



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE  TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ESPACIALES

**CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN
MOTORES**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE TECNÓLOGO EN MECÁNICA AERONÁUTICA
MENCIÓN MOTORES**

**TEMA “IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE FPV CON
TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL PARA LA
CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE
GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”**

AUTOR: CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO

DIRECTOR: TLGO. VALENCIA, JOHNATAN

LATACUNGA

2016

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE FPV CON TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**” realizado por el señor **CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, Noviembre de 2016

Tlgo. Johnatan Valencia
Director



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO**, con cedula de identidad N° 1722591672-2, declaro que este trabajo de **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE FPV CON TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”** ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, Noviembre de 2016

CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO
C.C. 1722591672



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA MENCIÓN MOTORES

AUTORIZACIÓN

Yo, ***CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO***, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “***IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE FPV CON TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS***” cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad.

Latacunga, Noviembre de 2016

CALUPIÑA GÁLVEZ, LUIS RAMIRO
C.C. 1722591672

DEDICATORIA

A esa mujer que a pesar de las vicisitudes de la vida ha estado siempre a mi lado con su apoyo incondicional ayudándome a alcanzar las metas propuestas, que a pesar de los problemas no me ha abandonado y a la cual siempre la tengo presente. A mis Padres que han sido el pilar fundamental para alcanzar este propósito y muchos más que vendrán con los años.

A aquellos amigos que estuvieron en este cortó camino presentes con su amistad que supieron brindar su confianza y apoyo sin esperar nada a cambio, aunque no fueron muchos, pero si fueron los mejores. A los docentes que supieron formar de una manera holística, impartiendo una educación académica y personal.

Luis Ramiro Calupiña Gálvez

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme guiado y cuidado en este camino emprendido y que me guiara en los que se emprenderán.

A Pame A. a quien le debo mucho de lo alcanzado y lo mucho que vendrá porque formo un hombre de bien.

A mis Padres por su entrega y ejemplo que me han enseñado que la vida es de sacrificios y esfuerzos.

A todos mis amigos, que durante tres años han marcado mi vida y que junto a ellos se ha compartido grandes experiencias inolvidables de la juventud y que se compartirán muchas más profesionales o personales.

Gracias a todas las personas que pusieron el hombro para la culminación del presente trabajo, que se convirtieron en un eje fundamental.

Luis Ramiro Calupiña Gálvez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN.....	I
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	II
AUTORIZACIÓN	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI

CAPÍTULO I

TEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación e importancia.....	2
1.4 Objetivos: Generales y específicos	3
1.4.1 Objetivo general.....	3
1.4.2 Objetivos específicos	4
1.5 Alcance.....	4

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción de los Vehículos aéreos no tripulados (UAV ó UAS)	5
2.2 Arquitectura de los vehículos no tripulados.....	7
2.2.1 Plataforma de Vuelo	7
2.2.2 Sistema de Control de Vuelo	7
2.2.3 Sistema de Lanzamiento y Recuperación	8
2.2.4 Sistema de Comunicaciones.....	8
2.2.5 Sistema de información Geográfica	8

2.3 Clasificación de los vehículos no tripulados.....	8
2.4 Aplicaciones	13
2.4.1 Para el uso Militar	13
2.4.2 El aeromodelismo	14
2.4.3 Para uso de rescate y búsqueda de personas	14
2.4.4 Para el uso de vigilancia policial	15
2.4.5 Monitorización de cultivos y búsquedas arqueológicas	15
2.4.6 Otras aplicaciones	16
2.5 Ventajas.....	17
2.6 Componentes Mecánicos básicos de un Drone	20
2.6.1 Hélices.....	20
2.6.1.1 Fundamentación teórica.....	20
2.6.1.1 Las Palas	22
2.6.1.2 Ángulo de pala	22
2.6.1.3 Estaciones de la Pala	23
2.6.1.3.1 Radio de la hélice	24
2.6.1.3.2 Borde de ataque	24
2.6.1.3.3 Vástago de la pala	24
2.6.1.3.4 Borde de salida	24
2.6.1.3.5 Lomo de la pala	24
2.6.1.3.6 Línea de cuerda	24
2.6.1.3.7 Punta de la hélice	25
2.6.1.4 Fuerzas que actúan sobre una hélice en vuelo	25
2.6.1.4.1 La fuerza de empuje	25
2.6.1.4.2 Fuerza centrífuga	26
2.6.1.4.3 Fuerza de torsión	26
2.6.2 Motor Eléctrico Brushless	27
2.6.2.1 Características Motor Eléctrico Brushless	27
2.6.2.1 Partes constitutivas del motor Brushless.....	28
2.7 Ángulos de navegación de un multicoptero.....	29
2.7.1 Eje lateral: pitch	29
2.7.2 Eje longitudinal: roll.....	30

2.7.3 Eje vertical: yaw	30
2.8 Fuerzas que intervienen en el vuelo	30
2.8.1 El peso (weight)	31
2.8.2 La sustentación (lift)	31
2.8.3 El arrastre (drag)	31
2.8.4 El empuje (thrust)	32
2.9 FPV (First Person View)	32
2.10 Restricciones de la autoridad aeronáutica	33
2.11 Análisis de Alternativas de propuestas.....	33
2.11.1 Identificación de las propuestas.....	33
2.11.1.1 Primera alternativa.....	34
2.11.1.2 Segunda alternativa.....	34
2.11.2 Análisis de factibilidad.....	35
2.11.2.1 Primera Alternativa	35
2.11.2.2 Segunda Alternativa.....	35
2.11.3 Parámetros de evaluación.....	36
2.11.3.1 Aspecto Técnico.....	36
2.11.3.2 Aspecto Económico	37
2.11.3.3 Aspecto Complementario.....	37
2.11.4 Selección de la mejor propuesta.....	39
2.11.5 Requerimientos técnicos.....	39

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Componentes DJI Phantom 3 Standard.....	40
3.2 Control remoto DJI Phantom Standard	41
3.2.1 Ascenso y Descenso.....	42
3.2.2 Movimiento de Guiñada	42
3.2.3 Movimiento de Cabeceo	43
3.2.4 Movimiento de alabeo.....	43
3.2.5 Movimiento de la cámara (Gimbal)	44
3.3 Características técnicas Phantom 3 Standard	44

3.3.1 Aeronave	44
3.3.2 Control	45
3.3.3 Cámara.....	46
3.3.4 Batería de vuelo inteligente (PH3 - 4480 mAh - 15,2 V)	47
3.4 Dinámica de vuelo	47
3.4.1. Movimiento de pitch	48
3.4.2. Movimiento de roll.....	49
3.4.3. Movimiento de yaw	49
3.5 Sistema FPV.....	50
3.6 Programa DJI Go.....	51
3.7 Modos de Vuelo.....	52
3.7.1 Modo P (posicionamiento)	52
3.7.1.1 P-GPS	52
3.7.1.2 P-ATTI	52
3.7.2 Modo A (Actitud)	52
3.7.3 Modo F (Función).....	52
3.7.3.1 Point of interest:	53
3.7.3.2 Follow me:	53
3.7.3.3 Waypoints:.....	53
3.7.3.4 Home Lock:.....	53
3.7.3.5 Course Lock:.....	53
3.8 Aplicaciones básica del drone Phantom 3 Standard	54
3.9 Análisis aerodinámico	55
3.9.1 Análisis respecto al número de motores.	55
3.9.2 Respecto a las hélices	58
3.9.3 Respecto a la carga útil	59
3.10 Factores que afectan a la sustentación.....	60
3.10.1 La forma del perfil aerodinámico de las hélices.....	60
3.10.2 La superficie de la hélice.....	61
3.10.3 La densidad del aire.....	62
3.10.4 La velocidad del viento relativo.	62
3.11 Carga útil DJI Phantom 3 Standard.....	63

CAPÍTULO IV

4.1 Conclusiones	64
4.2 Recomendaciones	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66
GLOSARIO.....	68
ANEXOS	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 U.S. Navy Curtiss N-9 trainer.....	5
Figura 2 B24 Liberator	6
Figura 3 Drones comerciales	7
Figura 4 UAV's de alta altitud	9
Figura 5 Micro UAV	9
Figura 6 UAV de reconocimiento	10
Figura 7 UAV de mando directo por un operador.....	11
Figura 8 Clasificación de los UAV	12
Figura 9 UAV de uso militar	13
Figura 10 Drone Ar Drone 2.....	14
Figura 11 Prototipo de Drone de rescate	14
Figura 12 Dron de vigilancia policial	15
Figura 13 AGROSCAN Agricultura de precisión	16
Figura 14 Empuje de la hélice.....	21
Figura 15 Pala de una hélice	22
Figura 16 Paso de la hélice	23
Figura 17 Estaciones de la pala.....	24
Figura 18 Sección transversal de la pala de la hélice	25
Figura 19 Fuerza de empuje sometida a una hélice.....	25
Figura 20 Fuerza centrífuga sometida a una hélice	26
Figura 21 Fuerza torsión sometida a una hélice	26
Figura 22 Fuerza torsión sometida a una hélice	29
Figura 23 Ejes de una aeronave.....	30
Figura 24 Diferencia de velocidades necesarias para la sustentación	31
Figura 25 Fuerzas que intervienen en el vuelo	32
Figura 26 Vuelo FPV desde Phantom 3.....	33
Figura 27 DJI Phantom 3 Standard.....	34
Figura 28 3DR Solo	34
Figura 29 Componentes DJI Phantom 3 Standard.....	40
Figura 30 Componentes Control Remoto DJI Phantom 3 Standard	41

Figura 31 Control del Ascenso y Descenso Phantom 3 Standard	42
Figura 32 Control de guiñada Phantom 3 Standard	43
Figura 33 Control de cabeceo Phantom 3 Standard	43
Figura 34 Control de alabeo Phantom 3 Standard	44
Figura 35 Control del Gimbal	44
Figura 36 Dimensiones Phantom 3 Standard.....	45
Figura 37 Dimensiones Control Phantom 3 Standard	45
Figura 38 Cámara y Gimbal DJI Phantom Standard	46
Figura 39 Batería de vuelo inteligente de vuelo y cargador.....	47
Figura 40 Ejes de Euler	47
Figura 41 Disposición de los motores	48
Figura 42 Mayor potencia para avance del drone	48
Figura 43 Mayor potencia para desplazamiento hacia la izquierda	49
Figura 44 Potencia de motores para rotación hacia la izquierda	50
Figura 45 FPV Dji Go.....	51
Figura 46 Simulador Dji	51
Figura 47 Selecciones de IOC (Control inteligente de orientación)	53
Figura 48 Ubicación Palanca S1	54
Figura 49 Fotografía y filmación aérea.....	55
Figura 50 Bicóptero	55
Figura 51 Tricóptero	56
Figura 52 Cuadricóptero	57
Figura 53 Hexacópteros con disposición de motores Y6 y disposición de motores tradicional	57
Figura 54 Octocópteros con disposición de motores X8 y disposición de motores tradicional	58
Figura 55 Hélices y su disposición	59
Figura 56 Prueba de peso Phantom 3 Standard	60
Figura 57. Diversos tipos de perfiles aerodinámicos	61
Figura 58 Superficies de diversas hélices.....	61
Figura 59 Densidades a diferentes altura	62
Figura 60 Efectos del viento relativo	62

Figura 61 Prueba de carga útil.....63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de Evaluación.....	38
Tabla 2 Matriz de decisión	38

RESUMEN

El presente proyecto redacta la implantación de un drone con sistema FPV de transmisión de video en tiempo real para la Unidad de Gestión de Tecnologías, el cual servirá como material didáctico para materias que se imparten, como son: avión en general, aerodinámica, electrónica básica, por citar algunas; especifica la dinámica de vuelo para el Drone DJI Phantom 3 Standard, donde se analizara de acuerdo a los ángulos de Euler, pitch, roll y yaw, la variación de estos ángulos se realiza modificando el comportamiento de los motores, así como un análisis aerodinámica de diversos aspectos del drone. También se da a conocer características de todos los componentes del Drone Phantom 3 Standard, como son aeronave, control, batería inteligente de vuelo y aplicación DJI Go; Para la transición del video en tiempo real es imprescindible la utilización de un teléfono inteligente y el programa DJI Go, se especifique el procedimiento para este fin, además se puede realizar fotografía y filmaciones aéreas, ya que el programa permite grabar o capturar en imágenes el vuelo en primera persona, se concluye con un manual para los diferentes escenarios donde se verá desenvuelto del Drone.

ABSTRACT

This project research explains the implementation of a drone with FPV transmission system real time video which will serve as resources material for subjects taught, such us: aircraft general aerodynamics, basic electronics, to mention some of them ; It specifies the fly dynamics for Drone DJI Phantom 3 Standard, which will be analyzed according to the Euler angles is done by modifying the behavior of the engine and an aerodynamic analysis and various aspects of the drone. It also pshows characteristics of all components of the Phantom Drone Standard such as aircraft, control, intelligent flight battery and DJI Go application. For the transmtion of the video in real time is essencial to use a smartphone and DJI Go program, the procedure for this process specified alsa can perform photography and filming air. Besides The program allows you to record or capture the first flight air picture, finally we conclude with a manual for the different scenarios where the Drone will be develop.

CHECKED BY: Lic. Elisa Coque
English teacher

CAPÍTULO I

TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN DRONE FPV CON TRANSMISIÓN DE VIDEO EN TIEMPO REAL PARA LA CARRERA DE MECÁNICA AERONÁUTICA DE LA UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS”

1.1 Antecedentes

Los datos más antiguos que se tiene sobre el uso de plataformas aéreas no tripuladas UAV datan de 1849, cuando el día 22 de Agosto de ese año el ejército Austriaco uso en una batalla contra la ciudad de Venecia globos cargados con explosivos. Estos globos se lanzaron desde uno de los barcos Austriacos llamado Vulcano. Aunque alguno de estos globos funcionó, dependían mucho del viento y muchos de ellos se desviaron grandes distancias o incluso volaron de vuelta a los barcos de la armada austriaca.

Los globos explotaban una vez estaban sobre la ciudad mediante un sistema con una batería galvánica con un hilo de cobre aislado. Los explosivos caían verticalmente tras desinflarse el globo y explosionaban.

Aunque los globos no concuerdan con la definición actual que se da a los Drones/UAV, el concepto si se ajusta al de "plataforma no tripulada que porta una carga útil", en este caso explosivos.

En el Ecuador se considera la restricción de Drones a una distancia igual o mayor a 9 kilómetros de los aeródromos (aeropuertos) o base aérea militar.

Los aparatos no podrán exceder una altura de vuelo de 122 metros sobre el terreno. Además, podrán ser operados en horas comprendidas entre la salida y la puesta del sol, es decir, durante el día, y en condiciones

meteorológicas de vuelo visual.

La DGAC detalla que los operadores de los Drones no deberán estar fatigados o bajo los efectos del alcohol o drogas. También se establecen seguros por daños, entre otros puntos.

Es importante que la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, tenga claro los parámetros y las múltiples aplicaciones que conlleva el uso de Drones en la actualidad.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad la tecnología va creciendo a pasos agigantados, es por ello que es importante la actualización de los laboratorios de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, para una mejor enseñanza aprendizaje de los futuros tecnólogos en Mecánica Aeronáutica mención Aviones y Motores.

Es importante que la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, cuente con tecnología de vanguardia en el ámbito de la industria aeronáutica, por ende, se requiriere medios dinámicos, para evidenciar sus múltiples aplicaciones en el campo aeronáutico

Los laboratorios de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, evidencia insuficiente material de vehículos no tripulados (Drone), dentro la Institución.

1.3 Justificación e importancia

En la actualidad se realizan, varias practicas dentro de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE,

las cuales permiten al estudiante desarrollar destrezas y habilidades ya sea de forma didáctica como ejecutoria en la institución, mientras tanto, los estudiantes se beneficiaran por engrandecer sus conocimientos a través de proyectos innovadores que ayudan al desarrollo intelectual como técnico de cada estudiante.

El presente proyecto tiene como finalidad la implementación de un Drone para una mejor enseñanza aprendizaje y la importante aplicación que estos vehículos no tripulados presentan en la aviación y por qué no decirlo en varios campos, así como diferentes funciones que son fundamentales dentro de la sociedad, desde propuestas comerciales hasta el rescate de personas.

Es por ello que la implementación de un Drone ayudará a los estudiantes de la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, en diferentes materias que se imparten, como son: avión en general, aerodinámica, electrónica básica, por citar algunas.

Los Drones tienen un gran potencial en áreas muy diversas, ya que puede desplazarse rápidamente sobre un terreno irregular o accidentado y superar cualquier tipo de obstáculo ofreciendo imágenes a vista de pájaro y otro tipo de información recogida por diferentes sensores.

1.4 Objetivos: Generales y específicos

1.4.1 Objetivo general

- Implementar un Drone FPV con transmisión de video en tiempo real para la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer la información pertinente para la implementación y manejo de un Drone para la Unidad de Gestión de Tecnologías.
- Analizar los equipos necesarios para la transmisión de video (FPV) necesarios para la instalación en el Drone.
- Investigar los principios aerodinámicos que rigen el vuelo de un cuadricóptero, así como el comportamiento de este para los diferentes movimientos.
- Realizar pruebas de funcionamiento, para determinar la configuración óptima del Drone y su sistema FPV.

1.5 Alcance

El objetivo del siguiente proyecto es mejorar el aprendizaje de las materias de avión en general, aerodinámica, electrónica básica, por citar algunas. impartidas en la Unidad de Gestión de Tecnologías “ESPE” ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi y así poder perfeccionar la enseñanza a las futuras generaciones de Técnicos Aeronáuticos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción de los Vehículos aéreos no tripulados (UAV ó UAS)

Los vehículos aéreos no tripulados se dio con la iniciativa de eliminar el puesto del piloto en las aeronaves es tan antigua como el inicio de la aviación, esto se logró después de la Segunda Guerra Mundial ya que surgió el desarrollo del estabilizador giroscópico de Peter Cooper y Elmer A. Sperry, por lo cual se consiguió que una aeronave no tripulada fuera controlada y dirigida en vuelo directo y nivelado durante más de 50 millas, sin embargo esta idea surge en el periodo de entreguerras.

Sin duda alguna la utilización de las UAV's ha sido ligado históricamente a usos militares en la cual las guerras fueron los propulsoras a desarrollar y tecnificar estos tipos de aeronaves, por lo cual en los conflictos armados que se dieron en la época dieron a conocer con gran diversidad y amplitud de los UAV's, conocidos como: drones, UAVs (Unmanned Air Vehicles), UAS (Unmanned Aerial Systems), RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), entre otros. (Rodriguez, 2015)



Figura 1 U.S. Navy Curtiss N-9 trainer

Fuente: (http://www.flugzeuginfo.net/acimages/curtiss_n-9h_usn_nasmudvarhazy14_03.jpg, 2016)

Sin embargo en este lapso de tiempo se llegaron a desarrollar diversos modelos de aeronaves radio controlada, las cuales fueron objetos

de blancos aéreos. En la Segunda Guerra Mundial cuando se observa el gran avance de la aviación y de las tecnologías de comunicaciones permitió que en 1944, la Navy's Special Air Unit One (SAU-1) convirtiera varios PB4Y-1 (versión naval del B-24 Liberator) y B-17 Fortress en aeronaves sin piloto (Acosta, 2013), se observó que fueron controladas remotamente, fueron armadas y guiadas por un sistema de televisión.



Figura 2 B24 Liberator

Fuente: (http://www.avionesclasicos.com/imagenes/b24/consolidated_vultee.jpg, 2016)

La aviación no tripulada abarca un amplio espectro de las aeronaves, como es la genealogía de las aeronaves no tripuladas que esconde sus raíces en el desarrollo de los llamados torpedos aéreos, antecesores de los actuales misiles crucero y que posteriormente se desarrollaron a través de las ramas de las bombas guiadas (no propulsadas), los blancos aéreos (llamados drones en la terminología anglosajona), los señuelos, los modelos recreacionales y/o deportivos de radio-control, las aeronaves de investigación, las aeronaves de reconocimiento, las de combate, e incluso algunos modelos más extraños de vuelo extra-atmosférico. (Rejado, 2015)

Después de un lapso de tiempo se dio una gran revolución mundial en los UAV's por lo cual se dio otros usos a estos como son; la del uso civil de los drones, ya que se ha hecho más fácil para el ciudadano común gracias al desarrollo de pequeños drones que permiten a casi cualquier persona acceder a uno de ellos por un precio bastante asequible.



Figura 3 Drones comerciales

Fuente: (http://www.avionesclasicos.com/imagenes/b24/consolidated_vultee.jpg, 2016)

2.2 Arquitectura de los vehículos no tripulados.

La arquitectura de un sistema de observación aérea mediante UAV's está formada por cinco subsistemas independiente entre ellos a nivel de desarrollo y vinculados entre sí.

2.2.1 Plataforma de Vuelo

Se compone del UAV y la carga útil a bordo de este, que contienen cámaras de alta resolución y otros sensores, permitiendo de esta manera sobrevalorar la zona de interés y adquirir información. (Huertas, 2009)

2.2.2 Sistema de Control de Vuelo

Está compuesto por receptores GPS+EGNOS integrados en la plataforma de vuelo, se caracteriza porque está encargado de georeferenciar la información adquirida por la plataforma en vuelo.

2.2.3 Sistema de Lanzamiento y Recuperación

Es el sistema utilizado para el control de los UAV's , durante su despegue, la aproximación y aterrizaje.

2.2.4 Sistema de Comunicaciones

Existen enlaces de comunicación, vía radio y entre la estación de control con el UAV's, este sistema se caracteriza por que está encargado de transferir la información adquirida por la plataforma en vuelo y llega a garantizar la comunicación entre el centro de control y la plataforma de vuelo.

2.2.5 Sistema de información Geográfica

Este sistema está compuesto por equipos capaces de realizar n análisis grafico de la información adquirida mediante los sensores a bordo de la plataforma e integrarla en una cartografía. (Huertas, 2009)

2.3 Clasificación de los vehículos no tripulados.

Según el tipo de control los UAV's se clasifican en:

- **Autónomo:** Se espera que el vehículo realice su misión dentro del ámbito programado, con sólo un monitoreo desde tierra. El modo de control incluye la operación automática completa y tiene una operación inteligente.
- **Semiautónomo:** El piloto realiza cambios y conduce la misión a través de una interfaz de administración del vuelo, en este medio puede o no incluir algunas funciones completamente autónomas como es el despegue, aterrizaje, evitación de colisiones, etc.

- **Remoto:** La totalidad del control del vehículo se realiza remotamente. (Huertas, 2009)

Según la altitud y autonomías de los UAV'S, se clasifican en:

- Baja altitud, autonomía alta.
- Media altitud, autonomía alta.
- Alta altitud, autonomía alta.



Figura 4 UAV's de alta altitud

Fuente: (<http://www.casr.ca/doc-loi-justas-uav-1.jpg>, 2016)

Según el tamaño de UAV's, éstos se dividen en:

- Mini UAV: estos UAV's tienen un peso entre 1-20Kg.
- Grandes: UH60 "drone", QF-16, UA-10 etc, Boeing 720
- Medianos: MC-12, Reaper, X-47,
- Pequeños: Boeing X-50, SIVA
- Micro UAV: Mosquito, Monocopter (Gizmo, 2010)



Figura 5 Micro UAV

Fuente: (<http://newatlas.com/mecam-tiny-autonomous-uav/26007/>, 2016)

Por tipo de Misión de UAV's, éstos se clasifican en:

- **Blancos Aéreos:** QF-86, QF-100. QF-16, estos permiten simular un avión o un misil.
- **Reconocimiento:** este permite la observación y control de fronteras, tráfico marítimo; Reaper, MC-12, SIVA, RQ-11 Raven.
- **Combate:** proporciona capacidad de ataque en misiones de riesgo elevado.
- **Investigación y desarrollo:** permite el desarrollo de la tecnología.
- **Salvamento:** MULE, AH6X Little Bird
- **Anti incendios:** Ion tiger, Predator, SDSU
- **Transporte:** MULE, UH-60 "Drone". (Gizmo, 2010)



Figura 6 UAV de reconocimiento

Fuente: (<http://www.army-technology.com/projects/rq11-raven/images/2-rq-11-raven.jpg>, 2016)

Por origen de la misión, se clasifican en:

- **Civil y Militar:** estas aeronaves están destinadas a realizar aplicaciones civiles y ser comercializados.

Por el tipo de control, clasifican en:

- **Autónomo y Adaptativo:** se encuentra totalmente gobernado por sus sistemas de abordo, sin intervención del operador en tierra.

- **Monitorizado:** operado forma autónoma, un operador controla la retroalimentación del UAV's.
- **Supervisado:** realiza unas pocas operaciones de forma autónoma y en este UAV's el control recae en el operador.
- **Autónomo-no adaptativo:** este UAV's sigue una rutina pre-programada, y no tiene la capacidad de cambiar programación.
- **Mando directo por un operador (R/C):** se encuentra directamente relacionado con los mandos de un operador (Gizmo, 2010).



Figura 7 UAV de mando directo por un operador

Fuente: (<https://i.ytimg.com/vi/02fD6mPBvWA/maxresdefault.jpg>, 2016)

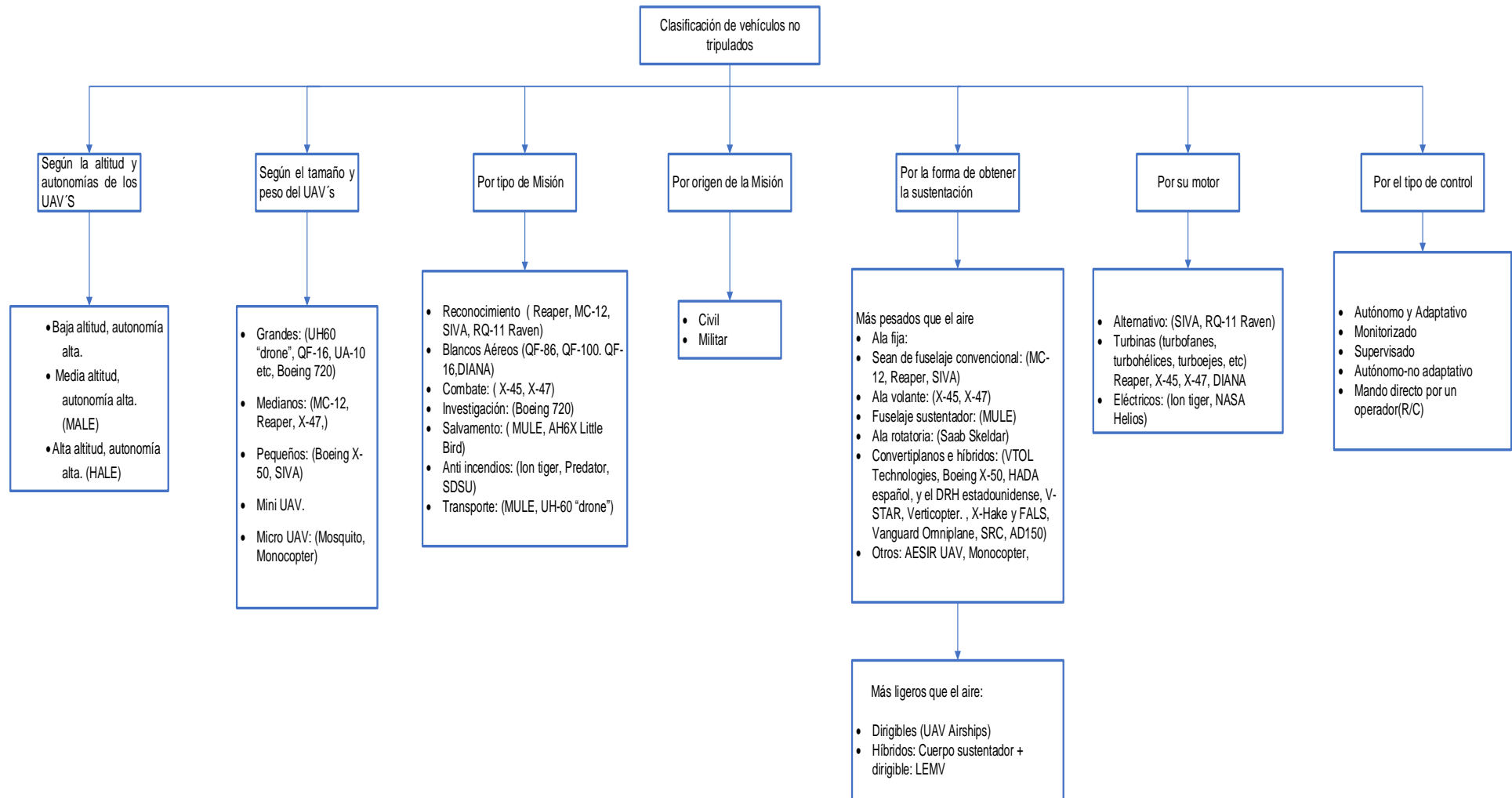


Figura 8 Clasificación de los UAV

2.4 Aplicaciones

Los UAV's son máquinas voladoras que pueden variar mucho en su tamaño y diseño, por lo cual estos aparatos son aplicados en los ámbitos, civil, militar, de ocio, o científico, ya que estos se encuentran equipados con sensores, como es la cámara y micrófono, sin embargo los UAV's son artefactos que son controlados por una persona mediante un ordenador o Tablet.

Estas máquinas voladoras pueden ser tan distintos como sus usos, ya que cada uno de estos varían según su función al que es sometido, por lo que varían desde el tamaño de una mosca, hasta un avión grande y estos pueden ser utilizados por gobiernos e incluso por particulares.

2.4.1 Para el uso Militar

Los drones sirven para el campo militar porque sirven en la ofensiva ya que se han usado para lanzar bombas teledirigidas contra blancos militares, sin embargo estos drones también sirven en misiones de reconocimiento, exploración y vigilancia en los diferentes países, ya que estos pueden estar armados, bombas o simplemente sin misiles, en los últimos años estos tipos de drones con fines militares han crecido drásticamente y son de gran comercialización ya que permite mantener una seguridad para los países



Figura 9 UAV de uso militar

Fuente: (http://poderiomilitar-jesus.blogspot.com/2011_05_03_archive.html, 2016)

2.4.2 El aeromodelismo

Este tipo de drones suele venir con cámaras de video permitiendo grabar los recorridos surcando los cielos e inclusive haciendo acrobacias increíbles, estos aparatos son de uso sencillo ya que basta con un Smartphone o tableta para que puedan ser controlado, este tipo de Drone tiene sensores como por ejemplo el sensor barométrico que mejora el control de altura, y brújula magnética e incluye una aplicación muy interesante con ajustes de pilotaje que se puede configurar para limitar la altitud o la velocidad máxima de tal modo que el vuelo sea más suave o acrobático.



Figura 10 Drone Ar Drone 2

Fuente: (<https://www.tekshanghai.com/wp-content/uploads/2013/08/ar.drone-2.0-6.jpg>, 2016)

2.4.3 Para uso de rescate y búsqueda de personas

Estos tipos de drones son excelentes a la hora de buscar e identificar objetos y personas, por lo que se destacan especialmente en tareas de rescate después de una gran catástrofe que se haya dado como pueden ser terremotos, maremotos, como también en el caso de ataques de terroristas, ya que permiten buscar a las personas extraviadas en lugares de difícil acceso.



Figura 11 Prototipo de Drone de rescate

Fuente: (<http://billionbytes.es/drones-al-rescate-9049>, 2016)

2.4.4 Para el uso de vigilancia policial

Estos tipos de drones permiten tener una vigilancia contra las actividades ilegales que se presenten, la principal idea de estos drones es que tengan la tarea de ayudar en las labores policiales que van desde la persecución de sospechosos a la fuga hasta la identificación de criminales que tienen una orden de busca y captura.



Figura 12 Dron de vigilancia policial

Fuente: (http://cadenaser.com/2015/06/26/radio_valencia/127_621083.html, 2015)

2.4.5 Monitorización de cultivos y búsquedas arqueológicas

Estos tipos de drones facilitan demasiado en el trabajo de los arqueólogos ya que tienen la capacidad para sobrevolar extensas áreas de difícil acceso, y estos permiten obtener información muy valiosa para los estudios de restos arqueológicos, también permiten tomar excelentes fotografías aéreas obteniendo datos que sería imposible cosechar de otra forma.

También los drones en los últimos años han sido utilizados para la agricultura, es decir ayudando a monitorizar grandes extensiones de cultivos ayudando a identificar con antelación todo tipo de problemas como posibles enfermedades, plagas que afecten a los cultivos, problemas en los sistemas de riego y controlar las condiciones atmosféricas u el nivel de contaminación del aire, lo cual permite la recolección de datos para que de esta manera tomar medidas precautelarias para que se mejore el rendimiento, fumigar o esparcir pesticidas y fertilizantes con mayor precisión manteniendo de esta manera un cultivo sano, y así mismo reduciendo los costos para los agricultores. (Rodríguez, 2015)

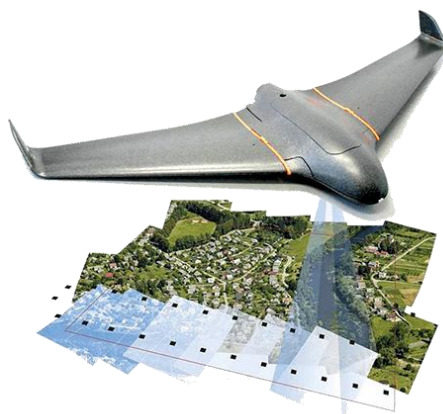


Figura 13 AGROSCAN Agricultura de precisión

Fuente: (<http://www.agroscan.ec/images/UAV.png>, 2016)

2.4.6 Otras aplicaciones

- **Geología:** Permite la realización de mapas geológicos sedimentológicos, mineralógicos y geofísicos, control y monitorización de explotaciones mineras y su impacto ambiental: movimientos de tierras, producción de áridos, residuos metálicos, balsas de decantación, etc. Determinación y control a escala centimétrica de áreas con riesgos geológicos asociados o caracterización de zonas con riesgo de aludes utilizando imágenes multispectrales para determinar la humedad de la nieve, cámaras térmicas para determinar su temperatura y técnicas estereoscópicas para determinar grosores. (Intelligence Dynamics S.L, 2012)
- **Construcción e inspecciones:** Permite la inspección de obras desde el aire y la estimación de impacto visual de grandes obras.
- **Control y análisis de multitudes:** Manifestaciones, conciertos, investigación de una escena de un crimen desde el aire, Accidentes de tráfico. (Intelligence Dynamics S.L, 2012)
- **Exploración de lugares de difícil acceso:** Cuevas, precipicios, etc.

- **Movilidad y Tráfico:** Grabación y monitorización de la situación del tráfico.
- **Internet:** distribución de señal gratuita de internet.
- **Cartografía:** realización de ortofotomapas y de modelos de elevaciones del terreno de alta resolución. (inteligencia Dynamics S.L, 2012)

2.5 Ventajas

En los últimos años se ha observado la gran revolución que han tenido los UAV's en el mundo, como es el alejamiento del campo militar y centrarse más en la esfera civil, permitiendo de esta manera sin duda alguna el futuro de los aviones no tripulados, cuya grandes avances tecnológicos e innovaciones permitirán a las personas, científicos, estudiantes, etc, permitiendo hacer una vida más llevadera.

El uso de los UAV's se encuentra en diferentes campos como en la naturaleza, donde son utilizados con el objeto de vigilar grandes y peligrosas extensiones, donde permitan captar la información necesaria, para futuras investigaciones; sin embargo también los UAV's han permitido facilitar y mejorar el trabajo de varios científicos, ya que estas naves no tripulas son capaces de sobrevolar y controlar áreas no accesibles para las personas, con el objetivo que las personas no corran peligros.

Estos pequeños aparatos tienen una gran utilidad en la vida diaria ya que ayuda a mejorar día a día las predicciones del clima global y permite mitigar los riesgos ambientales, ayudando de esta manera a tomar medidas precautelarias para que no haya daños en la salud de las personas, todo esto gracias a la recopilación de datos que estos aparatos pueden obtener.

Los UAV's se caracterizan por que son capaz de cubrir largos periodos de merodeo con el objetivo que la cobertura que este mantiene sea continua de una

zona específica que está acogiendo información, se haga con el menor número de vehículos.

Por lo tanto los UAV's deben considerar su equipamiento, es decir debe estar equipado con una suite de multisensores con el fin de que esto asegure su independencia de las condiciones meteorológicas y la luz diurna, por el cual requiere el UAV's una elevada capacidad de carga útil.

Las aeronaves tienen grandes beneficios porque no arriesgan vidas humanas en cualquiera de sus aplicaciones, por lo tanto no están limitados por las capacidades humanas en cuanto a aceleraciones (fuerzas g) ni tiempos de misión.

Los UAV's no están sujetos a ninguna necesidad ergonómica por lo que el espacio de la cabina de mando puede ser utilizado para albergar todo tipo de sistemas de comunicación, control u operación, facilitando con mayor rapidez el despliegue en misión.

Operación en tiempo real a nivel táctico, operacional y estratégico. Reducen el tiempo de entrenamiento, cuentan con adaptabilidad a diversos cometidos gracias a sus cargas útiles modulares Gran maniobrabilidad y poder de acceso a sitios inaccesibles para vehículos tripulados.

Los UAV's son de gran ayuda ya que están diseñado para la obtención de información, permitiendo de esta manera que el UAVs's sea manejable y sobre todo es fácil de ser transportado ya que es de gran discreción y sigilo, a más de eso cuenta con un menor peso, menor consumo, menor impacto ambiental tanto de contaminación (menores emisiones de CO₂) como de ruido, menor coste de mantenimiento y elevada relación de eficiencia.

Es importante incidir en la trascendencia de los cometidos civiles de las aeronaves no tripuladas, por lo que ha permitido el desarrollo de sistemas en labores que pueden ser muy importantes, fundamentalmente por su autonomía,

uso de sistemas de detección en espectro visible, infrarrojos (IR), radar, visión nocturna, etc.

Los UAV's tienen una localización desde gran altura, lo que permite un mayor radio de acción en la búsqueda de naufragos y de localización de accidentes en lugares de difícil acceso, permite el control de tráfico e inspección de carreteras, vías y líneas de transporte en general detección y control de incendios, ya que estos aparatos cuentan con una visión infrarroja de puntos calientes.

También los UAV's permiten el seguimiento de movimientos migratorios, plagas, detección de barcos de pesca, situaciones de emergencia y catástrofes, misiones de control de narcotráfico, fronteras y terrorismo, misiones de búsqueda policial, sin embargo los UAV's también han sido desarrollados para la topografía - fotografía aérea con realización de mapas, de uso catastral en los lugares aledaños de las grandes ciudades y que son de difícil acceso, también permite mantener informado sobre el Control de cosechas, en la agricultura, en los estudios de suelos e Investigación del entorno ecológico y meteorológico.

Los Drones son muy dúctiles, por lo que cuentan con elevado número de aplicaciones y el relativo poco costo los hace perfectos para tareas agrícolas, entregas a domicilio, la práctica ociosa (incluso deportes como carreras de drones en ambientes controlados), monitoreo de actividades clandestinas, cartografía, etc.

Sin embargo su uso ha extendido una gran reducción importante de combustible destinado, ya que los drones más frecuentes tienen baterías que no soportan mucho tiempo de uso, sin embargo cuentan con una gran velocidad lo que permite recorrer grandes distancias en corto tiempo, tomando en cuenta que conducirlos o automatizarlos no es demasiado complejo para las personas y son accesibles para todos, ya que cuentan una gran variedad de modelos y de todos los precios.

Una de las principales ventajas de los UAV's es la reducción de costes, como se puede visualizar en el uso tradicional de avionetas pilotadas para la fotografía aérea, también estos aparatos evitan los gastos como en tasas aeroportuarias, el combustible y pilotos, por lo tanto al contar con esta reducción de costes, el servicios que estos pueden prestar se reduce y por ende está al alcance de particulares y no solo compañías.

Al hablar del tiempo se puede ver que es otro factor positivo que tienen los UAV's, ya que estos tiene la capacidad para volar por largas jornadas y en horas nocturnas lo que facilita un trabajo técnico más eficiente por lo tanto permite que haya más eficiencia en la información, acortándose así los plazos de ejecución.

Los UAV's han tenido gran acogimiento por parte de las empresas, compañías de seguridad e incluso particulares ya que al tratarse de vehículos aéreos no tripulados, estos pueden adentrarse a áreas contenidas como humos, gases, vertidos tóxicos, permitiendo de esta manera que no haya riesgos para las personas como es la salud.

Los UAV's cuentan con una gran facilidad para realizar un vuelo estacionario estabilizado a baja cota, es decir que se mantenga estático en un punto concreto, por lo que permite captar fotografías y videos aéreos de gran calidad con todos los detalles en HD.

2.6 Componentes Mecánicos básicos de un Drone

2.6.1 Hélices

2.6.1.1 Fundamentación teórica

La hélice es un dispositivo constituido por un número variable de aspas o palas (2, 3, 4...) que al girar alrededor de un eje producen una fuerza propulsora. Cada pala está formada por un conjunto de perfiles aerodinámicos que van cambiando progresivamente su ángulo de incidencia desde la raíz hasta el

extremo (mayor en la raíz, menor en el extremo). La hélice está acoplada directamente o a través de engranajes o poleas (reductores) al eje de salida de un motor (de pistón, eléctrico o turbina), el cual proporciona el movimiento de rotación.

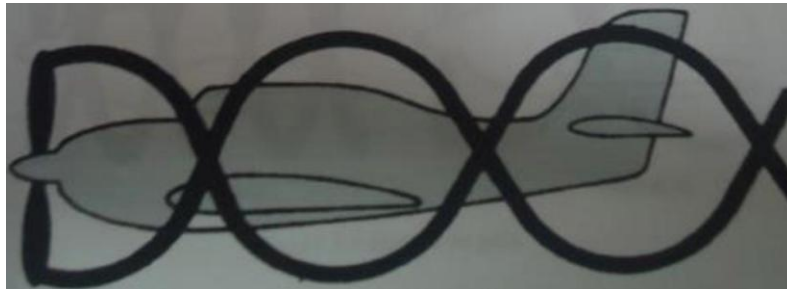


Figura 14 Empuje de la hélice.

Fuente: (<http://aeromodelismo2000.com/images>, 2016)

Básicamente una hélice tiene solo dos partes que son el cubo y dos más palas; cuyos extremos interiores de las palas se llaman culata o raíz, están retenidas en el cubo y todo este conjunto va asegurado a un eje impulsado por un motor. Recuerde que el eje de la hélice aun cuando está íntimamente relacionado con el sistema de la hélice no forma parte de ella, sino de los componentes principales del motor.

El propósito de la hélice es arrastrar el avión, logrando esto por medio de un empuje obtenido por la acción de las palas al girar en el aire, el empuje producido por la hélice está determinado por cinco factores: la forma y el área de perfil aerodinámico, el Angulo de ataque, la densidad del aire y la velocidad del perfil aerodinámico a través del aire.

Aunque en principio las hélices se construyeron de madera, actualmente se fabrican con materiales más ligeros y resistentes. El empleo de hélices como elemento propulsor en aviación ha decaído por la progresiva utilización de la propulsión por turbinas de gas, cada vez más potentes, ligeras, y con consumos más ajustados. No obstante, aunque la propulsión por hélice es poco utilizada en aviación comercial, su uso está generalizado en aviones ligeros y últimamente en las aeronaves no tripuladas conocidas como Drones.

2.6.1.1 Las Palas

Las palas de la hélice en ingles blade, poseen esencialmente la misma forma que el ala de un avión, con la diferencia que es más pequeña y gira. El ángulo que tiene la pala aumenta gradualmente desde la punta hasta le espiga de la misma, de manera que cada sección sigue un camino espiral a un ángulo más efectivo el cual se lo conoce como “distribución de la pala”

Las palas tiene un proceso de elaboración complejo, hoy en día se elaboran a través de procedimientos computarizados, por tal motivo existen hélices de aluminio, materiales compuestos como la fibra de carbono y el kevlar, pero antes estas eran hechas en madera laminada y acero.

Al girar las palas de las hélices producen fuerzas de aire de las cuales producen empuje. Este empuje arrastra o impulsa al avión por medio del aire. Muchas de las palas son huecas en su interior para alivianar el peso, así como también para colar pesos mínimos para su balanceo.



Figura 15 Pala de una hélice

Fuente: (<http://hartzellprop.com/wp-content/uploads/Hartzell-Propeller-Composite-Piston-Header.jpg>, 2016)

2.6.1.2 Ángulo de pala

Técnicamente, el ángulo de la pala es definido como el ángulo entre la cara y la cuerda de la sección de la pala en particular y el plano en el cual las palas de la hélice giran.

El ángulo de la pala es el ángulo que forma la cuerda de un perfil de una pala de la hélice con el plano de rotación de la misma. Dado que el ángulo de la pala varía a lo largo de esta, se elegirá una sección o estación que sea representativa. La mayoría de los fabricantes toman como ángulo de pala representativo el que se encuentra a una distancia del 75% según el radio de la pala. Con este ángulo determina el paso geométrico, que es la distancia que avanza este elemento de pala representativo, al reconocer una hélice de revolución con el ángulo de pala de dicho elemento. El paso geométrico sigue la siguiente ecuación:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \tan \theta$$



Figura 16 Paso de la hélice

Fuente: (http://www.manualvuelo.com/GIFS/Fig_322.gif, 2016)

2.6.1.3 Estaciones de la Pala

Las estaciones de la pala son todas las distancias proyectadas a lo largo y medidas desde el centro del cubo hasta la punta de la pala en intervalos de 6'' y a estas se las llama secciones o estaciones. Las estaciones de la pala son todas las distancias proyectadas a lo largo y medidas desde el centro del cubo hasta la punta de la pala en intervalos de 6'' y a estas se las llama secciones o estaciones.

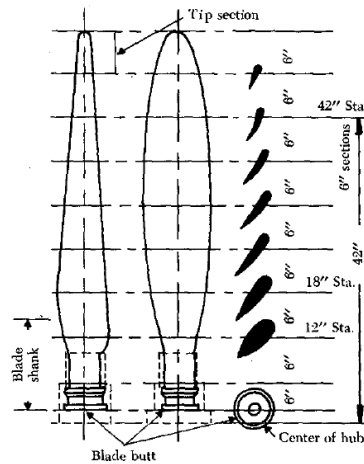


FIGURE 7-2. Typical propeller blade elements.

Figura 17 Estaciones de la pala

Fuente: (<http://www.apuca.com.ar/NOTAS/Image43.gif>, 2014)

Las estaciones representativas de la pala son:

2.6.1.3.1 Radio de la hélice: Es la medida que va desde el vástago a la punta de la pala es la medida real de la pala.

2.6.1.3.2 Borde de ataque: Es el primer borde o el borde exterior de la pala el cual recibe primero el impacto de aire es idéntico al borde de ataque de un ala.

2.6.1.3.3 Vástago de la pala: Es la parte que va a ser montada en el cubo, su principal característica es la resistencia al esfuerzo.

2.6.1.3.4 Borde de salida: La parte trasera de la hélice donde el aire de impacto sale a gran velocidad produciendo una fuerza capaz de mover la aeronave.

2.6.1.3.5 Lomo de la pala: El lomo de la pala también llamado extradós es la distancia más larga que debe de recorrer el aire para dar un empuje.

2.6.1.3.6 Línea de cuerda: También llamada cuerda media es la línea imaginario que divide el perfil de la hélice en la mitad.

2.6.1.3.7 Punta de la hélice: El extremo más alejado es de forma ovalada casi circular es una de las partes que está más expuesta a sufrir daños por no tener una forma tan robusta como el vástago.

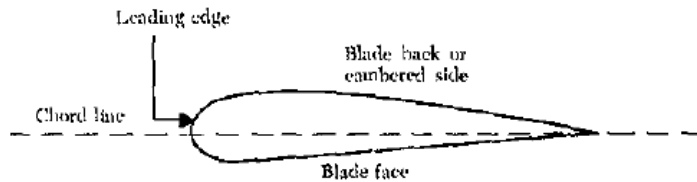


Figura 18 Sección transversal de la pala de la hélice

Fuente: (Módulo 17 “Hélices” de Jorge López Crespo, 2012)

2.6.1.4 Fuerzas que actúan sobre una hélice en vuelo

La hélice es uno de los elementos que más esfuerzos soporta dentro de la aeronave, actuando sobre ella tres fuerzas básicas durante su funcionamiento. Estas son la fuerza de empuje, la fuerza centrífuga y la de torsión.

2.6.1.4.1 La fuerza de empuje

La flexión está causada por la tracción que se produce en las palas, tendiendo a doblar a doblar las palas hacia adelante, siendo en las puntas donde se alcanza la máxima deformación. Esta fuerza es paralela a la dirección de avance. Cada pala de la hélice se puede considerarse como una viga en cantiléver completa, la cual está asegurada al cubo.



Figura 19 Fuerza de empuje sometida a una hélice

Fuente: (Módulo 17 “Hélices” de Jorge López Crespo, 2012)

2.6.1.4.2 Fuerza centrífuga

Causada por la rotación de la hélice, que intenta desplazar la pala fuera del cubo. Es común que la fuerza centrífuga sea en torno a miles de veces el peso de la hélice. Por ejemplo, una pala de 20 libras, girando a 2.200 rpm puede ejercer unas 45 toneladas sobre la raíz de la pala. La fuerza centrífuga por lo tanto será la de mayor magnitud entre todas las que tiene que soportar la hélice.

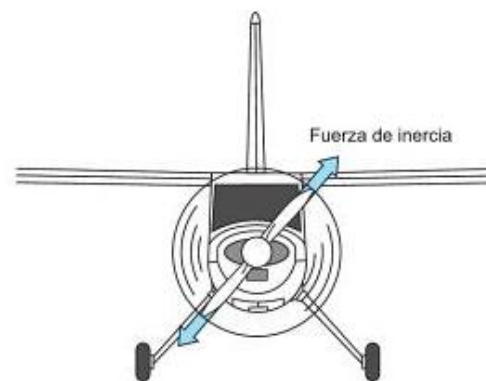


Figura 20 Fuerza centrífuga sometida a una hélice

Fuente: (Módulo 17 "Hélices" de Jorge López Crespo, 2012)

2.6.1.4.3 Fuerza de torsión

Esta es causada en la misma pala por la fuerza del aire resultante. La cual no pasa por el neutral de la hélice.

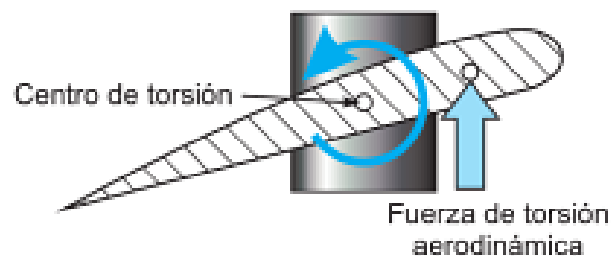


Figura 21 Fuerza torsión sometida a una hélice

Fuente: (Módulo 17 "Hélices" de Jorge López Crespo, 2012)

2.6.2 Motor Eléctrico Brushless

Un motor brushless es un motor sin escobillas, haciendo referencia a un motor DC normal, el cual contiene un conmutador y escobillas que hacen contacto en el colector del motor DC común. El motor brushless carece de colector y escobillas o carbones. El motor brushless en vez de funcionar en DC funciona en AC. La mayoría de motores se alimentan con una señal trifásica, la cual idealmente debería ser sinusoidal, pero en la práctica son pulsos continuos o una señal continua con mucho componente AC. Se los clasifica como DC porque al igual que los motores comunes tienen imanes permanentes.

Estos imanes son atraídos por la polaridad de un campo magnético generado por las bobinas, las cuales reciben los pulsos en un patrón específico. Par acelerar al motor simplemente el campo magnético secuencial debe girar a mayor velocidad, o lo que es lo mismo aumentar la frecuencia de los pulsos.

La gran ventaja de los motores brushless frente a los demás motores es que no requieren de un mantenimiento periódico. Adicionalmente, al compararlo con un motor DC común, al aumentar la tensión en los terminales del mismo, el resultado es aumentar la velocidad pero al mismo tiempo el consumo de corriente.

En un motor brushless la corriente y la velocidad son en cierto punto independientes. Es el circuito regulador de velocidad el que se encarga de suministrar solo la corriente necesaria para una determinada RPM. Si se alimenta con un valor mayor al de la corriente que necesita el motor, girará a una determinada velocidad, y se desperdicia la capacidad de la batería en esa corriente extra no utilizada. Si por el contrario se alimenta con poca corriente, el pulso de EMF será mayor al pulso de alimentación y por consiguiente el motor eventualmente se detendrá.

2.6.2.1 Características Motor Eléctrico Brushless

- Los motores brushless destacan por sus excelentes características de torque, altas prestaciones, rango de velocidades muy amplio y su insuperable duración en servicio.

- Requieren una electrónica externa o integrada para realizar la conmutación.
- Giro suave, sin par de retención.
- Buena disipación de calor, alta capacidad de sobrecarga.
- Tiene una prolongada vida útil, limitada únicamente por los rodamientos, mínimo 20000 horas a carga máxima.
- Mantienen altas velocidades incluso a voltajes bajos, fácilmente pueden alcanzar 50000 rpm y 100000 rpm en algunos casos.
- Tienen una buena disipación de calor, y alta capacidad de sobrecarga.
- La velocidad vs torque es lineal en un rango muy amplio, lo cual permite una excelente regulación.
- Tienen una eficiencia muy alta del 90%. Aprovechan la energía eléctrica, convirtiéndola en potencia mecánica y generando menos calor.
- Tienen una muy baja constante eléctrica de tiempo y reducida inductancia, por lo que casi no existe interferencias eléctricas o ruido eléctrico.
- Campos de aplicación: entornos explosivos (sin chispas), salas limpias (sin desgaste) y cualquier otra aplicación que requiera velocidades de giro elevadas y larga vida en servicio.

2.6.2.1 Partes constitutivas del motor Brushless

La construcción de motores DC sin escobillas es muy similar a la de los motores AC. Consta de un rotor, el cual es un elemento magnético permanente, y un estator que ésta conformado por embobinados al igual que en un motor AC de varias fases. La diferencia principal con un motor AC está dada en la forma de detectar la posición del rotor, para poder saber cómo se encuentran los polos magnéticos y así generar la señal de control mediante switches electrónicos.

Las partes principales de un motor brushless son dos: un rotor magnético permanente y los bobinados, como los mostrados en la Figura 22.



Figura 22 Fuerza torsión sometida a una hélice

Fuente: (http://www.e-radiocontrol.com.ar/images/brushlessSSC4_BM-4-CDROM_Motor_005.JPG, 2016)

Un parámetro muy importante proporcionado por los fabricantes es el Kv (revoluciones por minuto y por voltio). Para una potencia dada, un alto Kv proporciona más revoluciones que un bajo Kv. Un alto Kv está indicado para aviones rápidos con una hélice pequeña, mientras que un bajo Kv es adecuado para una aeronave que lleva una hélice más grande. El Kv de un motor brushless es el cociente de los rpm del motor sin carga para el voltaje pico en los cables conectados a las bobinas.

2.7 Ángulos de navegación de un multicoptero

Un multicoptero y cualquier aeronave es capaz de rotar alrededor de tres ejes perpendiculares entre sí. El punto de intersección está situado sobre el centro de gravedad de la aeronave. Estos tres ejes son el eje transversal o lateral, el longitudinal y el vertical; el movimiento sobre estos ejes también es conocido como los ángulos de Euler.

2.7.1 Eje lateral: pitch

El eje longitudinal es un eje imaginario que se extiende desde la parte delantera hasta la cola de un avión. El movimiento que se realiza alrededor de este eje se denomina cabeceo. Pitch es la rotación contra las manecillas del reloj de un ángulo β alrededor del eje y.

2.7.2 Eje longitudinal: roll

El eje lateral o transversal es un eje imaginario que se extiende de punta a punta de las alas de un avión. El movimiento que se realiza alrededor de este eje se denomina alabeo. Roll es la rotación contra las manecillas del reloj de un ángulo γ y alrededor del eje x.

2.7.3 Eje vertical: yaw

El eje vertical es un eje imaginario que pasa por el centro de gravedad de un avión, y es perpendicular a los ejes transversal y longitudinal. Está contenido en un plano que pasa por el morro y la cola de la aeronave, y normalmente divide a ésta en dos partes simétricas. El movimiento que se realiza alrededor de este eje se denomina guiñada. Yaw es la rotación contra las manecillas del reloj de un ángulo α alrededor del eje z.

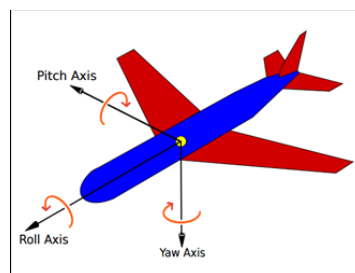


Figura 23 Ejes de una aeronave

Fuente: ([https://lh3.googleusercontent.com/-SIZW44ylo70/VxzFN3uimbl/AAAAAAAAAB3o/qkS8UhG0o0E/angulo-](https://lh3.googleusercontent.com/-SIZW44ylo70/VxzFN3uimbl/AAAAAAAAAB3o/qkS8UhG0o0E/angulo-euler_thumb2.png?imgmax=800)

[euler_thumb2.png?imgmax=800](https://lh3.googleusercontent.com/-SIZW44ylo70/VxzFN3uimbl/AAAAAAAAAB3o/qkS8UhG0o0E/angulo-euler_thumb2.png?imgmax=800), 2016)

2.8 Fuerzas que intervienen en el vuelo

Básicamente intervienen cuatro fuerzas que siempre están presentes en el vuelo:

2.8.1 El peso (weight)

Siempre presente y decrece a medida que la aeronave gasta combustible, de ser el caso, es la fuerza que ejerce la gravedad sobre la máquina y lo atrae hacia la tierra, es contrarrestada por la sustentación que ejercen las alas.

2.8.2 La sustentación (lift)

Fuerza que ejercen los planos o alas, es proporcional al área de las mismas, a la densidad del aire, a la velocidad relativa de este y a un coeficiente de sustentación que a su vez depende del perfil del ala (llamado perfil aerodinámico). La explicación física de su existencia es la siguiente: Como el aire se mueve a más velocidad en 1 debido a que tiene que recorrer una mayor distancia en el mismo tiempo, hace que haya menos presión que en 2 generando así una diferencia de presiones: una en la cara superior del ala que levanta el avión hacia arriba y otra en la cara inferior del ala que empuja el avión hacia arriba.

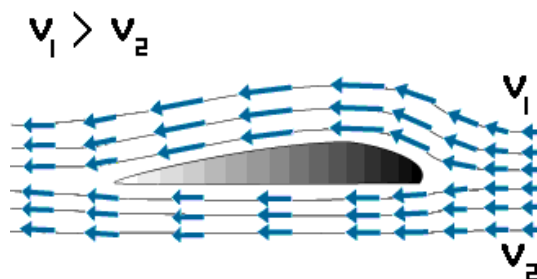


Figura 24 Diferencia de velocidades necesarias para la sustentación

Fuente: (<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/aeronautica/aeronautica.htm>, 2011)

2.8.3 El arrastre (drag)

Es la resistencia que hace el aire a medida que el avión se desplaza, se trata de minimizar para hacer más eficiente el consumo y aumentar la velocidad.

2.8.4 El empuje (thrust)

Proporcionado por los motores, hace que el avión venza la fuerza de arrastre y se pueda mover.



Figura 25 Fuerzas que intervienen en el vuelo

Fuente: (http://www.manualvuelo.com/GIFS/Fig_131.gif, 2016)

2.9 FPV (First Person View)

"Vuelo en primera persona" o FPV por sus siglas en inglés para "First Person View" se refiere al vuelo con cámara abordo usualmente montada al frente o nariz del avión de tamaño real o a escala, este tipo de vuelo se ha vuelto muy popular porque da una "sensación" de estar pilotando desde la misma cabina sin los riesgos y costos que implica volar en un avión.

Esta tecnología fue como muchas otras desarrollada para la guerra y posteriormente cuando llegó el abaratamiento de la fabricación de microchips esta tecnología comenzó a estar disponible para la población civil.

Existen dos modalidades en este tipo de vuelo, una con cámara abordo y grabadora de video que normalmente viene integrado en un mismo paquete y el vuelo con cámara abordo y transmisión en tiempo real de la imagen que la video-cámara capta.



Figura 26 Vuelo FPV desde Phantom 3

2.10 Restricciones de la autoridad aeronáutica

La Dirección general de aviación Civil según resolución 251/2015 establece la normativa para el uso de Drones, la cual limita la operación a una altura máxima de 122 metros sobre el terreno, y la operación cerca de un aeródromo deberá ser mayor o igual a 9 kilómetros, en cuanto a los horarios, deberá ser desde la salida hasta la puesta del sol, para la operación de los drones, en condiciones meteorológicas de vuelo visual, libre de nubes, neblina, precipitación o cualquier otra condición que obstruya o pueda obstruir el contacto visual permanente con el Drone.

2.11 Análisis de Alternativas de propuestas.

El presente tiene como objetivo principal resumir las propuestas y los parámetros más relevantes para la implementación de un Drone FPV con transmisión de video en tiempo real para la carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías.

2.11.1 Identificación de las propuestas.

Las alternativas propuestas para la adquisición del medidor de espesores son las siguientes:

2.11.1.1 Primera alternativa.

Phantom 3 Standard de DJI es un cuadricóptero listo para volar con cámara incorporada que captura videos con una buena resolución de 2.7K HD y que es muy estable gracias a un excelente sistema integrado de tres ejes. Tiene funciones de vuelo inteligente que ayudan a las personas que recién inician en este mundo.



Figura 27 DJI Phantom 3 Standard

Fuente: (http://zaidrones.com/wp-content/uploads/2016/03/DJI-Phantom3_Standard11.jpg, 2016)

2.11.1.2 Segunda alternativa.

3DR SOLO, el Solo incorpora dos procesadores de 1Ghz con un sistema operativo basado en Linux que permite el streaming de video, trayectorias de vuelo preprogramadas, una integración total con la GoPro y mucho más.



Figura 28 3DR Solo

Fuente: (<http://eldrone.es/wp-content/uploads/2016/05/drones-solo-3d-robotics-top-review.jpg>, 2016)

2.11.2 Análisis de factibilidad.

En esta parte se analiza las ventajas y desventajas existentes de cada una de las alternativas identificadas, para poder determinar la más idónea y analizar los requerimientos técnicos de la misma, con la finalidad de realizar la adquisición del Drone.

2.11.2.1 Primera Alternativa

Phantom 3 Standard

Ventajas:

- Peso liviano, debido a su estructura compacta.
- Sistema FPV incluido.
- Incluye un programa para IOS o Android que permite realizar varias tareas como el FPV.
- Costo relativamente bajo, para equipos de este tipo.
- Sistema ready to fly, solo se necesita un teléfono inteligente.

Desventajas:

- Sistema operativo cerrado.
- Limitación de vuelos en interiores.
- Limitaciones de actualizaciones de hardware.

2.11.2.2 Segunda Alternativa

3DR SOLO.

Ventajas:

- CPU de grandes prestaciones incluido.
- Características de uso profesional.
- Gran alcance y estabilidad de vuelo.

- Facilidad de actualizaciones de hardware.

Desventajas:

- Cámara no incluida.
- Proceso de adquisición muy demorado, ya que no es comercial en el país.
- Costos extras generados por envíos y de más dispositivos necesarios para el FPV.

2.11.3 Parámetros de evaluación.

Para evaluar cada una de las alternativas, se asignó un valor X_i a los parámetros de selección, que se han considerado los más importantes que permitirán elegir la mejor alternativa.

La asignación de los valores X_i dependerá del parámetro y su valor de ponderación estará entre:

$$0 - X_i - 1$$

En función de las ventajas y desventajas que prestan las alternativas, a continuación se evaluará uno de los parámetros y alternativas que obtenga el puntaje más alto en la calificación efectuada, por lo que al final será seleccionado para la adquisición. Estas alternativas también tendrán una calificación comprendida entre cero y uno. Los parámetros para dicha selección se encuentran conformados por tres aspectos muy importantes tales como son:

A continuación se especifica cada uno de los parámetros:

2.11.3.1 Aspecto Técnico.

- **Funcionabilidad.-** Habla acerca de las características técnicas del drone como alcance, potencia máxima, entre otros. Por la importancia de este parámetro se da un valor de 0.9.

- **Rendimiento.-** Este parámetro se basa en el tiempo de vuelo que pueda realizar el Drone, y se le asigna un valor de 0.8.
- **Facilidad de operación y control.-** Ciertos Drones son más fáciles de operar que otros y sus softwares proporcionan ayuda para personas que realizan vuelos por primera vez. Este parámetro es asignado con un valor de 0.7.
- **Mantenimiento.-** Este parámetro es muy importante para que el Drone siempre tenga las características iniciales de funcionamiento. Luego de haber tomado en cuenta lo anterior se le asigna un valor de 0.5.
- **Procesos de Adquisición.-** Todas las alternativas, requieren un trámite para su adquisición, ya que todos estos elementos deben ser importados. Este parámetro tiene un valor de 0.6.

2.11.3.2 Aspecto Económico

- **Costo de Adquisición.-** El parámetro indicado tiene una gran importancia para una decisión adecuada, para la selección del Drone, se trata de buscar la alternativa más eficiente por lo que se le asigna con un valor de 0.5.
- **Costo de operación.-** Una vez que se ha adquirido el Drone, se busca economizar la energía utilizada en el proceso de operación, y se le asigna un valor de 0.4.

2.11.3.3 Aspecto Complementario.

- **Tamaño.-** Trata sobre el tamaño del Drone ya que de esto facilitara su transporte, y su valor es de 0.3.

- **Forma.-** Este punto toma en cuenta la estética de cada uno de los Drones por lo que se le ha designado un valor de 0.3.

Tabla 1

Matriz de Evaluación

PARÁMETROS DE ALTERNATIVAS DE EVALUACIÓN	F. POND	ALTERNATIVAS	
	Xi	1	2
Funcionabilidad	0.9	0.8	0.9
Rendimiento	0.8	0.8	0.9
Facilidad de operación y control	0.7	0.7	0.6
Mantenimiento	0.3	0.8	0.8
Proceso de adquisición	0.6	0.8	0.6
Costo de Adquisición	0.5	0.9	0.6
Costo de Operación	0.4	0.5	0.5
Tamaño	0.3	0.7	0.6
Forma	0.3	0.8	0.7

Tabla 2

Matriz de decisión

PARÁMETROS DE ALTERNATIVAS DE EVALUACIÓN	F. POND	ALTERNATIVAS	
	Xi	1	2
Funcionabilidad	0.9	0,72	0,81
Rendimiento	0.8	0,64	0,72
Facilidad de operación y control	0.7	0,49	0,42
Mantenimiento	0.3	0,24	0,24
Proceso de adquisición	0.6	0,48	0,36
Costo de Adquisición	0.5	0,45	0,3
Costo de Operación	0.4	0,2	0,2
Tamaño	0.3	0,21	0,18
Forma	0.3	0,24	0,21
Total		3,67	3,44

2.11.4 Selección de la mejor propuesta.

Una vez realizado el análisis de cada alternativa, el estudio técnico y la evaluación de los parámetros, se llega a determinar que la primera alternativa presenta mejores condiciones de operación, debido a su funcionalidad, tamaño, forma y costo.

2.11.5 Requerimientos técnicos.

Para un correcto funcionamiento del Drones se requiere un chequeo periódico del estado de las baterías y una inducción sobre las diferentes funciones del Drone.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Componentes DJI Phantom 3 Standard

El Dron DJI Phantom 3 Standard, es un cuadricóptero que cuenta con un sistema FPV, que puede realizar filmaciones en 2K y toma de imágenes, los principales componentes son:

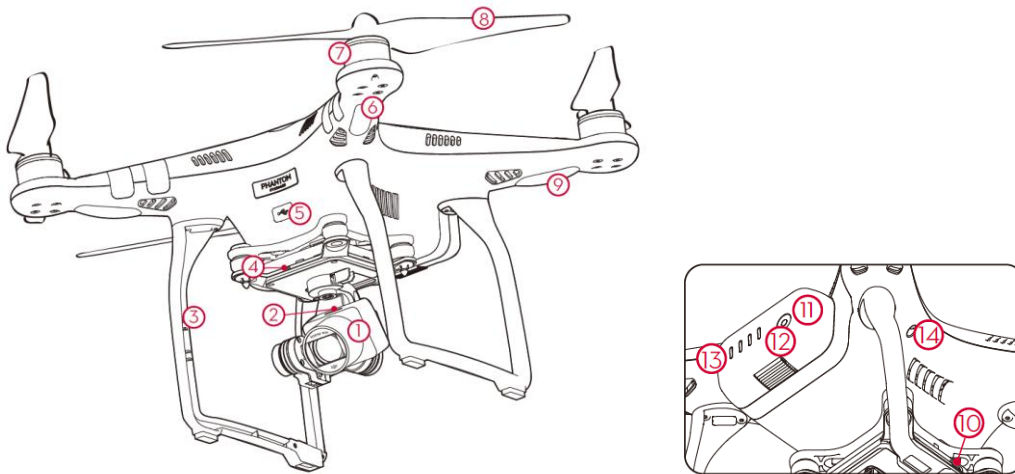


Figura 29 Componentes DJI Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Guía de inicio rápida, 2015)

1. Gimbal y cámara
2. Ranura de tarjeta MicroSD
3. Antenas
4. Indicador de estado de la cámara
5. Puerto MicroUSB de la aeronave
6. Indicadores LED delanteros
7. Motores
8. Hélices
9. Indicadores de estado de la aeronave
10. Puerto MicroUSB de la cámara
11. Batería de vuelo inteligente

12. Botón de encendido
13. Indicadores de nivel de batería
14. Botón de vinculación

3.2 Control remoto DJI Phantom Standard

El controlador remoto del Phantom 3 Standard cuenta con transmisión de vídeo WiFi de 2,4 GHz, un sistema de transmisión a la aeronave de 5,8 GHz y una batería incorporada. Es capaz de transmitir señales a la aeronave a una distancia de hasta 1 km. Los principales componentes del control son:

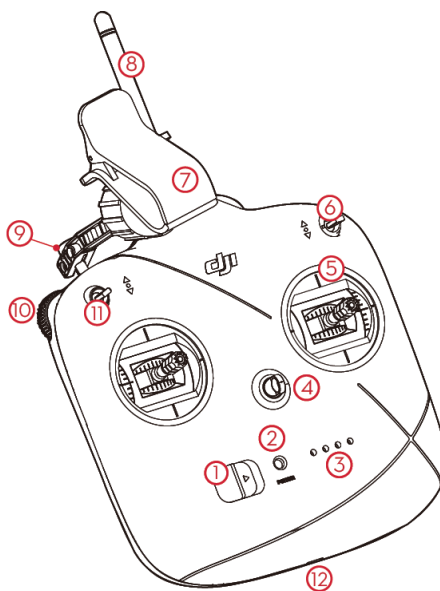


Figura 30 Componentes Control Remoto DJI Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Guía de inicio rápida, 2015)

1. Interruptor de encendido
2. LED de estado
3. Indicadores Led de nivel de batería
4. Enganche de correa
5. Palancas de control
6. Interruptor S1
7. Soporte para el dispositivo móvil
8. Antena

9. Agarradera
10. Selector de Gimbal
11. Interruptor S2
12. Puerto MicroUSB

El control tiene varias configuraciones, para el vuelo, viene predeterminado en el modo 2, y este es el usado más comúnmente en Drones y Aviones a radio control.

3.2.1 Ascenso y Descenso.

El movimiento vertical de la palanca izquierda controla la elevación de la aeronave. Empújela hacia arriba para ascender y hacia abajo para descender. Utilice la palanca izquierda para despegar cuando los motores giren a ralentí. La aeronave volará de forma estacionaria si la palanca se encuentra en punto muerto.

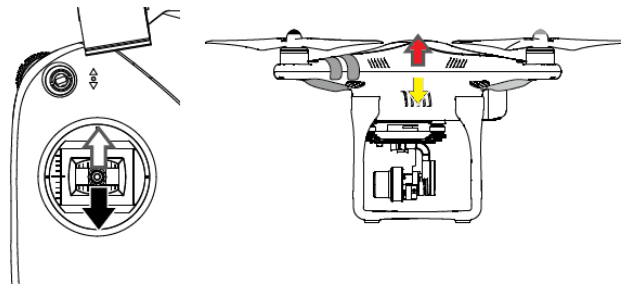


Figura 31 Control del Ascenso y Descenso Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.2.2 Movimiento de Guiñada

El movimiento horizontal de la palanca izquierda controla la rotación sobre el eje z de la aeronave, o comúnmente conocida como el movimiento de guiñada, si se mueve la palanca hacia la derecha el Dron rota a la derecha, y si se realiza a la izquierda rota a la izquierda.

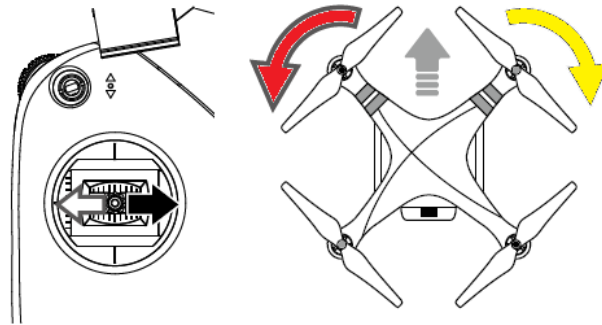


Figura 32 Control de guiñada Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.2.3 Movimiento de Cabeceo

El movimiento vertical de la palanca derecha controla la inclinación de la aeronave, o más conocido como el cabeceo. Empújela hacia arriba para volar hacia delante y presiónela hacia abajo para volar hacia atrás. Desplace más la palanca para un mayor ángulo de inclinación y mayor rapidez en el vuelo.

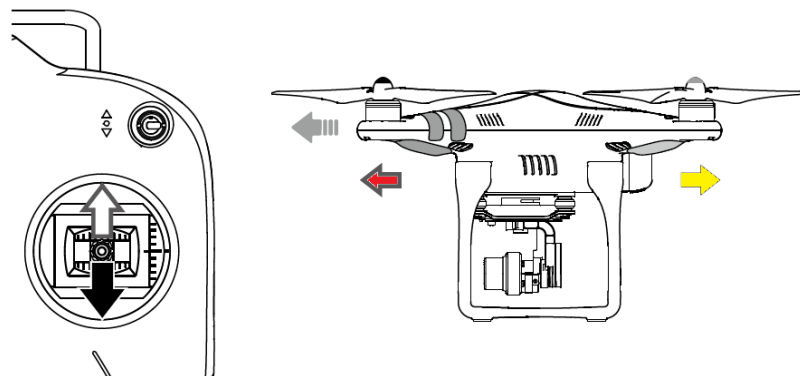


Figura 33 Control de cabeceo Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.2.4 Movimiento de alabeo

El movimiento horizontal de la palanca derecha controla el alabeo de la aeronave. Mueva la palanca hacia la izquierda para volar a la izquierda y a la derecha para volar a la derecha. Desplace más la palanca para un mayor ángulo de alabeo y mayor rapidez en el vuelo.

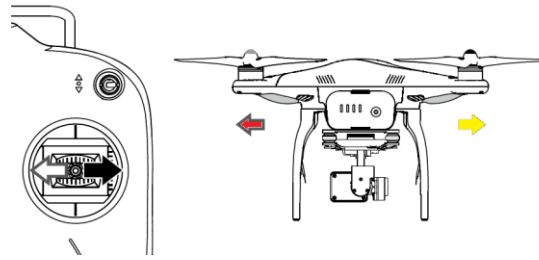


Figura 34 Control de alabeo Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.2.5 Movimiento de la cámara (Gimbal)

Para realizar el movimiento de la cámara hacia arriba o hacia abajo se debe girar el selector del gimbal a la derecha o izquierda.

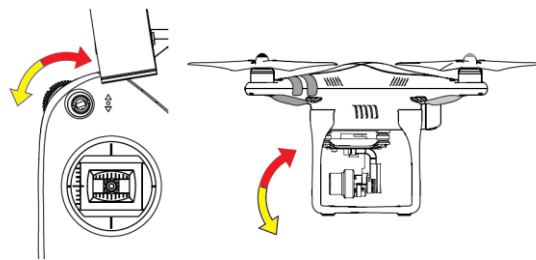


Figura 35 Control del Gimbal

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.3 Características técnicas Phantom 3 Standard

Se nombra las características de la aeronave, del control, de la cámara y de la batería de vuelo inteligente.

3.3.1 Aeronave

Peso con batería incluida	1216 gr.
Velocidad de ascenso máx.	5 m/s
Velocidad de descenso máx.	3 m/s
Velocidad máx.	16 m/s (sin viento)
Tiempo de vuelo máx.	Aproximadamente 25 minutos

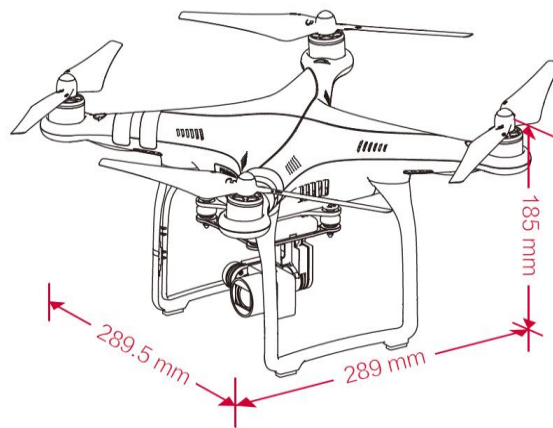


Figura 36 Dimensiones Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Guía de inicio rápida, 2015)

3.3.2 Control

Frecuencia de funcionamiento	5,725 GHz - 5,825 GHz
Distancia máxima de transmisión	1000 m, sin obstáculos 500 m, en otro caso
Potencia de transmisión	19 dBm, sin obstáculos 14 dBm, en otro caso
Tensión de funcionamiento	600 mA a 3,7 V
Puerto de carga	MicroUSB

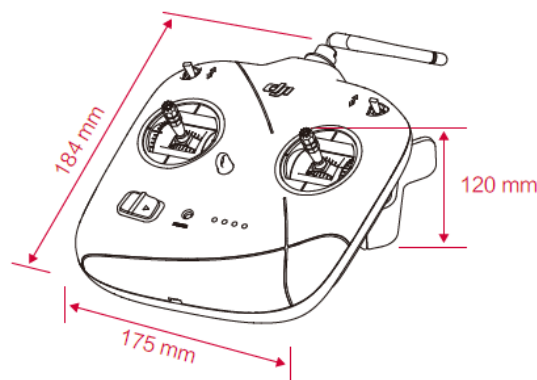


Figura 37 Dimensiones Control Phantom 3 Standard

Fuente: (Phantom 3 Standard, Guía de inicio rápida, 2015)

3.3.3 Cámara

Sensor	1/2.3"
Resolución de fotos	12 megapíxeles
Objetivo	94° FOV, 20 mm (equivalente a formato de 35 mm) enfoque f/2.8 a ∞
Intervalo de ISO	100-3200 (vídeo) 100-1600 (fotos)
Velocidad obturador electrónico	8 s - 1/8000 s
Tamaño de imagen máximo	4000 x 3000 píxeles
Modos de fotografía fija	Un disparo, modo de ráfaga de fotos, disparo a intervalos.
Modos de grabación de vídeo	2,7 K: 2704x1520p30 FHD: 1920x1080p 24/25/30 HD: 1280x720p 24/25/30/48/50/60
Tipos de tarjetas SD admitidas	MicroSD, Capacidad máxima: 64 GB Clase 6 o superior
Intervalo controlable gimbal	de -90° a +30°
Intervalo de vibración angular gimbal	$\pm 0,02^\circ$

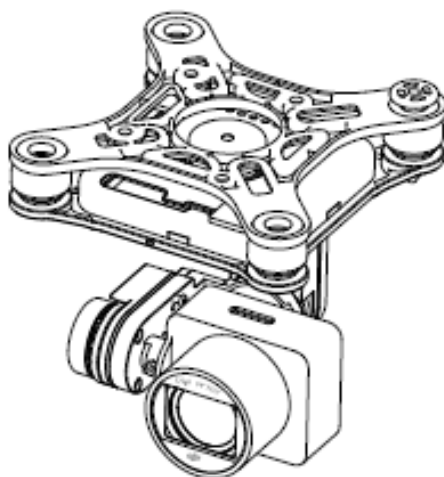


Figura 38 Cámara y Gimbal DJI Phantom Standard

Fuente(Phantom 3 Standard, Guía de inicio rápida, 2015)

3.3.4 Batería de vuelo inteligente (PH3 - 4480 mAh - 15,2 V)

Capacidad	4480 mAh
Voltaje	15,2 V
Tipo de batería	LiPo 4S
Energía	68 Wh
Peso neto	365 g
Potencia de carga máx.	100 W



Figura 39 Batería de vuelo inteligente de vuelo y cargador
Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.4 Dinámica de vuelo

La teoría que explica cómo vuela un dron es sencilla de explicar y entender, en especial si es un cuadricóptero; en el cuadricóptero, lo único que se puede controlar y que actúa con el operador son los motores con sus respectivas hélices. Estos motores están fijos a la estructura del dron (existen modelos en los que los motores son móviles respecto a su carcasa), de manera que la única manera de actuar con el medio es con la velocidad de giro de los motores y el sentido de rotación de los mismos. Las variables que describen el estado de vuelo del dron serán los principales ángulos de Euler: cabeceo, alabeo y guiñada; pitch, roll y yaw en inglés.



Figura 40 Ejes de Euler

Una vez se han identificado los ejes de coordenadas y las coordenadas con las cuales se define el movimiento del dron, se determina la posición y número de cada motor, con el objetivo de facilitar la explicación de la dinámica de vuelo.

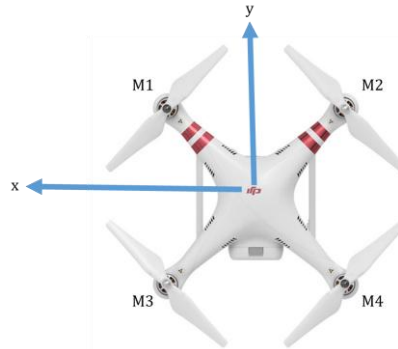


Figura 41 Disposición de los motores

3.4.1. Movimiento de pitch

Para conseguir una variación positiva del ángulo de pitch se administra mayor potencia a los motores número 3 y 4. Es decir, se aumenta las revoluciones de los motores tres y cuatro, en tanto se disminuyen, en la misma medida, las de los motores 1 y 2. De esta manera se mantiene la potencia del conjunto y se consigue un momento en el eje x que hace girar el dron en sentido positivo. Además, se consigue que el cuadricóptero avance en el eje y positivo a causa de la descomposición de las componentes de las fuerzas del plano. Para conseguir una variación negativa y un retroceso, los motores 1 y 2 aumentan las revoluciones, en cuanto, se disminuye en la misma medida la de los motores 3 y 4.



Figura 42 Mayor potencia para avance del dron

3.4.2. Movimiento de roll

Para conseguir una variación positiva del ángulo de roll se le administra más potencia a los motores número uno y tres, y menos a los motores dos y cuatro, para conseguir un desplazamiento a la izquierda. El funcionamiento es prácticamente idéntico al movimiento de pitch.



Figura 43 Mayor potencia para desplazamiento hacia la izquierda

3.4.3. Movimiento de yaw

El movimiento de yaw es distinto al de pitch y roll, en el sentido que no genera una traslación, ya que lo que se genera es una rotación del dron sobre su propio eje.

Primero se define un sentido de giro a cada motor. En este dron los motores uno y cuatro giran en sentido horario y los motores dos y tres en sentido anti horario. Esto es así porque los momentos rotacionales que generan los motores se han de anular cuando giran a la misma velocidad. Por ejemplo, en caso de que los cuatro motores giraran en sentido anti horario el cuadricóptero giraría en sentido horario en el eje z.

Tal como se ha definido el sentido de rotación de los motores, para obtener un cambio de orientación positivo en el eje z los motores dos y cuatro han de

girar más rápido que los motores uno y tres, es decir se produce una rotación del dron hacia la izquierda.



Figura 44 Potencia de motores para rotación hacia la izquierda

3.5 Sistema FPV

El sistema FPV, cuenta con una cámara de video, con calidad de 2.7K, y un gimbal que logra una estabilidad de la imagen, y el control horizontal de la cámara, el cual se realiza desde el control; para realizar el FPV, es necesario un teléfono inteligente o tablet con sistema IOS o Android, y el programa GJI Go, el cual se lo descarga de la AppStore o de la PlayStore, dependiendo del sistema operativo, dentro de este software, se ve en tiempo real los movimientos y maniobras del dron, además se cuenta con un mapa que da la trayectoria exacta del dron, otras características que proporciona el programa, es nivel de batería del control y del dron, velocidad horizontal y vertical de la aeronave, distancia de la aeronave al punto de control, características de imagen o video de FPV, tiempo de vuelo, múltiple modo de vuelo (Positioning mode, Attitude Mode y Function mode) y de más características avanzadas de configuración.



Figura 45 FPV Dji Go


3.6 Programa DJI Go

Este software es el que permite realizar la transmisión de video en tiempo real, es compatible con otros productos de la marca DJI, lleva un registro de todos los vuelos realizados, y también consta de un simulador en el cual se puede adiestrar para evitar percances o incidentes al realizar vuelos, a través de este programa se puede realizar configuraciones avanzadas del drone, como tipo de mando para el vuelo, configuración de modo principiante, contraseña de wifi del mando.



Figura 46 Simulador Dji

3.7 Modos de Vuelo

El drone Phantom 3 Standard consta de tres modos de vuelo, para usar estos modos de vuelo se debe activar la opción Multiple Flight Modes, vaya a la aplicación DJI Go, Camera View, seleccionar el icono , de la barra de estado, y activar Multiple Flight Modes, de no activar esta opción la aeronave se encuentra en modo posicionamiento.

3.7.1 Modo P (posicionamiento)

El modo P funciona mejor con señal GPS intensa. La aeronave seleccionará automáticamente uno de los dos estados posibles de este modo en función de la intensidad de la señal GPS.

3.7.1.1 P-GPS: el GPS está disponible. La aeronave utiliza el GPS para el posicionamiento, mantendrá estable su posición así como su altitud.

3.7.1.2 P-ATTI: el GPS no está disponible. La aeronave solo utiliza el barómetro para mantener la altitud.

3.7.2 Modo A (Actitud)

En el modo A, el GPS no se utiliza para el posicionamiento, y la aeronave solo utiliza su barómetro para mantener la altitud. Si hay señal GPS, la aeronave volverá al último punto de origen registrado si se pierde la señal del controlador remoto.

3.7.3 Modo F (Función).

En este modo se admite el control de orientación inteligente (IOC, por sus siglas en ingles), este control de orientación permite al piloto bloquear la orientación de la aeronave de distintas maneras, las cuales son:

3.7.3.1 Point of interest: El dron realizara un vuelo en circunferencia, con un radio determinado, con un centro específico.

3.7.3.2 Follow me: En este control inteligente, el dron se mantendrá a una distancia predeterminada del piloto, es decir si se camina en cierta dirección, el dron seguirá el mismo camino a una distancia seleccionada.

3.7.3.3 Waypoints: La aeronave realizara su trayectoria en base a una ruta existente o se creara una nueva ruta.

3.7.3.4 Home Lock: Este control permite que el dron no se acerque al piloto más de una distancia preestablecida, es decir, si la distancia es de 5 metros, el dron nunca estará a menos de 5 metros del piloto.

3.7.3.5 Course Lock: Al realizar un giro sobre el propio eje de la aeronave o el movimiento de yaw, su posicionamiento para el mando cambia, lo que realiza este control inteligente, es mantener siempre ese frente a pesar de variar el Angulo de yaw de la aeronave.

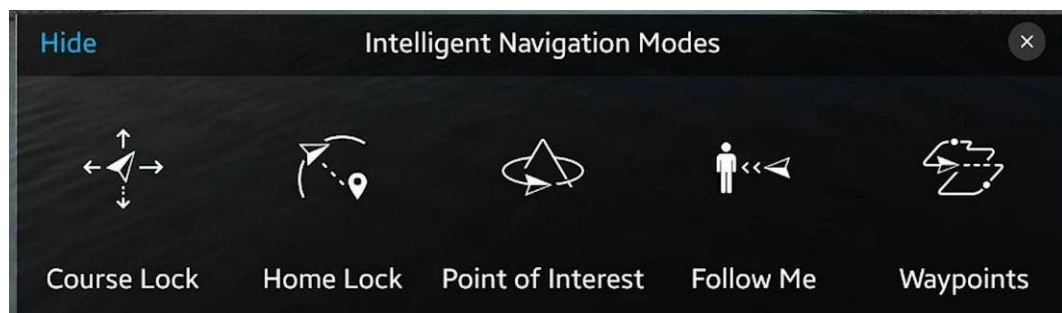


Figura 47 Selecciones de IOC (Control inteligente de orientación)

Para seleccionar los diferentes modos de vuelo, se utilizara el selector s1 del control, donde ▲ corresponde el modo P, ● selecciona el modo A y ▼ activa el modo F.

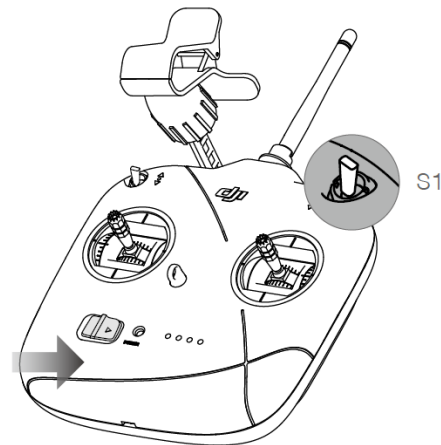


Figura 48 Ubicación Palanca S1

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.8 Aplicaciones básica del dron Phantom 3 Standard

El dron Phantom 3 Standard, es una de los drones más comerciales, ya que es un sistema RTF (Ready to Fly), o listo para volar, todo lo que se necesita viene dentro de la caja del dron; es considerado un Dron semi profesional, por su relativo bajo costo, pero a pesar de esto es usado por varias personas e inclusive empresas, para realizar fotografía o filmación aérea, otra utilidad del dron es para realizar inspecciones o evaluar lugares de difícil acceso, donde es complicado que las personas lleguen de forma terrestre; algunos organismos de emergencia lo usan para evaluar accidentes y establecer un plan de rescate; existen softwares especializados de imágenes que evalúan las imágenes tomadas del dron, para determinar estados de sembríos, plagas, cosechas, extensiones de terrenos, etc.

Es un dron con varias aplicaciones, depende del usuario aprovechar la versatilidad del equipo y realizar las misiones planificadas con la mejor performance y rendimiento de este.

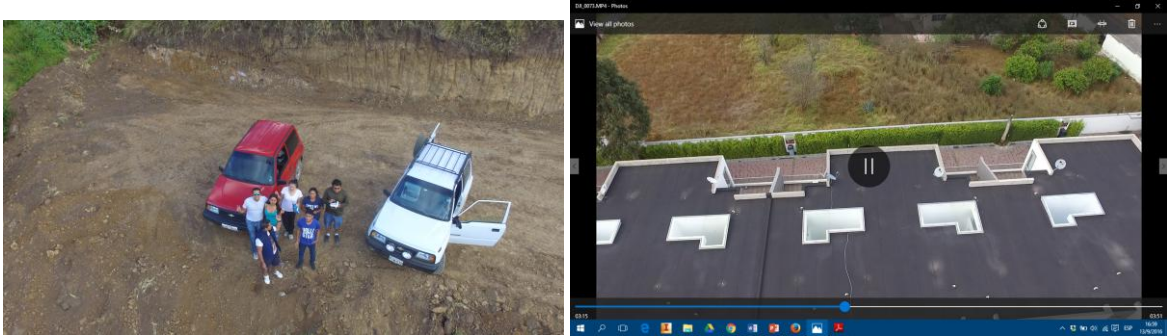


Figura 49 Fotografía y filmación aérea

3.9 Análisis aerodinámico

3.9.1 Análisis respecto al número de motores.

Un dron requiere de por lo menos dos hélices que generen sustentación positiva para ser denominada un multirrotor. Los multicópteros nacen como una solución a la gran complejidad mecánica que presenta el rotor en un helicóptero convencional.

El primer diseño posible es un Bicóptero (Figura 26). Este tipo de diseño requiere de dos motores que generen sustentación, pero además de dos servomotores los cuales orienten los motores para hacer que el dron se desplace hacia adelante, atrás o gire sobre su centro.



Figura 50 Bicóptero

Fuente: (<http://www.miliamperios.com/foro/frames-proyectos-multirrotor-f117/bicoptero-paso-paso-t167925.html>, 2016)

Otro diseño posible es un Tricóptero, sin embargo, debido al número impar, estos multirrotores requieren que exista una compensación para el torque generado, tal como el rotor de la cola en un helicóptero. Por tal motivo, uno de los tres motores suele estar acoplado a un servomotor el cual orienta este para contrarrestar el torque. Este tercer motor orientado consume parte de la energía solo para evitar que el Tricóptero gire sobre su sitio, lo cual es un factor de ineficiencia. Sin embargo, este diseño tiene la ventaja de tener una respuesta rápida para ejecutar un giro sobre su sitio. Esto es ideal para filmaciones de competencias deportivas.



Figura 51 Tricóptero

Fuente: (<http://www.aeromodelismovirtual.com/showthread.php?t=5449>, 2016)

El siguiente modelo es la configuración más popular, el cuadricóptero con cuatro motores. El número par de motores permite generar un torque neto nulo, por lo que no es necesario tener un motor que genere un impulso para compensarlo. No se requiere servomotores para orientar las hélices, debido a que los cuatro motores son suficientes para lograr los movimientos necesarios, esto a su vez permite un diseño mecánicamente más robusto debido a la menor cantidad de uniones móviles.



Figura 52 Cuadricóptero

Otras configuraciones populares son los hexacópteros y los octocópteros con seis y ocho motores respectivamente. En los hexacópteros se pueden encontrar dos formatos: el común donde todos los rotores se encuentran en el mismo plano y los de configuración Y6 donde cada par de motores se encuentra de manera colineal. Las ventajas de los hexacópteros frente a los modelos anteriores son, para una misma potencia, el tamaño más compacto y la redundancia a prueba de errores. Si uno de los motores falla, los restantes pueden permitir aterrizar con seguridad el dron o inclusive terminar la misión asignada. Por otro lado, la configuración Y6 logra más potencia en un menor espacio que el formato tradicional. Sin embargo, la eficiencia aerodinámica de los rotores disminuye en esta configuración debido a que los rotores interfieren el flujo de aire entre sí.



Figura 53 Hexacópteros con disposición de motores Y6 y disposición de motores tradicional

Fuente: (<https://www.pinterest.com/pin/547961479637127518/>, 2016)

Los Octocópteros tienen principios similares a los hexacópteros, solo que cuentan con mayor potencia por unidad de área ocupada. La disposición de sus

motores puede ser de forma tradicional o también en una disposición X8 con motores en pares colineales, que igual son menos eficientes aerodinámicamente, al tener una mayor cantidad de motores, se necesita una fuente de mayor capacidad lo que limita su autonomía de vuelo, al igual que su carga útil.



Figura 54 Octocópteros con disposición de motores X8 y disposición de motores tradicional

Fuente: (<http://www.skypirate.us/wp-content/uploads/2015/01/KA3A7532.jpg>, 2016)

En base a las características aerodinámicas respecto al número de motores, el cuadricóptero, no posee mecanismos complejos para su control, solamente se debe realizar un cambio de velocidad individual en sus motores para producir los diferentes movimientos del drone, su autonomía de vuelo es aceptable, mayor que los octocópteros y los hexacópteros, pero menor que los bicópteros y tricópteros, por tales motivos es el modelo aerodinámicamente más eficiente, por tal motivo es el utilizado en este modelo y el de mayor uso en la industria de los drones.

3.9.2 Respecto a las hélices

El propósito de la hélice es producir la fuerza de tracción necesaria para desplazar una aeronave a través del aire, en el drone se encuentra q la hélices es de paso fijo, ya que no existe un cambio del ángulo del borde de ataque de la hélice, el drone cuadricóptero se caracteriza por que dos de sus hélices gira en sentido horario y las otras dos en sentido anti horario, por tal motivo las hélices tienen aerodinámica mente el mismo perfil, pero su construcción es realizada de

manera tal que la una gire de manera horaria y la otra de manera anti horaria, con la mayor eficiencia posible.

Las hélices utilizadas en el drone Phantom 3 Standard, denominada 9450, las cuales son bipalas, con un diámetro de 9 pulgadas y un paso de hélice de 6 pulgadas, utilizan un perfil aerodinámico de segunda generación, fueron diseñadas teniendo en cuenta la dinámica de fluidos computacional en el DJI Propulsion Lab, las hélices 9450 proporciona empuje extra y un mejor poder de eficiencia, gracias a este aumento de empuje, el rendimiento mejora significativamente en el Phantom 3 Standard. El diseño Autoenroscable de las hélices evita que se aflojen durante el vuelo.

Las hélices son de tipo puller, ya que con la ayuda del motor estas tiran del aire para producir la sustentación, este es el sistema más usado en los drones, ya que disminuye de cierta manera las turbulencias.



Hélices	Tuerca de hélice plateada	Tuerca de hélice negra
Imagen		
Montar en	Motores sin punto negro	Motores con punto negro

Figura 55 Hélices y su disposición

Fuente: (Phantom 3 Standard, Manual del usuario, 2015)

3.9.3 Respecto a la carga útil

El drone Phantom 3 Standard es una plataforma comercial, por lo que no se puede realizar mayores cambios, ni en su hardware ni en su software, se puede agregar pequeños elementos como protectores de hélices, o accesorias de una peso despreciable, que no afectaran en nada la aerodinámica de la aeronave, pero a pesar de esas limitaciones, varias personas han realizado pruebas de carga útil con este drone, esto es expuesto en varios videos, realizan pruebas con diferentes pesos, el cual el drone es capaz de levantarlos, pero con un consumo mayor de voltaje.

Al tener una carga extra, se requiere un mayor consumo de corriente, lo que provoca que la batería dure menos tiempo, además aerodinámicamente la aeronave pierde su centro de gravedad establecido, haciendo que su vuelo no sea nada estable, ni sencillo para el operador, con excesivo peso extra, la aeronave no logra alcanzar una altura considerable y siempre se mantendrá con pequeños o grandes desplazamientos en sus ejes.



Figura 56 Prueba de peso Phantom 3 Standard

Fuente: (<http://dronexpert.nl/payload-test-v2-phantom-2-and-phantom-3/>, 2016)

3.10 Factores que afectan a la sustentación

Los drones son vehículos de varios tamaños, algunos factores que afectan a la sustentación tendrá mayor consideración en ciertos drones y en otros será algo que no se tomara en cuenta, los principales factores que afectan a la sustentación son:

3.10.1 La forma del perfil aerodinámico de las hélices.

Hasta cierto límite, a mayor curvatura del perfil mayor diferencia de velocidad entre las superficies superior e inferior de la hélice y por tanto mayor diferencia de presión, o lo que es igual mayor fuerza de sustentación, si se desea reemplazar la hélice por alguna de un perfil diferente al determinad por DJI, se

corre el riesgo que la aeronave no tenga las mismas cualidades y características a las determinadas por DJI.



Figura 57 Diversos tipos de perfiles aerodinámicos

Fuente: (<http://www.edmpollensa.com/wp-content/uploads/sites/5/2015/02/perfiles-aerodinamicos-kitesurfen-schule-mallorca.jpg>, 2016)

3.10.2 La superficie de la hélice.

Si se tiene una hélice de un mayor tamaño, se tendrá una mayor superficie donde se generará la sustentación y por ende una mayor sustentación, pero esto se ve limitado por las dimensiones del dron, el Phantom 3 Standard fue diseñado para una hélice de 9 pulgadas de diámetro, al colocar una de mayor tamaño va a existir un roce entre ellas, ya que solamente existe una separación de 8 milímetros, en la parte más angosta entre las hélices.



Figura 58 Superficies de diversas hélices

Fuente: (<http://www.aerobat.es/mediapool/102/1024102/resources/18317277.jpg>, 2016)

3.10.3 La densidad del aire.

Si el aire tiene una mayor densidad, es decir si se está a nivel del mar, existirán mayor cantidad de partículas por unidad de volumen que producen la sustentación, según el principio de Bernoulli, el drone Phantom 3 standard al ser de un tamaño pequeño no se ve muy afectado por la densidad del aire, si existe diferencia entre volarlo a nivel del mar y en las montañas, pero es mínimo que no se logra percibir, a simple vista.

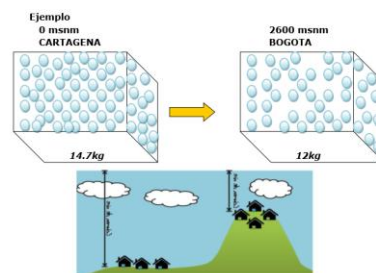


Figura 59 Densidades a diferentes alturas

Fuente: ([http://3.bp.blogspot.com/-](http://3.bp.blogspot.com/-SrVHmyrOeqs/U1cpOHS69MI/AAAAAAAAABH4/ffh2ejdehEE/s1600/xd.png)

[SrVHmyrOeqs/U1cpOHS69MI/AAAAAAAAABH4/ffh2ejdehEE/s1600/xd.png](http://3.bp.blogspot.com/-SrVHmyrOeqs/U1cpOHS69MI/AAAAAAAAABH4/ffh2ejdehEE/s1600/xd.png), 2016)

3.10.4 La velocidad del viento relativo.

Al tener una mayor velocidad sobre el perfil se tendrá una mayor sustentación, esto se da por la velocidad de los motores, en el caso del drone Phantom 3 Standard, la velocidad del viento relativo afectará, porque es una aeronave pequeña, por lo que con ráfagas de viento puede desestabilizarse y perder sustentación, por tal motivo no está por demás recordar que no se debe volar con vientos superiores a 35 Km/h o 10 m/s.



Figura 60 Efectos del viento relativo

Fuente: (<http://cde.3.elcomercio.pe/ima/0/1/0/4/4/1044293.jpg>, 2016)

3.11 Carga útil DJI Phantom 3 Standard

Para la determinación de la carga útil, se realiza de manera experimental, en base a una balanza electrónica y un anclaje al dron que ayuda a determinar el peso capaz de levantar.



Figura 61 Prueba de carga útil

Fuente: (<http://dronexpert.nl/payload-test-phantom-2-and-phantom-3/>, 2016)

El empuje máximo producido por el dron es de 3700 gramos, menos el peso del dron que es de 1300 gramos, tendríamos una carga útil de 2400 gramos, pero al colocar esta carga en el dron no se alcanza un altura considerable y no se posee un buen control, por lo que se recomienda una carga menor de 900 gramos.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Los Drones FPV, gracias a los avances en el mundo de la aviación, están al alcance de todas las personas, existe varios modelos con características específicas para determinados fines, en la Carrera de Mecánica Aeronáutica de la Unidad de Gestión de Tecnologías se implementó el drone DJI Phantom 3 Standard el cuales tienes las características necesarias y suficientes para los fines encomendados.
- Los movimientos del drone deben ser entendidos en su totalidad para comprender su forma de desplazarse y la forma de controlarlo, en las diferentes situaciones que este llegare a encontrarse, al igual que la dinámica de vuelo, ya que esto es particular para el tipo de drones cuadricópteros.
- La aplicación DJI Go, permite realizar varios cambios dentro de la configuraciones, todos los valores óptimos o usuales para el uso del drone viene configurados por defecto, es limitado lo que se puede llegar a cambiar ya que es una plataforma cerrada que no permite mayores cambios ni en su software, ni hardware.
- Aerodinámicamente es poca la información que existe por lo que DJI no es considerada una empresa open source, que incentive la mejora de sus productos, lo que limite en gran medida al acceso de información.

4.2 Recomendaciones

- El presente trabajo consta de un manual para la utilización y manejo del Drone DJI Phantom 3 Standard el cual debe ser revisado en su totalidad antes de realizar cualquier uso de este, con el objetivo de prolongar su vida útil y que sea de beneficiosos para la mayor cantidad de miembros de la Unidad de Gestión de Tecnologías.
- En base a lo estipulado por la autoridad Aeronáutica del Ecuador, se debe limitar el vuelo de los drones a una altura máxima de 122 metros sobre el nivel el terreno, y la operación cerca de un aeródromo debe ser siempre mayor a 9 kilómetros, el programa DJI Go, cuenta con exclusiones aéreas, que no realizan un vuelo en cercanías de aeropuerto u otras zonas que ponga en peligro la integridad de las personas, como son lugares de concentración masiva de personas.
- Familiarizarse con los mandos del drone a través del simulador de la aplicación DJI Go, y prestar la mayor atención al operar el drone, para evitar accidentes e incidentes, tanto del operador como de las personas que se encuentren a su alrededor.

BIBLIOGRAFÍA

(10 de octubre de 2016). Obtenido de

<http://www.motorbrushless.es/documentos/tutorial-motor-dc.pdf>

(10 de octubre de 2016). Obtenido de

<http://www.maxonmotor.com/maxon/view/content/brushless-dc-motors-overview>

(10 de octubre de 2016). Obtenido de <http://planning.cs.uiuc.edu/node102.html>

(10 de octubre de 2016). Obtenido de

<http://furiaaeroema.blogspot.com/2008/03/motores-electricos-inrunner-outrunner.html>

Acosta, I. L. (2013). Desarrollo de Tecnologías en sistemas de Información sobre Biodiversidad, Sociobiodiversidad y Economía (SITEC). Iquitos - Perú.

Birau, E. V., & Cantero Guerrero, J. (2015). Diseño y fabricación de un vehículo aéreo no tripulado.

C., M. P. (2005). CONTROL DE UN MOTOR BRUSHLESS DC CON FRENADO REGENERATIVO. Bogota: Pontificia Universidad Javeriana Departamento de Ingeniería Electrónica.

DJI. (12 de 2015). DJI Phantom Standard Manual del Usuario V1.0. Obtenido de [https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_3_standard/es/ES-Phantom%203%20Standard%20User%20Manual\(1\).pdf](https://dl.djicdn.com/downloads/phantom_3_standard/es/ES-Phantom%203%20Standard%20User%20Manual(1).pdf)

DJI. (2015). Phantom 3 Standard, Guía de inicio rápido V1.0. Obtenido de http://dl.djicdn.com/downloads/phantom_3_standard/es/Es_Phantom_3_Standard_Quick_Start_Guide_0419.pdf

Gizmo, J. M. (2010). UAVs, clasificación, tendencias y normativa de espacio aéreo,.

Huertas, C. (2009). Circulo de Innovación CIMTAN en materiales, tecnología aeroespacial y nanotecnología. Madrid - España.

intelligenza Dynamics S.L. (2012). intelligenza Dynamics. Obtenido de http://www.iuavs.com/pages/aplicaciones_y_usos

López Crespo Jorge. (2016). Hélices, Módulo 17. España: Ediciones Paraninfo.

Rejado, C. C. (2015). Origen y desarrollo de los Sistemas de Aeronaves Pilotadas por Control Remoto. Madrid - España.

- Rodriguez, A. (27 de Enero de 2015). Historia de los sistemas aéreos no tripulados. Obtenido de aertecsolutions:
<http://www.aertecsolutions.com/2015/01/27/infografia-historia-de-los-sistemas-aereos-no-tripulados/>
- Toshiharu Tabuchi Fukuhara, R. (2015). Diseño de un Vehículo Aéreo no Tripulado de cuatro rotores.

GLOSARIO

A

- Aerodinámica** Estudio de la dinámica de los cuerpos que se mueven dentro de fluidos como el propio aire y otros gases, siendo una rama importante de la mecánica de los fluidos.
- Aeródromo** Terreno llano con pistas e instalaciones para el aterrizaje y despegue de aeronaves; generalmente ocupa una extensión menor que la del aeropuerto y está destinado a usos militares o a exhibiciones deportivas de vuelo.
- Aeromodelismo** Es una afición y un deporte derivado de la técnica de construcción y vuelo de aeroplanos de pequeño tamaño, denominados aeromodelos, que han sido preparados para volar sin tripulación.
- Alabeo** Rotación respecto de un eje morro-cola del avión.
- Amperio** es la unidad de intensidad de corriente eléctrica. Forma parte de las unidades básicas en el Sistema Internacional de Unidades y fue nombrado en honor al matemático y físico francés André-Marie Ampere.

B

- Barométrico** Es un sistema para medir la presión atmosférica; el más común mide las variaciones de la presión atmosférica por las deformaciones que experimenta una cajita metálica de tapa flexible, en cuyo interior se ha hecho el vacío.
- Bobinados** Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

C

Cabeceo	Es una inclinación del morro del avión, o rotación respecto al eje ala-ala.
Cartografía	Es la ciencia que se encarga del trazado y el estudio de mapas geográficos.
Cuadricóptero	Es un helicóptero con cuatro rotores para su sostén y su propulsión. Los cuatro rotores están generalmente colocados en las extremidades de una cruz. A fin de evitar que el aparato se tumbe respecto a su eje de orientación es necesario que dos hélices giren en un sentido y las otras dos en el otro sentido.

D

DGAC	La Dirección General de Aviación Civil de Ecuador (DGAC) es la autoridad de aviación civil de Ecuador. Tiene su sede en Quito. La Gestión de Seguridad y Prevención Aeronáutica de DGAC investiga accidentes e incidentes de aviación.
-------------	--

E

Ergonomía	Estudio de las condiciones de adaptación de un lugar de trabajo, una máquina, un vehículo, etc., a las características físicas y psicológicas del trabajador o el usuario.
Espectro	Un espectro es una imagen o representación que puede presentarse en fenómenos o investigaciones científicas.
Estereoscópicas	Imagen tridimensional, de 3-D se refieren a cualquier técnica de grabación de la información visual tridimensional o a la creación de la ilusión de profundidad en una imagen.

G

Galvánica

Electricidad producida por el contacto de dos metales diferentes sumergidos en un líquido.

Gimbal

Es un mecanismo de suspensión consistente en dos aros concéntricos cuyos ejes forman ángulo recto, lo cual permite mantener la orientación de un eje de rotación en el espacio aunque su soporte se mueva.

Giroscópico

Aparato consistente en un disco o un trompo pesado que gira a gran velocidad sobre un eje, para que cualquier alteración en la inclinación de este provoque un movimiento de precisión que lo contrarreste.

GPS

Sistema americano de navegación y localización mediante satélites.

Guiñada

Rotación intrínseca alrededor del eje vertical perpendicular al avión.

H

HD

Sistema digital de vídeo en alta definición (High Definition)

Hélice

Conjunto de aletas helicoidales que, al girar alrededor de un eje, producen una fuerza de reacción que se utiliza principalmente para la propulsión de barcos y aeronaves.

I

IOC

Control de orientación inteligente, para plataformas DJI

L**LED**

Sigla de la expresión inglesa light-emitting diode, 'diodo emisor de luz', que es un tipo de diodo empleado en computadoras, paneles numéricos (en relojes digitales, calculadoras de bolsillo...), etc.

O**Ortofotomapas**

Es una imagen del territorio tomada desde un avión o satélite con una cámara fotogramétrica de alta precisión que permiten relacionar las fotografías aéreas y de satélite con las medidas reales del terreno.

P**Perfil alar**

En aeronáutica se denomina perfil alar, perfil aerodinámico o simplemente perfil, a la forma del área transversal de un elemento, que al desplazarse a través del aire es capaz de crear a su alrededor una distribución de presiones que genere sustentación.

R**R/C**

Radio Control, hobby orientado al control remoto de diversos vehículos

Ralentí

Número de revoluciones por minuto que debe tener el motor de un automóvil u otro vehículo cuando no está acelerado.

RTF

Ready to fly, sistema listo para volar.

S**Servomotores**

También llamado servo es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango

de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

Sinusoidal

La curva que representa gráficamente la función seno y también a dicha función en sí.

Sistema FPV

Vuelo en primera persona o FPV por sus siglas en inglés para "First Person View" se refiere al vuelo con cámara abordo usualmente montada al frente o nariz del avión de tamaño real o a escala, este tipo de vuelo se ha vuelto muy popular porque da una "sensación" de estar pilotando desde la misma cabina sin los riesgos y costos que implica volar en un avión.

Streaming

Es la distribución digital de contenido multimedia a través de una red de computadoras, de manera que el usuario utiliza el producto a la vez que se descarga.

T

Teledirigidas

Mecanismo que se dirige desde lejos, especialmente por medio de ondas.

Torpedos aéreos

Es un proyectil autopropulsado que se desplaza por debajo del agua estando diseñado para detonar en proximidad o en contacto con un objetivo.

Trifásica

Sistema eléctrico que tiene tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, cuyas fases respectivas se producen a la distancia de un tercio de período.

U

UAV

Un vehículo aéreo no tripulado, UAV por siglas en inglés, o sistema aéreo no tripulado, UAS, conocido en castellano por sus siglas como VANT o drone, es una aeronave que vuela sin tripulación a bordo.

V**Vástago**

Barra unida rígidamente a un elemento de una máquina y que participa de su movimiento.

W**Waypoints**

Son coordenadas para ubicar puntos de referencia tridimensionales utilizados en la navegación basada en GPS.