada a características biofísicas en ecosistemas particulares y su impacto en la fauna endémica.

3.2. Modalidad Básica de la investigación.

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva en consecuencia, se fundamenta en una serie de análisis y pruebas para llevar a cabo una valoración y proponer en base a lo descrito alternativas factibles y útiles, en este caso, de mejoramiento y adecuación. Se describe detalladamente los factores, conductas y procedimientos; se caracteriza a la variable dependiente, se analizan sus particularidades y propiedades.

La modalidad a utilizarse será un estudio de caso; como argumentan “se estudia a un grupo específico para someterlo a la acción de algún agente o tratamiento que se presume capaz de provocar un cambio”. (Campbell & Stanley, 2005, p. 43). Se pretende explorar, describir, explicar, evaluar y generar una solución estructurada para la adecuación del drone en condiciones biofísicas del Parque Llanganates.

Describe una situación o hecho concreto, de igual manera el contexto en el que interviene es atípico, necesita de una intervención y estudio particular. La causalidad de la investigación, está encaminada en producir razonamiento inductivo a partir de pruebas y observación en relación al comportamiento de prototipos en el área de aplicación, con el fin de garantizar la validez de la solución.

3.2.2. Metodología.

3.2.2.1. Método General.

El eje conductual de este estudio se basa en el modelo de metodología analítica. Se efectúa la segmentación de las variables en estudio, se descomponen en partes o elementos para observar las causas, su naturaleza y los efectos. Se plantea conocer sobre el objeto de estudio, en este caso un dron, con la finalidad de reconocer las oportunidades y limitaciones de su uso para monitoreo en condiciones propias del área de aplicación, así como también estudiar el impacto y trascendencia para los beneficiarios del proyecto, mediante el análisis de las necesidades y su experiencia de usuario en función al manejo de tecnología dron.

3.2.3. Metodología de Diseño.

La metodología proyectual que se aplica a este estudio, es la propuesta por Bruce Archer, pues presenta las condiciones propicias para la planificación y desarrollo de esta investigación.

En este método, Archer propone como definición de método de diseño: “seleccionar los materiales correctos y darles forma para satisfacer las necesidades de función y estéticas dentro de las limitaciones de los medios de producción disponibles”. El proceso de diseño, por lo tanto, debe contener fundamentalmente las etapas analítica, creativa y de ejecución. (Rodríguez Morales, 2004, p. 28)

En primera instancia **se identifica la problemática**, equipos aeronáuticos inadecuados para realizar monitoreo de fauna en áreas inaccesibles del Parque Nacional Llanganates, misma que se establece al tipificar la delimitación en cuanto a espacio, tiempo y grupo objetivo, para conocer las necesidades del cliente.

Pisayambo y áreas aledañas, no cuentan con drones para realizar el monitoreo de fauna; como parte del estudio se prevé necesario probar un dron DJI Phantom 3 Professional bajo las condiciones biofísicas del Área para estudiar su comportamiento, consecuentemente con la **obtención de datos relevantes** y su **análisis**, se prepara las consideraciones para presentar la propuesta de diseño. Con la fase de **desarrollo de prototipos**, se toma el motivo de diseño, como base para la representación del concepto y bajo las especificaciones y fundamentos técnicos **se prepara estudios y experimentos** para revalidar la factibilidad del diseño en función de las particularidades del Parque. Una vez aprobada la propuesta de diseño, se dispone o **realiza documentos para la producción**, planos, manuales, entre otros, para mejorar la aplicación del equipo.

3.3. Grupo de Estudio.

3.3.1. Población.

Los registros comunitarios de los guardabosques y gestores ambientales del Parque Nacional Llanganates avalados por el Ministerio del Ambiente, sector San José de Poaló, jurisdicción perteneciente al Cantón Píllaro, de donde se obtuvieron los siguientes datos:

En las áreas correspondientes a San José de Poaló, Salayambo, Pisayambo, y otras, dentro de la delimitación física del Cantón Píllaro y bajo responsabilidad de los gestores ambientales en un estudio se determina la estructura de tres grupos de trabajo con diferente número de personas identificadas hasta la presente fecha, personas que realizan labores en las instalaciones del lugar y en diferentes horarios.

Guardabosques = 8 integrantes (24 a 50 años de edad)

Técnicos e ingenieros = 7 integrantes (28 a 47 años de edad)

Control Comunitario= 12 integrantes (21 a 60 años de edad)

3.3.2. Muestra.

Se toma como muestra a toda la población en virtud de lo pequeña que esta resulta. Se estudia al talento humano en función de su capacidad y necesidad de operar el vehículo aéreo no tripulado, es decir, las personas que realizan actividades de vigilancia y monitoreo. Un total aproximado de 30 personas entre guardabosques, personal de

control comunitario, técnicos e ingenieros, que forman parte del Programa de Investigación y Monitoreo y del Programa de Protección de la Biodiversidad del Parque Nacional Llanganates.

3.4. Técnicas e Instrumentos.

Los instrumentos utilizados en el presente proyecto de investigación son: entrevistas y fichas de observación. Las entrevistas se realizan a guardabosques, técnicos, personal de control comunitario e investigadores, pues son las personas que se relacionan objetivamente con las actividades de control y monitoreo, además conocen las características de su área de trabajo y están al tanto de las oportunidades y limitaciones que presentan los drones en lugares así.

Se realiza fichas de observación de los lugares en los que se introduce la tecnología dron para evaluar las condiciones climáticas en función al desempeño del vehículo aéreo no tripulado, de tal manera que se pueda generar el conocimiento necesario para realizar la correspondiente evaluación y consecuentemente generar las adecuaciones respectivas al equipo.

3.4.1. Entrevistas.

Se realiza la entrevista al personal del Programa de Investigación y Monitoreo y del Programa de Protección de la Biodiversidad del Parque Nacional Llanganates, con jurisdicción en las áreas de San José de Poaló, Pisayambo, Salayambo, entre otras; para conocer la factibilidad en términos convergentes al uso de tecnología dron, su impacto en la fauna y su real utilidad en función a sus necesidades.

Tabla 3.1. Resultados de Entrevista

ENTREVISTA	
Nombre del entrevistado: Ing. Fernando Peralvo Acuña	
Cargo: Guardabosques Programa de Investigación y Monitoreo del Parque Nacional Llanganates.	
Fecha: Octubre 2016	
Observaciones: De las entrevistas realizadas a los usuarios, se toma como referencia esta entrevista realizada al Ing. Fernando Peralvo Acuña, por tener más experiencia y 14 años de servicio.	
PROBLEMAS EN EL ÁREA	
PREGUNTAS	RESPUESTAS

<p>1. ¿Cuáles son las áreas consideradas en riesgo, esto en términos de explotación de recursos de fauna y flora: caza y pesca ilegal, deforestación, quema, pastoreo, etc.?</p>	<p>Básicamente se tiene problemas en todo el Noreste del Parque, zonas como Pisayambo, Salayambo, Sucre, San José de Poaló, los Páramos de Jaramillo, entre otras, se ven afectadas por el avance agropecuario, la quema, la tenencia de tierra no resuelta y en menor medida por la caza, la pesca y pastoreo.</p>
<p>2. ¿Cuáles son las comunidades que viven en alrededor de las zonas de riesgo?</p>	<p>San José de Poaló, Comuna Sacha, Censo Poaló y Huagrahuasi.</p>
<p>3. ¿En qué forma intervienen estas comunidades con los objetivos de conservación del Parque Nacional Llanganates?</p>	<p>El principal problema es la falta de una clara delimitación física que establezca los linderos definitivos entre el Parque Nacional Llanganates y las comunidades, los efectos de este problema son el avance agropecuario que desplaza la flora y la fauna endémica; la introducción de plantas y animales, el pastoreo, la quema para sembrar potreros, erosión del suelo, caza y deforestación.</p>
<p>4. Dentro de las actividades que cumplen los gestores ambientales con el parque ¿cuáles de ellas necesitan de drones para optimizar o facilitar los resultados?</p>	<p>Las actividades del personal de Programa de Investigación y Monitoreo, y el Programa de Protección de la Biodiversidad, deberían contar con drones porque son de gran utilidad pues optimizan y aceleran enormemente diligencias concernientes a el monitoreo, vigilancia e investigación de fauna, además de ser utilizados en otras aplicaciones como patrullaje para ver incendios, para cartografía, muestreo de especies tanto de flora y fauna.</p>
<p>5. ¿Cuentan actualmente con algún Drone?</p>	<p>No. En ocasiones se usan los que traen investigadores que periódicamente visitan el parque, sin embargo, el Ministerio del Ambiente tiene gestionado la adquisición de algunos a futuro.</p>

<p>6. ¿De contar con un drone cuál ha sido la experiencia de usuario que ha tenido con el equipo?</p>	<p>La mayoría del personal nunca ha manejado alguno, pero por lo que se puede apreciar son medianamente fáciles de usar pero realmente prácticos.</p>
USO DE DRONES EN RELACIÓN A LAS CONDICIONES DEL ÁREA.	
<p>7. ¿Cuáles son las características biofísicas en el Parque Nacional Llanganates?</p>	<p>Las condiciones son intempestivas, hay días lluviosos, el viento es demasiado fuerte, soleados, con neblina. Depende de la estación.</p>
<p>8. Bajo estas condiciones ¿qué tan factible es manejar un drone en las áreas? ¿Cuáles son las complicaciones más frecuentes al momento de pilotear un drone?</p>	<p>Generalmente cuando vienen investigadores de Ecociencia o extranjeros, suelen traer drones con fuselajes muy equipados para las condiciones del lugar. A simple vista se veían robustos y resistentes, incluso uno parecía una mini avioneta.</p>
<p>9. Dentro de la delimitación física del parque ¿existen animales, particularmente aves, que resulten agresivos o altamente territoriales que pueden atacar al equipo? ¿cuáles son?, ¿Cuáles son las áreas que habitan?</p>	<p>Particularmente en esta zona abunda el curiquingue, también se encuentran patos y halcones, entre otras aves más pequeñas. Las aves por lo general son tranquilas ante la presencia humana. Si existe un animal que puede atacar el drone este puede ser un halcón, por ser un ave de rapiña y un tanto territorial, pero en realidad como parte del personal, los encuentro muy tranquilos y nunca ha ocurrido un ataque. Esta y las demás aves se pueden hallar en toda el área, que no las notes es una cosa.</p>
<p>10. ¿Cuáles son las características que como usuarios y beneficiarios del presente proyecto, priorizan para un drone?</p>	<p>La funcionalidad y que se encuentre adaptado a las condiciones del lugar, pues estas desgastan periódicamente cualquier tipo de tecnología.</p>

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

3.4.2. Fichas de observación.

Mediante un análisis de las especificaciones técnicas, requerimientos particulares para el área de aplicación del proyecto y en base a recomendaciones de expertos en el uso de estos equipos; se procede a elegir un drone.

Tabla 3.2. Elección de un dron para su aplicación en el Parque Nacional Llanganates.

ELECCIÓN DRONES PARA SU APLICACIÓN EN PARQUE NACIONAL LLANGANATES				
Las valoraciones al momento de escoger los modelos, están en función de sus prestaciones y de la preferencia por parte de los usuarios en el mercado nacional.				
Phantom 3	Dji Mavic Pro	Walkera Tali H500	Yuneec Typhoon Q500.	Hubsan X4 Pro H109S.
DIMENSIONES (cm)				
29 x 29 x 19,3	8,3 x 8,3 x 19,8	47 x 26,9 x 53,6	56 x 42 x 21	30 x 30 x 19,3
PESO / CARGA ÚTIL				
1280 g / 1300 g	800 g / 500 g	2020 g / 2000 g	1130 g / 1700 g	1400 g / 650 g
MÁXIMO TIEMPO DE VUELO				
25 min.	27 min.	25 min.	25 min.	23 min.
VELOCIDAD MÁXIMA (sin viento)				
76 km/h	65 km/h	46 km/h	48 km/h	36 km/h
MÁXIMO NIVEL DE ALTITUD (m.s.n.m)				
6000 m.s.n.m	5000 m.s.n.m	5000 m.s.n.m	5000 m.s.n.m	3000 m.s.n.m
ALTITUD SOBRE PUNTO DE DESPEGUE				
120 m	120 m	120 m	120 m	120 m
OPCIÓN REGRESO A CASA / SISTEMA ANTICOLISIÓN				
SI / NO	SI / SI	SI / NO	SI / SI	SI / NO
MORFOLOGÍA				
Cuadricóptero	Cuadricóptero	Hexacóptero	Cuadricóptero	Cuadricóptero
				SI / SI
				Blade Chroma Camera

ELECCIÓN DRONES PARA SU APLICACIÓN EN PARQUE NACIONAL LLANGANATES			
Las valoraciones al momento de escoger los modelos, están en función de sus prestaciones y de la preferencia por parte de los usuarios en el mercado.			
Phantom 3 Pro	Dji Mavic Pro	Walkera Tali H500	Yuneec Typhoon Q500.
		Hubsan X4 Pro H109S.	Blade Chroma Camera
MODO GPS			
GPS / GLONASS	GPS / GLONASS	GPS	GPS
MATERIAL DE LA ESTRUCTURA			
Polímeros	Polímeros	Polímeros	Polímeros
RANGO CONTROL			
800 m	800 m	700 m	900 m
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO			
0° - 40°C	0° - 40°C	0° - 40°C	-10° a 30°C
CÁMARA			
GoPro 4K Visión	GoPro 4K Ultra	iLook HD	CGO3 Lente 115°
			5,8 G FPV Lente 170°
			CGO3 4K
CAPACIDAD MÁXIMA - DISPOSITIVOS RECOMENDADOS			
32 gb - Android /	64 gb Android /	32 gb - Android / iOS	32 gb - Android / iOS
			64 gb - Android / iOS
			128 gb - Android / iOS
SOPORTE TÉCNICO			
Parcial	Casi nulo	Parcial	Parcial
			Casi nulo
PRECIO (A NIVEL NACIONAL) APROX.			
\$ 1200	\$ 1500	\$ 1000	\$ 1200
			\$ 1000
			\$ 1100

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.dji.com/es/>; <https://www.yuneec.com/>; <http://walkera.com/>;

www.xdrones.es/hubsan-x4-pro-h109s

Como resultado del análisis, el dron elegido es el Phantom 3 Professional de Dji; por las especificaciones técnicas, su prestigio en el mercado y su morfología (con un diseño sustentable por su centro de gravedad equidistante) que permite realizar adecuaciones en la estructura sin amenazar su rendimiento, siempre y cuando no se supere el límite de la carga útil.

3.4.2.1. Fichas de observación dron Phantom 3 Professional.

Las fichas de observación en relación al dron, cumplen con la función de describir su mecánica, prestaciones y especificaciones técnicas, para determinar los niveles de factibilidad de su uso en las áreas del Parque Nacional Llanganates en estudio.

Tabla 3.3. Ficha de observación características Dron Phantom 3 Professional.

FICHA DE OBSERVACIÓN DRONE PHANTOM 3 PROFESSIONAL	
	
CARACTERÍSTICAS	
	<p>DJI LIGHTBRIDGE INTEGRADO</p> <p>El DJI Lightbridge viene integrado en el mando de control remoto y en el Phantom 3, permitiendo vídeo HD en tiempo real y un rango de alcance increíblemente largo.</p>

	<p>VUELO ESTACIONARIO EN MODO GPS</p> <p>Los sistemas GPS y GLONASS, hacen que Phantom 3 sea consciente en todo momento de su ubicación y relación con el usuario. Con la aplicación DJI GO, puedes rastrear su localización en vivo en el mapa y grabar tu punto de despegue para poder llamarlo de vuelta cuando quieras con sólo un toque en la pantalla.</p>
	<p>BATERÍA INTELIGENTE</p> <p>Mayor voltaje, más energía y mayor potencia se combinan para darte una experiencia de vuelo ampliamente mejorada.</p>
	<p>CÁMARA</p> <p>La lente f/2.8 tiene un campo de visión de 94°, elimina prácticamente cualquier distorsión posible al grabar amplias vistas aéreas.</p> <p>El Phantom 3 Professional te permite grabar vídeos 4k de hasta 30 fotogramas por segundo y tomar fotos de 12 megapíxeles.</p>
	<p>VUELO SEGURO</p> <p>Establece límites de altura y distancia para mantener vuelos en un área de vuelo segura.</p>
	<p>Indicadores de estado y dirección.</p>

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

Entre las especificaciones técnicas del Phantom 3 Professional se tiene:

Tabla 3.4. Especificaciones Técnicas Drone Phantom 3 Professional.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DRONE PHANTOM 3 PROFESSIONAL.			
AERONAVE		APLICACIÓN / RETRANSMISIÓN EN DIRECTO	
Peso (Batería y Hélices Incluidas)	1280 g	Aplicación Móvil	DJI GO
Tamaño Diagonal (Hélices Excluidas)	350 mm	PIRE	100mW
Velocidad Máx. en Ascenso	5 m/s	Densidad Espectral de Potencia 6.9mW/MHz	
Velocidad Máx. en Descenso	3 m/s	Frecuencia de Funcionamiento 2.4GHz ISM	
Velocidad Máx.	16 m/s (modo ATTI, sin viento)	Calidad de la Retransmisión en Directo 720P @ 30fps	
Altura Max. de Servicio sobre el Nivel del Mar (Límite de altura por defecto: 120 m sobre el punto de despegue)	6000 m	Sistema Operativo Requerido Android 4.1.2 o posterior iOS 8.0 o posterior	
Máx. Duración de Vuelo	Aprox. 25 minutos	Latencia	220ms
Temperatura de Funcionamiento	de 0°C a 40°C	RÓTULA DE ESTABILIZACIÓN EN 3 EJES	
Modo GPS	GPS / GLONASS	Grado de inclinación	de -90° a +30°
Máx. Duración de Vuelo	Aprox. 23 minutos	Estabilización	3 ejes (mov. horizontal, mov. Vertical y rotación)
MANDO DE CONTROL REMOTO		BATERÍA DE VUELO INTELIGENTE	
Frecuencia	2.400 GHz-2.483 GHz	Capacidad	4480 mAh
Distancia Máxima	Hasta 5 km o 3.1 millas	Voltaje	15.2 V
Temp. de Funcionamiento	de 0°C a 40°C	Tipo de Batería	LiPo 4S
Batería	6000 mAh LiPo 2S	Energía	68 Wh
Soporte para Dispositivo Móvil		Peso Neto	365 gr
Transmisor de Potencia (PIRE)	CE: 16 dBm FCC: 20 dBm	Temperatura de Funcionamiento de -10°C a 40°C	
Voltaje de Funcionamiento	1.2 A @7.4 V	Potencia de Carga Máx.	100 W
SISTEMA DE POSICIONAMIENTO VISUAL		CARGADOR DE BATERÍA	
Rango de Velocidad	Menos de 8 m/s	Voltaje	17.4 V
Rango de Altitud	30 m - 300 m	Potencia Nominal	57 W

Rango de Operación	30 m - 300 m	
CÁMARA		
Sensor	1/2.3", Píxeles Totales 12,76M	Rango ISO 100-3200 (vídeo) 100-1600
Lente	FOV 94° 20 mm (35 mm formato equivalente) f/2.8, enfoque a ∞	Tasa de Bits Máx. de Almacenamiento de Vídeo 60 Mbps
Velocidad Del Obturador	8s -1/8000s	Tamaño Máx. de Imagen 4000×3000
Modos de Fotografía		Modos de Vídeo
Disparo único		UHD: 4096x2160p 24/25, 3840x2160p 24/25/30
Disparo en ráfaga: 3/5/7 disparos		FHD: 1920x1080p 24/25/30/48/50/60
Exposición Automática en Horquillado (AEB): 3/5		HD: 1280x720p 24/25/30/48/50/60
Horquilla de Exposición a 0.7EV Bias Time-lapse		2.7K: 2704 x1520p 24/25/30 (29.97)
Formatos de Archivo Admitidos		Tipos de Tarjetas SD Compatibles
FAT32 (≤ 32 GB); exFAT (> 32 GB)		Tarjeta Micro SD Capacidad Máxima 64Gb incluida

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: <http://www.dji.com/es/phantom-3-professional>

Los movimientos básicos del drone multirrotor Phantom 3 Professional se detallan a continuación:

Tabla 3.5. Cinemática Drone Phantom 3 Professional.

CINEMÁTICA DRONE PHANTOM 3 PROFESSIONAL.	
MOVIMIENTOS	DIAGRAMAS DE MOVIMIENTO DE LOS ROTORES
a) Descender	
b) Ascender	
c) Atrás	
d) Adelante	
e) Izquierda	
f) Derecha	

Fuente: <http://www.codrone.viguri.org/en/2014-04-10-17-24-56/noticias-relacionadas/8-nuestro-drone-un-cuadricoptero>

MOVIMIENTOS DE LOS MULTIROTORES	
MOVIMIENTOS.	PRINCIPIOS
Movimiento de Alabeo (Roll)	Permite realizar movimientos a la izquierda o a la derecha. Está definido por el ángulo de giro (Φ).
Movimiento de Cabeceo (Pitch)	Permite realizar movimientos hacia adelante y atrás. Está definido por el ángulo de giro (θ).
Movimiento de Guiñada (Yam)	Permite girar al dron en su eje vertical. Está definido por el ángulo de giro (Ψ).

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: (Orna Chávez & Dávila Aldás, 2015)

3.4.2.2. Fichas de observación de los lugares.

Las fichas de observación de los lugares donde se va a introducir tecnología dron, tienen como objetivo el análisis de las variables en relación a las condiciones biofísicas, que determinan directamente en la aplicación del dron Phantom 3 Professional. A continuación se detallan de forma sintética las condiciones en relación a cada lugar bajo responsabilidad de los beneficiarios del proyecto:

Tabla 3.6. Ficha de observación características Área Pisayambo.

FICHA DE OBSERVACIÓN CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS AREA PISAYAMBO.			
			
CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS			
Temperatura:	0° - 12° Aprox.	Altura:	3800- 4500 m.s.n.m.

Turbulencia:	2,9 m/s – 18,6 m/s (velocidad de los vientos)	Humedad relativa:	81% - 92% humedad en el viento. (relativo)
Precipitación:	800 a 2000 mm ³ (valor relativo)	Brillo Solar:	Meses con más insolación: Julio y agosto. (relativo)
Evaporación:	79, 3 mm – 93, 1 mm	Nubosidad:	Media al año: 6 octas
Pendientes:	Cuerpos de agua (naturales o artificiales) y montañoso. Presenta formaciones naturales como la Loma Pucará, loma Puntzolarca, entre otras.	Hidrología:	Alta, en relación a cuencas y recurso hidrográfico.
FLORA Y FAUNA EN LA ZONA			
Flora:	Mezcla de diversas formas de cobertura vegetal predominada por páramo herbáceo y bosque siempre verde montañoso alto en ciertas áreas. Herbazal lacustre	Fauna:	Especies de peces: como truchas; especies de mamíferos: como conejos y felinos; especies de aves como: curiquingues. Además cuenta con anfibios y dos especies de reptiles.
Identificación de Problemas:	Efecto borde y pérdida del paisaje y alteración de los recursos hídricos, proyecto Pisayambo Pucará, reducción de los caudales hídricos y compactación del suelo.		
Observaciones:	<p>Sobre del área de Pisayambo, las características biofísicas se basan en informes de Ecociencia y entrevistas al personal; sin embargo, las mediciones son relativas y pueden variar en función del comportamiento de las demás variables.</p> <p>Actualmente en la zona no se cuenta con equipo drone para actividades de vigilancia y monitoreo. Pisayambo y sus alrededores es un amplio sistema hidrográfico, con varias lagunas, cuencas y afluentes.</p>		
	<p>Personal a cargo del area:</p> <p>Programa de Investigación y Monitoreo</p> <p>Programa de Protección de la Biodiversidad.</p> <p>Programa de Desarrollo Sostenible.</p>		

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Entrevistas. Ministerio del Ambiente, 2013. Ecociencia.

Las áreas adyacentes que se encuentran entre la comunidad de San José de Poaló y la jurisdicción del Parque Nacional Llanganates, son las que más interesan a los gestores ambientales; pues el avance de la frontera agropecuaria y mal uso de los recursos naturales en el área es preocupante y requiere vigilancia con prioridad.

Tabla 3.7. Ficha de observación características Área San José de Poaló.

FICHA DE OBSERVACIÓN CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS AREA SAN JOSÉ DE POALÓ			
			
CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS			
Temperatura:	0° - 18° Aprox.	Altura:	3500- 4000 m.s.n.m.
Turbulencia:	2,1 m/s – 13,6 m/s (velocidad de los vientos)	Humedad relativa:	73% - 82% humedad en el viento. (relativo)
Precipitación:	800 a 2000 mm ³ (valor relativo)	Brillo Solar:	Meses con más insolación: Julio y agosto. (relativo).
Evaporación:	39, 1 mm – 73, 9 mm	Nubosidad:	Media al año: 5 octas Generalmente despejado.
Pendientes:	Colinado, suave a moderadamente ondulado	Hidrología:	Media.
FLORA Y FAUNA EN LA ZONA			
Flora:	Vegetación arbustiva y herbácea. En el poblado de San José de Poaló, existe un efecto borde como	Fauna:	Especies de peces: como truchas; especies de mamíferos: como conejos, venados y felinos; especies



	consecuencia del avance agropecuario		de aves como: curiquingues. Anfibios, reptiles.
Identificación de Problemas:	Efecto borde y pérdida del paisaje, avance frontera agropecuaria, alteración de los recursos hídricos, caza y pesca ilegal. Reducción de los caudales hídricos. Erosión, pérdida y compactación del suelo.		
Observaciones:	<p>Actualmente en la zona no se cuenta con equipo drone para actividades de vigilancia y monitoreo.</p> <p>San José de Poaló, presenta de entre todas las áreas, la mayor cantidad de problemas, esto porque hay comunidades que colindan con el Parque Nacional Llanganates. Las condiciones de este lugar permiten la operación de drones a cabalidad, bajo condiciones normales.</p>		
	<p>Personal a cargo del area:</p> <p>Programa de Investigación y Monitoreo</p> <p>Programa de Protección de la Biodiversidad.</p> <p>Programa de Desarrollo Sostenible.</p>		

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Entrevistas. Ministerio del Ambiente, 2013. Ecociencia.

Sobre las características de Salayambo se precisa que:

Tabla 3.8. Ficha de observación características Área Salayambo

FICHA DE OBSERVACIÓN CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS ÁREA SALAYAMBO			
			
CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS			
Temperatura:	0° - 12° Aprox.	Altura:	3700- 4300 m.s.n.m.
Turbulencia:	15,1 m/s – 16,6 m/s (velocidad de los vientos)	Humedad relativa:	83% - 92% humedad en el viento. (relativo)

Precipitación:	800 a 2000 mm ³ (valor relativo)	Brillo Solar:	Meses con más insolación: Julio y agosto. (relativo).
Evaporación:	69, 8 mm – 93, 9 mm	Nubosidad:	Media al año: 6 octas.
Pendientes:	Cuerpos de agua (Wn) Colinado, suave a moderadamente ondulado Eriales o afloramientos rocosos.	Hidrología:	Alta. Gran variedad de lagunas de mediano y pequeño tamaño, cuencas y afluentes.
FLORA Y FAUNA EN LA ZONA			
Flora:	Vegetación arbustiva y herbácea. Presencia de frailejones y una alto endemismo en la zona. Remanentes de bosque de pino y ciprés.	Fauna:	Especies de peces: como truchas; especies de mamíferos: como conejos, venados, cervicabras, osos de anteojos y felinos; especies de aves como: curianguines, presencia de cóndores. Anfibios, reptiles, peces.
Identificación de Problemas:	Alteración de los recursos hídricos, caza y pesca ilegal, quema. Reducción de los caudales hídricos, pérdida y compactación del suelo. Tenencia de tierra no resuelto. Efecto borde, por la vía Latacunga- Salayambo.		
Observaciones:	<p>Sobre del área de Salayambo, las características biofísicas se basan en informes de Ecociencia y entrevistas al personal; sin embargo, las mediciones son relativas y pueden variar en función del comportamiento de las demás variables.</p> <p>El lugar presenta, al igual que el área de Pisayambo, un alto nivel de humedad relativa.</p>		
	<p>Personal a cargo del área:</p> <p>Programa de Investigación y Monitoreo</p> <p>Programa de Protección de la Biodiversidad.</p> <p>Programa de Desarrollo Sostenible.</p>		

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Entrevistas. Ministerio del Ambiente, 2013. Ecociencia.

El área de Yacupamba, por las características de su cobertura vegetal, la variedad de pendientes, el amplio sistema de quebradas y su alto nivel de humedad relativa, la convierten en una zona donde la aplicación de drones es más complicada; las pruebas de vuelo con el modelo, sugieren condiciones estables para su funcionamiento.

Tabla 3.9. Ficha de observación características Área Yacupamba

FICHA DE OBSERVACIÓN CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS ÁREA YACUPAMBA			
			
CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS			
Temperatura:	0° - 22° Aprox.	Altura:	3100- 4000 m.s.n.m.
Turbulencia:	7,3 m/s – 12,9 m/s (velocidad de los vientos)	Humedad relativa:	88% - 92% humedad en el viento. (relativo)
Precipitación:	800 a 2000 mm ³ (valor relativo)	Brillo Solar:	Meses con más insolación: Julio y agosto. (relativo).
Evaporación:	69, 8 mm – 93, 9 mm	Nubosidad:	Media al año: 5 octas.
Pendientes:	Colinado, suave a moderadamente ondulado Eriales o afloramientos rocosos. Escarpado. Gran cantidad de quebradas.	Hidrología:	Alta. Gran variedad de cuencas y afluentes, que forman ríos.
FLORA Y FAUNA EN LA ZONA			
Flora:	Mezcla de diversas formas de cobertura vegetal predominada por bosques húmedos al oriente y por vegetación arbustiva y herbácea al occidente.	Fauna:	Especies de peces: como truchas, preñadillas; especies de mamíferos: como conejos, venados, cervicabras, osos de anteojos y felinos; especies de aves como: curiquingues, presencia de cóndores y aves de rapiña. Anfibios, reptiles, peces.
Identificación de Problemas:	Alteración de los recursos hídricos, caza y pesca ilegal. Reducción de los caudales hídricos, pérdida del endemismo. Pérdida y compactación del suelo. Tenencia de tierra no resuelto.		
Observaciones:	Personal a cargo del area: Programa de Investigación y Monitoreo		



<p>Sobre del área de Yacupamba, las características biofísicas se basan en informes de Ecociencia y entrevistas al personal; sin embargo, las mediciones son relativas y pueden variar en función del comportamiento de las demás variables.</p> <p>Yacupamba se encuentra en un área que presenta el contraste y la transición entre la alta montaña y el desnivel hacia el oriente.</p> <p>El lugar presenta, un alto nivel de humedad relativa.</p> <p>Es una de las áreas que presenta mayor interés para ser monitoreada, por lo difícil de su acceso.</p>	<p>Programa de Protección de la Biodiversidad.</p> <p>Programa de Desarrollo Sostenible.</p>
---	--

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Entrevistas. Ministerio del Ambiente, 2013. Ecociencia.

Huagra Huasi y Censo Poaló son zonas que delimitan con el Área Protegida:

Tabla 3.10. Ficha de observación características Área Huagra Huasi y Censo Poaló.

FICHA DE OBSERVACIÓN CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS ÁREAS HUAGRA HUASI Y CENSO POALÓ			
			
CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS			
Temperatura:	0° - 18° Aprox.	Altura:	3100- 3800 m.s.n.m.
Turbulencia:	7,3 m/s – 12,9 m/s (velocidad de los vientos)	Humedad relativa:	68% - 82% humedad en el viento. (relativo)
Precipitación:	800 a 2000 mm ³ (valor relativo)	Brillo Solar:	Meses con más insolación: Julio y agosto. (relativo).
Evaporación:	69, 8 mm – 93, 9 mm	Nubosidad:	Media al año: 5 octas.

Pendientes:	Colinado, suave a moderadamente ondulado y escarpado.	Hidrología:	Media. Presenta lagunas y cuencas de menor tamaño, además el recurso hídrico es destinado en parte a las comunidades.
FLORA Y FAUNA EN LA ZONA			
Flora:	Mezcla de diversas formas de cobertura vegetal, predominada por vegetación arbustiva y herbácea.	Fauna:	Especies de peces: como truchas; especies de mamíferos: como conejos, venados, cervicabras, felinos; especies de aves como: curiquingues y aves de rapiña. Anfibios, reptiles, peces.
Identificación de Problemas:	Alteración de los recursos hídricos, caza y pesca ilegal, delimitación de territorio. Quema. Reducción de los caudales hídricos, pérdida del endemismo. Pérdida y compactación del suelo. Tenencia de tierra no resuelto.		
Observaciones: Sobre las áreas de Huagra Huasi y Censo Poaló, las características biofísicas se basan en informes de Ecociencia y entrevistas al personal; sin embargo, las mediciones son relativas y pueden variar en función del comportamiento de las demás variables.		Personal a cargo del área: Programa de Investigación y Monitoreo Programa de Protección de la Biodiversidad. Programa de Desarrollo Sostenible.	

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Fuente: Entrevistas. Ministerio del Ambiente, 2013. Ecociencia.

Resultados

Sobre las entrevistas:

Los entrevistados concuerdan que en general todo el Parque Nacional Llanganates tiene áreas en riesgo, sin embargo las áreas que mayor preocupación presentan son las que se encuentran entre o junto a los asentamientos de comunidades: San José de Poaló principalmente y Huagra Huasi y Censo Poaló.

El 100% de los entrevistados afirman que el principal problema es la falta de una clara delimitación física que establezca los linderos definitivos entre el Parque Nacional Llanganates y las comunidades, como consecuencia: se presenta el avance de la

frontera agropecuaria que desplaza biodiversidad; introducción de plantas y animales, el pastoreo, la quema para sembrar potreros, erosión del suelo, caza y deforestación.

Patrullaje, monitoreo, muestreo, cartografía, investigación y vigilancia, son las que necesitan de un drone para su ejecución. Actualmente no cuentan con un drone. Al no contar con un drone, la mayoría explica que no saben cómo manejar uno.

A parte de los datos técnicos que se manejan, todos concuerdan que el clima se ha vuelto muy imprevisible y extremista. Bajo estas condiciones recomiendan, en base a su experiencia empírica y lo que han visto a partir de sus años de labor con investigadores nacionales y extranjeros, que los drone sean adecuados para las condiciones del lugar y para que la fauna no se amedra ante su presencia.

Al preguntarles si dentro de la delimitación física del parque existen animales, particularmente aves, que resulten agresivos o altamente territoriales que pueden atacar al equipo, respondieron que probablemente las aves. Cuentan que no ha habido caso alguno de un ataque a un drone, sin embargo las temporadas de cortejo, la anidación y la territorialidad las puede poner irritables.

Como usuarios y beneficiarios del presente proyecto, concluyen, que se debe priorizar para un drone los siguientes requerimientos:

Tabla 3.11. Listado de Requerimientos de los beneficiarios.

LISTADO DE REQUERIMIENTOS DE LOS BENEFICIARIOS.	
CONCEPTO	REQUERIMIENTO
Funcionalidad del drone	<ul style="list-style-type: none"> - Monitorear/ vigilar/ estudiar zonas inaccesibles para el personal. - Radio de vuelo considerable - Tiempo de vuelo necesario para llevar a cabo investigaciones. - Adecuado a las condiciones biofísicas de las zonas de aplicación.
Costos	En cuanto a la estructura, los costos de su fabricación deben ser menores al costo del equipo como tal, para su reproducción.
Seguridad	Debe ser seguro para el operario y que su uso sea fácil.

Impacto Ambiental	Amigable con el medio ambiente, en particular con la fauna.
Vida útil y mantenimiento	Facilidades para el mantenimiento de los elementos de la estructura, así como soporte técnico a nivel nacional para las piezas del dron.
Transporte	Facil transporte.
Fabricación y montaje	Los elementos de la estructura deben ser producidos con tecnología existente en el país. Facilidad para el montaje/desmontaje de la estructura sobre el dron.
Materiales	Resistentes y ligeros.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios.

Sobre las características de Censo Poaló. San José de Poaló, Yacupamba, Huagra Huasi, Salayambo y Pisayambo:

- **Temperatura:** la temperatura de funcionamiento del Phantom 3 Professional está entre los 0° y 40°, la temperatura de los lugares en los cuales se aplicará el proyecto oscilan entre los 0° y 22°, aunque es una medida relativa; sin embargo el modelo cumple y en este aspecto no se necesitan modificaciones.

- **Altura:** el Phantom 3 Professional tiene un alcance de hasta 6000 m.s.n.m, en condiciones estacionarias normales, las áreas en las cuales se aplicará el proyecto llegan hasta los 470 m.s n. m. No se necesita modificaciones.

- **Turbulencia:** el peso del equipo de solo 1280 g y su forma, lo hacen vulnerable a la velocidad de vientos de 19 m/s. La estructura externa debe considerar un modelo aerodinámico sustentable para el funcionamiento.

- **Humedad relativa:** la humedad en las áreas es porcentualmente alta, sobre todo en invierno, si se considera el nivel de precipitación de 800 mm³ a 2000 mm³ (relativo), además los lugares poseen un rico sistema hidrográfico. El material del fuselaje a diseñar, debe poseer características impermeables para que los fluidos no alteren los mecanismos internos del dron.

- **Brillo Solar:** Técnicamente los meses con mayor insolación son Julio, agosto y septiembre; pero es un dato relativo y en realidad todo el año pueden haber días con una nubosidad incluso nula, totalmente despejados. Los termoplásticos son ideales

para diseñar una carcasa que soporte la temperatura en los días más cálidos y despejados, pues se entiende que precisamente serán estos los días escogidos para realizar actividades de monitoreo y vigilancia.

- **Evaporación:** En épocas de invierno puede incluso llegar al 95 mm, de densidad, influyendo en la humedad del aire. La evaporación complica mucho la aplicación de UAV's, pues crea neblina que incluso no puede desaparecer en todo el transcurso del día, sobretodo en invierno.

- **Pendientes:** las áreas presentan variedad de pendientes que influyen en el control del drone, sin embargo al poseer el Phantom 3 Professional un sistema de posicionamiento mediante GPS y GLONASS, la comunicación difícilmente se puede perder. Las principales formas de pendiente del lugar son: suave y moderadamente ondulado, colinado, escarpado, montañoso, eriales o afloramientos rocosos, cuerpos de agua.

- **Hidrología:** Alta. Existen una gran cantidad de lagunas, afluentes, cuencas; cuerpos de agua que inciden directamente en la humedad relativa.

- **Flora:** en su mayoría las zonas están categorizadas porque su cobertura vegetal es predominada por vegetación arbustiva y herbácea, Yacupamba hacia el oriente se encuentra en un área que presenta el contraste y la transición entre la alta montaña y el desnivel hacia el oriente. El lugar presenta, un alto nivel de humedad relativa.

- **Fauna:** existe un alto nivel de endemismo en las áreas, tanto como en flora y en fauna. Se puede encontrar varias especies de Mamíferos: felinos, roedores, tapires, osos de antojos, entre otros; Aves: como halcones, curiquingues, patos, mirlos e incluso hay presencia de cóndores; Anfibios y Batracios; Reptiles, aunque en minoría; Peces. Ninguno considerado riesgoso a una distancia particular para el drone, salvo las especies de aves, que aunque no hayan atacado a equipos con anterioridad, son tomadas en cuenta pues sus ciclos reproductivos, territorialidad y anidamiento pueden tórnalas agresivas. En todo caso el personal debe restringirse a usar el drone, conociendo de las áreas y temporadas de actividades de las aves.

- Personal a cargo del area:

Programa de Investigación y Monitoreo, Programa de Protección de la Biodiversidad.
Programa de Desarrollo Sostenible.

Sobre las características y especificaciones técnicas del Phantom 3 Professional en función de las pruebas de vuelo:

- La batería es de los principales complementos a cuidar y aislar, ante la humedad y luz solar directa, sufre progresivamente desgaste, sobrecalentamiento en el mediano y largo plazo. Como sucede con baterías de ciertos celulares y equipos electrónicos, se pueden hinchar, cuando esta batería defectuosa está en contacto con el aire los materiales que la componen como el litio se tornan peligrosamente inflamables, pudiendo destruir el equipo.

- El entorno operativo tiene un patrón definido y una iluminación adecuada (Lux > 15), por tanto es aconsejable usarlo en días con baja o nula nubosidad y sin neblina.

- Rango de velocidad menor de 8 m/s (16 m/s, sin viento); rango de altitud 30 m - 300 m y rango de operación 30 m - 300 m. Por tanto es aconsejable usarlo bajo este rango, al tomar en cuenta que entre más alto la turbulencia es mayor.

- La estabilización es en 3 ejes (mov. horizontal, mov. vertical y rotación), hay que considerar la turbulencia y velocidad del viento; en movimiento de rotación es fácil que el equipo pueda desestabilizarse.

- La densidad espectral de potencia es 6.9mW/MHz y frecuencia de funcionamiento 2.4GHz ISM; las altas precipitaciones del lugar pueden interferir al igual que la humedad relativa; se debe usar el equipo en condiciones climáticas estables y en días preferentemente despejados.

- La cámara; es aconsejable usar el drone en días soleados (no exponerlo por más de 10 minutos si la luz solar es perpendicular al equipo, ni en ángulos en los que los componentes estén expuestos directamente) y sin humedad para no empañar la cámara.

- Altura máxima de servicio sobre el nivel del mar 6000 m (límite de altura por defecto: 120 m sobre el punto de despegue, y de acuerdo a la Ley de Aviación Nacional, con respecto a drones).
- Máximo de duración de vuelo, aproximadamente 25 minutos.
- Temperatura de funcionamiento de 0°C a 40°C.
- Modo GPS GPS / GLONASS.
- Peso (Batería y Hélices Incluidas) es 1280 g.
- Tamaño Diagonal (Hélices Excluidas) 350 mm.
- Velocidad Máxima en Ascenso 5 m/s.
- Velocidad Máxima en Descenso 3 m/s.

3.5. Conclusiones de resultados.

Mediante pruebas de vuelo, en las diferentes zonas descritas, con el modelo Dji Phantom 3 Professional, se puede concluir que el drone no está objetivamente construido para actuar adecuadamente en las condiciones biofísicas del área protegida, si bien es cierto reúne ciertos requisitos para su funcionamiento y aplicación en las zonas sujetas a análisis dentro del Parque Nacional Llanganates.

Las entrevistas realizadas al personal del Programa de Investigación y Monitoreo, y del Programa de Protección a la Biodiversidad y el GAD Parroquial de San José de Poaló, demuestran que en dichas circunstancias es mejor trabajar con equipo adaptado a los contextos de las características del Parque. Mediante las fichas de observación realizadas a los sectores de Pisayambo, Salayambo, Huagra Huasi, Censo Poaló, San José de Poaló y Yacupamba; se puede discernir comparativamente a las especificaciones del Phantom 3 Professional lo siguiente:

- El Parque Nacional Llanganates, presenta una turbulencia relativamente alta, comparada con los ambientes al cual está destinada la aplicación del Phantom 3 Professional. Los vientos pueden desestabilizar los 1280 g de peso del drone, por tanto la aerodinámica juega un papel importante en el diseño de la estructura externa.
- Los materiales son muy importantes para cumplir con los propósitos de este proyecto; un tipo de polipropileno, tentativamente un termoplástico ligero no solo garantiza la impermeabilidad ante fluidos ocasionados por el alto porcentaje de humedad en el aire, provocada por el alto rango de precipitaciones del lugar; sino además garantiza que el diseño estándar del drone no se verá afectado por la incorporación de la carcasa, que cumplirá con los parámetros carga útil del UAV.
- Los aspectos como morfología de la estructura externa para el Phantom 3 Professional, deben ajustarse al contexto en el que el equipo interviene. Siendo la principal actividad monitoreo de especies vulnerables de fauna, los animales no deben sentirse amenazados por un objeto anacrónico, pues a pesar de ser dóciles han desarrollado cierto temor ante la presencia humana, autos y vehículos en general; por lo que instintivamente se esconden o huyen, en ocasiones pudiendo resultar heridos por el miedo y la angustia en evitar el peligro.
- Las condiciones del Parque Nacional Llanganates, son previsiblemente relativas, y las variables pueden desgastar progresivamente el drone; para aprovechar al máximo la vida útil del equipo, se considera necesario el desarrollo de un manual de uso acorde a las particularidades de la zona, para el personal que opere el UAV.

CAPITULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1. Objetivo

Objetivo: Diseñar una estructura externa para un drone Phantom 3 Professional, con fines de exploración y monitoreo de fauna en áreas pertenecientes al Parque Nacional Llanganates.

Datos informativos:

Nombre del lugar: Parque Nacional Llanganates.

Dirección: Área Protegida ubicada entre las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Napo y Pastaza.

Áreas de aplicación del proyecto: Yacupamba, Censo Poaló, San José de Poaló, Salayambo, Pisayambo y Huagra Huasi.

Objetivos del Parque: Investigación y protección de la biodiversidad. Turismo y desarrollo de planes de administración de recursos naturales

Talento Humano a cargo: Personal del Programa de Investigación y Monitoreo, Programa de Protección de la Biodiversidad y del Programa de Desarrollo Sostenible.

Integrantes (Población y Muestra):

Guardabosques	=	8 integrantes	(24 a 50 años de edad)
Técnicos e ingenieros	=	7 integrantes	(28 a 47 años de edad)
Control Comunitario	=	12 integrantes	(21 a 60 años de edad)

Modelo de drone: Dji Phntom 3 Professional.

4.2. Antecedentes y Justificación.

4.2.1. Antecedentes

El Parque Nacional Llanganates presenta características biofísicas particulares y relativamente intempestivas. La aplicación de vehículos aéreos no tripulados en los páramos de la Cordillera de los Llanganates se realiza en circunstancias muy específicas, que necesariamente deben reunir las mejores condiciones en términos

climáticos; el área protegida tiene una humedad relativamente alta debido al abundante sistema hidrológico, los altos niveles de precipitación y las corrientes de aire traídas del oriente. En el sitio es habitual la neblina, las precipitaciones, los fuertes vientos y la humedad descrita. Generalmente los drones o el equipo aeronáutico utilizado por escolares y científicos, nacionales y extranjeros, tienen un fuselaje más robusto y específico para sitios previsiblemente extemporáneos en relación a la aplicación habitual de UAV's.

Por otro lado las actividades de los drones en relación a monitoreo, muestreo, cartografía, vigilancia e investigación, generan un impacto negativo en ciertas especies de fauna, que al notar la presencia del hombre o de equipos relacionados a él y atípicos para ellos, entiéndase vehículos y equipos en general; instintivamente huyen o se ocultan, con ello no solo dificultan su observación, sino además ponen en peligro su integridad, pues al huir por el miedo pueden ocasionarse heridas. Asimismo, el dron puede sufrir ataques por aves; temporada de cortejo y apareamiento, anidamiento o territorialidad pueden poner a las aves irritables, aunque no existan casos de ataques es oportuno no descartar la posibilidad.

4.2.2. Justificación

El Parque Nacional Llanganates, presenta características biofísicas que resultan determinantes en la aplicación de equipos aeronáuticos. En condiciones rutinarias dentro del ecosistema, es común la turbulencia de los vientos, la humedad, la lluvia, entre otros fenómenos naturales que interfieren directamente al utilizar drones.

Éste proyecto de investigación está basado en la descripción analítica de las variables, de tal manera en función de los requerimientos investigativos, mediante la utilización de instrumentos evaluativos como entrevistas, fichas de observación, cálculos y pruebas de vuelo del dron Phantom 3 Professional en las áreas de aplicación, se puede concluir que la estructura morfológica del modelo, no está equipada explícitamente para funcionar de manera óptima en este sistema ecológico. Morfológicamente, resulta anacrónico en función al área donde se usa; la fauna a la que se pretende estudiar/monitorear al no reconocer patrones de forma familiares en su entorno lo relacionan como una amenaza, lo que converge en consecuencias negativas.

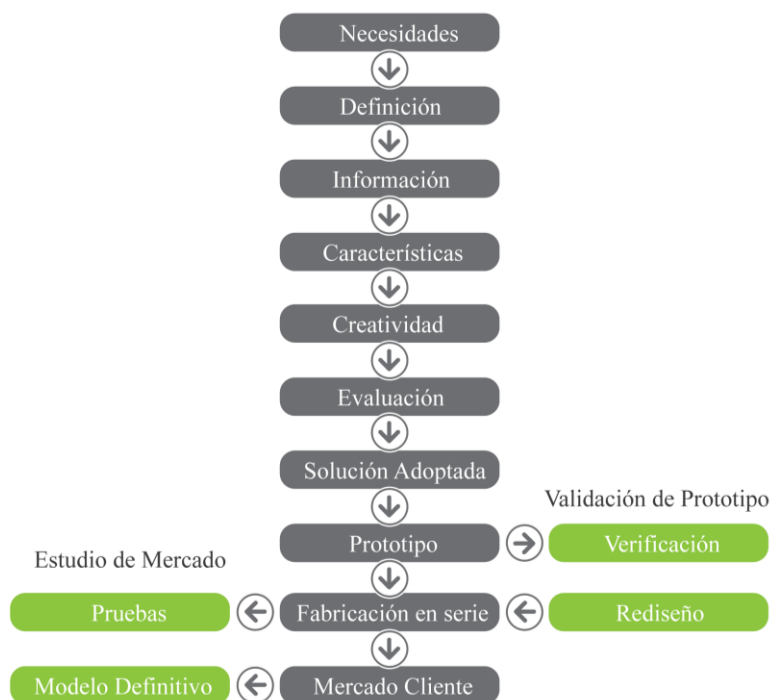
El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una estructura morfológica para un dron, una adecuación diseñada en función de las características biofísicas del ecosistema y al considerar los preceptos del diseño en función al entorno. El dron estará en capacidad de integrarse de manera funcional y adaptarse al entorno del Parque Nacional Llanganates.

La meta, es apoyar los objetivos de conservación y protección de Fauna y Flora endémica del Parque Nacional Llanganates, mediante la incorporación de tecnología dron para facilitar la recolección de datos en referencia a cartografía y delimitación de tierras; monitoreo y exploración de especies de fauna endémicas.

4.3. Proceso de diseño.

Sapag Puelma (2007), en su libro “Evaluación de Proyectos”, sugiere realizar investigación con un esquema sintético que facilite de forma fáctica y fácil la previsión de pasos organizados, encadenados y encaminados al desarrollo y posterior manufactura en serie de productos. El esquema presentado a continuación se sustenta en la metodología de diseño proyectual de Bruce Archer.

Figura 4.1: Esquema del proceso de diseño, usado para el desarrollo del proyecto de investigación.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.3.1. Metodología.

Desarrollo de la metodología proyectual de Bruce Archer.

4.3.2. Definición del problema.

Equipo aéreo inadecuado para realizar actividades de monitoreo, vigilancia e investigación en la biosfera del Parque Nacional Llanganates.

Para la definición de este problema se consideró, en primera instancia las entrevistas a los gestores ambientales del Parque y del GAD Parroquial de San José de Poaló, para corroborar el problema se realizaron pruebas de vuelo en las áreas de Poaló, Salayambo, Yacupamba, Huagra Huasi, Pisayambo, con un modelo dron e estándar Dji Phantom 3 Professional.

4.3.3. Problemática.

En el mercado nacional no existen drones equipados explícitamente para funcionar bajo la biofísica del Parque Nacional Llanganates, además su morfología resulta anacrónica y atemoriza a la fauna.

4.3.4. Elementos que intervienen en el desarrollo de la propuesta.

Sobre las variables consideradas para el diseño de la estructura se toma en cuenta las particularidades anteriormente analizadas en el Capítulo III:

- Características biofísicas: turbulencia, humedad, geología, pendientes, brillo solar, temperatura, nubosidad, rango de precipitación.
- Características de la fauna: comportamiento de mamíferos y aves ante la presencia de drones en su hábitat.
- Necesidades y requerimientos de los gestores ambientales con respecto al uso de drones en sus actividades.

4.3.5. Requerimientos a considerar en el desarrollo de la propuesta.

Los requerimientos tomados en cuenta para el desarrollo de la propuesta, se definen en función de las necesidades de los beneficiarios, datos obtenidos de las entrevistas y fichas de observación.

A continuación se detalla el cuadro de necesidades:

Tabla 4.1. Cuadro de necesidades.

CUADRO DE NECESIDADES	
PARÁMETRO	REQUERIMIENTO
FUNCIONALIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - La estructura no debe interferir con la funcionalidad del dron. - La estructura no debe exceder la capacidad de carga útil del equipo. - Adecuado a las condiciones biofísicas de las zonas de aplicación.
COSTOS	<ul style="list-style-type: none"> - Los costos de fabricación deben ser menores al costo del equipo como tal, para su reproducción.
SEGURIDAD	<ul style="list-style-type: none"> -Debe ser seguro para el operario. Uso sea fácil.
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> -Amigable con el medio ambiente, en particular con la fauna.
VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> -Facilidades de mantenimiento para la estructura, así como soporte técnico para las piezas del dron.
TRANSPORTE	<ul style="list-style-type: none"> -Facil transporte.
FABRICACIÓN Y MONTAJE	<ul style="list-style-type: none"> -Los elementos de la estructura deben ser producidos con tecnología existente en el país. -Facilidad para el montaje/desmontaje de la estructura sobre el dron.
MATERIALES	<ul style="list-style-type: none"> -Biocompatibles -Resistentes -Ligeros.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.3.6. Análisis pruebas de vuelo.

Las pruebas de vuelo con el modelo estándar, el dron Phantom 3 Professional en las áreas de aplicación del proyecto. Las pruebas duraron un aproximado de 20 minutos.

A continuación se detallan las observaciones más destacadas.

Tabla 4.2. Resultados pruebas de vuelo.

PARÁMETRO	OBSERVACIÓN
HUMEDAD	<p>Al ser zonas con un alto nivel de precipitación, poseer un porcentaje considerable de cuerpos hídricos (lagos, ríos, cuencas, etc), y por los vientos cargados de humedad desde Oriente; la humedad relativa resulta ser porcentualmente elevada. Bajo esta condición es inevitable que la estructura al volar se empape con el rocío, los fluidos a mediano y largo plazo dañan los componentes internos del modelo, en especial la batería.</p>

SOL	En contraposición con el ítem anterior, las pruebas de vuelo realizadas con días despejados, demuestran que los rayos solares que hacen contacto con la estructura, sobrecalientan el equipo en general y la batería, en especial si los rayos son perpendiculares.
FAUNA	La fauna previsiblemente ante la presencia del equipo, se asusta, se observó este comportamiento en algunos individuos de especies como cervicabras y venados; en cuanto a las aves, la mayoría escapa al ver al modelo, sobre las aves rapaces como el mismo halcón, este solo voló alrededor del equipo sin realizar más acciones.
TURBULENCIA	Los vientos de más de 15 m/s, que en ocasiones se encuentran por sobre los 150 m y en verano, desestabilizan el equipo con facilidad. Los 1280 g de peso son manipulados con cierta facilidad por las corrientes de viento.
GPS/GLONASS	Por la ubicación espacial del Parque, los sistemas de posición global tardan un par de minutos en posicionar al equipo, para mediante el control ser operado.
FLORA	A excepción de Yacupamba, la cobertura en general y mayoritariamente es arbustiva y herbácea, relativamente muy pocos bosques que interfieren con la comunicación entre el control y el equipo y que puedan ser considerados de importancia para la operación.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.3.7. Pruebas de material.

El material por defecto del dron estandar son aleaciones plásticas.

La tecnología de impresión 3D empleada para crear los prototipos, empleó polímeros termoplásticos ABS y PLC, siendo finalmente el ABS el material elegido por sus características. La impresión con plástico ABS, es comparativamente más rápida que con PLC (que es el material utilizado por defecto para la impresión 3D), y además generalmente la impresora tiende a imprimir, valga la redundancia, con una mayor fluidez, sin expeler excesos de plástico en las piezas.

También se generó un prototipo en fibra de vidrio clase E, que resultó estéticamente poco agradable y sobre todo el volumen del objeto excedía los 2kg, sin aplicar pintura y acabados; en conclusión un modelo completamente desechable, tomando en cuenta la capacidad de carga útil de 1,5 kg del dron; sin embargo no se puede descartar el material pues si se realiza una estructura de forma adecuada, la fibra de vidrio, con los

moldes respectivos se puede generar un prototipo útil y con acabados visualmente interesantes.

4.3.8. Motivo Gestor.

La adecuación morfológica de la estructura para el drone Dji Phantom 3 Professional pretende adaptar al equipo a las condiciones biofísicas del Parque Nacional Llanganates e integrarse al ecosistema para evitar efectos indeseables e imprevistos en la vida silvestre. Se toma como motivo gestor, al halcón andino, pues es un ave endémica en las áreas de estudio, estéticamente es una de las especies más bellas e imponentes del área, su hegemonía es solo superada por el cóndor.

Figura 4.2. Motivo Gestor.



Fuente: <http://www.halconpedia.com/wp-content/uploads/2014/07/cropped-falcon1.jpg>

Se plantea paletas de color en escalas de grises y tonalidades áureas, resultado de la cromática del ave referencial y el concepto de la tecnología de DJI. En relación a la misma fuente de inspiración está basada la morfología, se generan formas orgánicas e inorgánicas que evocan estabilidad, ligereza y facilidad de planeo.

Temática.

El motivo gestor es el halcón andino. La temática es ecologista, pues la estructura al ser un complemento/accesorio para el drone Phantom 3 Professional, es un subproducto de la línea Phantom 3; la carcasa es un objeto diseñado en función a características particulares para ser usado en una reserva ecológica, con el propósito de adecuar al drone a la biosfera e integrar al equipo con el ecosistema.

Moodboard.

A través del motivo gestor se transmite conceptos de velocidad, aerodinámica, ligereza, hegemonía.

Figura 4.3. Moodboard para la concepción de la propuesta.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.3.9. Marca.

El drone Phantom 3 Professional es un producto de la empresa DJI, por lo que en este caso al tratarse de un componente/ complemento, el producto a diseñar cae en la clasificación de submarca; una división de la empresa que pone énfasis en el desarrollo de componentes para necesidades particulares y con un enfoque centrado en ayudar en la investigación ecológica.

Figura 4.4: Marca Falcon.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

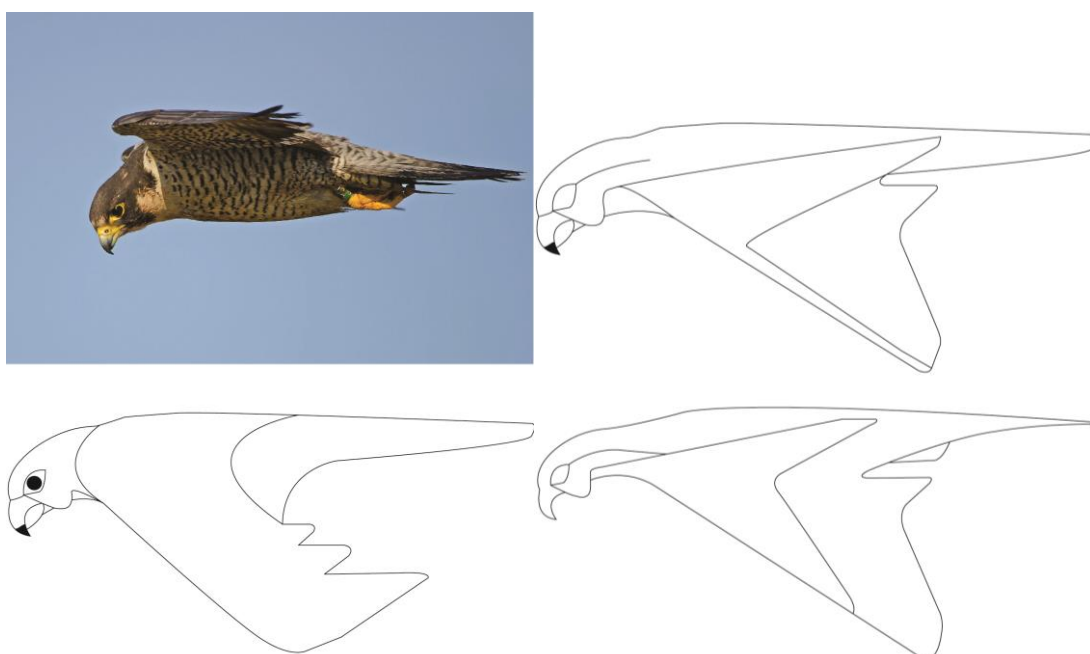
Significado.

El isologotipo de Falcon Concept, está diseñado de manera inherente al motivo gestor del objeto en desarrollo, un halcón andino. Se realizó una síntesis gráfica para la elaboración del logotipo. El halcón, es un ave relativamente común en las inmediaciones de los lugares donde se aplicará el proyecto, su hegemonía es solo

superada por el cóndor andino. Conceptualmente es un ave, que representa dominio, rapidez, agilidad; es decir, simboliza una concepción formal atractiva e influyente sobre su propio medio.

Como menciona (Real de León, 2003), para la construcción de la forma, se debe principalmente tener un motivo gestor, un concepto que sea capaz de transmitir sentimientos y sensaciones.

Figura 4.5. Síntesis gráfica motivo gestor



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Tipografía.

La tipografía usada es una variante de la familia Eras, la Eras Demi ITC cursiva.

- Alfabeto

Figura 4.6. Tipografía.

A B C D E F G H I J K L M N Ñ O P Q R S T U V W X Y Z
 a b c d e f g h i j k l m n ñ o p q r s t u v w x y z
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 ¡ ¢ \$ % & / () = ¿ ? Ç

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

- Aplicación en el Isologotipo.

Figura 4.7. Tipografía en el logo.











Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Cromática.

La cromática usada para el diseño del Isologotipo de la marca Dji Falcon Concept, así como también para el objeto, la estructura externa, está definida por estos colores:

Figura 4.8. Cromática.

Valores CMYK	Valores RGB
 <p>C= 58,03 % M= 51,03 % Y= 53,34 % K= 20,74 %</p>	 <p>R= 105 G= 103 B= 99 Código= #696753</p>
 <p>C= 37,96 % M= 31,53 % Y= 35,41 % K= 0 %</p>	 <p>R= 164 G= 162 B= 156 Código= #A4A29C</p>
 <p>C= 4,41 % M= 11,81 % Y= 16,93 % K= 0 %</p>	 <p>R= 246 G= 213 B= 45 Código= #F6D52D</p>
 <p>C= 12,99 % M= 11,08 % Y= 16,93 % K= 0 %</p>	 <p>R= 174 G= 119 B= 43 Código= #AE772B</p>

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Variaciones.

- Variaciones Permitidas

Original Positivo – Negativo.

Figura 4.9. Variaciones permitidas



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

- Variaciones no Permitidas

Distorsión en su proporción vertical, Distorsión en su proporción horizontal, cambio de tipografía y uso de colores que no corresponden.

Figura 4.10. Variaciones no permitidas





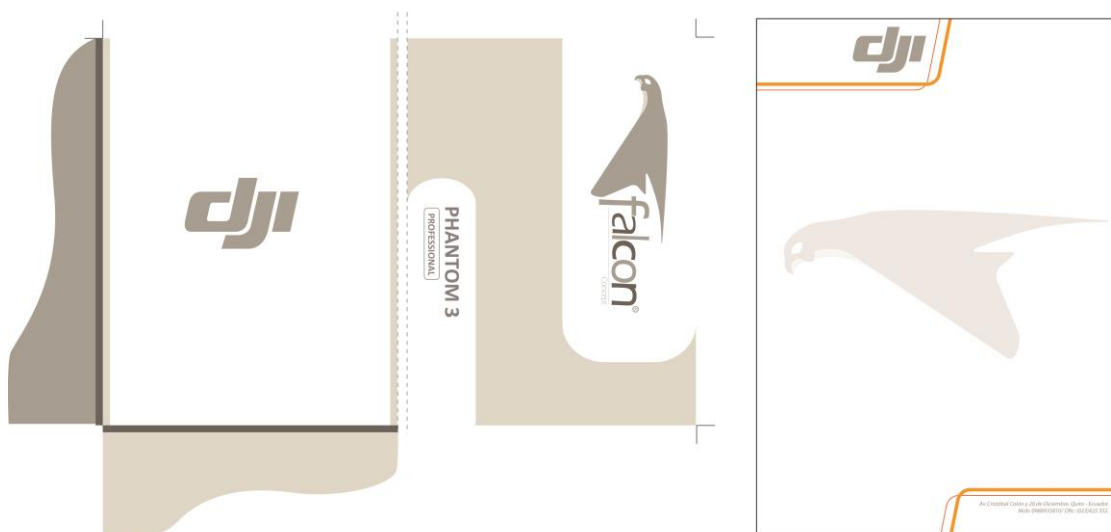
Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Papelería Básica.

La papelería mantiene la cromática original de la marca DJI y a la vez combina la nueva identidad formal y conceptual del isologotipo de Falcon Concept.

Figura 4.11. Papelería





Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.3.10. Target.

Guardabosques	=	8 integrantes (24 a 50 años de edad)
Técnicos e ingenieros	=	7 integrantes (28 a 47 años de edad)
Control Comunitario	=	12 integrantes (21 a 60 años de edad)

4.4. Representación Técnica.

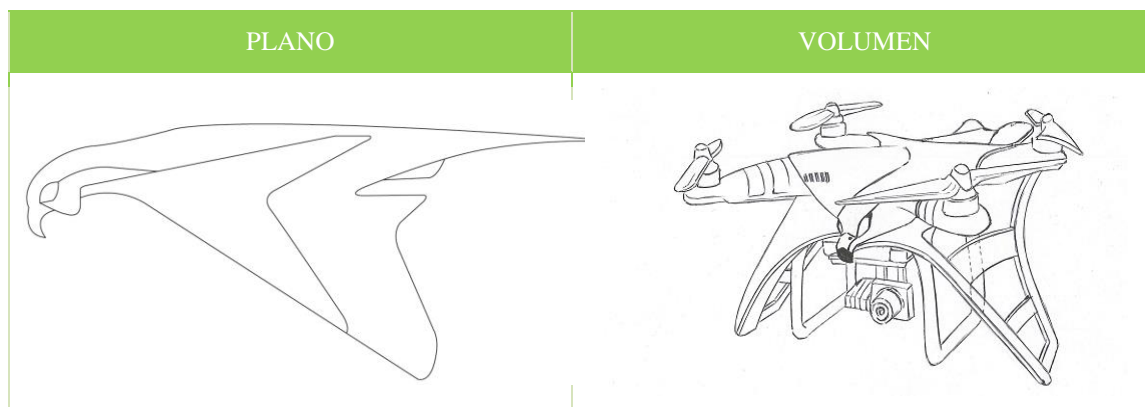
4.4.1. Análisis Morfológico.

Se presenta a continuación un análisis en cuanto a la forma del prototipo en comunión con los elementos conceptuales, de relación y prácticos.

4.4.1. Elementos conceptuales.

Tabla 4.3. Elementos Conceptuales

ELEMENTOS CONCEPTUALES	
PUNTO	LÍNEAS (rectas, curvas, tangenciales,etc)

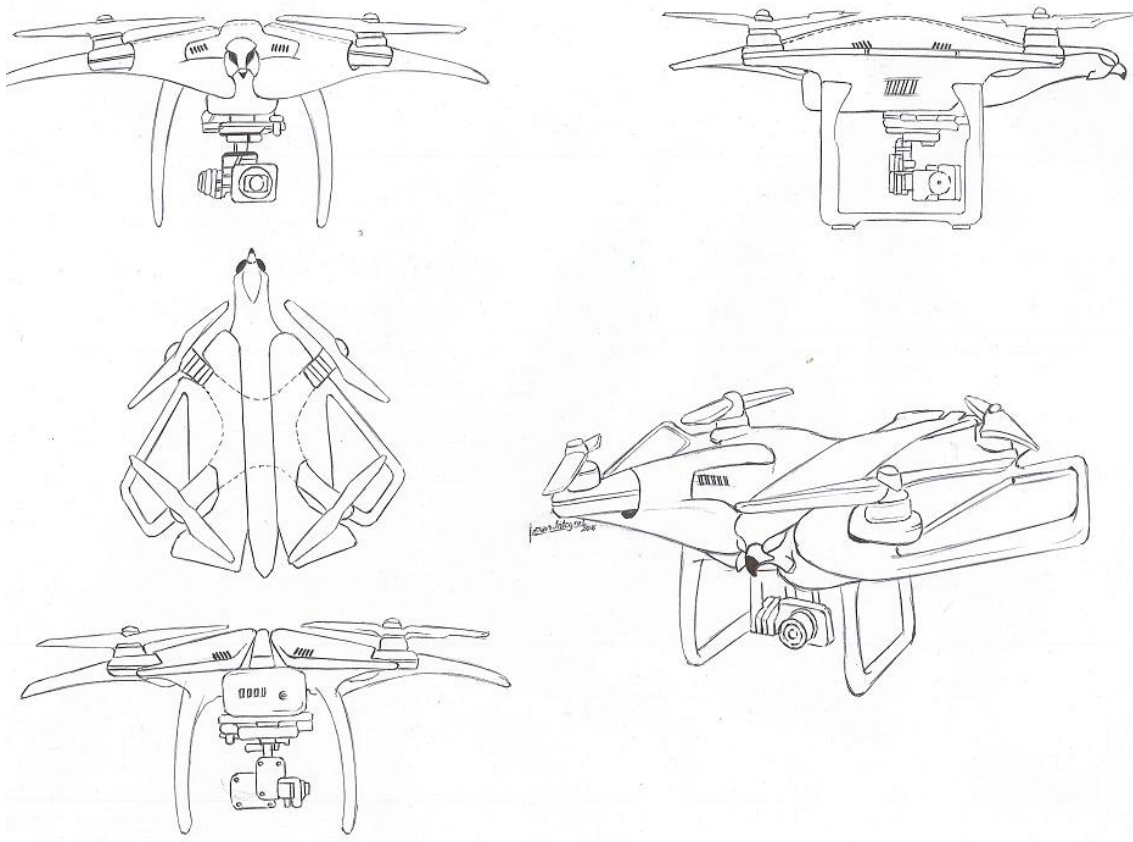


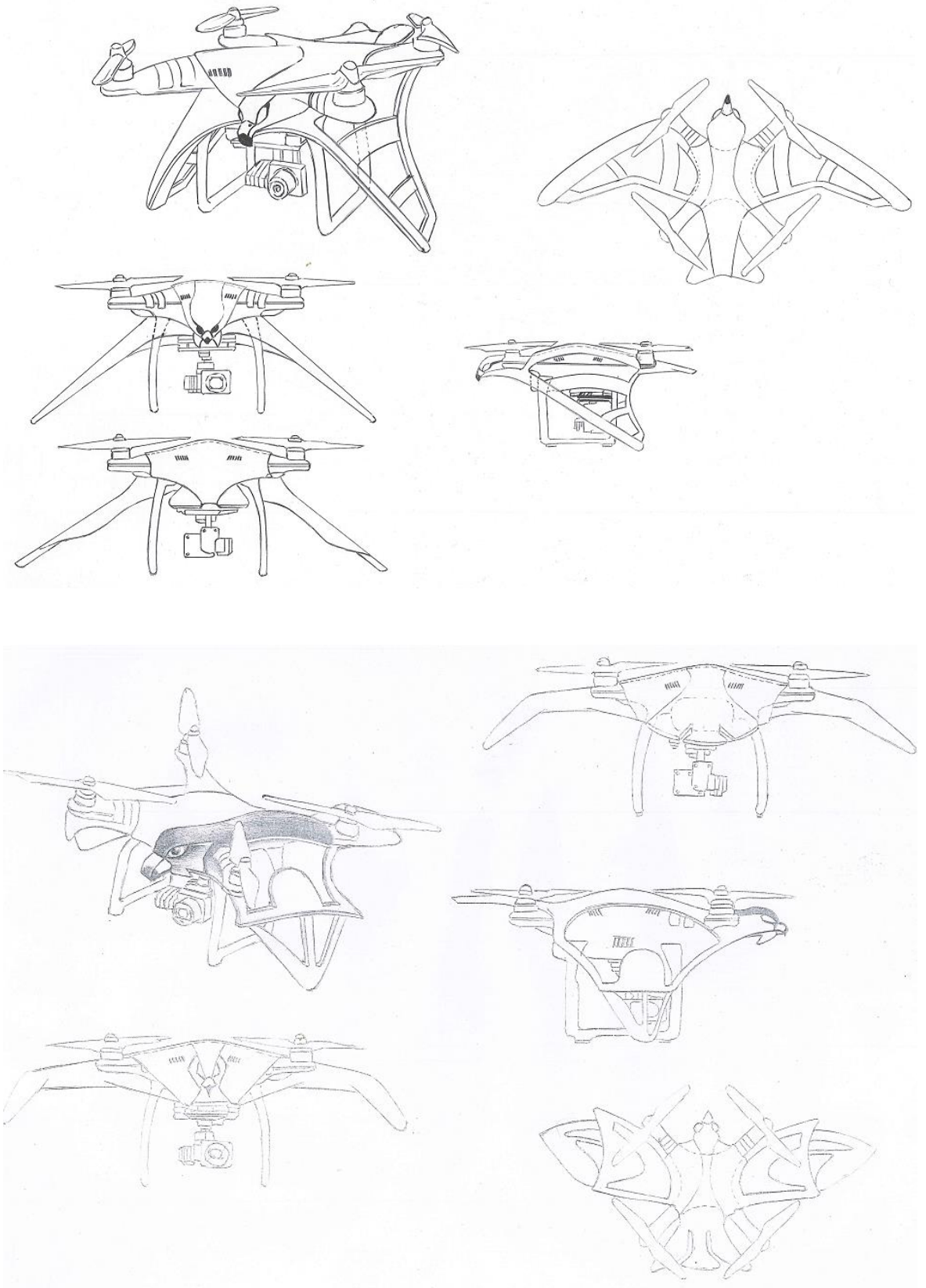
Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.4.2. Bocetos.

Según (Munari, 1981), el boceto y el dibujo son herramientas proyectuales para representar ideas y conceptos. Bajo esta premisa se realizan los siguientes bocetos como propuestas de morfología y cromática.

Figura 4.12. Bocetos en Blanco y Negro



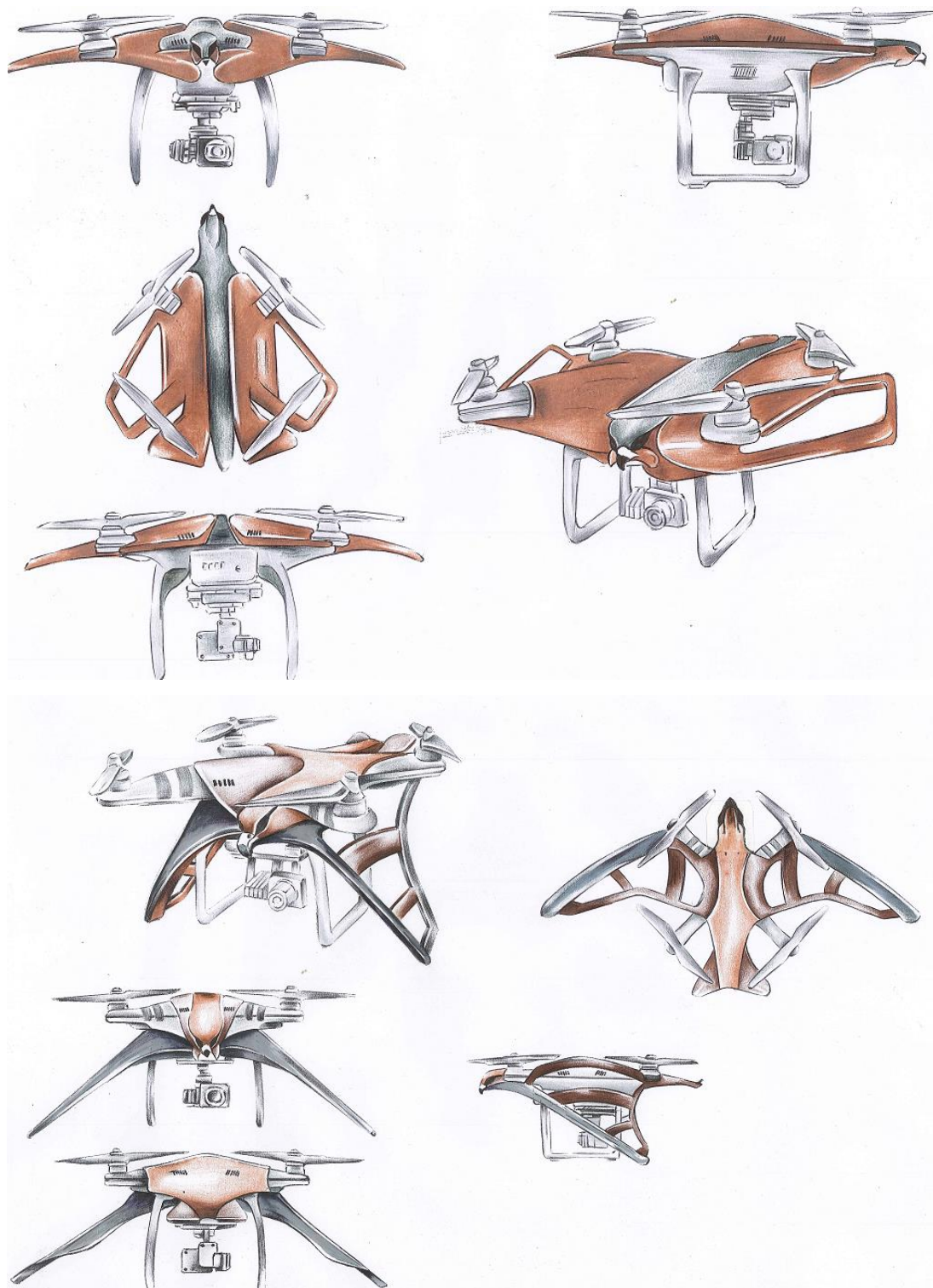


Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Bocetos a color.

La cromática en el proceso de bocetaje, es necesaria para asignar propiedades estilísticas necesarias para la acepción de conceptos y (Wong, 1995).

Figura 4.13. Bocetos a color

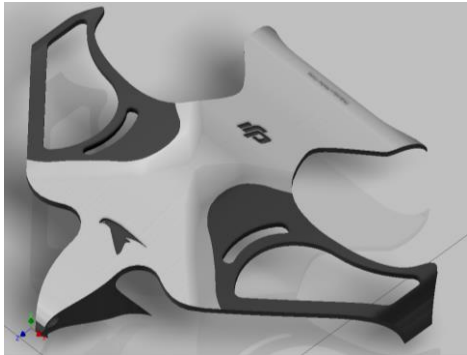
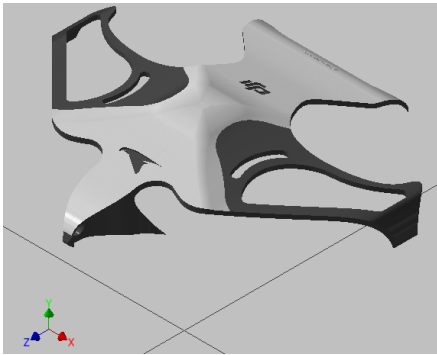




Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Elementos visuales.

En relación a la posición del objeto en el espacio visual tridimensional.

Tabla 4.4. Elementos visuales

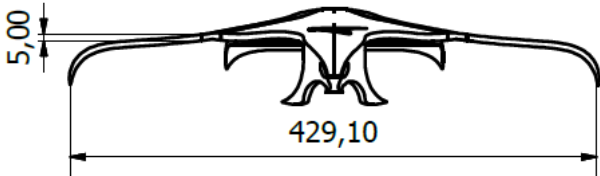
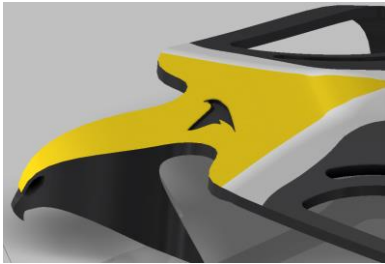
ELEMENTOS VISUALES	
DIRECCIÓN	POSICIÓN (X,Y,Z)
	
ESPACIO	GRAVEDAD
	

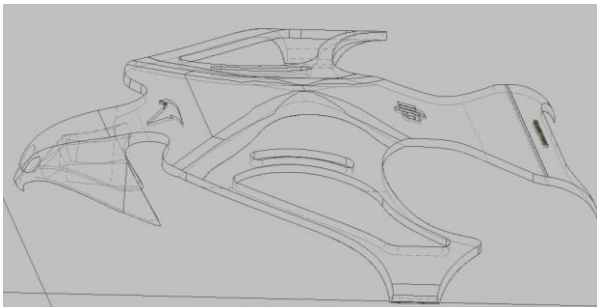

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Elementos de relación.

En relación del objeto en forma, color, textura y medida:

Tabla 4.5. Elementos de relación.

ELEMENTOS DE RELACIÓN	
MEDIDA	TEXTURA
	



ESPACIO	COLOR
	

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Elementos prácticos.

En relación cromática, función, representación y significado:

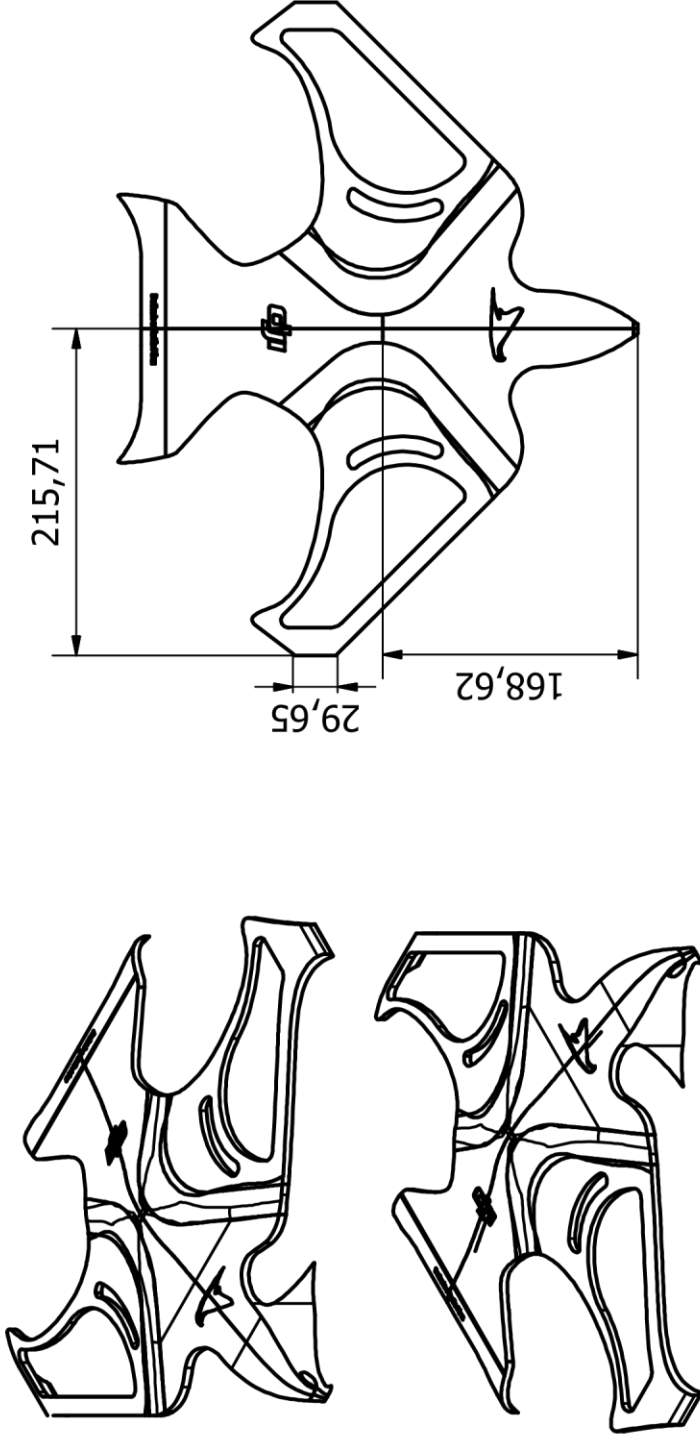
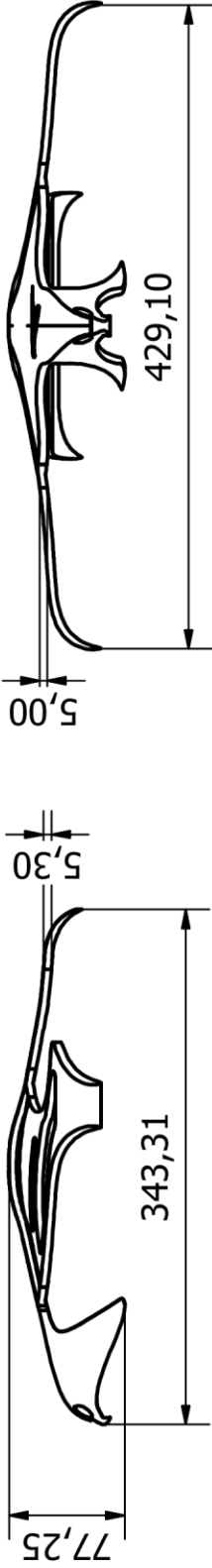
Tabla 4.6. Elementos prácticos.


ELEMENTOS PRÁCTICOS	
REPRESENTACIÓN	SIGNIFICADO
	AGILIDAD AERODINÁMICA HEGEMONÍA CONTROL MAJESTUOSO
FUNCIÓN	CRÓMATICA
Proteger y alargar la vida útil de un drone Phantom 3 Professional.	


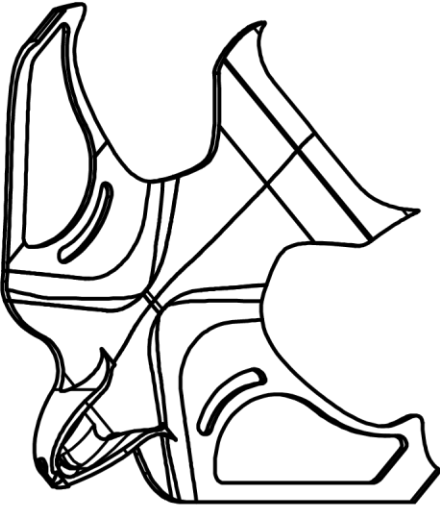
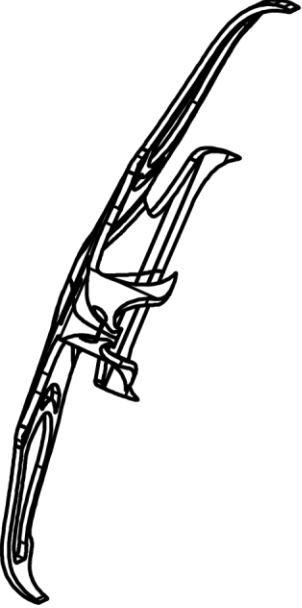
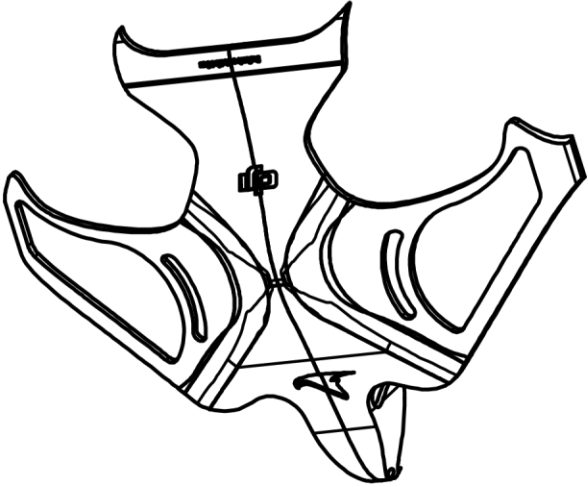

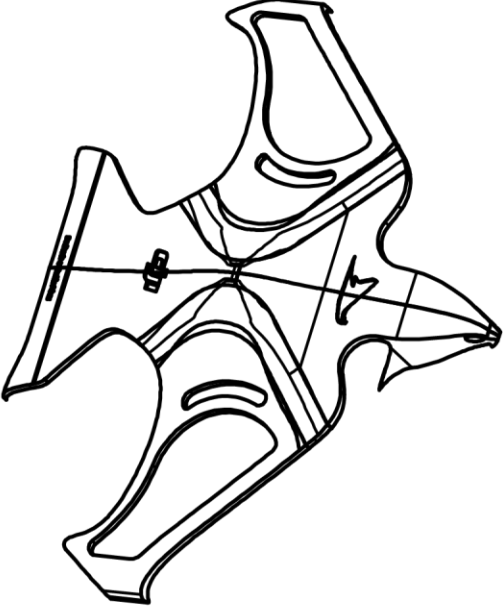

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

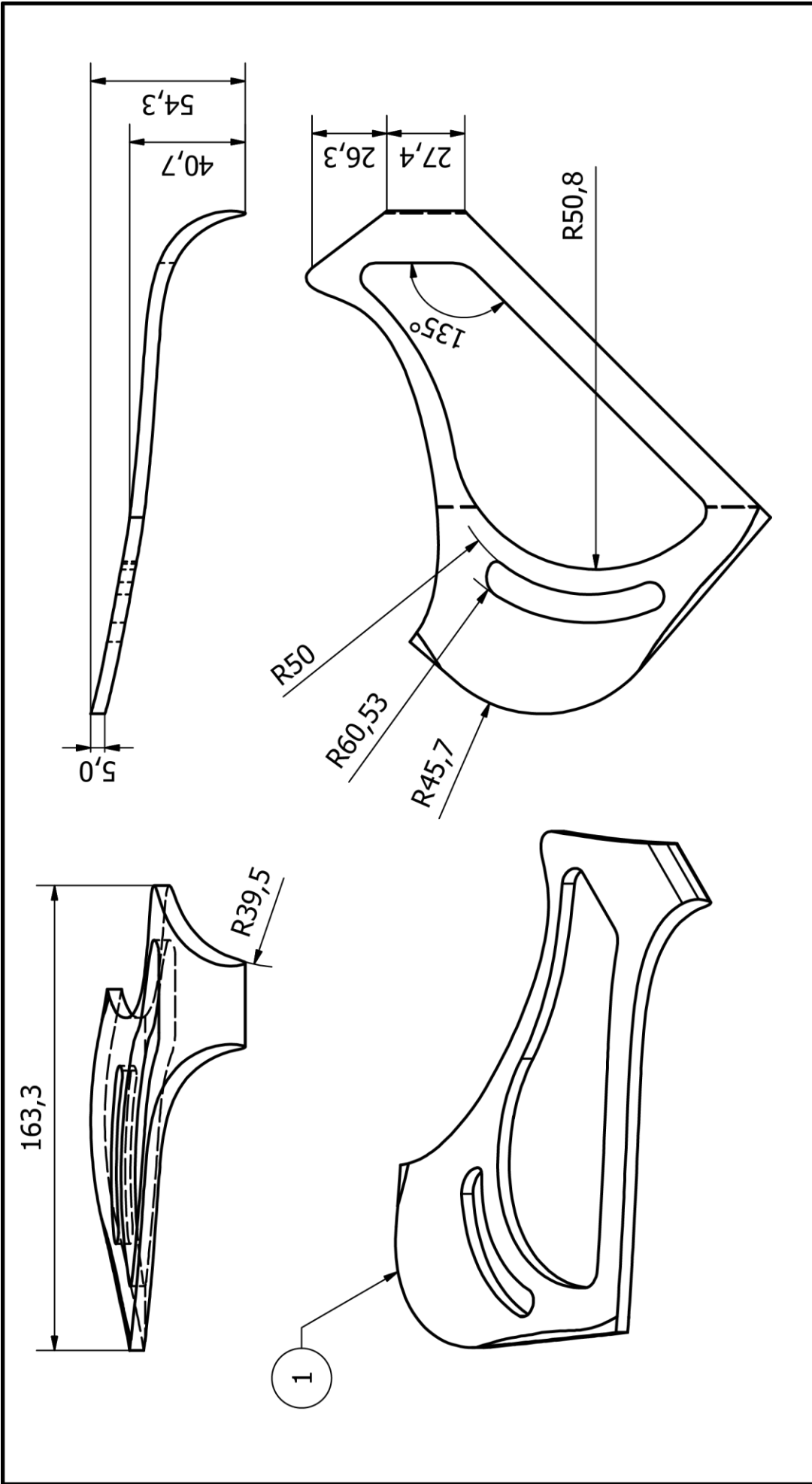
4.4.4. Planimetría.


A continuación se presenta la respectiva planimetría: vistas, axonometrías, cortes, despieces y detalles constructivos:

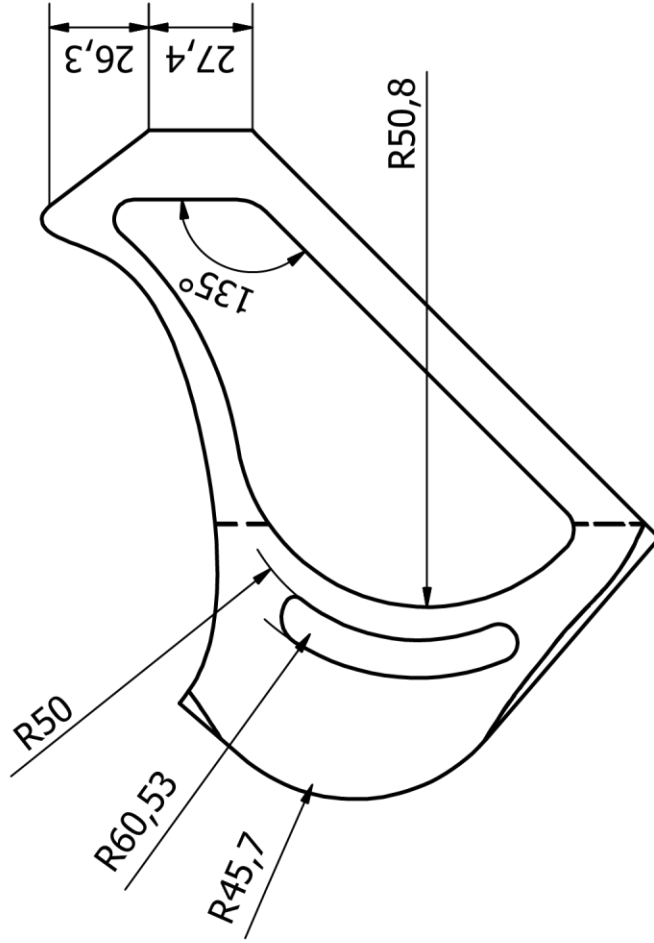
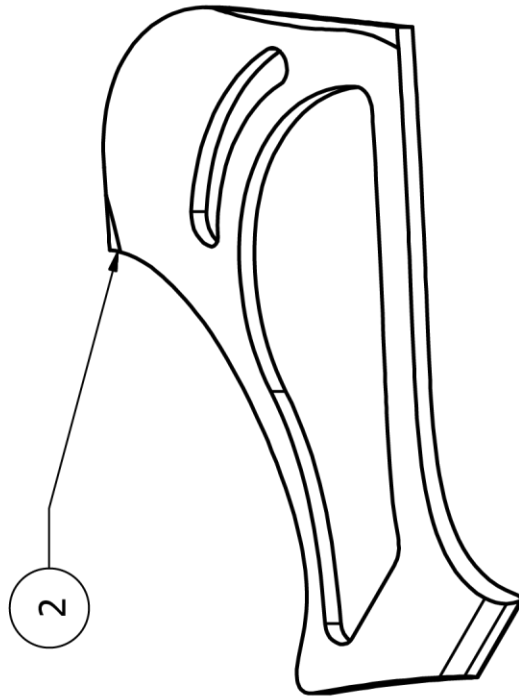
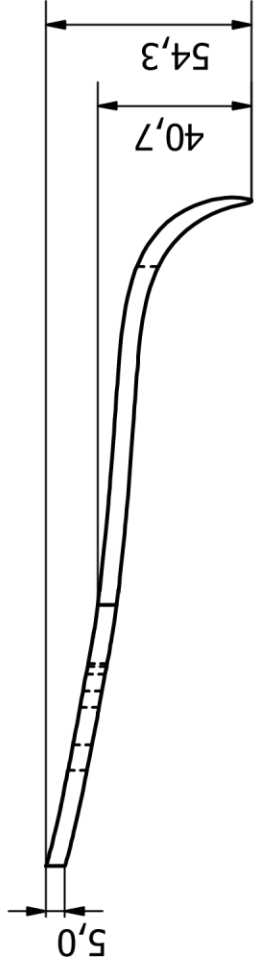
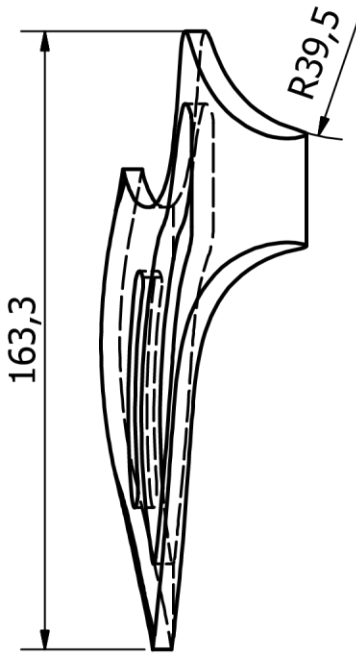



Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Carcaza
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 5	Lámina:
Especialidad: Objetos	Unidad: mm		

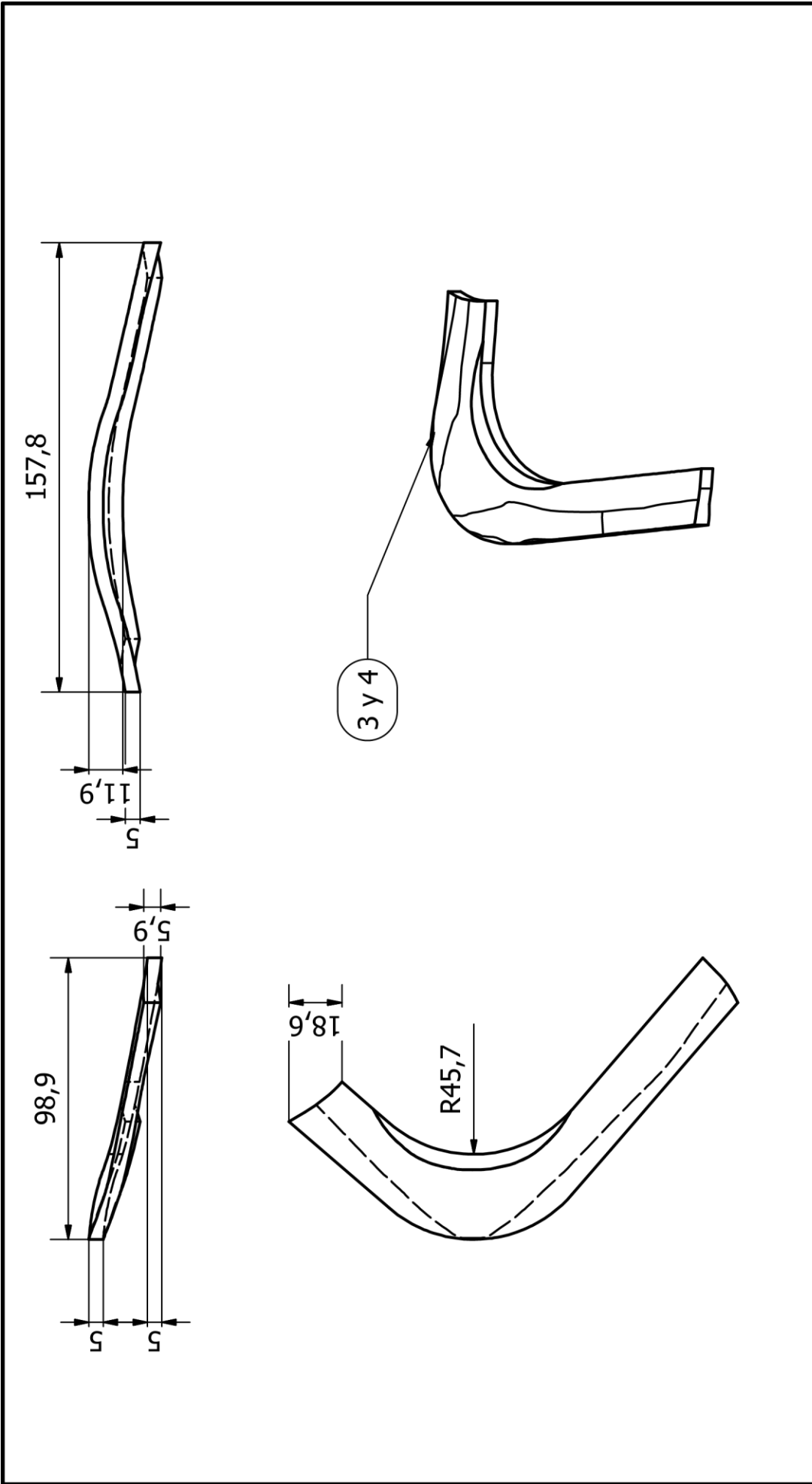
  	  	<p>Autor: Moisés Iván Pérez Palacios</p> <p>Marca: Falcon by DJI</p> <p>Facultad: Ingeniería Industrial</p>	<p>Tutor: Ing. Santiago Acurio</p> <p>Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato</p>	<p>Fecha: 28/ Enero /2016</p>  <p>PUCE Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato</p>	<p>Definición: Axonometría</p> <p>Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.</p>	<p>Modelo: F- Phantom 3 Professional</p> <p>Esc: 1: 5 Unidad: mm</p> <p>Especialidad: Objetos</p> <p>Lámina:</p>
--	---	--	--	---	---	--




Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Perfil alar A
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	 PUCE Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 2	Unidad: mm
Especialidad: Objetos			Lámina:

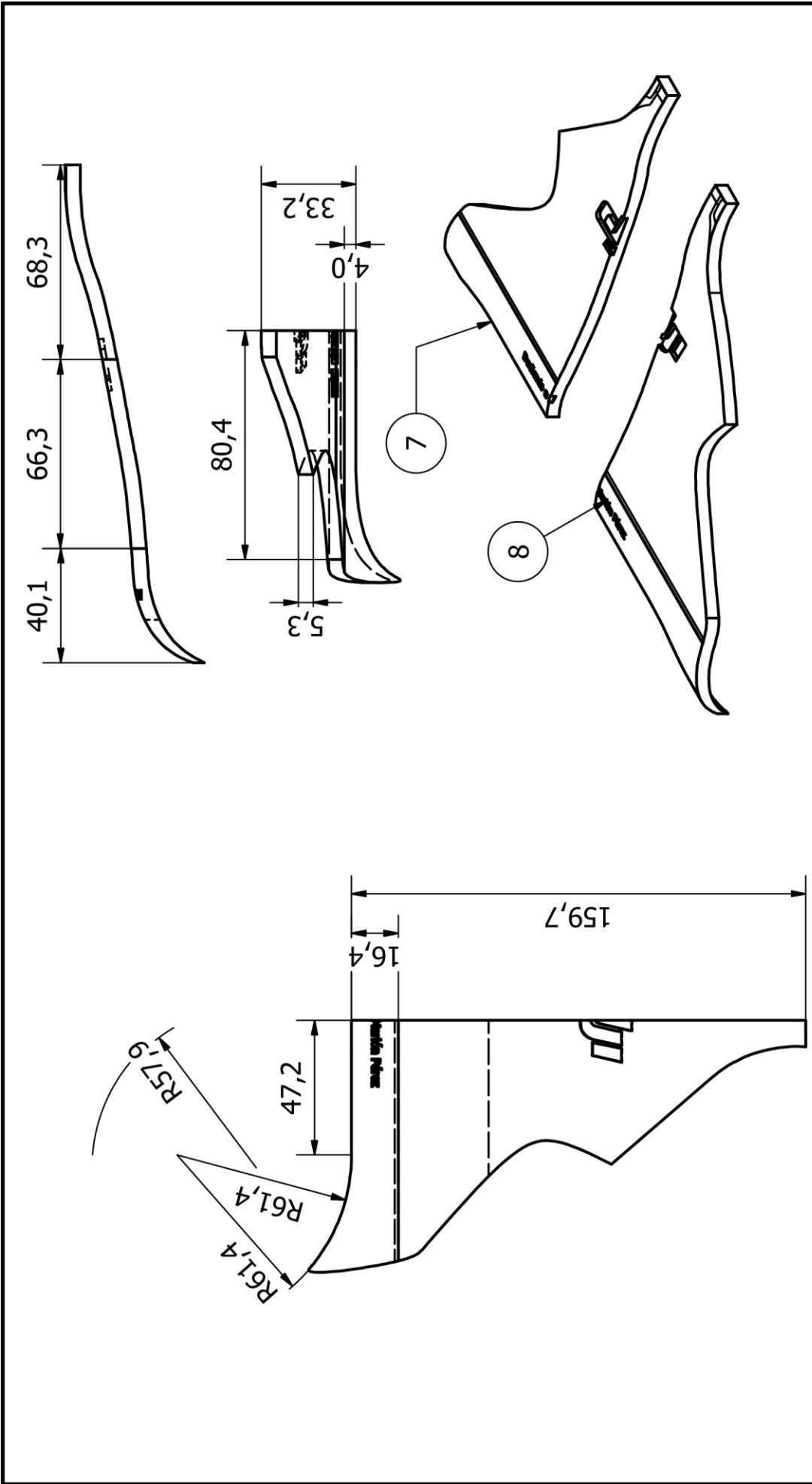



Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Perfil alar B
Marca: Falcon by DJI		Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 2	Unidad: mm Lámina:
Especialidad: Objetos			



Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Piezas C y D
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	 PUCE Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 2	Unidad: mm
Especialidad: Objetos			Lámina:

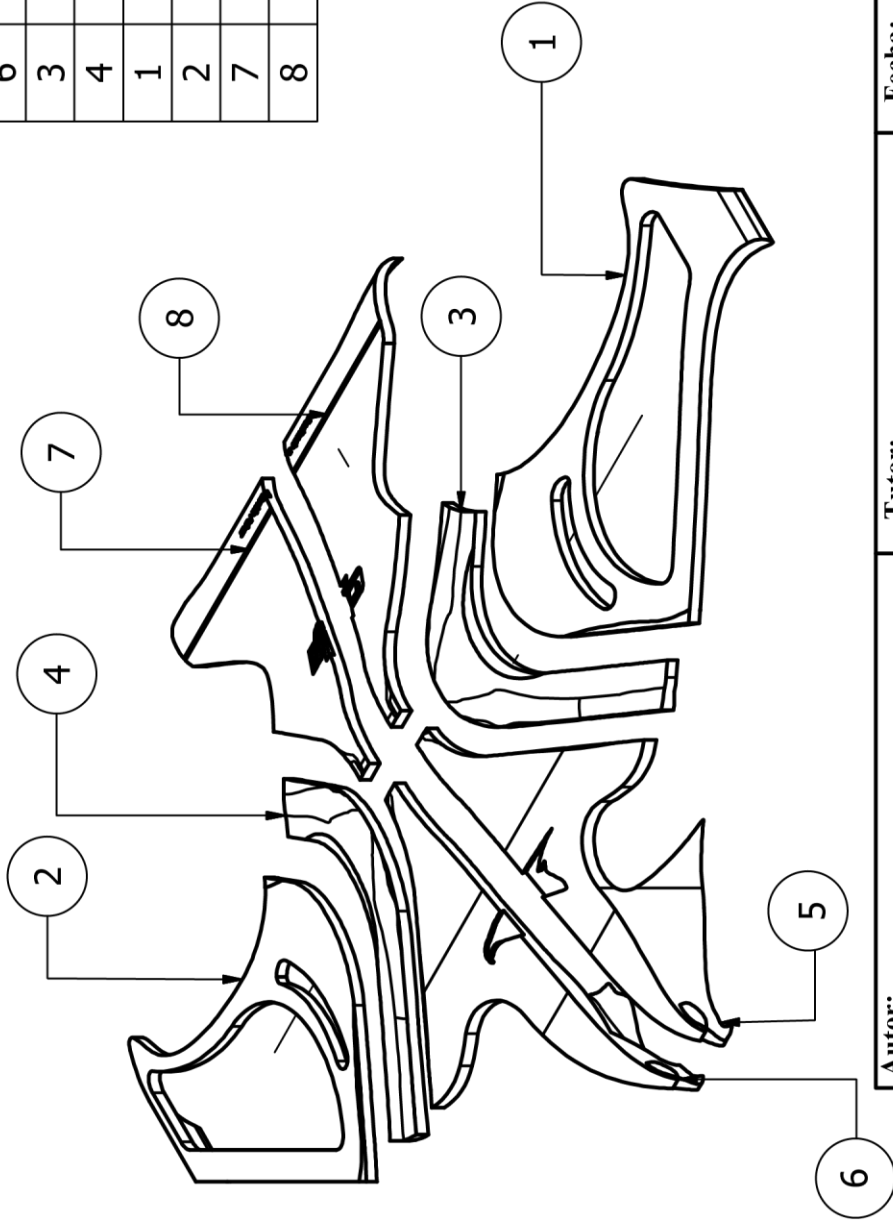
			<p>Esc: 1 : 2</p> <p>Unidad: mm</p> <p>Facultad: Ingeniería Industrial</p>	<p>Autor: Moisés Iván Pérez Palacios</p> <p>Marca: Falcon by DJI</p> <p>Especialidad: Objetos</p>	<p>Tutor: Ing. Santiago Acurio</p>	<p>Fecha: 28/ Enero /2016</p>	<p>Definición: Piezas E Y F</p> <p>Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.</p>
<p>Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato</p>							




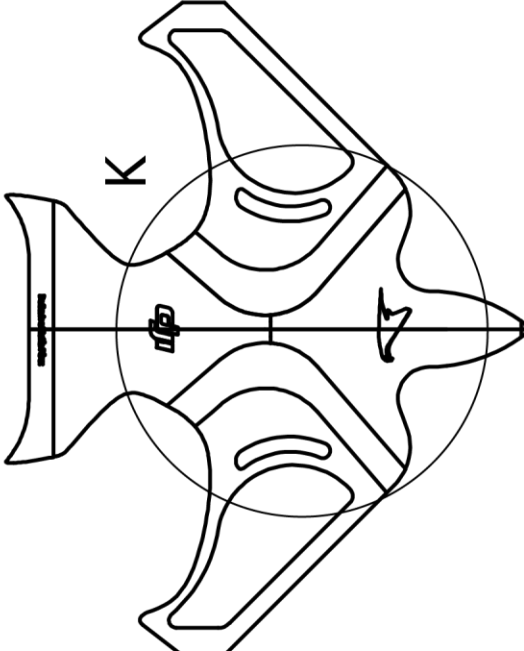
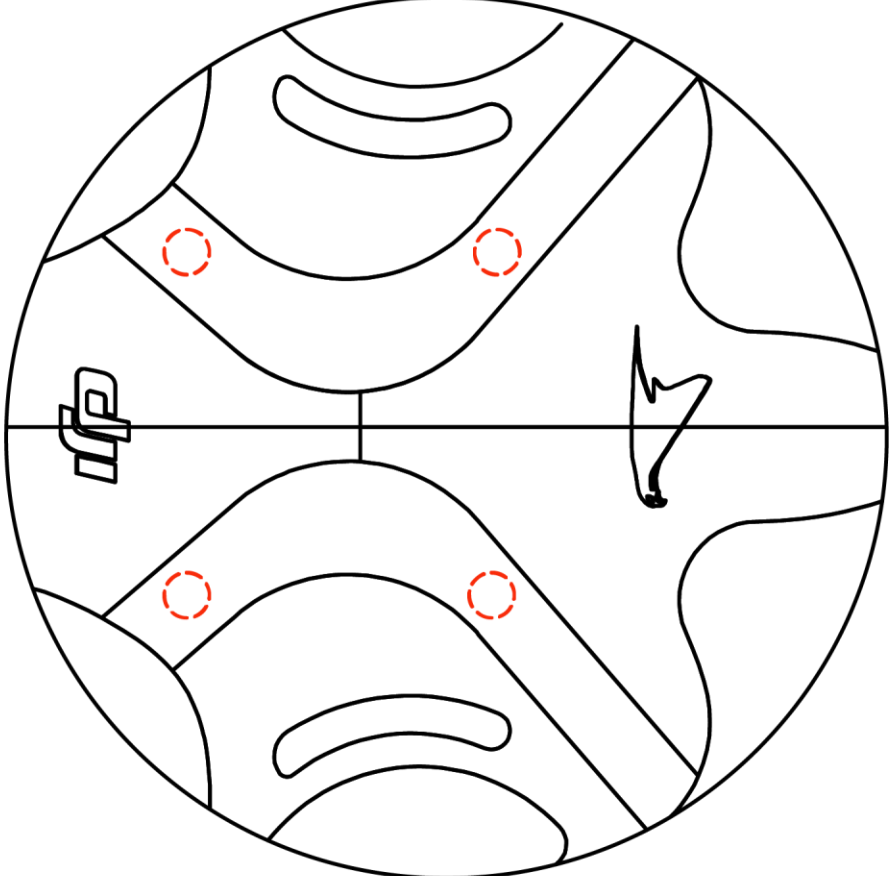



Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Piezas G y H
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 2	Unidad: mm
Especialidad: Objetos	Lámina:		

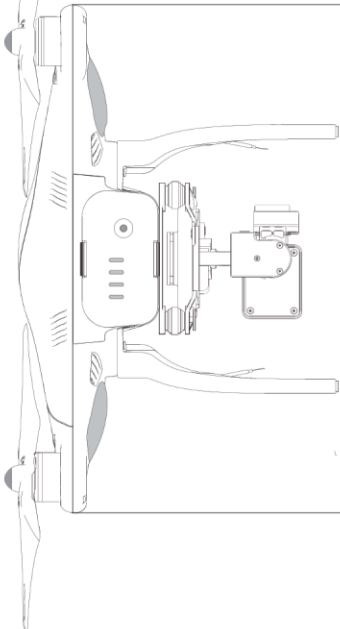
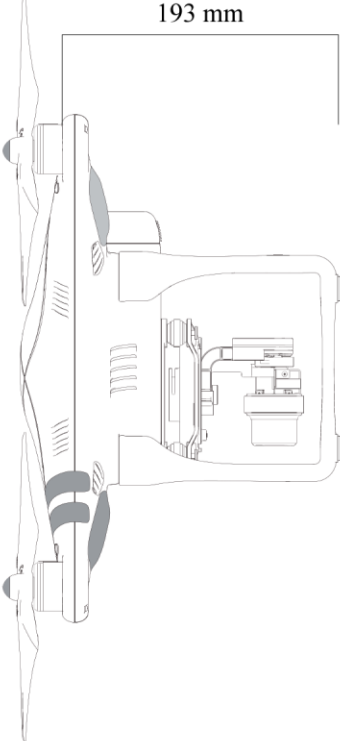
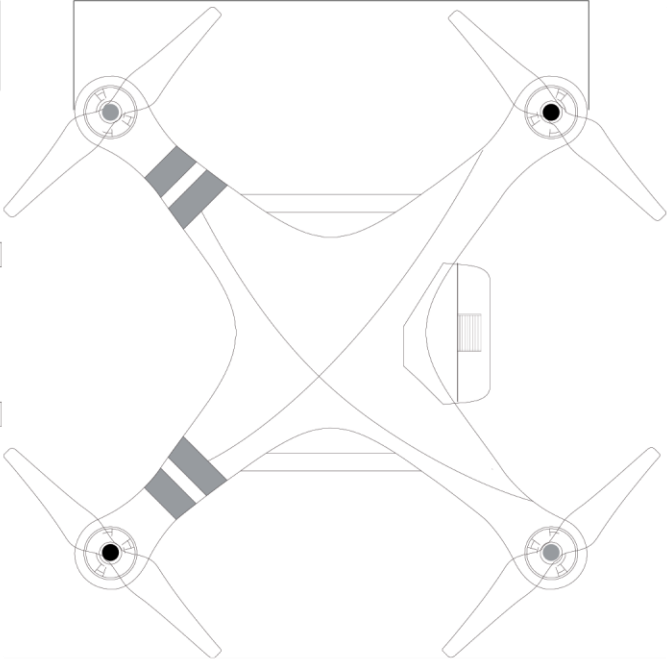

LISTA DE PARTES			
ITEM	QTY	PARTES	Observaciones
5	1	Pieza E	Color Gris
6	1	Pieza F	Color Gris
3	1	Pieza C	Color Blanco
4	1	Pieza D	Color Blanco
1	1	Pieza A	Color Gris
2	1	Pieza B	Color Gris
7	1	Pieza G	Color Amarillo
8	1	Pieza H	Color Amarillo

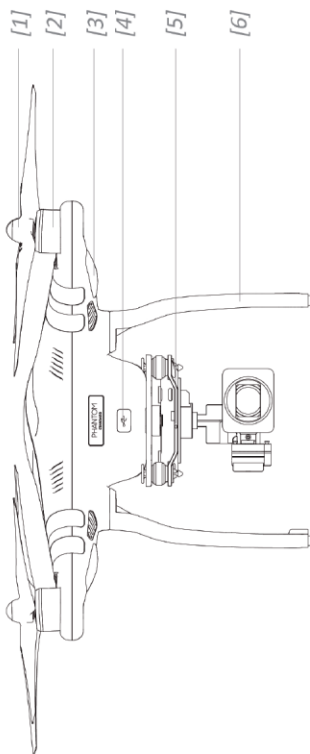
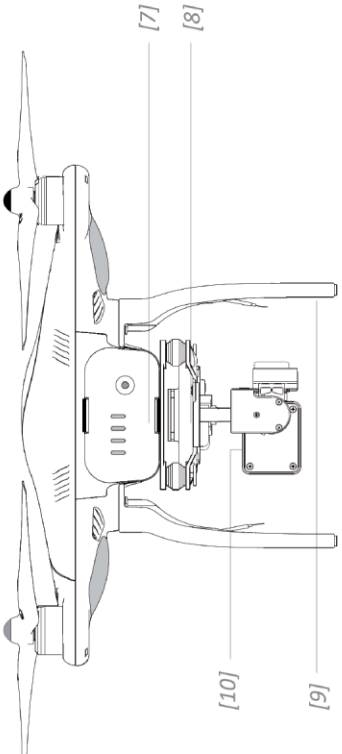
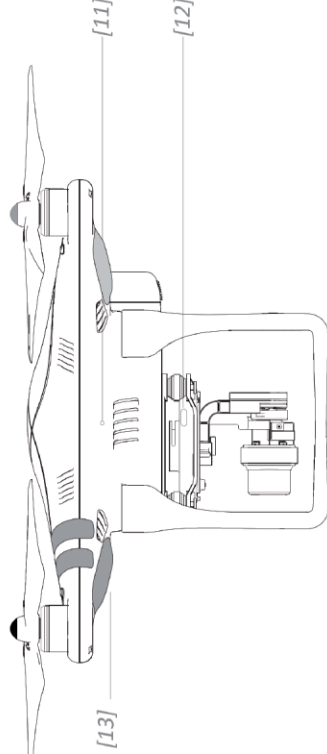

Material:
Termoplástico
ABS



Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Despiece Carcaza
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 5	Unidad: mm
Especialidad: Objetos			Lámina:

		<p style="text-align: center;">K (1 : 2)</p> <p style="text-align: center;">Imanes neodimio </p>	<p>Autor: Moisés Iván Pérez Palacios</p>	<p>Tutor: Ing. Santiago Acurio</p>	<p>Fecha: 28/ Enero /2016</p>	<p>Definición: Detalle</p>
<p>Marca: Falcon by DJI</p>	<p>Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato</p>	<p>Esc: 1: 5 Unidad: mm</p>		<p>Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.</p>	<p>Modelo: F- Phantom 3 Professional</p>	<p>Definición: Detalle</p>
<p>Facultad: Ingeniería Industrial</p>	<p>Especialidad: Objetos</p>	<p>Modelo: F- Phantom 3 Professional</p>		<p>Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.</p>	<p>Unidad: mm</p>	<p>Lámina:</p>

 <p>290 mm</p>	 <p>193 mm</p>	 <p>290 mm</p>	Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Drone Vistas
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 5 Unidad: mm	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.	Lámina:
Facultad: Ingeniería Industrial	Especialidad: Objetos					

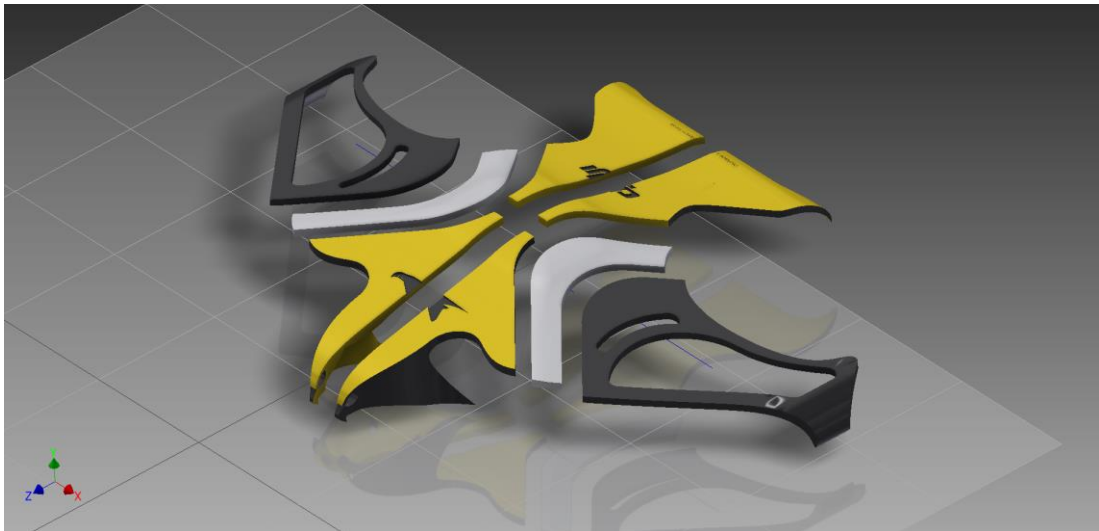
 <p>[1] Hélices [2] Motores [3] Indicador LED delantero [4] Puerto MicroUSB de la aeronave [5] Indicador de estado de la cámara [6] Tren de aterrizaje</p>	 <p>[7] Batería de vuelo inteligente [8] Gimbal y cámara [9] Antenas [10] Ranura para tarjeta MicroSD de la cámara</p>	 <p>[11] Botón de vinculación [12] Puerto MicroUSB de la cámara [13] Indicador de estado de la aeronave</p>	Definición: Diagrama componentes	Fecha: 28/ Enero /2016	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Autor: Moisés Iván Pérez Palacios	Tutor: Ing. Santiago Acurio	Fecha: 28/ Enero /2016	Definición: Diagrama componentes	Fecha: 28/ Enero /2016	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Marca: Falcon by DJI	Institución: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		Definición: Diagrama componentes	Fecha: 28/ Enero /2016	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Facultad: Ingeniería Industrial	Modelo: F- Phantom 3 Professional	Esc: 1: 5	Definición: Diagrama componentes	Fecha: 28/ Enero /2016	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.
Especialidad: Objetos	Unidad: mm	Unidad: mm	Definición: Diagrama componentes	Fecha: 28/ Enero /2016	Línea: Polímeros ABS/ Dji Products.

4.5. Prototipo físico y/o virtual.

Modelado 3d.

El modelado asistido por software se hizo en el programa Autocad Inventor Professional 2014. La forma y dimensiones de las piezas están modeladas acorde a las limitaciones del servicio de la impresora 3d; también se considera patrones de forma fáciles de replicar para la producción en masa.

Figura 4.14. Despiece para producción en masa.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

La carcasa está diseñada en función de las dimensiones del Phantom 3 Professional.

Figura 4.15. Prototipo, Modelo monocromático.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Figura 4.16. Prototipo, Modelo tricromático.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

La carcasa se adapta al drone mediante pequeños imanes de neodimio, lo suficientemente fuertes para adherirse de manera firme al drone, sin embargo para aislar su potencia se encuentran recubiertos por cuero para evitar que se incruste de tal forma que dañe al drone. Están ubicados en un diámetro equidistante en relación al eje de gravedad de la estructura para garantizar adherencia equitativa.

Figura 4.17. Prototipo adecuado al drone.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

La estructura protege los componentes de la humedad y el brillo solar, que tienden a desgastar progresivamente elementos como la batería (de los fluidos y el sobrecalentamiento), los circuitos de comunicación GPS y GLONASS, incluyendo la cámara y sus respectivos mecanismos.

Figura 4.18. Prototipo en conjunto con el drone.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El peso de la estructura es de 380 g, por lo que no excede la carga útil del equipo, que es de hasta 1,5 kg. La estructura además está diseñada de tal forma que el peso se concentra de forma equitativa y equidistante en referencia al centro de gravedad, para cuidar la estabilidad del equipo, sobre todo ante la turbulencia.

Figura 4.19. Prototipo en conjunto con el drone.



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Piezas impresas en 3d.

Las piezas impresas en 3d en material plástico ABS como material final, para el perfil alar de prueba y el prototipo de prueba fueron impresos en plástico PLC, que resulta relativamente más barato pero porcentualmente de menor calidad.

Figura 4.20. Piezas impresas



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Pintura y acabados.

Para los acabados finales se empleó esmaltes sintéticos brillantes y poliuretanos de alta resistencia, que proporcionan una textura plástica lisa.

Figura 4.21. Pintura



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Prototipo Final.**Figura 4.22. Prototipo****Elaborado por: Iván Pérez Palacios**

Las pruebas de vuelo avalan la sustentación de la estructura y el drone para el vuelo, planeo, descenso, ascenso y movimientos de alabeo (roll), movimiento de Cabeceo (pitch) y movimiento de guiñada (yam). La estabilidad es óptima.

Figura 4.23. Prototipo



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Figura 4.24. Prototipo

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Relación Objeto - Entorno.

Figura 4.25. Relación objeto – entorno semiurbano.

Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El objeto es pequeño en proporción a los ecosistemas donde se usa, el espacio que ocupa en la biosfera es comparativamente igual al tamaño del motivo gestor, el halcón.

Figura 4.26. Relación objeto – entorno Parque Nacional Llanganates



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

Relación Objeto - Sujeto.

Figura 4.27. Relación objeto – Usuario



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.6. Análisis de Costos.

Los costos se detallan a continuación, los precios incluyen solo el prototipo final como tal, la tabla no cotiza los prototipos usados como prueba.

Tabla 4.7. Tabla de Costos

TABLA DE COSTOS			
MODELO		INFORMACIÓN	
		CARCAZA PARA DRONES SERIES 3 Y 4: Phantom 3 Standard Phantom 3 Advanced Phantom 3 Professional Phantom 4	
		MARCA: DJI Falcon Concept	
TECNOLOGÍA USADA PARA DESARROLLO			
IMPRESIÓN 3D POR INYECCIÓN			
ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	Precio
FILAMENTO ABS	Termoplástico FDM	1 rollo	\$50.00
PIEZAS IMPRESAS			
PIEZAS A y B	Tiempo: 10 h 25 m	2 piezas	\$32.00
PIEZAS C y D	Tiempo: 3 h 29 m	2 piezas	\$12.00
PIEZAS E y F	Tiempo: 12 h 03 m	2 piezas	\$38.00
PIEZAS G y H	Tiempo: 2 h 35 m	2 piezas	\$10.00
ACABADOS			
Servicio de acabado artesanal	Pintura usada: Esmaltes sintéticos brillantes. Poliuretano de alta resistencia	Horas trabajo (5 h)	\$50.00
MECANISMO DE SUJECCIÓN / ACOPLES			
Imanes de Neodimio	Imanes de 4 mm de radio	4 unidades	\$ 6.25
COSTOS INDIRECTOS			
Diseño	Diseño y pruebas del modelo	Horas trabajo (4 h)	\$60.00
Logística	Transporte, combustible, peajes.	Aplicado x 5 meses	\$54.00
TOTAL			\$ 312.25

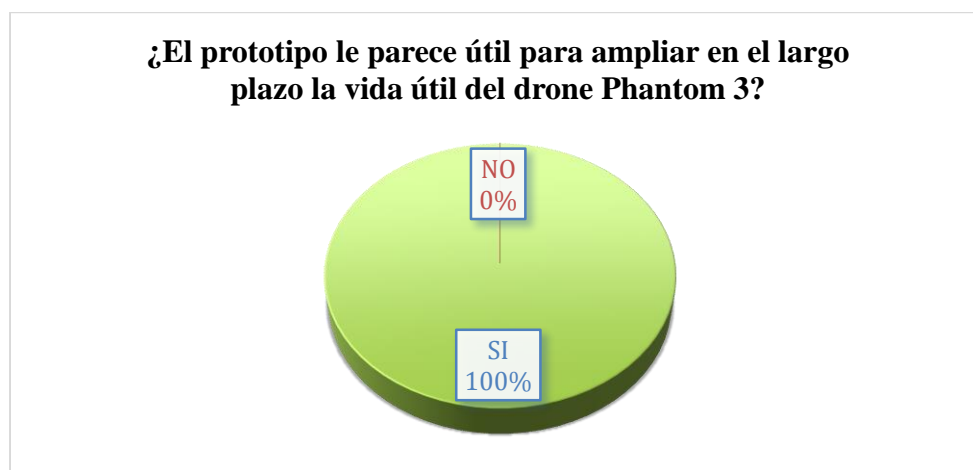
Elaborado por: Iván Pérez Palacios

4.7. Evaluación de la propuesta.

La evaluación de la propuesta fue realizada mediante pruebas de vuelo y encuestas dirigidas a los 24 gestores ambientales responsables a cargo del manejo del Parque Llanganates. Los respectivos certificados se pueden apreciar en los anexos 2, 3, y 4.

Pregunta 1. ¿El prototipo es útil para alargar la vida útil del drone Phantom 3?

Figura 4.28. Pregunta 1



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El total de las 24 personas encuestadas considera que el prototipo es capaz de prolongar la vida útil del equipo drone, pues lo consideran como una carcasa útil ante la humedad y el brillo solar que desgastan progresivamente los componentes del equipo.

Pregunta 2. ¿El diseño es adecuado para la biosfera del Parque Nacional Llanganates?

Figura 4.29. Pregunta 2



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El total de las 24 personas encuestadas considera que el diseño del prototipo es adecuado, considerando los patrones de vida silvestre en las zonas.

Pregunta 3. ¿El diseño es sustentable?

Figura 4.30. Pregunta 3



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El total de las 24 personas encuestadas considera que el diseño es sustentable pues consideran que la carcasa cumple con los parámetros para adecuarse a la morfología del dron, no excede la carga útil y no obstruye el servicio de GPS / GLONASS.

Pregunta 4. ¿El diseño ayuda a proteger de las condiciones biofísicas de las zonas?

Figura 4.31. Pregunta 4



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El total de las 24 personas encuestadas considera que el diseño protege de las condiciones biofísicas presentes en la zona.

Pregunta 5. ¿El proyecto de investigación tiene trascendencia y valor para los fines de investigación y monitoreo?

Figura 4.32. Pregunta 5



Elaborado por: Iván Pérez Palacios

El total de las 24 personas encuestadas considera que el proyecto se adecua a las necesidades del Parque, ya que al implementar la carcasa permite al drone integrarse con la flora y fauna del lugar. Permite monitorear a la vida silvestre del lugar sin riesgos.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- De las consideraciones y necesidades obtenidas al aplicar las herramientas de investigación (fichas de observación y entrevistas), se desarrolla una estructura para un dron, que tiene en cuenta las limitaciones y oportunidades en relación a morfología y funcionamiento. La estructura diseñada es idónea y no limita las capacidades y funciones del equipo; se respeta la morfología estándar del dron.
- El análisis de las especificaciones técnicas, prestaciones y morfología de los drones con mejores valoraciones en el mercado nacional, permite elegir un equipo idóneo para la adecuación correcta de la estructura que se quiere incorporar y bajo las condiciones en las cuales se quiere integrar al dron. El modelo escogido ante el análisis es el Phantom 3 Professional.
- El estudio de los patrones morfológicos más comunes de la fauna en la biosfera del Parque Nacional Llanganates, en particular el estudio de la forma de especies de aves endémicas del lugar, permite analizar y establecer la conformación formal del prototipo en función al ecosistema, al tener como motivo gestor el halcón andino.

Recomendaciones

- Es imprescindible conocer las variables sobre la biofísica del Parque Nacional Llanganates, en especial sobre el clima, que a pesar de estar sujeto a medición periódicamente por investigadores e instituciones encargadas de dichas actividades, la información es relativa y se sujeta a cambios, de ahí la importancia de las experimentaciones de campo en las zonas.
- Se recomienda estudiar el impacto de drones específicamente sobre aves en el Parque Nacional Llanganates, pues son animales que tienden a atacar a drones por estar en su medio.
- En caso de querer mejorar este proyecto, es recomendable construir un dron propio, con una carcasa en correlación de los mecanismos, para tener una mejor manipulación de los instrumentos y una estructura en relación a los componentes.
- Los costos están evaluados en base a un prototipo impreso en 3D con filamento ABS, en caso de producirse en masa, es recomendable usar una matriz y evaluar el uso del plástico a inyección, lo cual permitirá disminuir los costos de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

- Báez y Pérez de Tudela, Juan. *Investigación Cualitativa (Segunda Ed.)*. Madrid: ESIC Editorial, 2009.
- Baichtal, John. *Building Your Own Drones: A Beginners' Guide to Drones, UAVs, and ROVs*. Indianapolis, Indiana: Que Publishing, 2015.
- Berchon, Mathilde & Luyt, Bertier. *La Impresión 3D. Guía definitiva para makers, diseñadores, estudiantes, profesionales, artistas y manitas en general*. Barcelona: Gustavo Gili, 2016.
- Billmeyer, Fred. *Ciencia de los Polímeros*. Barcelona: Editorial Reverté, 1974.
- Bilurbina, Luis & Liesa, Francisco. *Materiales no metálicos resistentes a la corrosión*. Barcelona: Marcombo, S. A., 1990.
- Callister, William D. *Introducción a la ciencia e Ingeniería de los materiales, Volumen 2*. Barcelona: Editorial Reverté., 1996.
- Campbell, Donald & Stanley, Julian. *Diseños experimentales y cuasiexperimentales en la investigación social*. Buenos Aires: Amorrortu Editores S.A., 2005.
- Çengel, Yunus & Cimbala John. *Mécanica de Fluidos. Fundamentos y Aplicaciones (Segunda Ed.)*. México D.F.: McGraw-Hill, 2010.
- Cornish, María. *El ABC de los plásticos*. México, D.F.: Universidad Iberoamericana, 1997.
- Crespo Martínez, Antonio. *Mecánica de fluidos*. Madrid: Paraninfo, S.A., 2006.
- Dirección General de Aviación Civil. «Resolución N° 251.» Quito - Ecuador, 17 de Septiembre de 2015.

- Eyssautier de la Mora, Maurice. *Investigación de Mercados: enfoques, sistemas, información, procesos y proyectos*. México D.F.: Editorial Trillas, 2006.
- Gordillo, Óscar. *Compendio de Mamíferos de la Fauna del Ecuador*. Ambato: Imprenta Universitaria Universidad Técnica de Ambato., 2002.
- Groover, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas*. Mexico D.F.: Prentice - Hall Hispanoamericana S.A., 1997.
- Guevara, Cecilia. «Drones surcando el cielo.» *El Universo*, 22 de Octubre de 2015: 13.
- Hernández Sampieri, Roberto, y Carlos & Baptista, Pilar. Fernández Collado. *Metodología de la Investigación (Sexta Ed.)*. México D.F.: Mc Graw Hill Educación., 2014.
- Hodgson, Jarrod C. «ScienceDirect.» *ScienceDirect*. 23 de Mayo de 2016. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982216303189>.
- Isidoro Carmona, Aníbal. *Aerodinámica y Actuaciones del Avión (13ª edición.)*. Madrid: Paraninfo, S.A., 2015.
- Izurieta, X., y Espíndola F. *Proyecto: "Estrategia de Conservación y Designación de Humedales Altoandinos Prioritarios en el Complejo Ecorregional de los Andes del Norte" Llanganati*. Quito - Ecuador: Ecopar, 2008.
- Kreps, Sarah. *Drones. What Everyone needs to know*. New York: Oxford University Press, 2016.
- Lipson, Hod & Kurman, Melba. *Fabricated: The New World of 3D Printing*. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2013.

Mesa, Violeta & Izquierdo, Lidia. «Los Drones. Su aplicación en el mundo de la comunicación.» Universidad de la Laguna. *Los Drones. Su aplicación en el mundo de la comunicación*. San Cristóbal de La Laguna - España, 2015.

Micallef, Joe. *Beginning Design for 3D Printing*. California: Apress, 2015.

Ministerio del Ambiente de Ecuador. «Plan de Manejo Parque Nacional Llanganates.» Recopilado por Willam Zury R., Laura Altamirano, Gonzalo Aguirre, Nelson Chuquín Kléver Campoverde S. 2013.

Miravete, Antonio. *Los nuevos Materiales en la Construcción*. Barcelona: Editorial Reverté S.A., 1995.

Mott, Robert L. *Mecánica de fluidos (Sexta Edición)*. México D.F.: Prentice Hall, Inc., 2006.

Munari, Bruno. *¿Cómo nacen los objetos?. Apuntes para una metodología proyectual*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili S.A., 1981.

Muñoz, Miguel Ángel. «Manual de Vuelo.» *Manual de Vuelo*. s.f. <http://www.manualvuelo.com/ZIPS/Manual%20de%20vuelo.pdf> (último acceso: 15 de Enero de 2017).

Orna Chávez, Javier Enrique & Dávila Aldás, Paúl Sebastián. «Diseño, construcción y control de un hexacóptero de monitoreo.» Escuela Politécnica Nacional. *Diseño, construcción y control de un hexacóptero de monitoreo*. Quito, Pichincha, 2015.

Ortiz, A & Morales, M. *Evaluaciones Ecológicas Rápidas de la Herpetofauna en el Parque Nacional Llanganates*. Quito - Ecuador: EcoCiencia, 1999.

Paneque Gálvez, Jaime. «Mdpi.» *Mdpi*. Junio de 2014. <http://www.mdpi.com/1999-4907/5/6/1481/htm> (último acceso: Noviembre de 2016).

Patzelt, Erwin. *Fauna del Ecuador*. Quito - Ecuador: Las Casas, 1978.

Real de León, Roberto. *Construcción de la forma: redes geométricas y poliédricas*. México: Editorial Trillas, 2003.

Rodríguez Morales, Luis. *Diseño: estrategia y táctica*. México D.F.: Siglo XXI, 2004.

Rodríguez, A., Negro J., Mulero M., Rodríguez C., Hernández J., Bustamante, J. «Plos One.» *Plos One*. 11 de Diciembre de 2012. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0050336#pone.0050336.s002> (último acceso: Octubre de 2016).

Romoleroux, Katya, Daysi Cárate Tandalla, Ralf Erler, y Hugo. Navarrete. *Plantas Vasculares de los Bosques de Polylepis en los páramos de Oyacachi*. Quito: Centro de Publicaciones Pontificia Universidad Católica del Ecuador., 2016.

Sapag Puelma, José Manuel. *Evaluación de proyectos : guía de ejercicios problemas y soluciones (Tercera Ed.)*. Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, 2007.

Schmid, Steven R. & Kalpakjian, Serope. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Mexico D.F.: Prentice - Hall Inc., 2001.

Springer, Paul. *Military Robots and Drones: a Reference Handbook*. Santa Barbara, California.: ABC - CLIO, 2013.

Tirira, Diego. (Ed.). *Libro Rojo de los Mamíferos del Ecuador*. Quito: SIMBIOE/EcoCiencia/Ministerio del Ambiente/. UICN. Serie Libros Rojos del Ecuador, Tomo 1. Publicaciones Especial Sobre los Mamíferos del Ecuador 4., 2001.

Vaz - Ferreira, Raúl. «Etología: El estudio biológico del comportamiento animal.» Universidad de la República de Montevideo. *Etología: El estudio biológico del comportamiento animal*. Montevideo, 1984.

Vázquez, M.A, M. Larrea y L. Suárez (Eds.). *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates: un reporte de las evaluaciones ecológicas y socioeconómicas rápidas*. Quito: EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, Herbario Nacional del Ecuador, Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales e Instituto Internacional de Reconstrucción Rural., 2000.

Vélez Salazar, Jonathan Samuel. «Diseño y simulación aerodinámica y estructural de un vehículo aéreo no tripulado.» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Extensión Latacunga. *Diseño y simulación aerodinámica y estructural de un vehículo aéreo no tripulado*. Latacunga, Cotopaxi, 2015.

Wong, Wucius. *Fundamentos del Diseño*. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2012.

Završnik, Aleš (Ed.). *Drones and Unmanned Aerial Systems. Legal and Social implications for Security and Surveillance*. Eslovenia: Springer International Publishing Switzerland, 2016.

ANEXOS

ANEXO I. ENTREVISTA

Objetivo: Conocer la factibilidad en términos convergentes al uso de un equipo aeronáutico en el Parque Nacional Llanganates, su impacto en la fauna y su real utilidad en función a necesidades de las personas involucradas en la Reserva.

Cargo: _____

Fecha: _____

Observaciones: _____

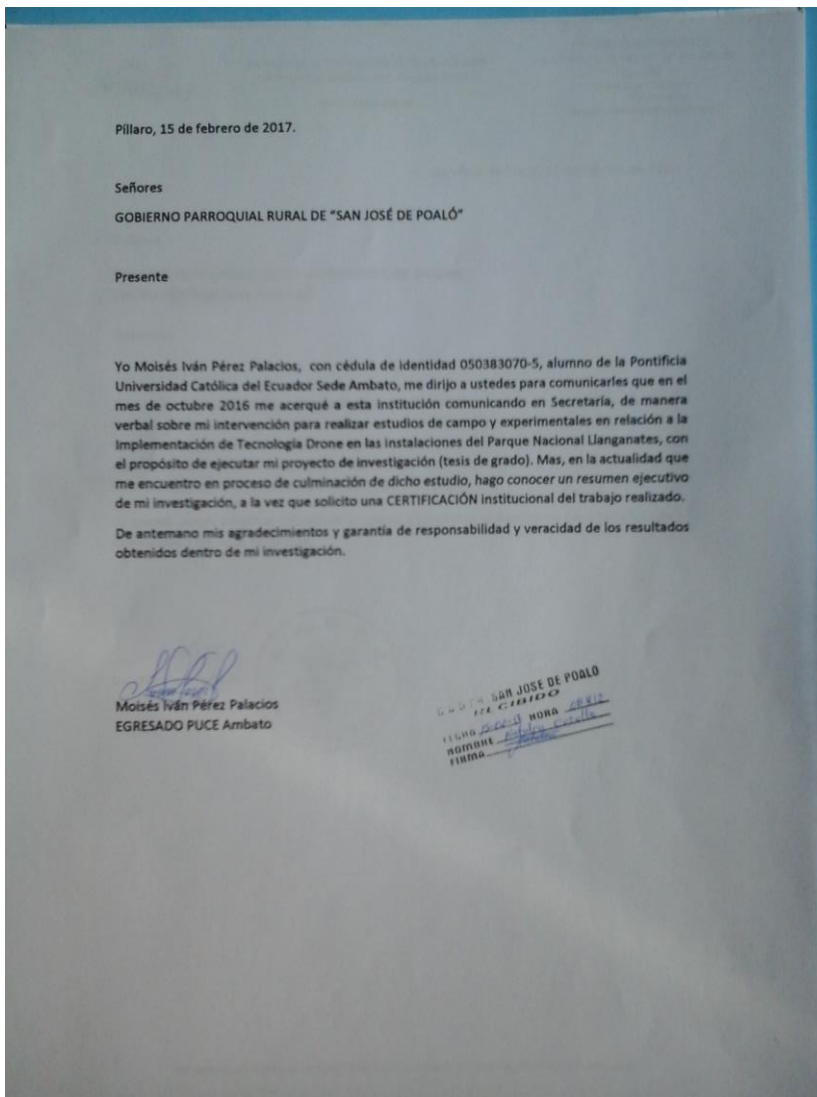
Indicaciones Generales:

Lea atentamente la pregunta y conteste.



Encierre en un círculo la respuesta que usted considere pertinente.

1. ¿Cuáles son las áreas consideradas en riesgo, esto en términos de explotación de recursos de fauna y flora: caza y pesca ilegal, deforestación, quema, pastoreo, etc.?
2. ¿Cuáles son las comunidades que viven en alrededor de las zonas de riesgo?
3. ¿En qué forma intervienen estas comunidades con los objetivos de conservación del Parque Nacional Llanganates?
4. Dentro de las actividades que representan sus objetivos con el parque ¿cuáles de ellas necesitan de drones para optimizar o facilitar los resultados?
5. ¿Cuentan actualmente con algún Drone?
6. ¿De contar con un drone cuál ha sido la experiencia de usuario que ha tenido con el equipo?
7. ¿Cuáles son las características biofísicas en el Parque Nacional Llanganates?
8. Bajo estas condiciones ¿qué tan factible es manejar un drone en las áreas? ¿Cuáles son las complicaciones más frecuentes al momento de pilotear un drone?
9. Dentro de la delimitación física del parque ¿existen animales, particularmente aves, que resulten agresivos o altamente territoriales que pueden atacar al equipo? ¿cuáles son?, ¿Cuáles son las áreas que habitan?
10. ¿Cuáles son las características que como usuarios y beneficiarios del presente proyecto, priorizan para un drone?

ANEXO II. SOLICITUD DE PERMISO



ANEXO III. CERTIFICADO

 GOBIERNO NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR	GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL SAN JOSÉ DE POALÓ 	CONSTITUCION POLITICA ART. 228 / LEY EC. OF. N° 193 DEL 27 - X - 2000 Teléfono: (03) 2763009 0999294048 jpsanzosepoalo@hotmail.com
---	--	--

**GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO
PARROQUIAL RURAL SAN JOSÉ DE POALÓ**

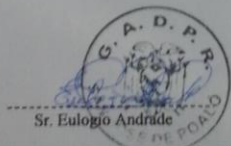
San José de Poaló, 21 de febrero del 2017

Yo, Eulogio Ladislao Andrade Gamboa, en calidad de Presidente del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de San José de Poaló, perteneciente al Cantón Santiago de Pillaro de la provincia de Tungurahua en legal y debida forma;

CERTIFICO:


Qué, el Sr. MOISÉS IVÁN PÉREZ PALACIOS, portador de la cédula de ciudadanía N° 050383070-5, egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador - Sede Ambato, realizó estudios investigativos en nuestra jurisdicción parroquial, en lo que comprende el Parque Nacional Llanganates, desde el mes de octubre del 2016 hasta febrero del presente año. Dado que sus estudios se relacionan con la Implementación de Tecnología Drone y complementos en el área del Parque, esto será de gran utilidad para nuestros sectores.

Atentamente,


 Sr. Eulogio Andrade


**PRESIDENTE DEL GOBIERNO PARROQUIAL
SAN JOSE DE POALO**

ANEXO IV. VALIDACIÓN

 GOBIERNO AUTÓNOMO DE Scentralizado
PARROQUIAL RURAL SAN JOSÉ DE POALÓ
RUC 1865016670001

CONSTITUCION POLITICA
ART. 228 / LEY RG. OF. N° 193 DEL 27 -
X - 2000
Telefax: (05) 2768009
0999254849
jpsanjosedepalo@hotmail.com

San José de Poaló, 21 de febrero de 2017.

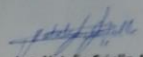
Señores

Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato
Facultad de Ingeniería Industrial

Presente.-

Por medio de la presente, yo Natalia Paulina Criollo certifico y valido el contenido, pruebas de vuelo y resultados de los estudios y propuestas cumplidos con propósitos investigativos en las instalaciones del Parque Nacional Llanganates, por parte del Sr. Moisés Iván Pérez Palacios realizadas desde octubre de 2016 a febrero de 2017, en relación a la implementación de Tecnología Drone y complementos en las áreas del Parque.

Es cuanto puedo certificar reiterando el apoyo a proyectos universitarios para beneficio de la comunidad y del Área Protegida.


Ing. Natalia Criollo A.
C.I. 180325002-4

