

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN DRON

PROYECTO FINAL DE GRADO

Alumno: PABLO RUIPÉREZ MARTÍN

Tutor: ANDRÉS CONEJERO RODILLA

RESUMEN

Proyecto de diseño y fabricación de un vehículo aéreo no tripulado inteligente, destinado al uso profesional.

Se ha estudiado las ventajas e inconvenientes de cada tipo de multirotor existente, analizando la configuración de rotores y estructuras que presentan, como base para el desarrollo del tipo de multirotor óptimo capaz de satisfacer los requisitos de diseño propuestos.

ABSTRACT

Design and manufacturing project of an intelligent Unmanned Aerial Vehicle

It has been studied the advantages and disadvantages of the different types of multicopters which exist, analyzing the configuration of rotors and structures as the base for the development of an optimal multicopter type with the capacity to satisfy the requirements of the proposed design.

RESUM

Projecte de disseny i fabricació d'un vehicle aeri no tripulat Intel·ligent destinat a l'ús professional.

S'ha estudiat els avantatges i inconvenients de cada tipus de multirotor existent, analitzant la configuració de rotors i estructures que presenten, com a base per al desenvolupament del tipus de multirotor òptim capaç de satisfer els requisits de disseny proposats.



PALABRAS CLAVE

DRONE

DRON

UAV

VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO

ÍNDICE

1. <u>CAPITULO I INTRODUCCIÓN</u>	7
1.1 OBJETIVOS.....	7
1.2 ¿QUE SON LOS DRONES?.....	8
2. <u>CAPITULO II ESTADO DEL ARTE</u>	10
2.1 HISTORIA DE LOS UAVs.....	10
2.2 CLASIFICACIÓN DE DRONES.....	18
5.2.1 DRONES EN FUNCIÓN DE SU USO.....	18
5.2.2 DRONES SEGÚN EL METODO DE CONTROL.....	19
5.2.3 DRONES SEGÚN LA FORMA DE SUSTENTACIÓN.....	20
2.3 DRONES MULTIROTOR.....	22
2.3.1. TRICÓPTEROS.....	22
2.3.2 CUADRICÓPTEROS.....	25
2.3.3 HEXACÓPTEROS.....	29
2.3.4 OCTOCÓPTEROS.....	31
2.4 COMPONENTES DE UN MULTIROTOR.....	33
2.4.1 MOTORES.....	33
2.4.2 VARIADORES DE POTENCIA.....	34
2.4.3 HÉLICES.....	35
2.4.4 BATERÍA.....	36
2.4.5 CONTROLADOR DE VUELO.....	37
3. <u>CAPITULO III DISEÑO CONCEPTUAL DEL UAV</u>	39
6.1 BOCETOS CONCEPTUALES.....	39
6.2 ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL TIPO DE MULTIROTOR.....	48
6.3 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN FINAL.....	49

4	<u>CAPITULO IV DISEÑO PRELIMINAR.</u>	
4.1	DISEÑO 3D DEL UAV.....	52
4.2	PLANOS DE CONTRUCCIÓN.....	61
4.2.1	PLANOS DE DESPIECE.....	62
4.2.2	PLANOS DE SUBCONJUNTO.....	66
4.2.3	PLANOS DE EXPLOSIÓN.....	71
4.3	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	73
4.2.1	ELEMENTOS COMERCIALES.....	73
4.2.2	ELEMENTOS IMPRESOS 3D.....	78
5	<u>CAPITULO V PLIEGO DE CONDICIONES. PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN.....</u>	81
5.1	FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS IMPRESAS 3D.....	81
5.2	ESQUEMA DE DESMONTAJE.....	86
5.3	MONTAJE DEL UAV.....	88
5.4	ESQUEMA ELÉCTRICO.....	91
5.5	PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR DE VUELO.....	92
5.6	MULTICOPTER CALCULATOR.....	96
6	<u>CAPITULO VI PRESUPUESTO.....</u>	99
7	<u>CAPITULO VII PRUEBAS DE VUELO ...</u>	101
8	<u>CAPTULO VIII ANEXOS Y NORMATIVA.....</u>	103
9	<u>CAPITULO IIX MOTIVACIÓN, CONCLUSIÓN Y AGRADECIMIENTOS.....</u>	115
10	<u>CAPITULO IIX GALERÍA DE IMÁGENES.....</u>	117
11	<u>CAPITULO X BIBLIOGRAFÍA.....</u>	118



0. SINTESIS DE LA MEMORIA

La memoria se organiza cronológicamente conforme a las fases que han llevado a la obtención del vehículo con los requisitos planteados.

El capítulo 1 se presenta los objetivos del proyecto y los antecedentes que han llevado a la elección del tema a desarrollar y las motivaciones necesarias para la conformación del mismo.

El capítulo 2, recoge el estado del arte de la tecnología implicada, donde se describe toda la información que como una primera tarea y dados los conocimientos de partida, ha sido necesario compilar y analizar para poder así seleccionar el mejor diseño y características.

En el capítulo 3 se describen la elección y justificación que han llevado al a la elección del diseño y estructura del dron, presentando diferentes diseños conceptuales que nos llevaran a la elección de la aeronave final.

En el capítulo 4 se desarrollan todos los procesos necesarios para conformar el vehículo aéreo no tripulado, así como el diseño de detalle de todas las piezas, disposición de los componentes en la estructura, la planimetría y los correspondientes diseños en 3D de las partes para poder imprimir los componentes.

El Capítulo 5 corresponde con el montaje de la aeronave su programación.

El capítulo 6 recoge el presupuesto del proyecto realizado.

En el capítulo 7 se ha documentado la normativa española que afecta al proyecto. Para terminar el último capítulo describe motivación, la conclusión y agradecimientos.

1. CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto se basa en el diseño, la fabricación de un vehículo aéreo no tripulado (UAV), de tipo multirotor o multicóptero, para fines profesionales.

Los requisitos de diseño y configuración electrónica del multirotor, deberán satisfacer una serie de necesidades:

- La aeronave deberá ajustarse a un presupuesto de bajo coste comparándolo con los drones ya existentes en el mercado, de iguales características y funciones de vuelo.
- Conseguir una buena autonomía para realizar su función.
- Capacidad de transportar una carga adicional.
- Capacidad de permanecer suspendido en el aire manteniendo el vuelo estable y sin oscilaciones.
- Manejabilidad y agilidad.
- El diseño estructural deberá favorecer una visión del entorno lo más amplia posible.
- Fácil transporte y almacenaje.
- Redundancia en caso de fallo de uno de los propulsores.
- Materiales resistentes.
- Fácil manipulación, mantenimiento y remplazo de los componentes.
- Optimización del número de piezas.
- Diseño innovador.

1.2 ¿QUÉ ES UN DRON?

La terminología “DRONE” proviene del inglés, y su significado original es “ZÁNGANO” o “ABEJA MACHO”. También la expresión drone denomina el zumbido de estos insectos.

El término dron reemplaza de forma coloquial a las iniciales “UAV”

Los “UAVs” (Unmanned Aerial Vehicle). Se definen como vehículo sin tripulación, reutilizable, capaz de mantener un nivel de vuelo controlado, sostenido y propulsado por motores de propulsión.

Los misiles de crucero no son considerados UAVs ya que no son reutilizables

En España han adquirido el nombre de “VANTs”. Vehículo Aéreo No Tripulado traducción del inglés de “UAV”.



Drone





2. CAPITULO II ESTADO DEL ARTE

2.1 HISTORIA DE LOS UAVs

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 explotaban.

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

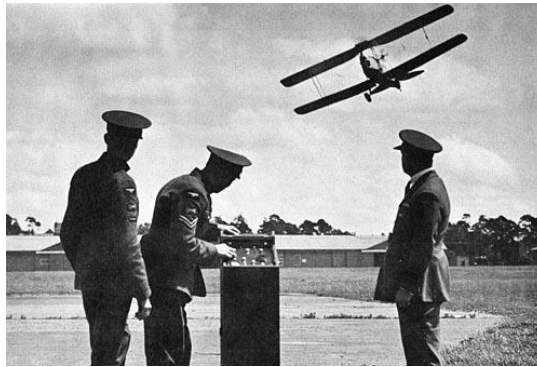


PRIMERA GUERRA MUNDIAL

El desarrollo de vehículos aéreos no tripulados se inició inmediatamente después de la I GM.

El primero fue el "Aerial Target" que data de 1916 (Blanco o diana aérea) controlado mediante radiofrecuencia AM baja para afinar la puntería de la artillería anti aérea.

El desarrollo de los Drones fue de la mano del de los misiles como forma de guiar los explosivos hacia un objetivo mediante seguimiento de este.



Justo después, el 12 de Septiembre el "*Hewitt-Sperry Automatic Airplane*" conocido como la bomba volante realizó su primer vuelo de demostración en el que ya se podía apreciar el concepto de UAV.

La intención inicial era usarlo como "torpedos aéreos" y se considera una versión temprana de los misiles de crucero actuales.

En 1917 realizó su primer vuelo de demostración el "Automatic Airplane" ante altos cargos del ejército estadounidense.

El resultado fue la fabricación del "Kettering Bug" con el concepto de torpedo volante. Aunque esta tecnología fue desarrollada con éxito la guerra terminó antes de que pudiera fabricarse en serie y desplegarse.



PERIODO DE ENTERGUERRAS

Tras la IGM tres **Standard E-1** (Avión biplano) se convirtieron a drones.

El Larynx fue uno de los primeros misiles cruceros que se crearon y que se montaba sobre la estructura de un pequeño monoplano que podía ser lanzado desde un buque de guerra y volado en automático. Se probó entre 1927 y 1929 por la Royal Navy.

El éxito de los aviones pilotados mediante radiocontrol llevo al desarrollo de aviones que hacían de blanco en Gran Bretaña y EEUU en 1930-1931.



SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Durante la Segunda Guerra Mundial la Alemania nazi desarrolló un UAV, el cual demostró las posibilidades que ofrecen en combate.

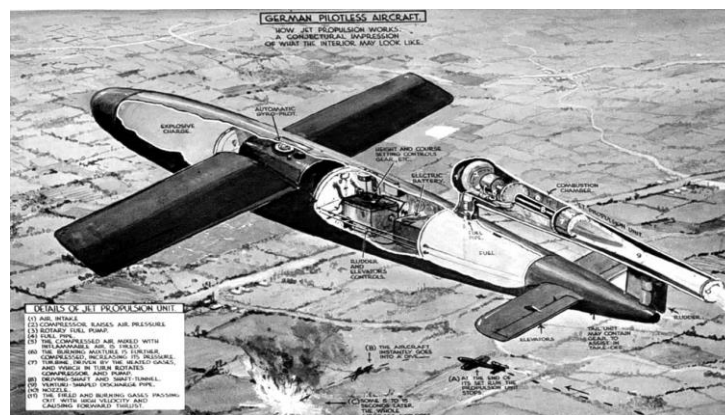
Los intentos de América de eliminar dicho UAV sentaron las bases de los programas de investigación americanos en futuros proyectos de UAV.

Al principio de la Segunda Guerra Mundial, Adolf Hitler encargó crear una bomba voladora con el siguiente mandato: se usará contra “objetivos no militares”.

Fieseler Flugzeugbau diseñó el Fi-103, más conocido como VERGELTUNGSWAFFE-1 o V-1. Su nombre se traduce como Arma de venganza.

Se lanzaban desde una rampa estilo catapulta para salir volando a 470mph. Se propulsaba con un pequeño motor pulsorreactor, el cual emitía un zumbido Característico.

Podía cargar hasta una cabeza armada de 1000 kg, y era programado para volar hasta 250 km antes de soltar su bomba. La primera vez que se usó fue contra los británicos en 1944.



Mató a más de 900 civiles e hirió a más de 35000.

La gran efectividad y amenaza de los UAV alemanes V-1 impulsó que la marina de Estados Unidos desarrollara sus propios UAV para que pudieran destruir los lugares de lanzamiento de los V-1.

En 1944, el equipo SAU-1 (Special Air Unit One) convirtió los PB4Y-1 Liberators y los B-17 para que pudieran cargar 25000 libras de explosivos y pudieran volar por control remoto usando sistemas de guiado con imágenes de televisión.

Las aeronaves, conocidas como PB4Y-1 y BQ-7, despegaban con una tripulación de 2 hombres, los cuales volaban hasta alcanzar 2000 pies de altura y programaban el rumbo para interceptar los lugares de lanzamiento de los V-1.

Aunque peligrosas, estas operaciones tuvieron éxito en contrarrestar la amenaza de los V-1.

Fue la primera vez en la historia en la que se usaba un UAV contra otro UAV. También se usaron los BQ-7 para recoger datos sobre radioactividad en los lugares en los cuales se hicieron pruebas de bombas atómicas.



ACTUALIDAD

La revolución de los UAVs no se produjo hasta 1994 con el desarrollo del MQ1 PREDATOR por la empresa norteamericana General Atomics.

El MQ1 PREDATOR se trata del primer UAV que se emplea el sistema de posicionamiento global GPS, en lugar de estar pre programado o de usar una línea de visión, aumentando así notablemente su potencial y fiabilidad.

La misión principal es de reconocimiento, pero a su vez dispone de capacidad ofensiva. Se ha usado desde 1995 en misiones de reconocimiento en los Balcanes, en Afganistán y en el Oriente Medio.

Tiene un rango de unas 450 millas y hasta 16 horas de video en tiempo real de vigilancia en color y en alta definición, cámaras de visión infrarroja y SAR (Radar de Apertura Sintética) antes de volver a la base. Es controlado por un equipo en tierra usando una conexión radio por Line-Of-Sight usando un satélite.

El MQ1 PREDATOR es un sistema de armamento completo que en plena actividad, incluye 4 vehículos aéreos, sistemas de control de tierra, y una plantilla compuesta por 55 personas.



UAVS EJERCITO ESPAÑOL

El Ejército Español dispone de dos modelos de UAVs; el Israelí SEARCHER MK-IIJ y el Norteamericano RQ-11 RAVEN

España tiene 3 modelos MK-III. Los compró a Israel en 2007 y volvió a comprar otro MK-III en 2009 después de que fuera abatido en Afganistán.

Tiene un alcance de entre 250 y 350km y 15 horas de autonomía de vuelo. Su techo está en 6000 m y su carga útil es de 45 kg.

Tiene un motor de pistón de cuatro tiempos y es guiado por radio control hasta 200 km de distancia.



El Raven norteamericano, o RQ-11 Raven, fue construido para el ejército de Estados Unidos de América por la empresa AeroVironment.

Las funciones del Raven son misiones de reconocimiento y vigilancia remota,

Búsqueda de objetivos, seguridad de convoyes y protección de tropas, evaluación de daños de batalla, ayuda a infantería ligera y operaciones militares en zonas urbanas.

Es de manejo sencillo, es ligero, dispone de navegación autónoma y autoland.

Tiene un rango de 10km, un máximo de 110 minutos de batería, una velocidad máxima de 90km/h y un techo de hasta 150 m desde el suelo, siendo máxima la altitud de 1400 m.



2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS UAVs

2.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS UAVS EN FUNCION DE SU USO

Actualmente los UAVs podemos clasificarlos en 6 tipos, dependiendo de su fin o misión principal.

- DE BLANCO: Simulación de aviones o ataques enemigos en los sistemas de defensa de tierra o aire.
- RECONOCIMIENTO: Envío de información militar, control de áreas conflictivas, desastres naturales.
Destacan los MUAV (micro unmaned aerial vehicle)
- COMBATE: Dedicados a misiones ofensivas
- LOGÍSTICA: Para el transporte de mercancías o recursos
- INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
- UAVs DE USO CIVIL: Conocidos como drones comerciales, son aquellos UAVs que no están destinados a un uso militar.
Se utilizan para multitud de tareas, desde acciones de vigilancia, fotografía, retransmisiones televisivas, prevención y control de incendios, ocio y muchas más tareas, muchas aplicaciones aún por establecer

2.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS UAVS SEGÚN EL METODO DE CONTROL

Existen varias metodologías de control de los UAVs:

- **AUTONOMO**: La aeronave no necesita de un piloto humano que lo controle desde tierra, se guía por sus propios sistemas y sensores integrados.
- **MONITORIZADO**: En este tipo de control para UAVs si se necesita la figura de un técnico humano.
La labor de esta persona es proporcionar información y controlar el feedback del dron, conjunto de reacciones o respuestas que manifiesta un receptor respecto a la actuación del emisor.
El dron dirige su propio plan de vuelo y el técnico a pesar de no poder controlar los mandos directamente, puede decidir qué acción llevar a cabo.
- **SUPERVISADO**: Un operador pilota directamente la aeronave, aunque este puede realizar algunas tareas automáticamente.
- **PREPROGRAMADO**: El dron sigue un plan de vuelo diseñado previamente y no tiene medios para cambiarlo para adaptarse a posibles cambios.
- **CONTROLADO REMOTAMENTE**: Son los más implantados dentro de los drones civiles, son conocidos como drones de radio control.
La aeronave es pilotada directamente por un técnico mediante una emisora de radiofrecuencia.

2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS UAVS SEGÚN SU FORMA DE SUSTENTACION

Existen dos tipos de estructuras que clasifican los UAVs en:

- **DRONES DE ALA FIJA**

La estructura está formada por un fuselaje y unas alas fijas. Recuerda a diseños de un avión convencional.

Este tipo de diseño estructural predomina en aeronaves de carácter militar.

Tiene gran capacidad de vuelo, son capaces de recorrer grandes distancias y llegar a alcanzar grandes velocidades.

El sistema de propulsión de este tipo de UAVs suele albergar un motor de combustión o turbinas.



- DRONES MULTIROTOR O MULTICÓPTERO:

Por definición podemos considerar los multicópteros o multirrotores como un helicóptero que posee más de dos rotores o motores.

Este tipo de UAVs está formado por una serie de brazos que sostienen los motores y conforman la estructura del dron albergando toda la electrónica y componentes.

El sistema de vuelo de un multirotor consiste en el giro invertido y simultáneo de las hélices de la aeronave.

Dos hélices giran en sentido de las agujas del reloj y otras dos en sentido contrario, creando así la fuerza de empuje necesaria para elevar el multirotor.

Pueden mantener una posición estática gracias a sus componentes electrónicos como giroscopios o estabilizadores.



2.3 DRONES MULTIROTOR

2.3.1. TRICÓPTEROS:

Es la forma más simplificada posible dentro de las configuraciones que podemos encontrar dentro de los multirrotores.

La estructura que conforma este tipo de drones está compuesta por tres brazos que emergen de la parte central del dron.

Este tipo de aeronave se compone de 3 motores, 3 reguladores o variadores, un servo motor y 3 hélices.

El control de estos modelos en el aire se consigue mediante el aumento y reducción de las revoluciones de los motores. El giro de estos motores a grandes revoluciones eleva el modelo hacia el cielo, mientras que un número de revoluciones menor producirá el ascenso del mismo.

Un cuarto punto de giro se encuentra dentro del tricóptero, dirigiendo el servomotor que controla el mecanismo de giro, de este modo es posible conseguir el equilibrio en el aire.

El tricóptero como los multirrotores en general cuentan con muchas ventajas respecto a los drones de ala fija, puesto que puede despegar y aterrizar de forma vertical, además de mantenerse estático en el aire, sin necesidad de ocupar un gran espacio.

METODOLOGÍA DE VUELO

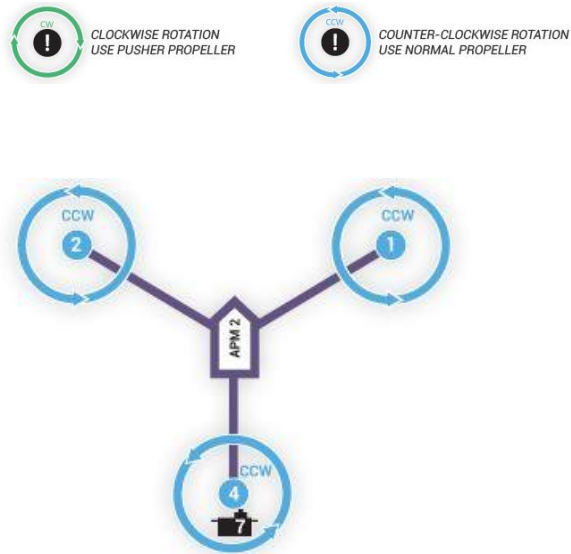
Los tricópteros se manejan mediante el control del número de revoluciones. Por norma general el vuelo de este tipo de multirrotores se consigue al girar dos de los tres motores en la dirección opuesta al tercer motor.

El tricóptero además de usar los motores para elevarse, provee el movimiento de la aeronave.

Los dos motores laterales hacen que el tricóptero oscile de un lado a otro gracias a la disminución de las revoluciones del motor contrario al giro.

Lo mismo sucede con el motor de cola, al aumentar o disminuir la potencia el dron ejerce el empuje necesario para inclinar la estructura y así poder avanzar y retroceder, por último el servomotor situado en el motor de cola permite la rotación sobre el propio eje del dron.

DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE MOTORES



ARGUMENTOS A FAVOR

- Muy manejable gracias al servomotor trasero.
- Pueden ser plegables gracias a su diseño estructural.
- Fácil almacenaje y transporte.
- Más ligero que el resto de los multirrotores.
- Presenta muchas posibilidades de movimiento.
- Número de piezas menor que el resto de multirrotores.
- Son más económicos.
- Dispone de un amplio campo visual en la parte frontal por su diseño

ARGUMENTOS EN CONTRA

- No existe redundancia en caso de avería de uno de los motores, esto implica que si se produce un fallo motor, el tricóptero descenderá sin control.
- Soporte de cargas limitado, bajo empuje.
- Necesarios conocimientos avanzados para su configuración
- Menos estable y potente que otras configuraciones de multirotor
- El chasis estructural no suele disponer de carcasa protectora.
- Los motores siempre trabajan a grandes revoluciones para conseguir el vuelo.
- No hay gran variedad de modelos en el mercado.

EJEMPLOS DE TRICÓPTERO



2.4.2. CUADRICÓPTEROS:

Los cuadricópteros presentan la configuración más común dentro de los multirrotores.

Es un multiróptero de 4 hélices, dichas hélices se encuentran en el mismo plano entre sí, son impulsadas mediante 4 motores eléctricos de corriente continua sin escobillas que se encuentran en los extremos de los brazos.

METODOLOGÍA DE VUELO.

El ascenso y descenso del dron se consigue mediante el aumento y reducción de las revoluciones de los motores.

Dos de los cuatro motores giran en el sentido contrario a las agujas del reloj, esto es necesario para poder neutralizar la fuerza generada y alcanzar un equilibrio.

Para el movimiento de giro del dron respecto a su eje vertical, es necesario la aparición de diferentes fuerzas, es necesario que las fuerzas neutralizadas de los motores izquierdo y derecho se encuentren desequilibradas, es decir, que la velocidad tanto de los motores izquierdo y derecho sean proporcionalmente diferentes.

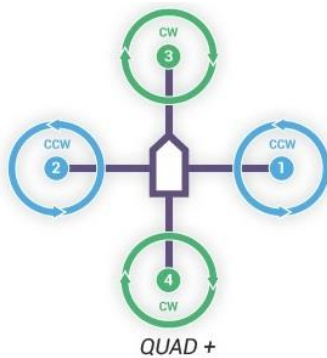
Para el giro sobre el eje longitudinal del dron (rotación sobre su propio eje), el propulsor contrario al giro deseado deberá rotar a revoluciones más elevadas y por consiguiente su contrario disminuirá las revoluciones inversamente proporcional, consiguiendo así el movimiento de rotación.

Es necesario que la suma de fuerzas iniciales, sean exactamente iguales que las fuerzas resultantes durante el movimiento del dron, sino sucediera así el cuadricóptero caería en picado.

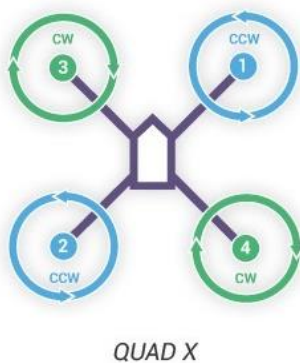
Los sistemas de giroscopios son los encargados del control y estabilización inteligente del multirrotor.

DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE MOTORES

Este tipo de multirrotor dispone de estructuras diversas a pesar de que las hélices deben encontrarse en el mismo plano.



La primera configuración en forma de **+** permite un manejo sencillo, puesto que a la hora de un cambio de dirección sobre el eje vertical u horizontal se produce con el control de un solo motor.



La estructura es diferente en el caso de los cuadricópteros con forma de **X** o **H**.

Los motores en este tipo de multirrotor se encuentran separados 45° en dirección a uno de los brazos y orientados en la dirección de vuelo, para ello, será necesario que los cuatro motores sean dirigidos al mismo tiempo.

Este tipo de estructura se considera una de las más apropiadas para el soporte de cámaras, puesto que ofrece un campo de visión mayor al no existir motores que interfieran en la visión.

ARGUMENTOS A FAVOR

- Rápida aceleración.
- Fácil manipulación de los componentes.
- Estructura sencilla.
- Mayor capacidad de carga que un tricóptero.
- Más ágil que un hexacóptero.
- Estructura robusta
- Gran variedad de cuadricópteros.

ARGUMENTOS EN CONTRA.

- Velocidad y estabilidad limitadas.
- No es compacto para el transporte.
- No es plegable.
- No existe redundancia en caso de avería.
- Capacidad de carga limitada.

EJEMPLOS DE CUADRICÓPTEROS



2.4.3. HEXACÓPTEROS:

El prefijo griego «hexa» significa el número seis. Por definición un hexacóptero denomina a un multirotor que dispone de 6 motores. Por lo tanto está constituido por 6 variadores, 6 brazos y 6 hélices.

METODOLOGÍA DE VUELO.

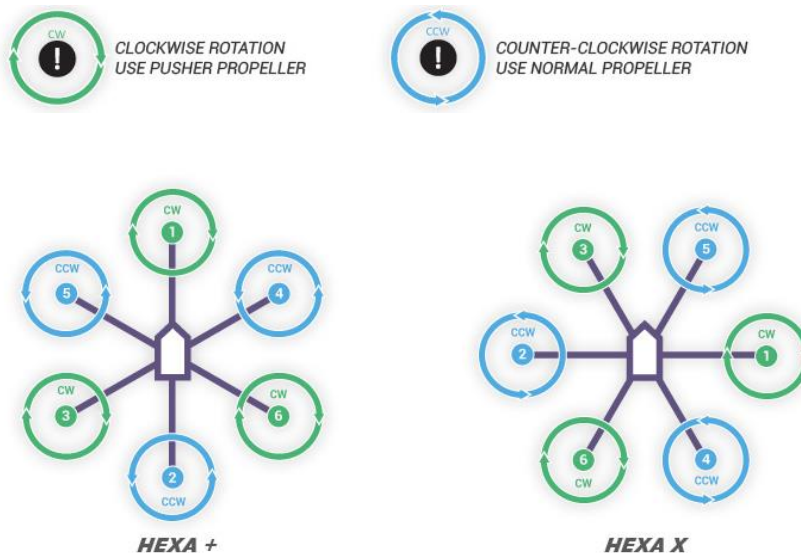
Los hexacópteros basan sus principios de vuelo que un cuadricóptero

También en el caso de este tipo de multirrotors los motores se encuentran todos ubicados en el mismo nivel.

Tres de ellos giran en sentido de las agujas del reloj y tres en el sentido contrario.

DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE MOTORES

Para este tipo de multirotor disponemos de dos configuraciones en + y x



ARGUMENTOS A FAVOR

- Respuesta de vuelo más estable que los cuadricópteros.
- Posibilidad de transportar una carga superior.
- Ofrece más posibilidades de instalación de accesorios por su tamaño.
- Buena redundancia en caso de avería de uno de los propulsores.

AGUMENTOS EN CONTRA

- Producto con precio elevado.
- Multicópteros menos compactos
- Más energía necesaria para propulsar los motores.
- Necesarios conocimientos avanzados para su configuración.
- Difícil transporte por su gran envergadura.
- No es plegable.

EJEMPLOS HEXACÓPTEROS



2.4.4. OCTOCÓPTEROS:

Los octocópteros son drones que disponen de 8 motores con sus respectivos componentes. Al igual que con los hexacópteros, los motores se encuentran al mismo nivel.

Se utiliza el término multicopteros para hacer referencia a este tipo de aparatos. Gracias a la gran cantidad de motores de que dispone, el aparato destaca por su gran potencia y permite el ascenso de dicho dron tiene lugar de forma muy sencilla.

Estos multicopteros se caracterizan porque pueden volar con una gran carga, ya sea una cámara de video de alta calidad o simplemente mercancías pesadas de un lugar a otro.

Generalmente este tipo de dron se emplea para uso profesional.

METODOLOGÍA DE VUELO.

Los hexacópteros y los octocópteros basan sus principios de vuelo en los cuadricópteros

Cuatro hélices giran en el sentido de las agujas del reloj y las otras cuatro en el sentido contrario, igualando así las fuerzas del multicoptero y estabilizando el vuelo.

DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE MOTORES

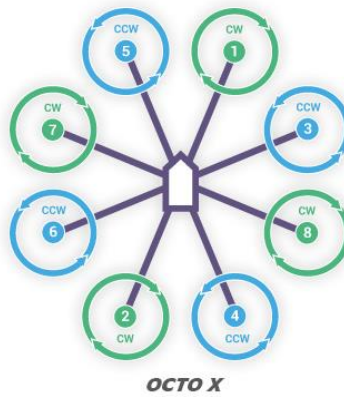
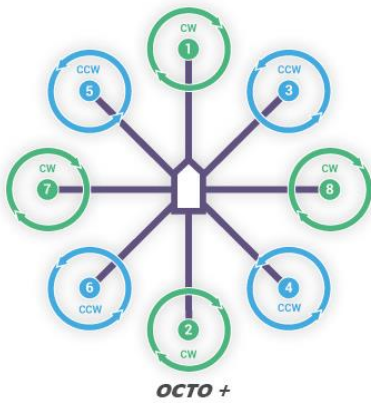
Para este tipo de multirrotor, igual en los hexacópteros disponemos de dos configuraciones, en + y x



CLOCKWISE ROTATION
USE PUSHER PROPELLER



COUNTER-CLOCKWISE ROTATION
USE NORMAL PROPELLER



EJEMPLOS HEXACÓPTEROS



2.4 LOS COMPONENTES DE UN MULTIROTOR

2.4.1. MOTORES:

Los multirrotores se impulsan por un tipo de motor eléctrico conocidos como *brushless* (sin escobillas).

Estos motores se caracterizan por una alimentación en corriente continua y que no poseen escobillas para realizar el cambio de la polaridad de sus bobinados.

Los motores sin escobillas se componen de una parte móvil denominado rotor donde se sitúan una serie de imanes permanentes, y una parte fija denominada estator compuestas por una serie de bobinados de hilo conductor.

La corriente eléctrica proveniente del sistema de alimentación pasa por los bobinados, los cuales adquirirán una polaridad variable que al interaccionar con el campo magnético producido por los imanes del estator producirá el giro del motor.

Hay un parámetro importante que debemos considerar, que es factor "kV". Normalmente aparece junto al número de vueltas de bobinado del motor, y lo que nos indica es el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica.

No tenemos ni escobillas, ni colector y tampoco tenemos delgas; por lo que ahora el elemento que controlará que el rotor gire sea cual sea su posición será el variador electrónico.



2.4.2. VARIADORES:

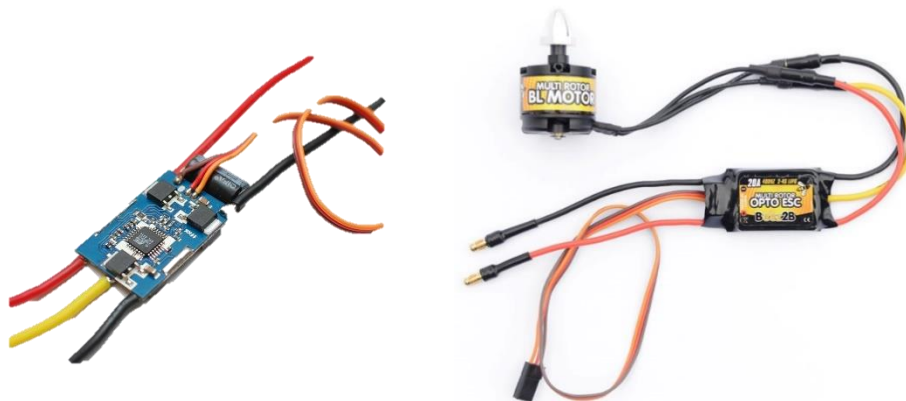
El variador o ESC, por su denominación en inglés *Electronic Speed Controller*, es un circuito electrónico que sirve para controlar la velocidad de giro de los motores, así como su dirección y servir como freno dinámico para éstos.

Está compuesto por un circuito integrado que hace de puente entre el controlador de la aeronave y los motores.

El variador o ESC se conecta con el controlador de vuelo por medio de tres cables, dos de ellos son los encargados de proveer de alimentación y el tercero es el que transmite la señal de control al mismo para el funcionamiento de cada motor.

El principal problema es la sincronización entre el motor y el variador, éste último debe enviar la señal en el momento adecuado para la activación de cada uno de los grupos de bobinados para el correcto giro del motor.

Esta acción debe ser muy precisa debido a la alta tasa de cambio de la señal recibida.

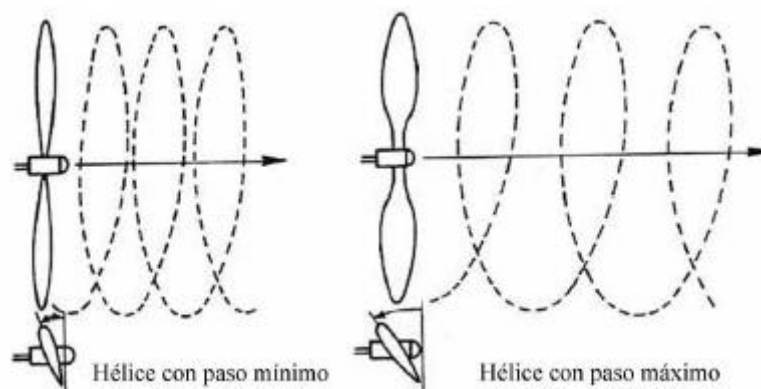


2.4.3. HÉLICES:

Las hélices son unos de los componentes más importantes del UAV, ya que de ellas dependerá la fuerza de empuje de cada uno de los sistemas propulsores, para un mismo motor seleccionado puede variar su eficiencia en función de la hélice que se asocie.

Las hélices son caracterizadas por dos parámetros que indican su comportamiento de vuelo.

- La longitud de las hélices, o distancia entre las puntas.
Un tamaño de hélice mayor genera un mayor empuje, por consiguiente podremos soportar más carga.
- El paso de la hélice, indica la distancia teórica que la hélice avanzará a lo largo del eje de rotación en una revolución completa, es capacidad de la hélice para mover el aire y generar empuje.



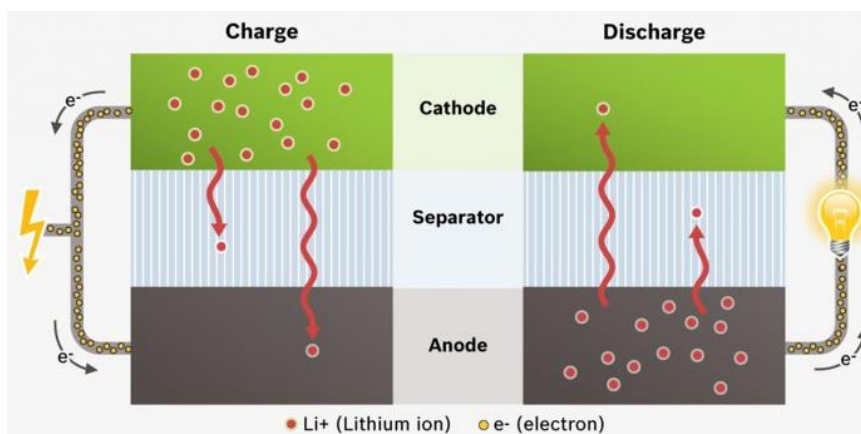
2.4.4. BATERIA:

La batería de iones de litio, también denominada batería Li-Ion o LIPO, es un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica, que emplea como electrolito una sal de litio que consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.

Las baterías LiPo son ligeras en comparación con sus competidoras y pueden fabricarse en una gran variedad de tamaños y formas. Presentan una gran capacidad de almacenamiento de carga y nos ofrecen un alto nivel de densidad energética, es decir, la relación entre la cantidad de energía acumulada por unidad de volumen.

Este tipo de batería presenta una alta tasa de descarga energética, lo cual es requerido por los motores eléctricos de los vehículos aéreos no tripulados.

Las baterías se componen de una serie de celdas que son proporcionales a la cantidad de carga que puede almacenar la batería y a su duración en la fase de descarga.



2.4.5. CONTROLADOR DE VUELO:

El controlador de vuelo es el cerebro de la aeronave, tiene la función de hacer girar los motores de la manera adecuada para poder conseguir el movimiento deseado por el piloto o seguir las directrices del programa en vuelo automático.

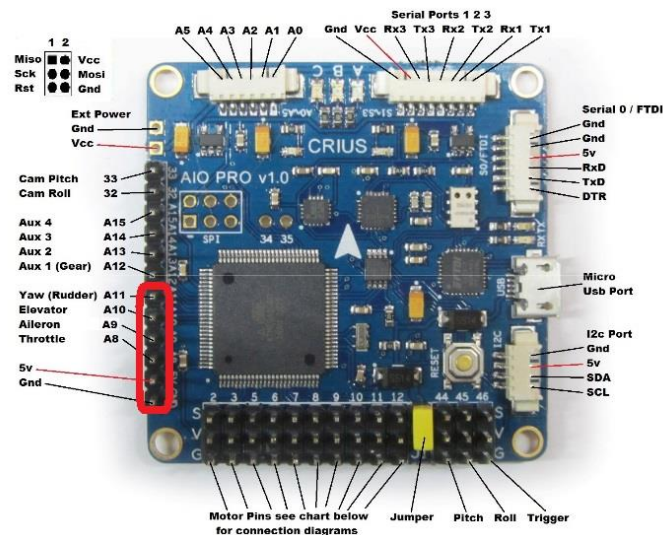
Es un circuito de complejidad variable que dispone de una serie de entradas y salidas, y de una serie de sensores incorporados que determinan en tiempo real la posición de la aeronave.

El controlador se encarga de procesar tanto la información recibida por los señores como los datos de dirección para enviar las órdenes adecuadas a los motores para el correcto vuelo.

Algunos llevan un simple giroscopio que indica la orientación en el espacio de la aeronave, no obstante, la mayoría de los controladores utilizados en la actualidad incorporan una Unidad de Medición Inercial o IMU (*Inertial Measurement Unit*).

La IMU es un dispositivo electrónico capaz de medir y reportar tanto la velocidad de la aeronave, así como su orientación y las fuerzas gravitacionales que actúan sobre ella.

El controlador de vuelo convierte al multirrotor en una aeronave inteligente.

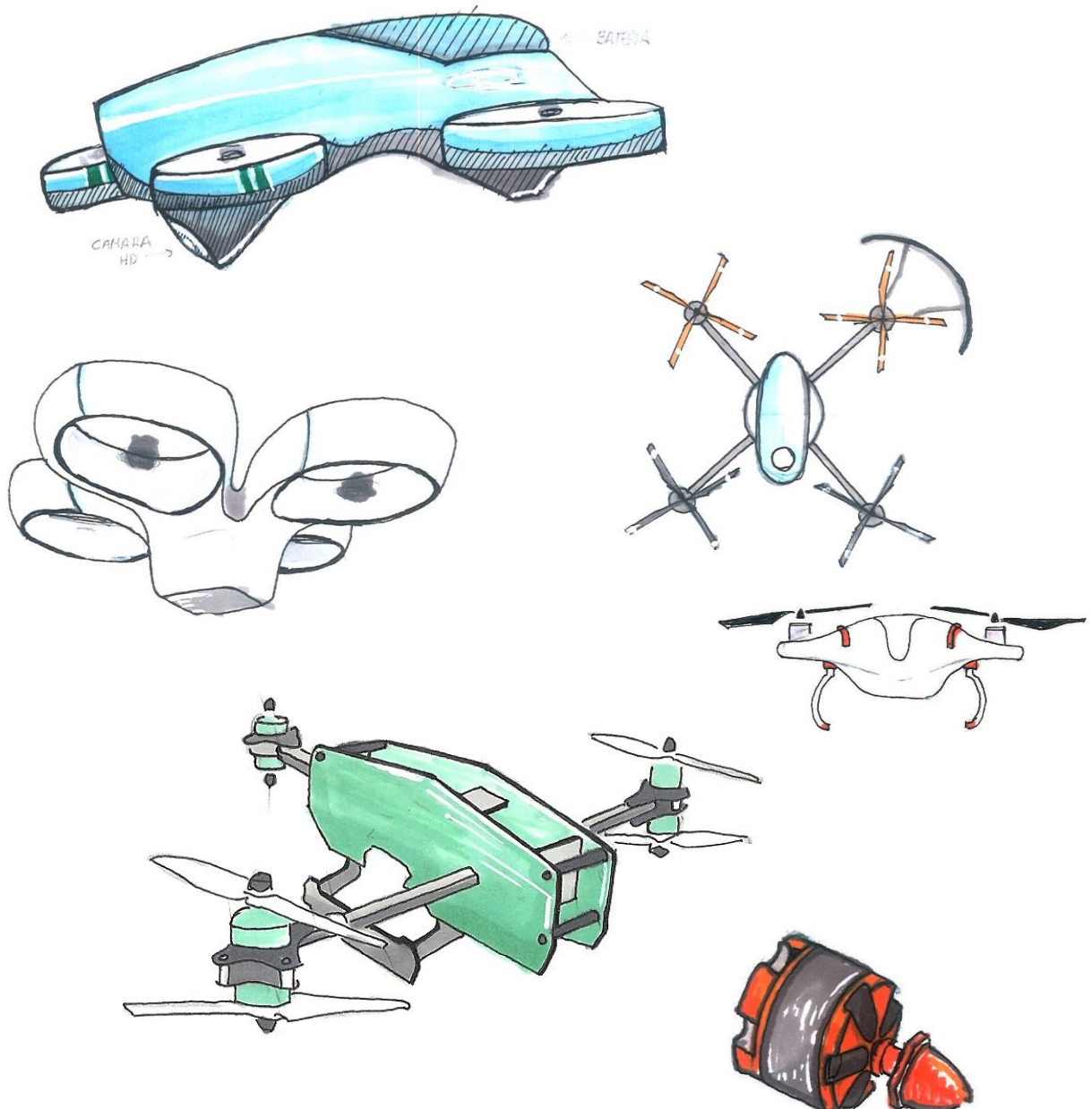


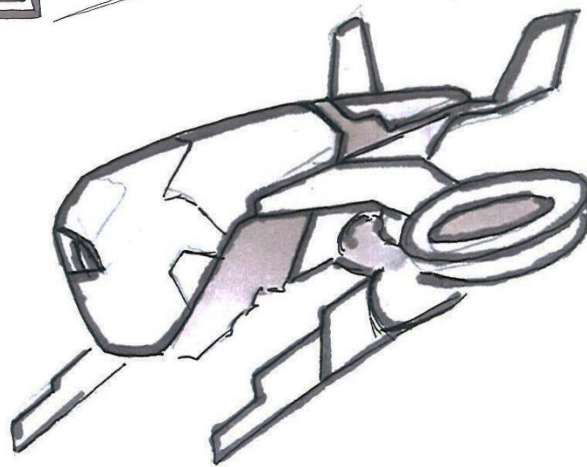
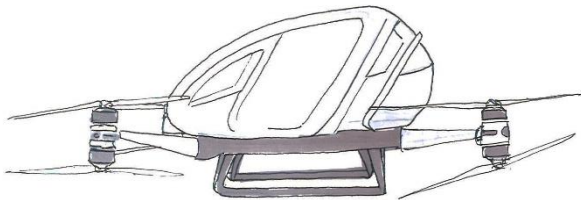
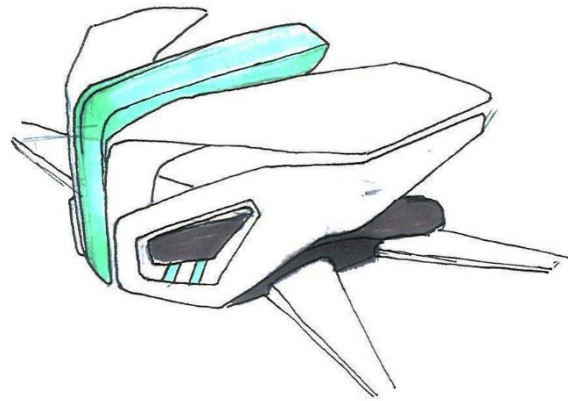
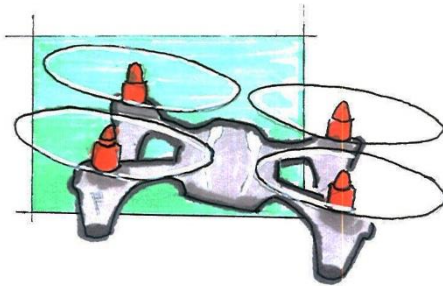
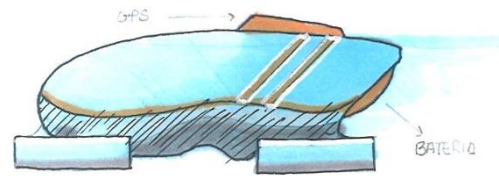
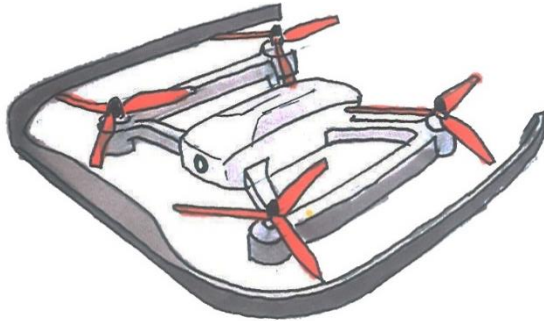


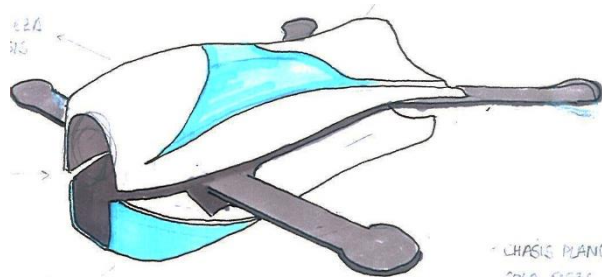
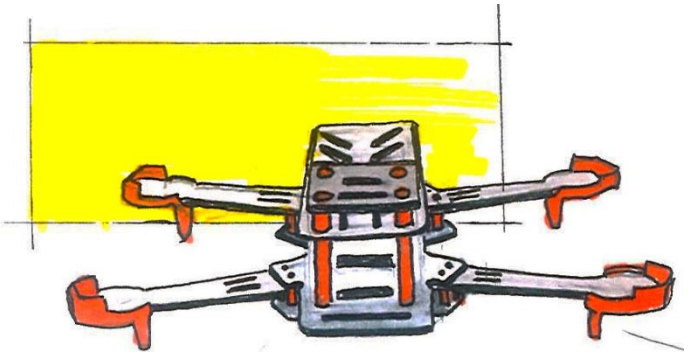
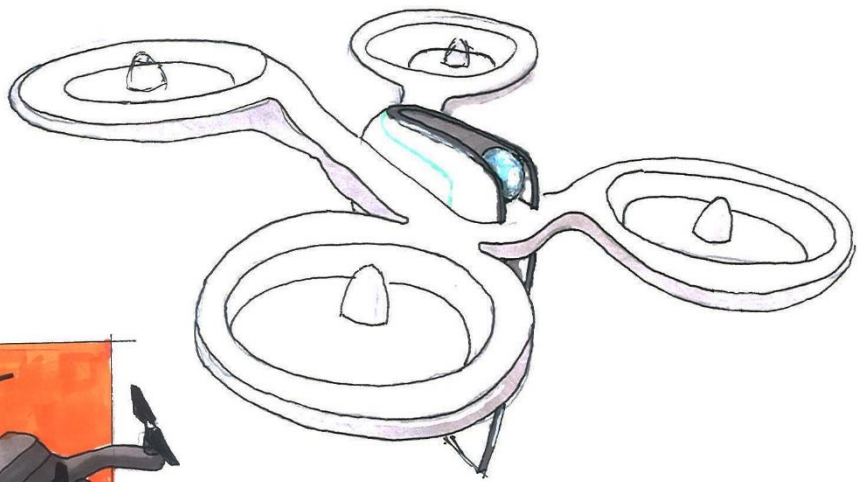
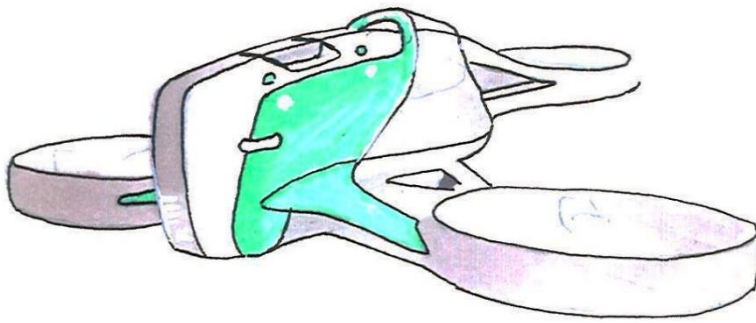
3. CAPÍTULO III DISEÑO DEL UAV.

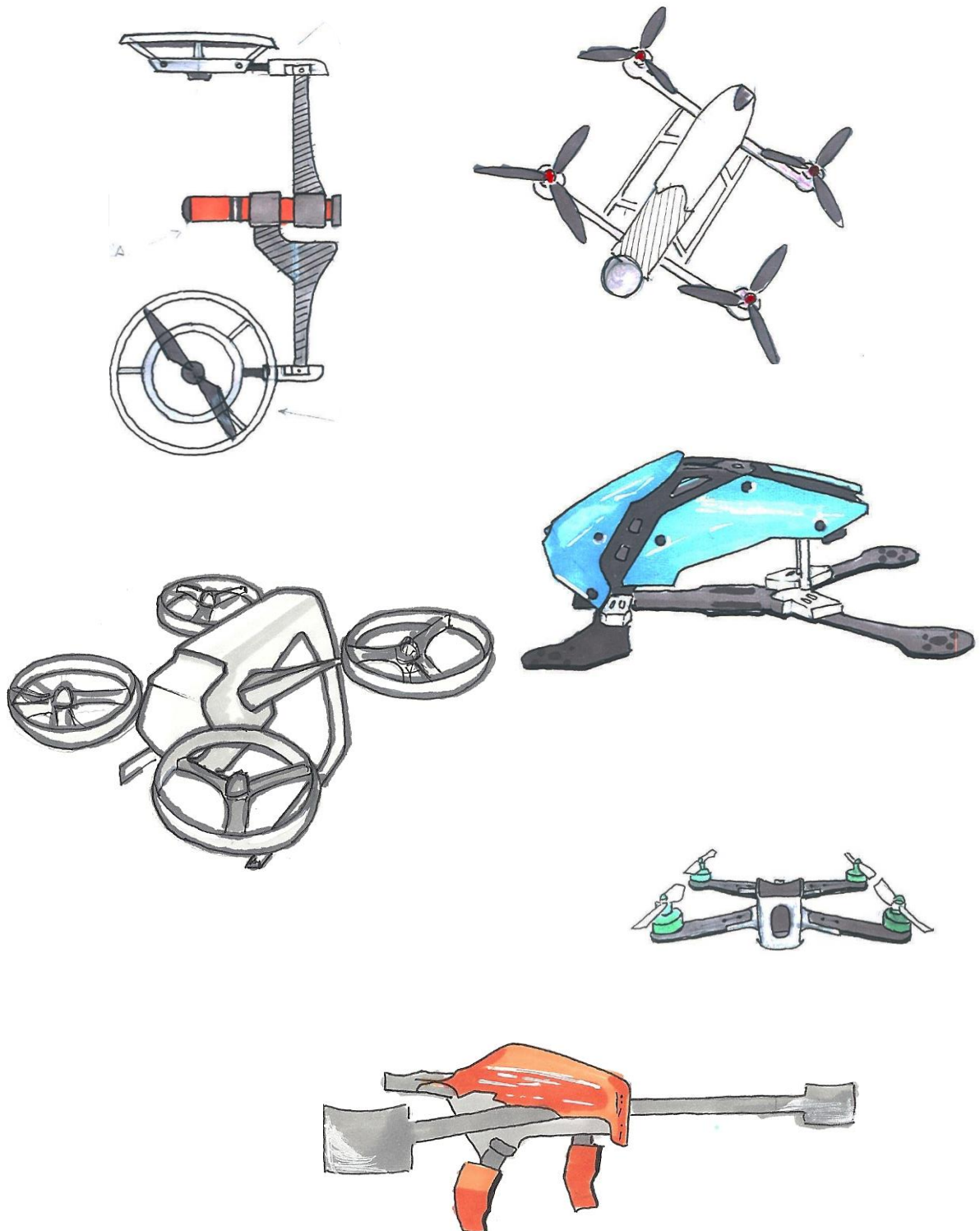
3.1 DISEÑOS CONCEPTUALES DE MULTIROTORES

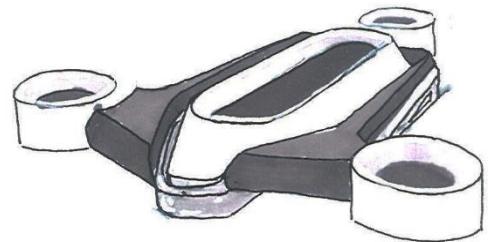
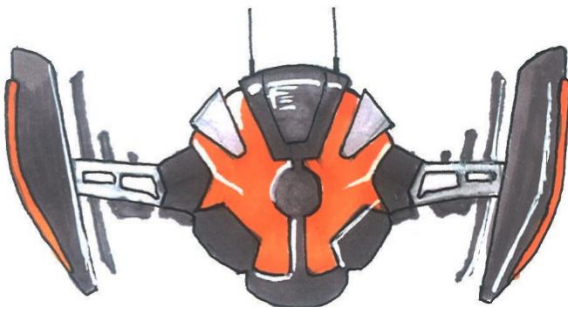
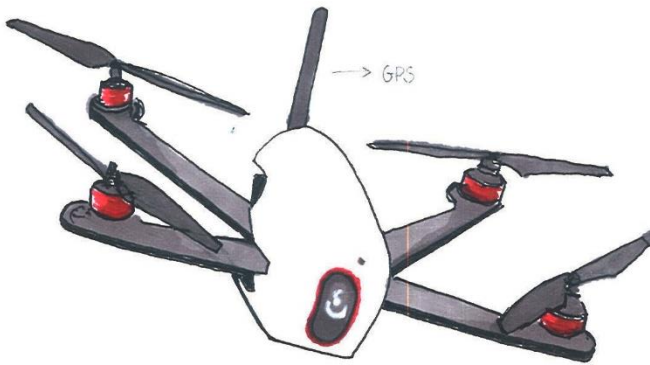
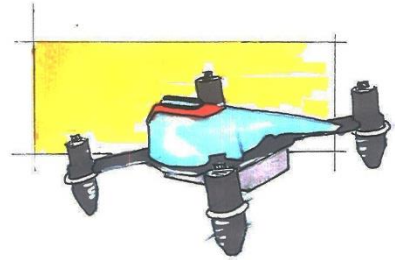
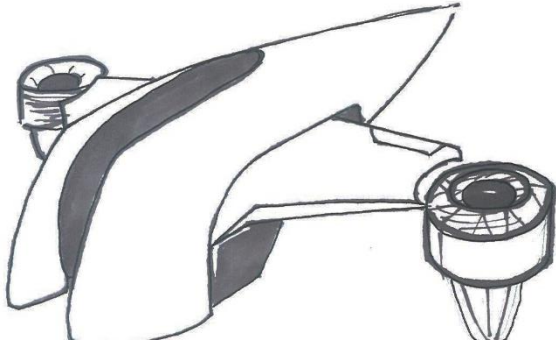
En este apartado se presentan los diseños conceptuales previos a la selección del multirrotor.

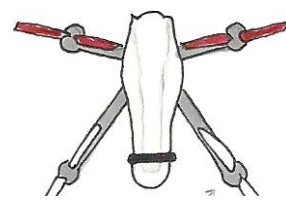
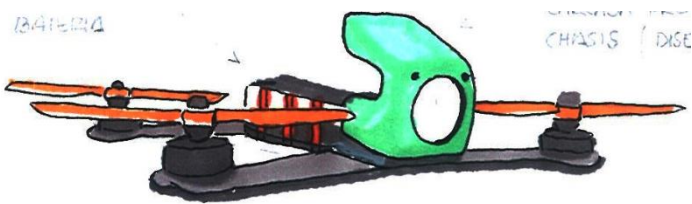
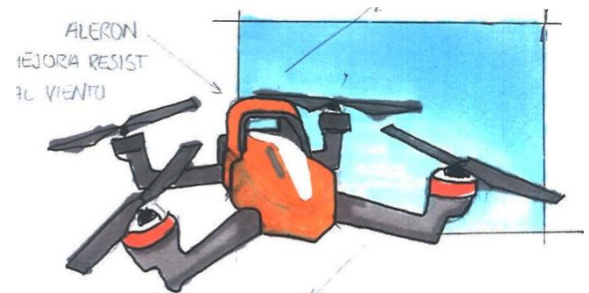
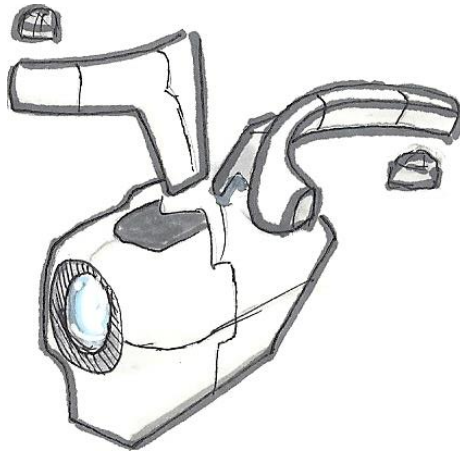
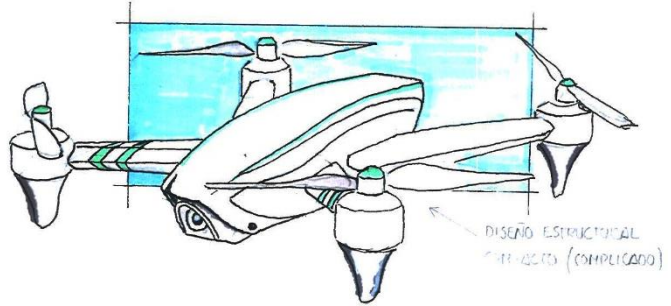


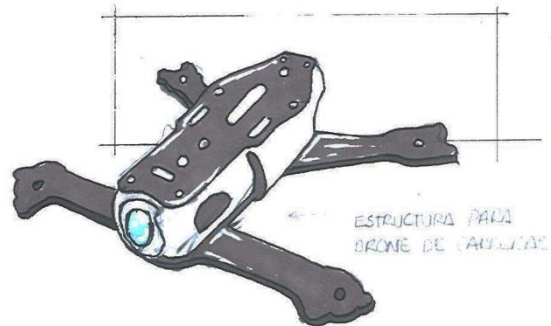
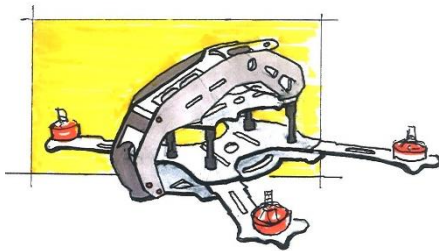
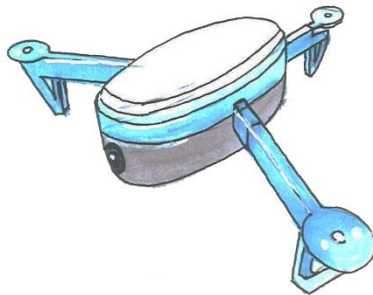
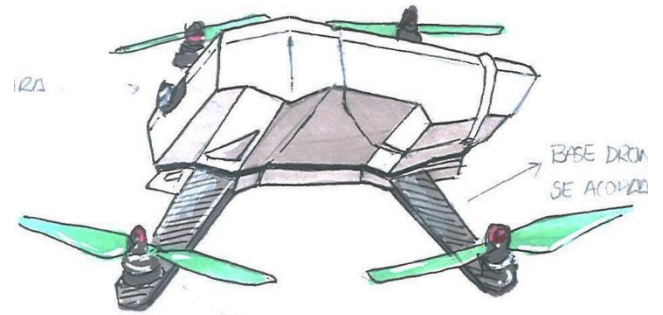
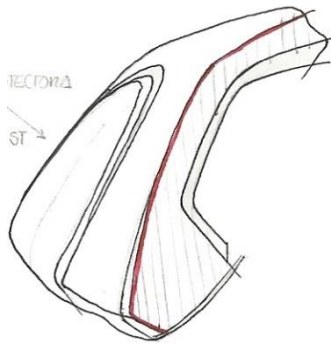
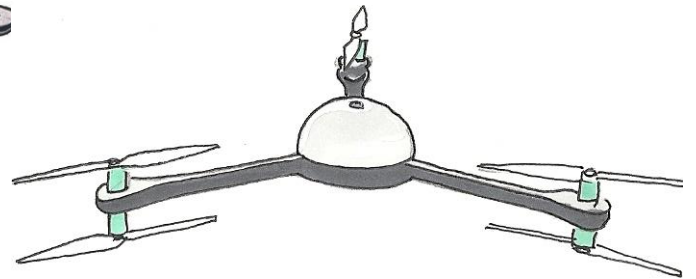
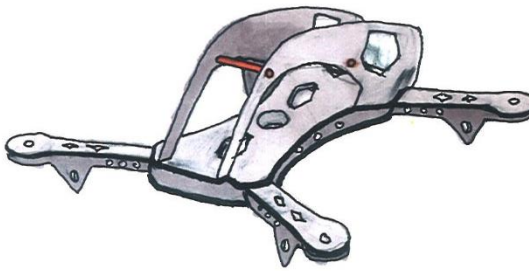


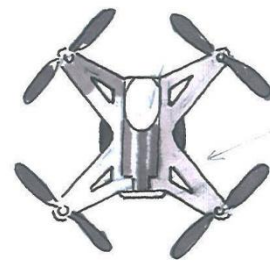
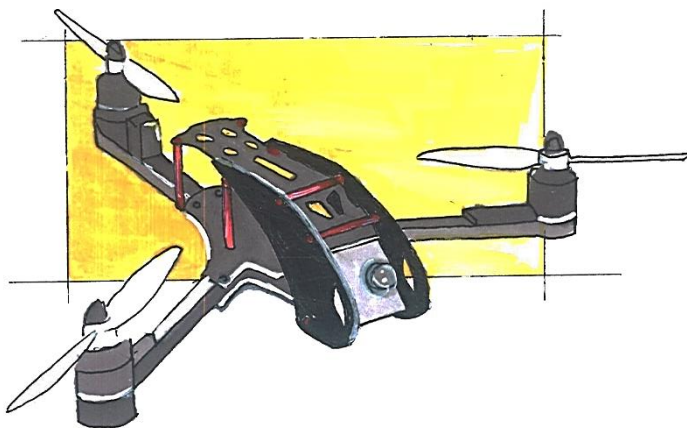
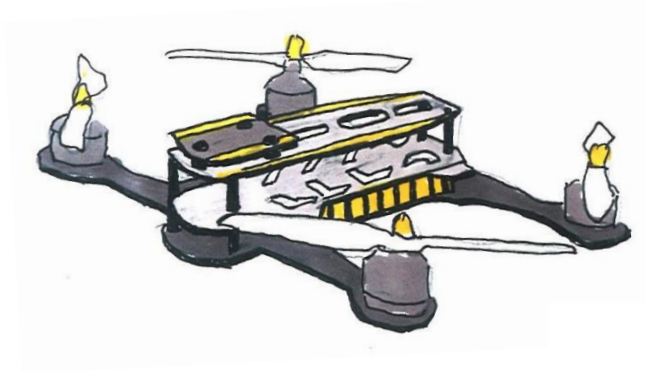
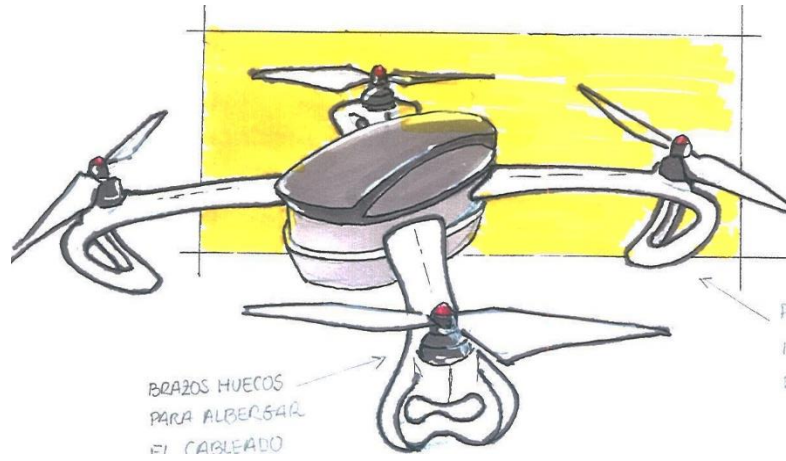


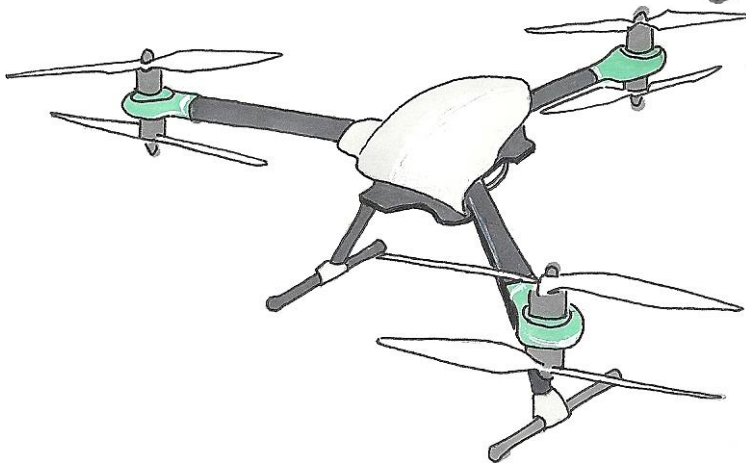
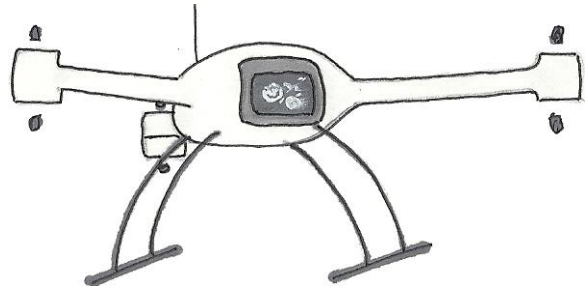
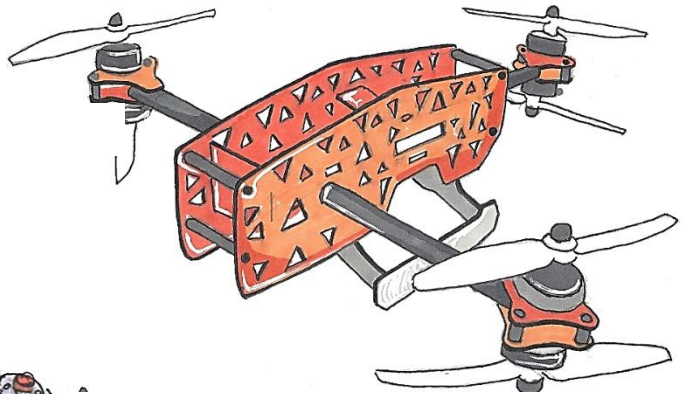
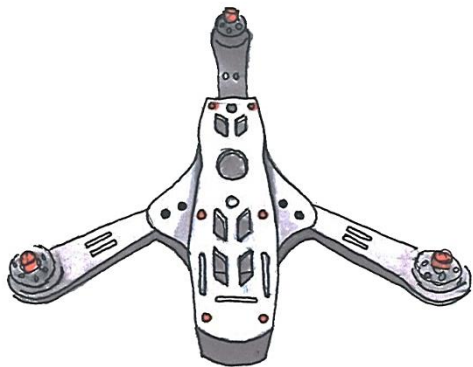
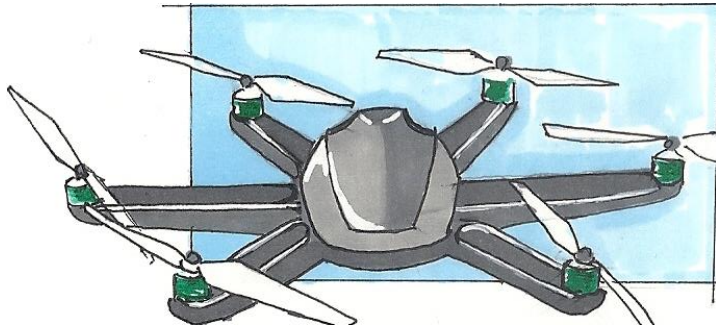






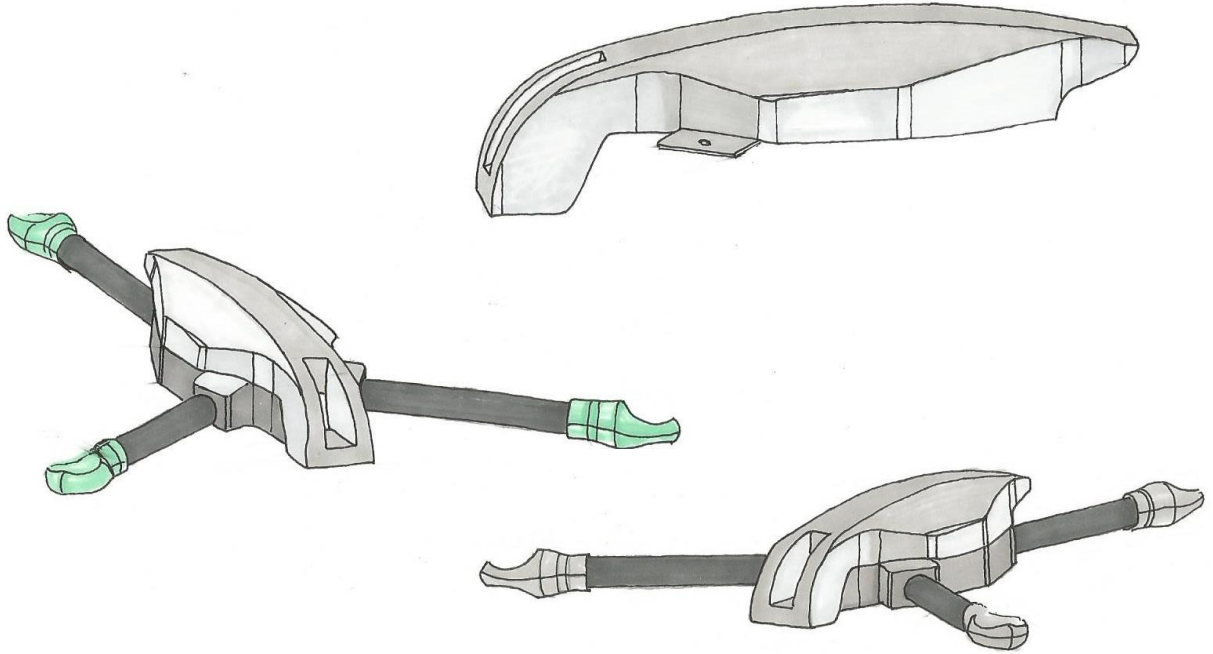




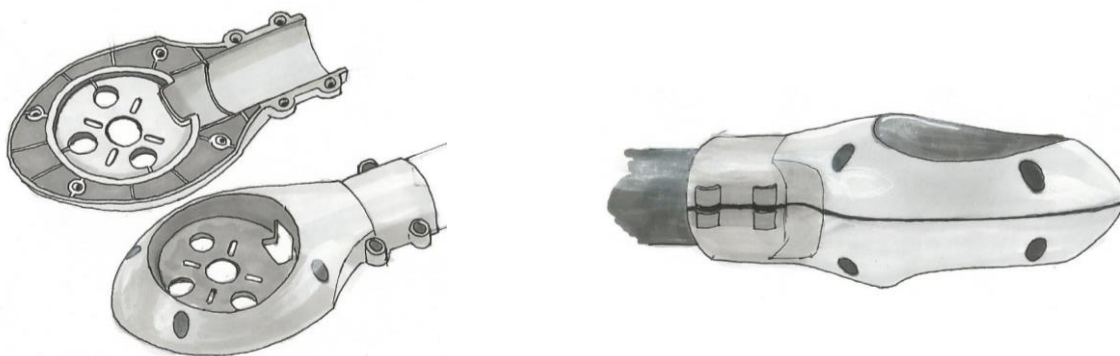


3.2 DISEÑO CONCEPTUAL DE LA SOLUCIÓN FINAL

DISEÑO ESTRUCTURAL



DISEÑO MOTOR MOUNTS



3.3 ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL MULTIROTOR

El análisis realizado de los diferentes tipos de multirrotores y sus características que existen actualmente en el mercado, teniendo en cuenta los requisitos del diseño que queremos satisfacer, se ha decidido presentar la siguiente estructura:

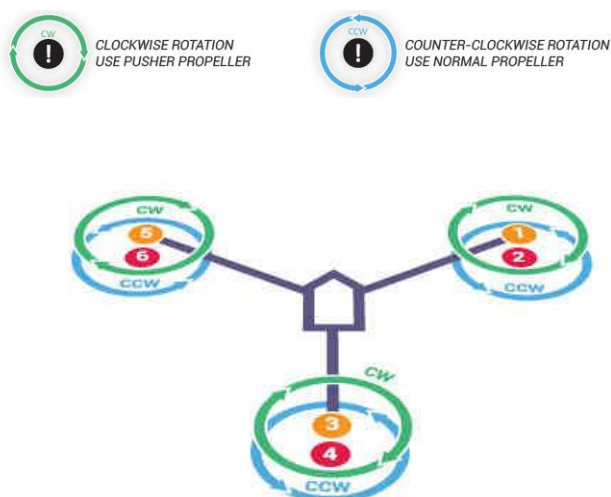
El diseño propuesto combina las características y ventajas de los tricópteros y hexacópteros, para conseguir una estructura adecuada que consiste en la disposición de unos brazos en forma de Y colocando en los extremos de cada brazo dos motores coaxiales (contrapuestos).

METODOLOGÍA DE VUELO

Dos motores situados en el mismo eje de cada brazo, giran de forma contrapuesta, elevando el dron sobre su eje vertical.

El alabeo o giro de la aeronave se consigue con el aumento o disminución de las revoluciones de los motores.

DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN DE MOTORES



Con ello se consigue una aeronave de tres brazos (tricópteros) dotada de seis motores (hexacópteros).

CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO PROPUESTO:

- Posibilidad de transportar una carga superior, frente a la capacidad de carga de un tricóptero o cuadricóptero convencional
- Número de piezas optimizadas y reemplazables.
- Vuelo ágil y estable.
- Redundancia en caso de fallo de uno de los propulsores.
- Multicóptero más compacto que un hexacóptero de estructura convencional.
- Posibilidad de instalación de una videocámara.
- La diseño estructural favorece a disponer de carcasa protectora
- No es necesario unos motores tan potentes o unas hélices tan grandes para la misma capacidad de carga.
- El diseño propuesto permite ocultar los componentes electrónicos de la aeronave (cables, batería, controlador de vuelo...) dando la posibilidad de percibir la geometría original consiguiendo simplicidad y orden.
- Diseño innovador y eficiente.



4. CAPÍTULO IV DISEÑO PRELIMINAR

4.1 DISEÑO 3D DEL UAV

Para el diseño y fabricación de la aeronave ha sido necesario crear un modelo 3D.

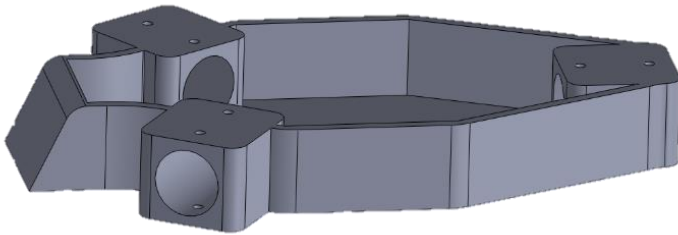
Se han desarrollado las piezas estructurales del dron, carcasa superior, carcasa posterior y el montaje de los propulsores, para su impresión 3D.

Por otra parte se generan modelos de los componentes electrónicos principales alojados en las carcasas con la finalidad de conseguir adaptar la distribución de las mismas, optimizando el espacio disponible.

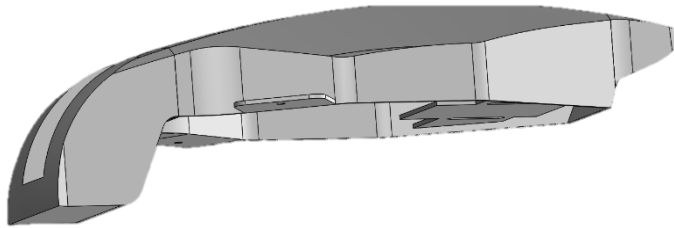
TABLA COMPONENTES

Nº PIEZA	NOMBRE DE PIEZA	RELACIÓN SUBCONJUNTO
1	CARCASA POSTERIOR	1.3 BRAZOS DELANTEROS X2 1.4 BRAZO DE COLA X1 1.5 MODULO LED X1 1.5 CARCASA SUPERIOR X1
2	CARCASA SUPERIOR	2.1 CARCASA POSTERIOR X1
3	BRAZOS DELANTEROS	3.5 TUBO ALUMNIO X2 3.6 MOTOR MOUNTS X4 3.7 MOTORES X4 3.8 HÉLICES X4
4	BRAZO DE COLA	4.5 TUBO ALUMINIO X1 4.6 MOTOR MOUNTS X2 4.7 MOTORES X2 4.8 HÉLICES X2
5	TUBO ALUMNIO	
6	MOTOR MOUNTS	
7	MOTORES	
8	HÉLICES	
9	CONTROLADOR DE VUELO	
10	RECEPTOR	
11	MODULO LED	
12	BATERIA LITHIUM	

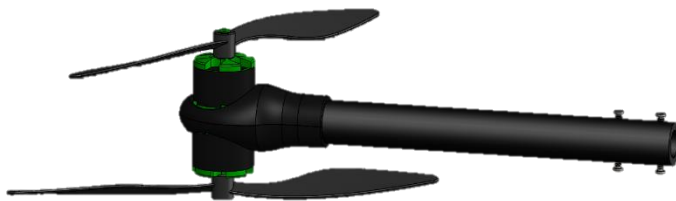
1. CARCASA POSTERIOR



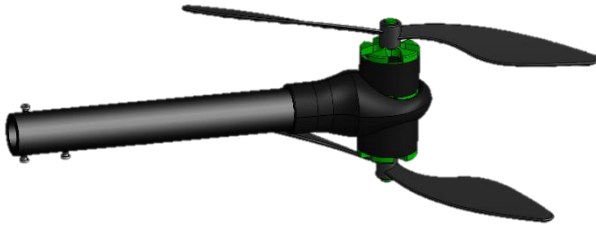
2. CARCASA POSTERIOR



3. BRAZOS DELANTEROS



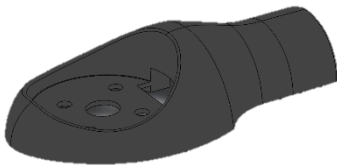
4. BRAZO DE COLA



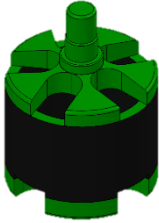
5. TUBO ALUMINIO



6. MOTOR MOUNTS



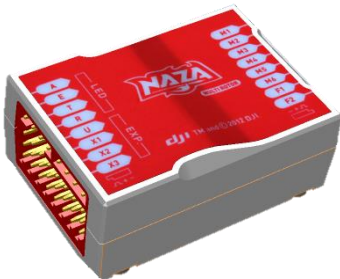
7. MOTORES BRUSHLESS



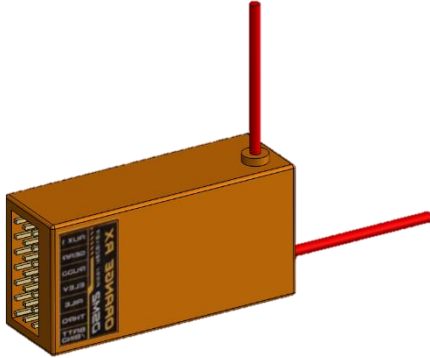
8. HÉLICES 8X45



9. CONTROLADOR DE VUELO



10. RECEPTOR



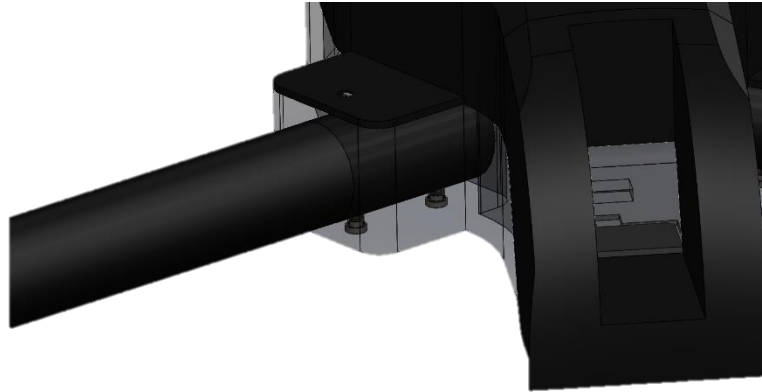
11. MÓDULO LED



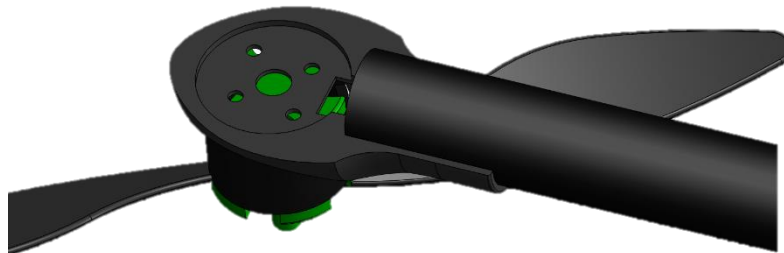
12. BATERIA LITHIUM



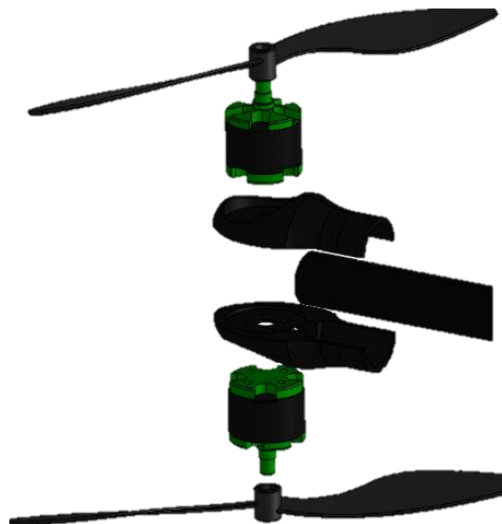
SITUACIÓN DE LOS BRAZOS



DETALLE ENCUENTRO CON CARCASA POSTERIOR

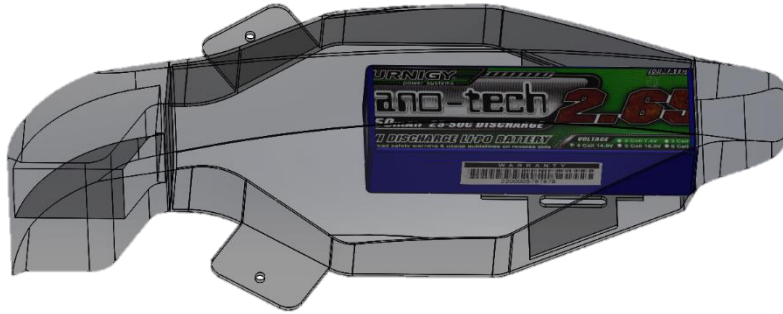


DETALLE MOTOR MOUNTS + BRAZO

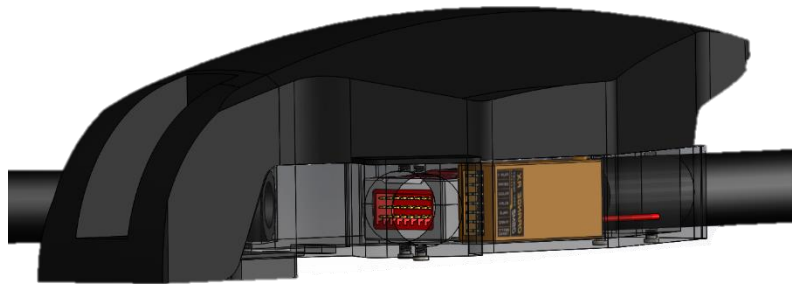


DETALLE EXPLOSIÓN CONJUNTO MOTOR

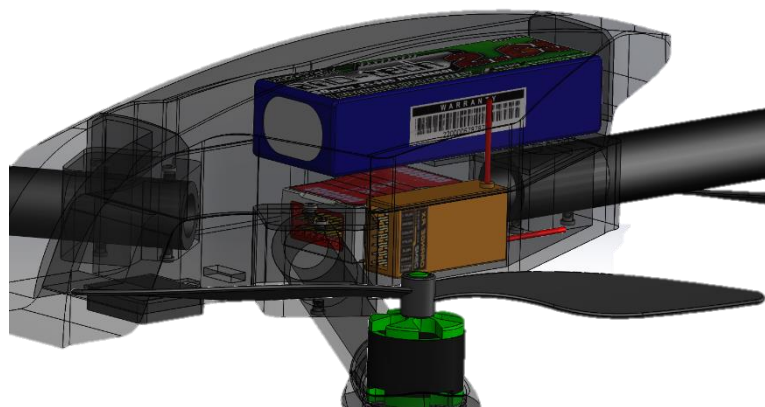
SITUACIÓN DE LOS COMPONENTES



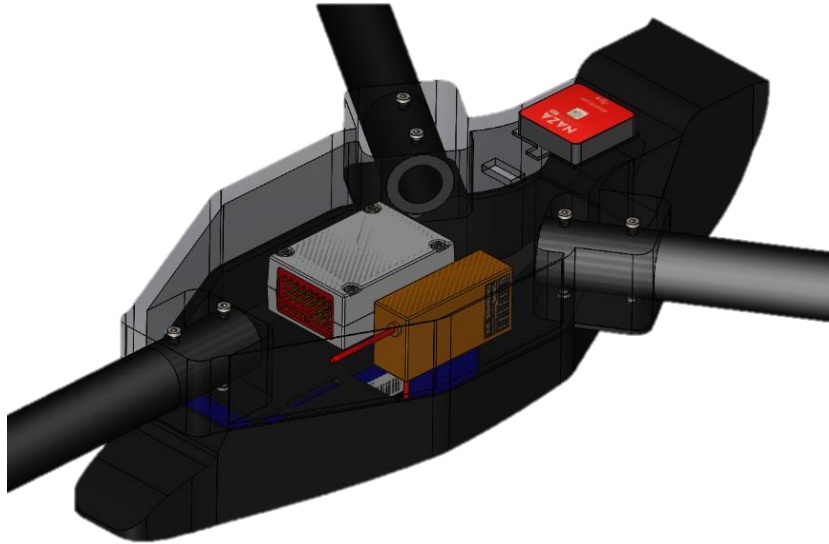
DETALLE SITUACIÓN BATERIA



DETALLE CARCASA SUPERIOR



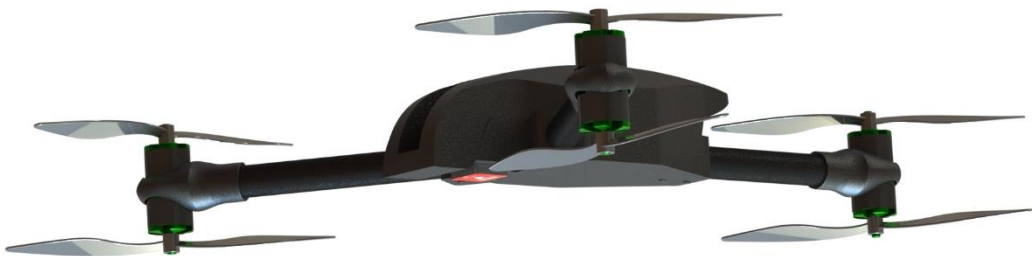
DETALLE SITUACIÓN DE LOS COMPONENTES



DETALLE CONJUNTO PARTE TRASERA



RENDER COMPLETO DRON



RENDER COMPLETO DRON

4.2 PLANIMETRIA

1. PLANOS DE DESPIECE.

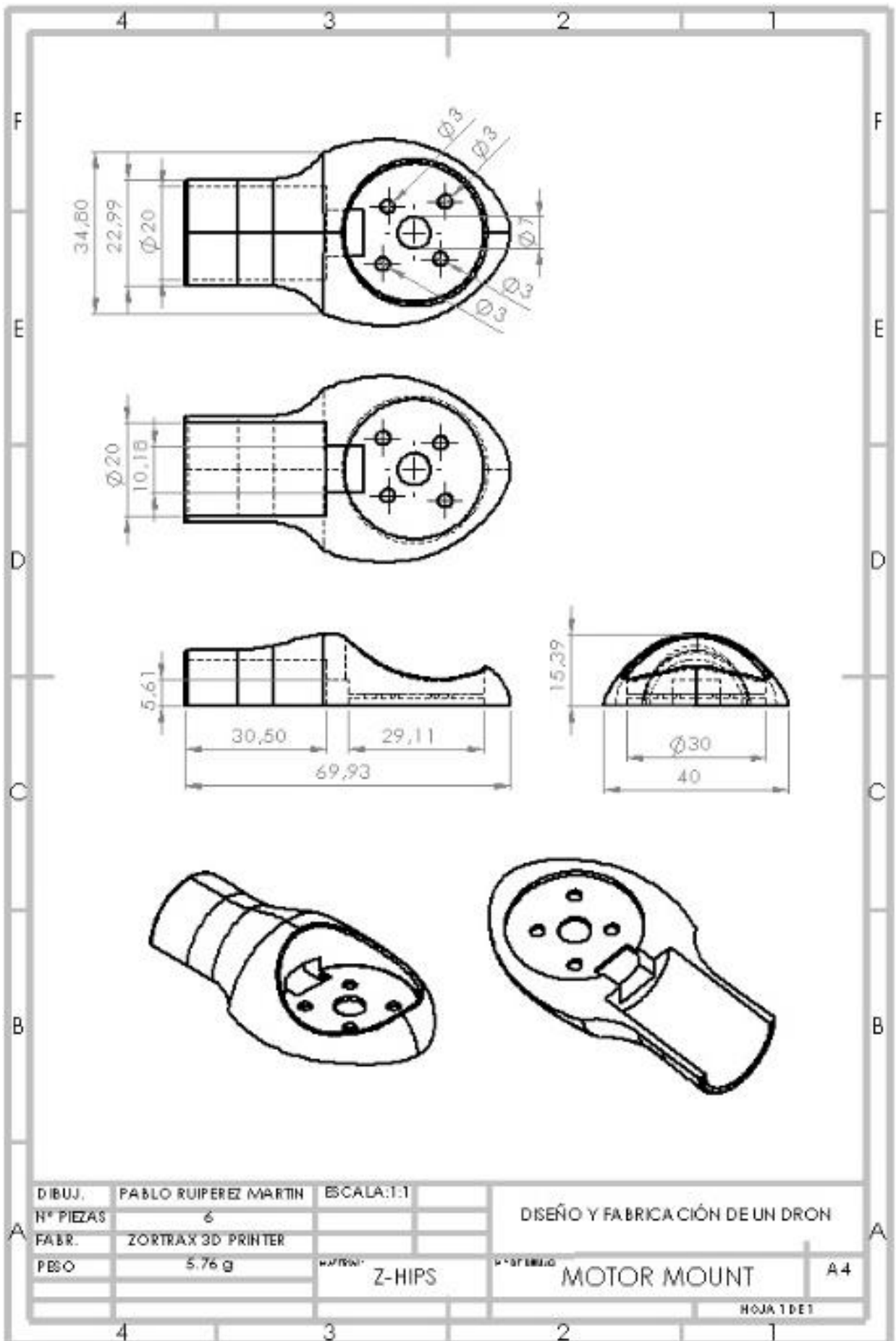
- Plano 1.1 Motor Mounts.
- Plano 1.2 Carcasa Posterior.
- Plano 1.3 Carcasa Superior.
- Plano 1.4 Brazos.

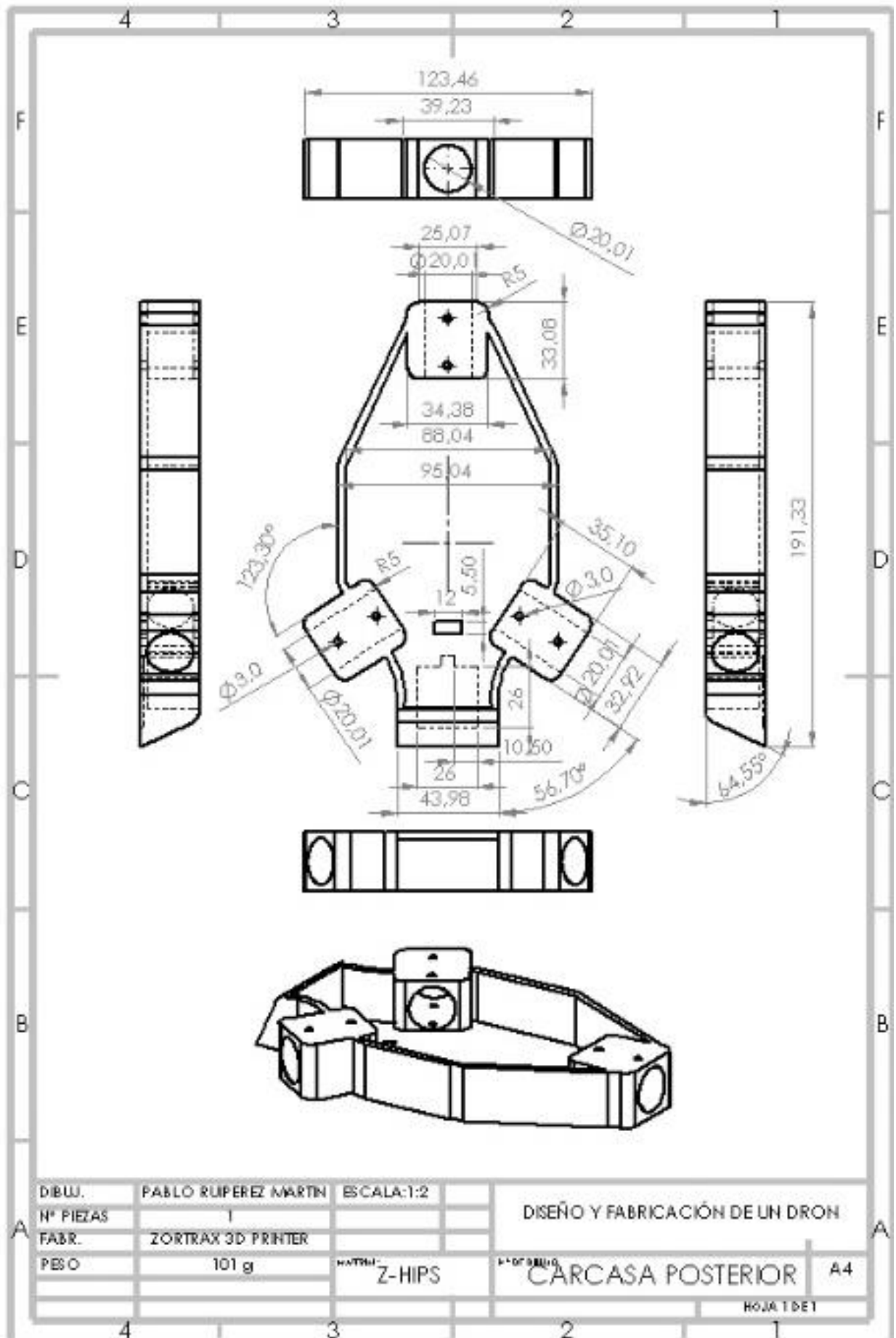
2. PLANOS DE SUBCONJUNTO.

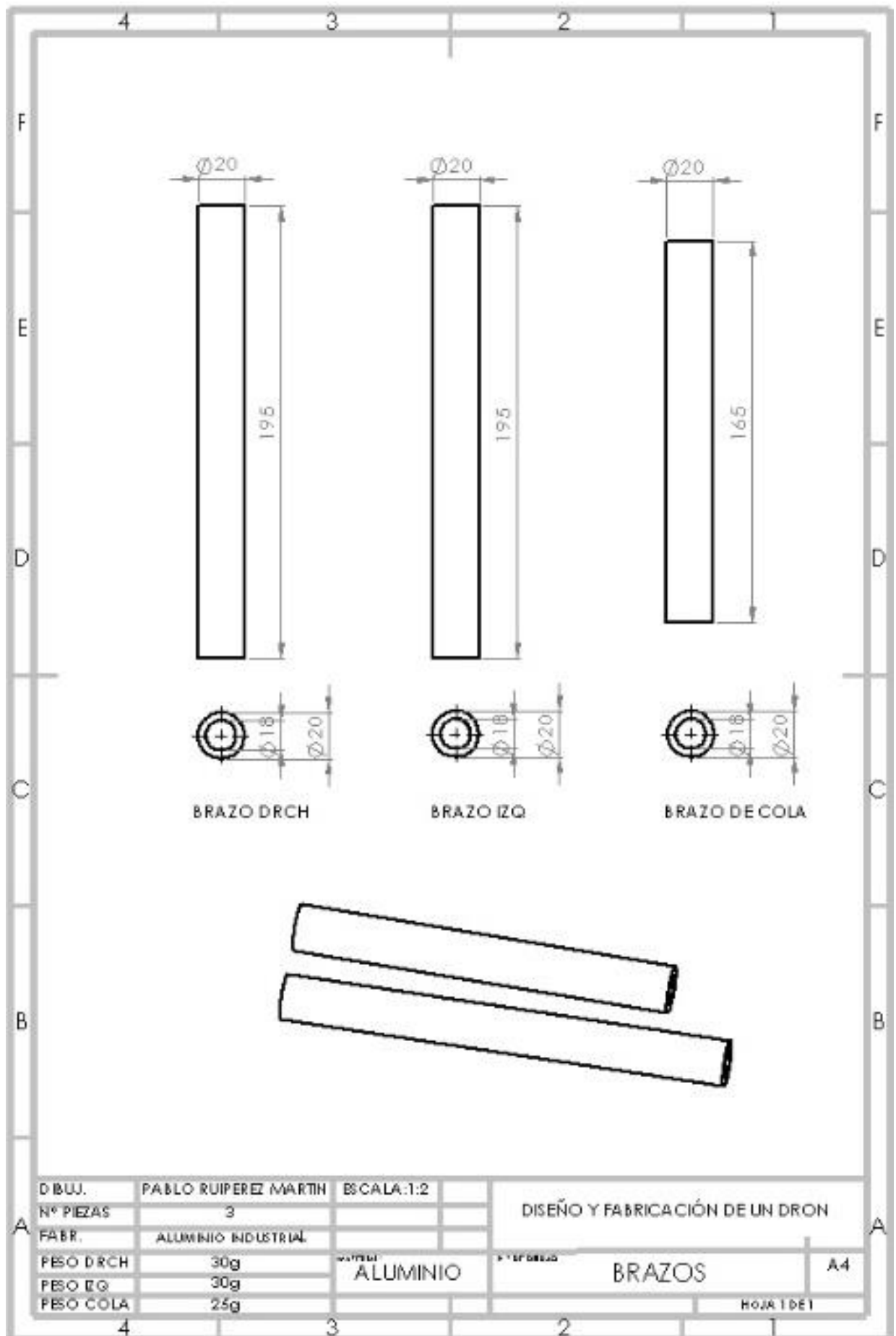
- Plano 2.1 Subconjunto Rotor.
- Plano 2.2 Subconjunto Brazo de Cola.
- Plano 2.3 Subconjunto Brazos delanteros.
- Plano 2.4 Subconjunto Estructura.
- Plano 2.5 Subconjunto Carcasa

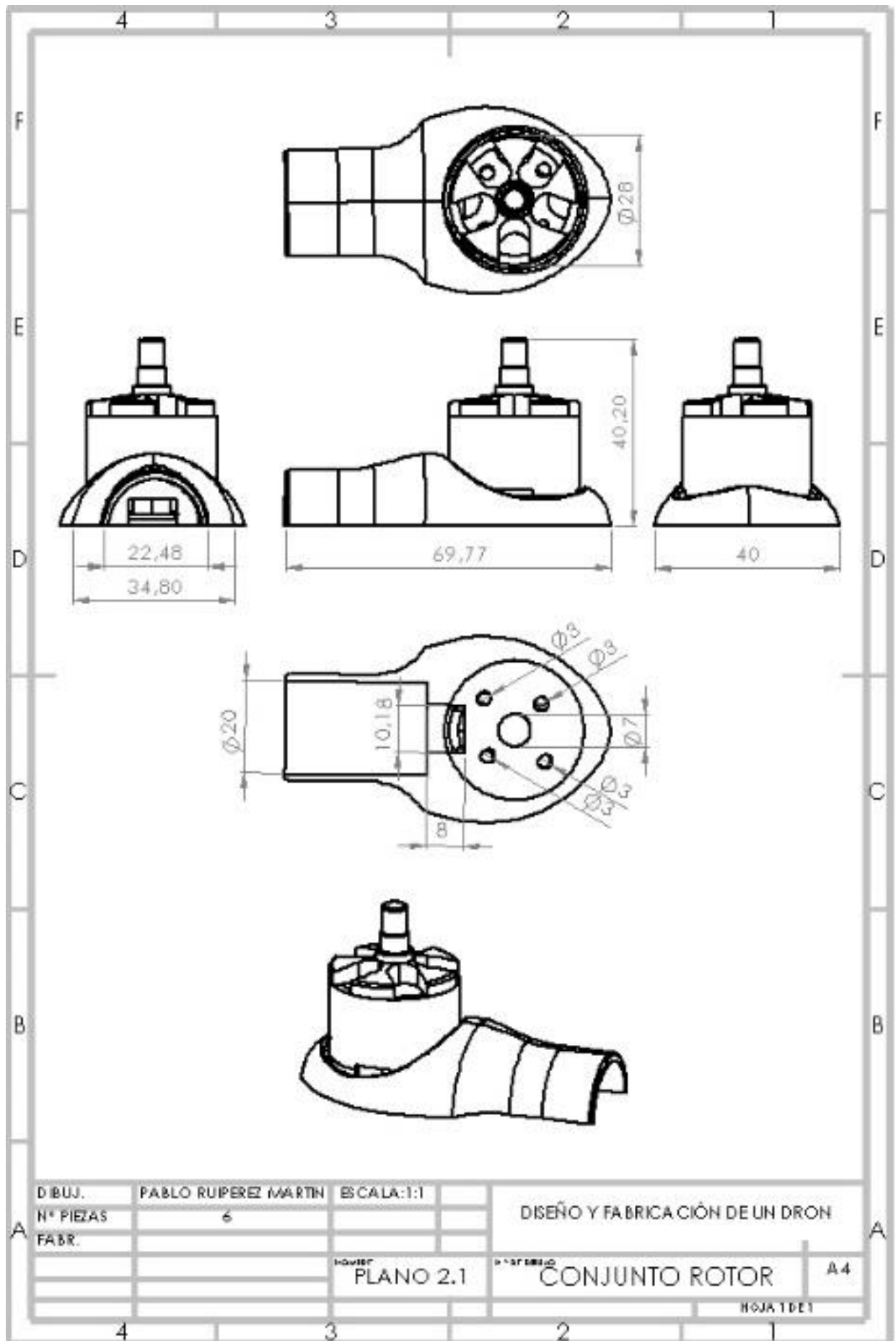
3. PLANOS DE EXPLOSIÓN.

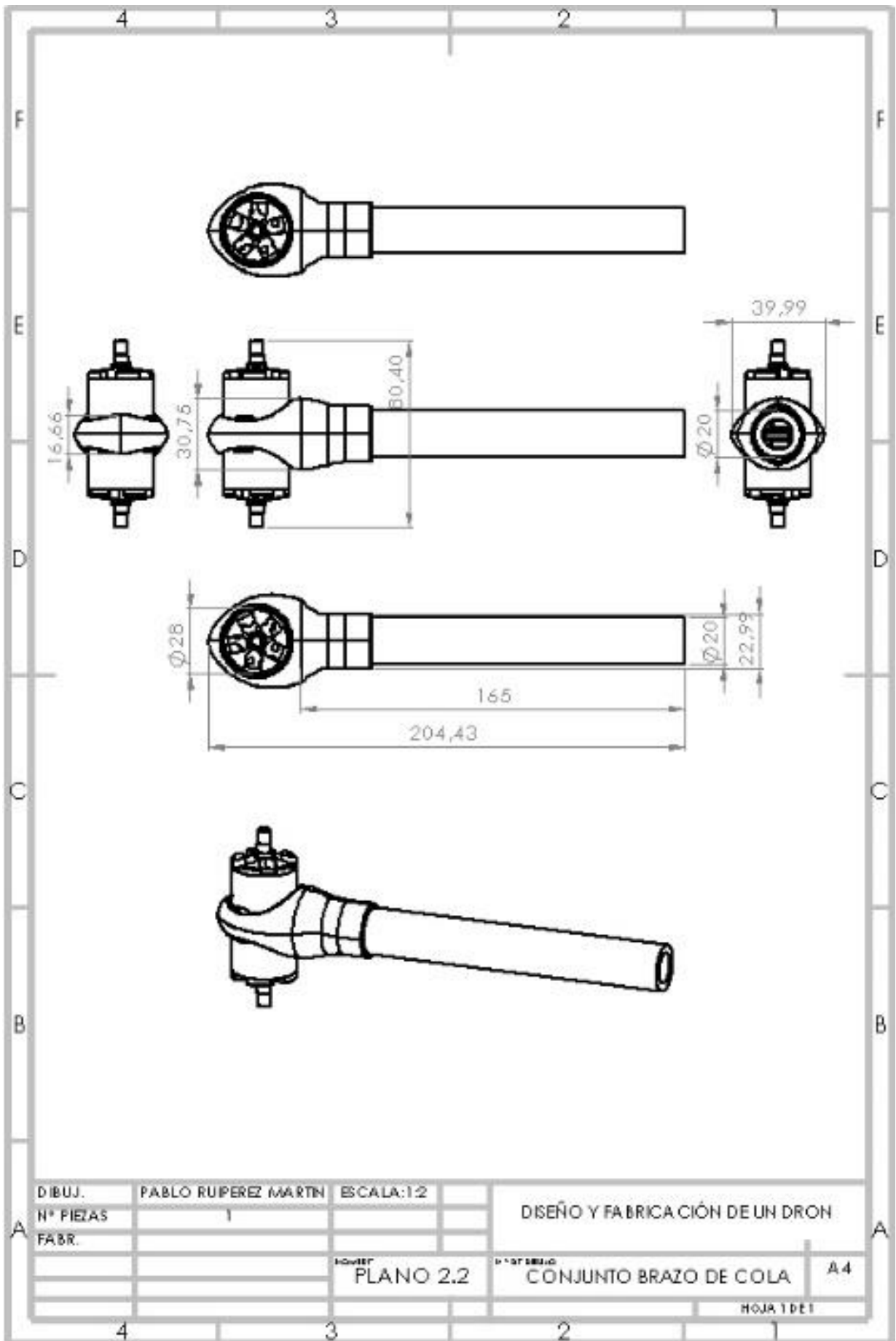
- Plano 3.1 Vista Explosionada.

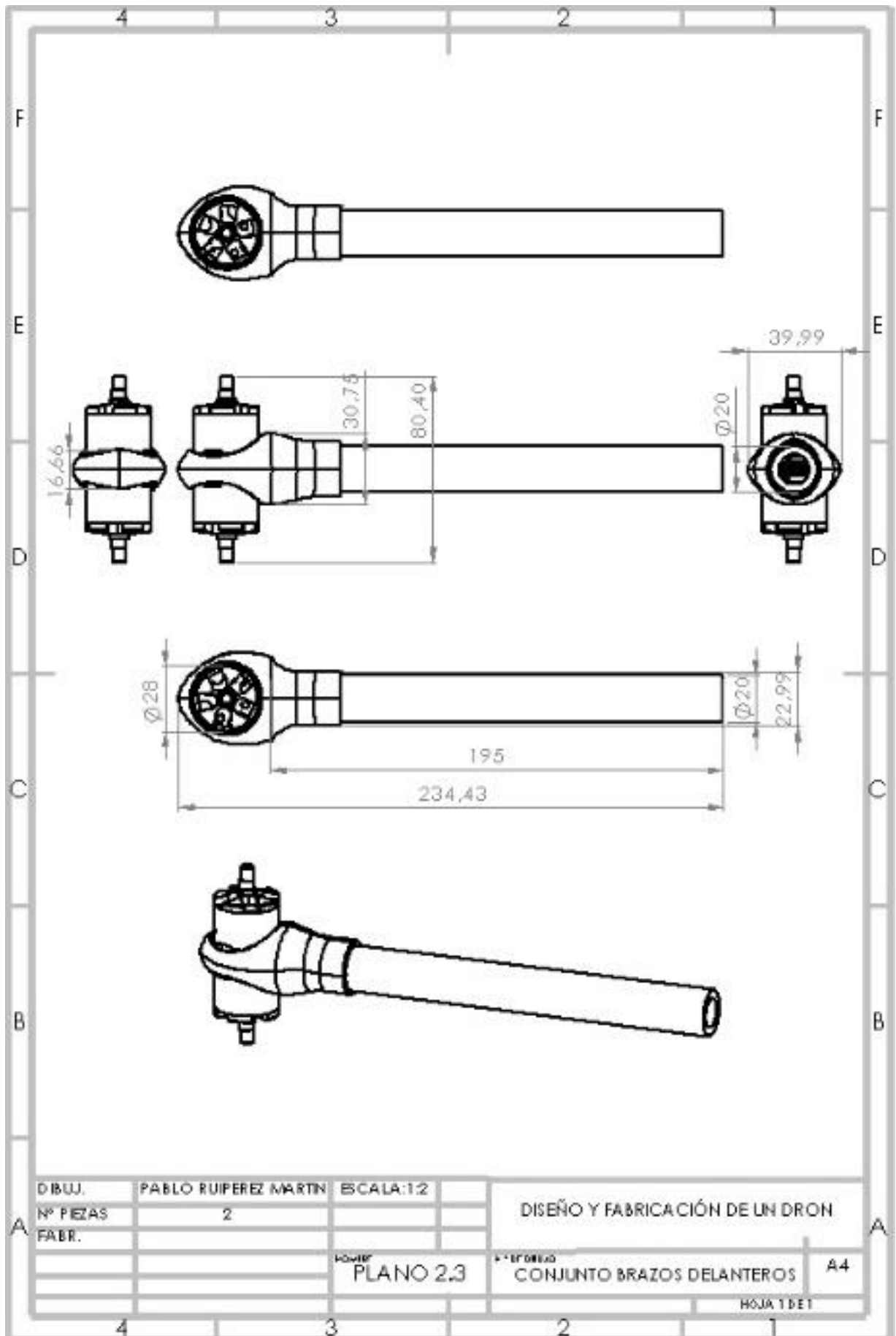


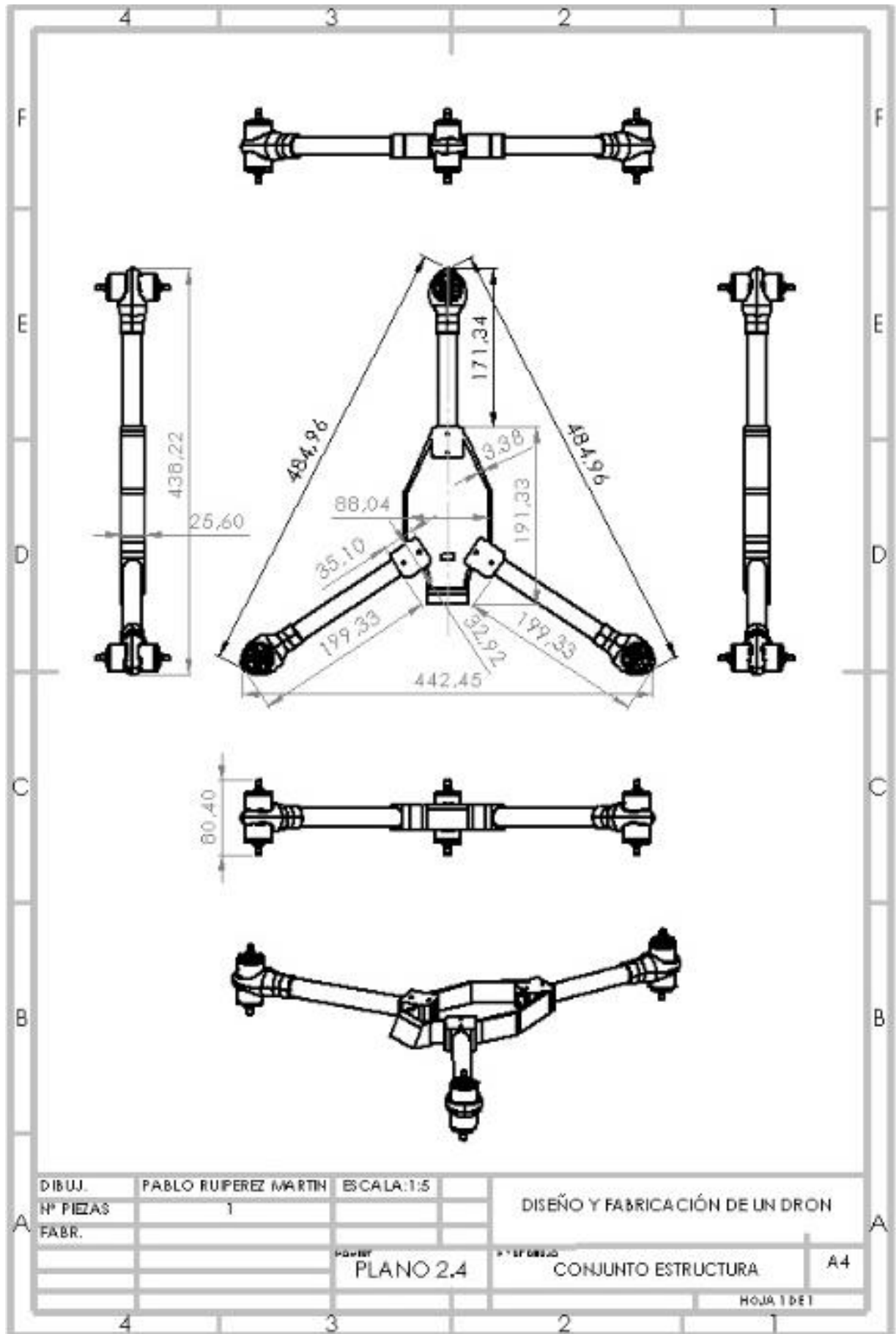


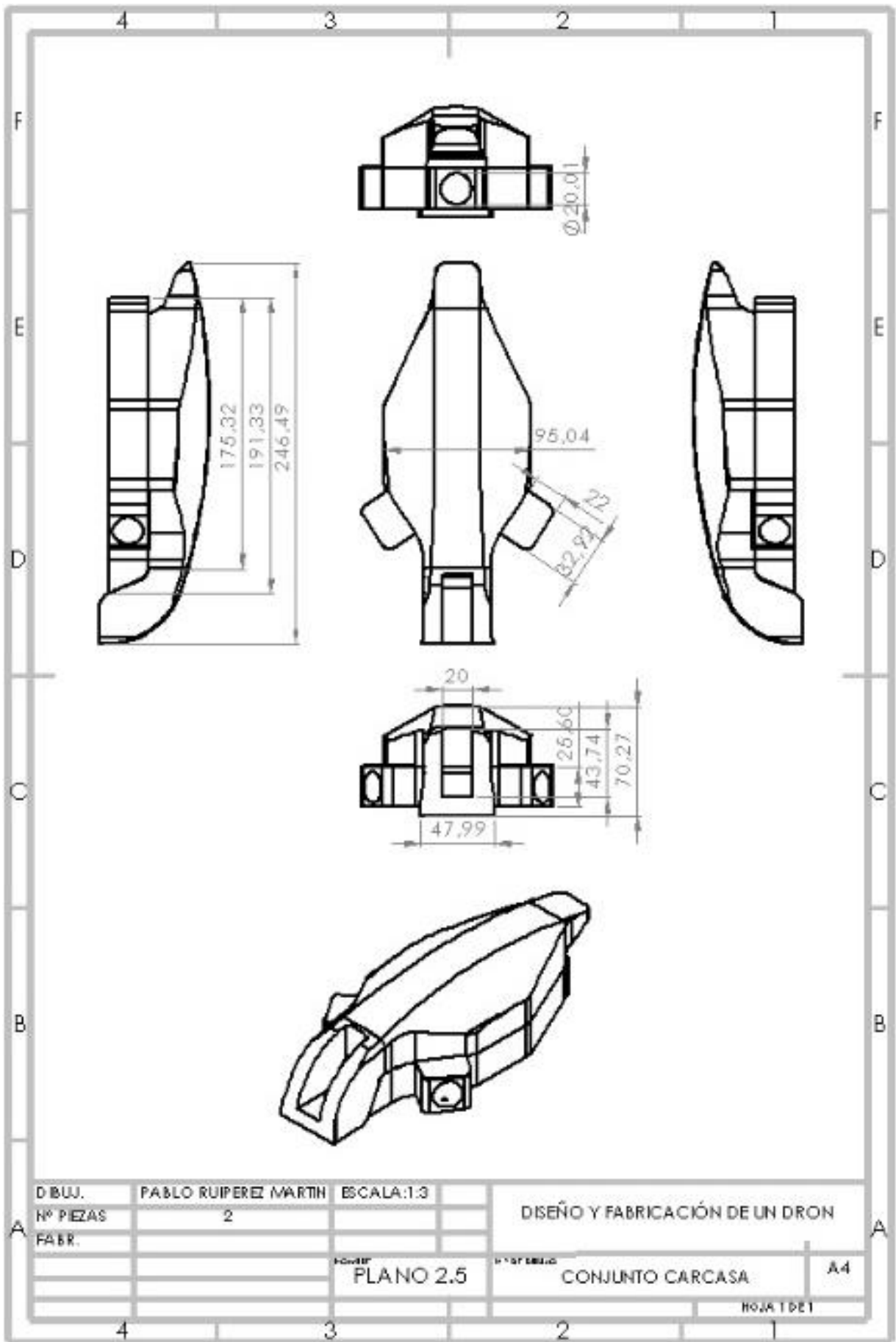


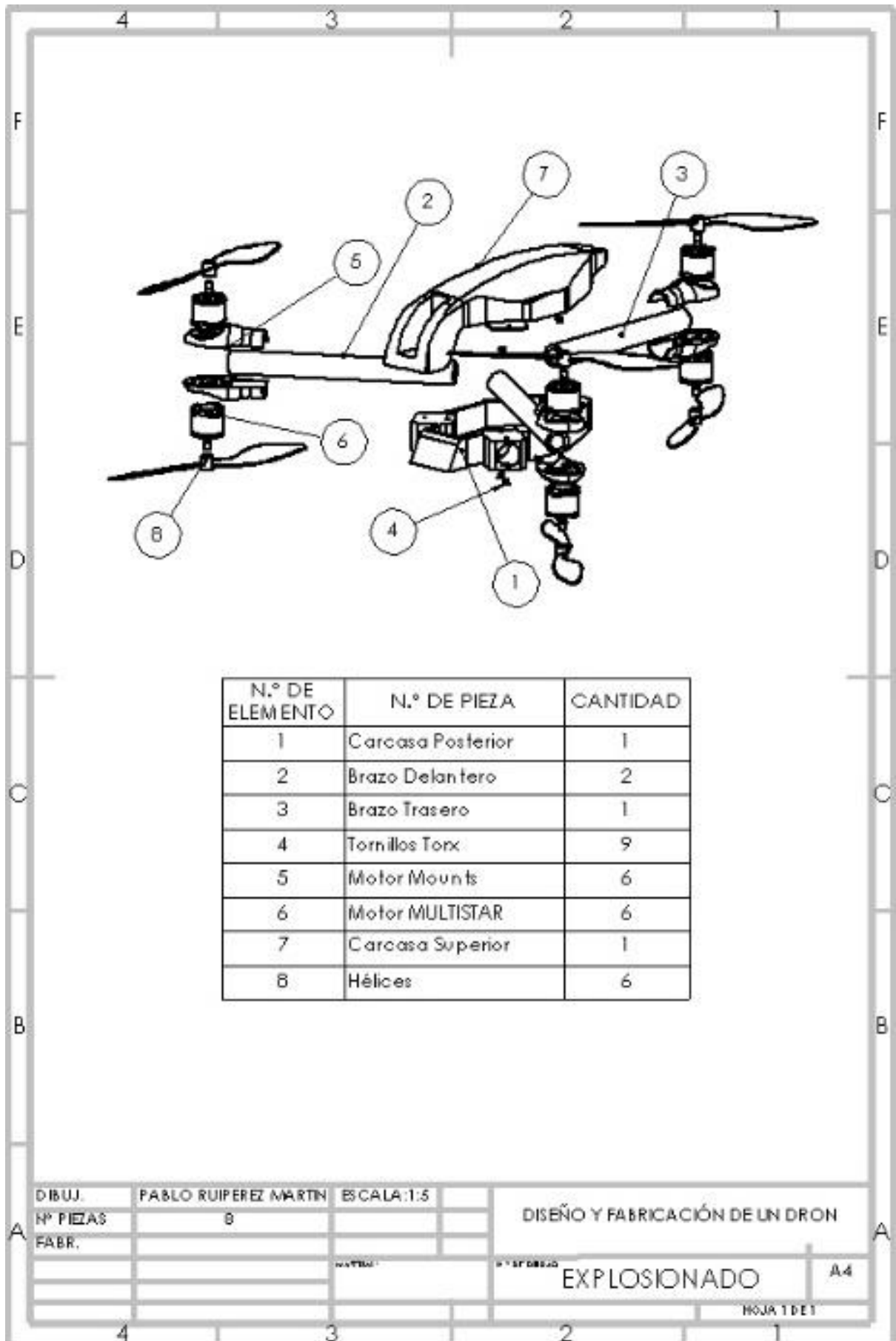














4.3 ANALISIS Y ELECCION DE COMPONENTES

Una vez justificado la elección del tipo de multirroto, se han seleccionado los componentes que mejor se adecuan a la arquitectura de la aeronave.

ELEMENTOS COMERCIALES

Los siguientes elementos corresponden con los componentes de carácter comercial de la aeronave, han sido seleccionados tras estudio previo de sus características estructurales, formales y técnicas para su óptimo funcionamiento.

SISTEMA MOTOR



TURNIGY MULTISTAR 2213-935

KV (RPM/V)	935
PESO (g)	55
LIPO Cells	2-4s
Max Surge Watts (W)	200
Max Current (amps)	15
Resistance (mh)	180
Motor Shaft (mm)	3
Número de Motores	6

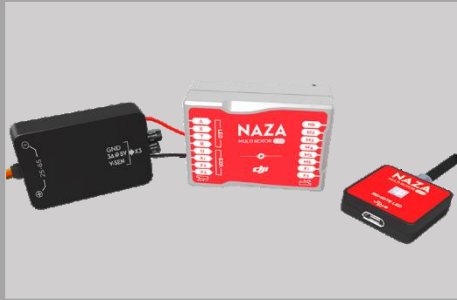
VARIADORES



TURNIGY MULTISTAR SBEC 3a 20A

Constant Current (A)	20
PESO (g)	20.3
BEC (linear)	YES
BEC Output (V/A)	5/3
PWM (Khz)	8
Max RPM	240000


CONTROLADOR DE VUELO



NAZA M-LITE

All in one design
Advanced attitude stabilize algorithm
Multiple flight control modes/intelligent switching
Intelligent Orientation Control (IOC)
Failsafe mode
Low voltaje protection
Supported multi-rotor types

SISTEMA DE CONEXIONES



BULLET ESC POWER BREAKOUT CABLE

Battery Input via	
ESC output via (mm)	3.5
ESC Quantity	6
Wire gauge	14/18
Peso (g)	35

BATERIA LIPO



TURNIGY MULTISTAR SBEC 20A

Capacidad (mAh)	2200
PESO (g)	173
Configuracion	3S
Descarga(C)	20
Voltaje(V)	11.1
Size(mm)	103x33x24

RECEPTOR



ORANGE R910 SPEKTRUM

Compatible	DSM2
PESO (g)	14
Canales	9
Voltaje(V)	3.7/9.6
Puertos Satelite	2
Size(mm)	46x30.7x14


EMISORA

	<i>DEVO 7E DEVIATION</i>	
	Nombre	Walkera 7e
	PESO (g)	876
	Canales	7
	Frecuencia(GHz)	2.4 DSSS
	Pluse(ms)	1000-2000

BRAZOS

	<i>TUBO ALUMINIO</i>	
	Material	Aluminio
	PESO (g)	30
	Número	3
	Voltaje(V)	3.7/9.6
	Puertos Satelite	2
	Size(mm)	46x30.7x14

HÉLICES

	<i>Dji 8045</i>	
	Material	Plástico
PESO (g)	7	
Número	6	
Diámetro eje (mm)	8	
Paso	45	
Size(“)	8x45	

TREN DE ATERRIZAJE

	<i>Cheerson Cx20</i>	
	Material	Plástico
PESO (g)	7	
Número	2	
Diámetro eje (mm)	8	
Paso	45	
Size(“)	8x45	

ELEMENTOS IMPRESOS 3D

SOPORTE MOTOR



MOTOR MOUNTS

Material	Z HIPS
PESO (g)	5.78
Número	6
Fabricado	ZORTRAX
Dimensiones	70x15x40

CARCASA POSTERIOR



CARCASA POSTERIOR

Material	Z HIPS
PESO (g)	5.78
Número	1
Fabricado	ZORTRAX
Dimensiones	70x15x40

CARCASA SUPERIOR

	<u>CARCASA POSTERIOR</u>
Material PESO (g) Número Fabricado Dimensiones	Z HIPS 5.78 1 ZORTRAX 70x15x40



5. CAPÍTULO V PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

5.1 FABRICACIÓN DE LAS PIEZAS EN IMPRESIÓN 3D

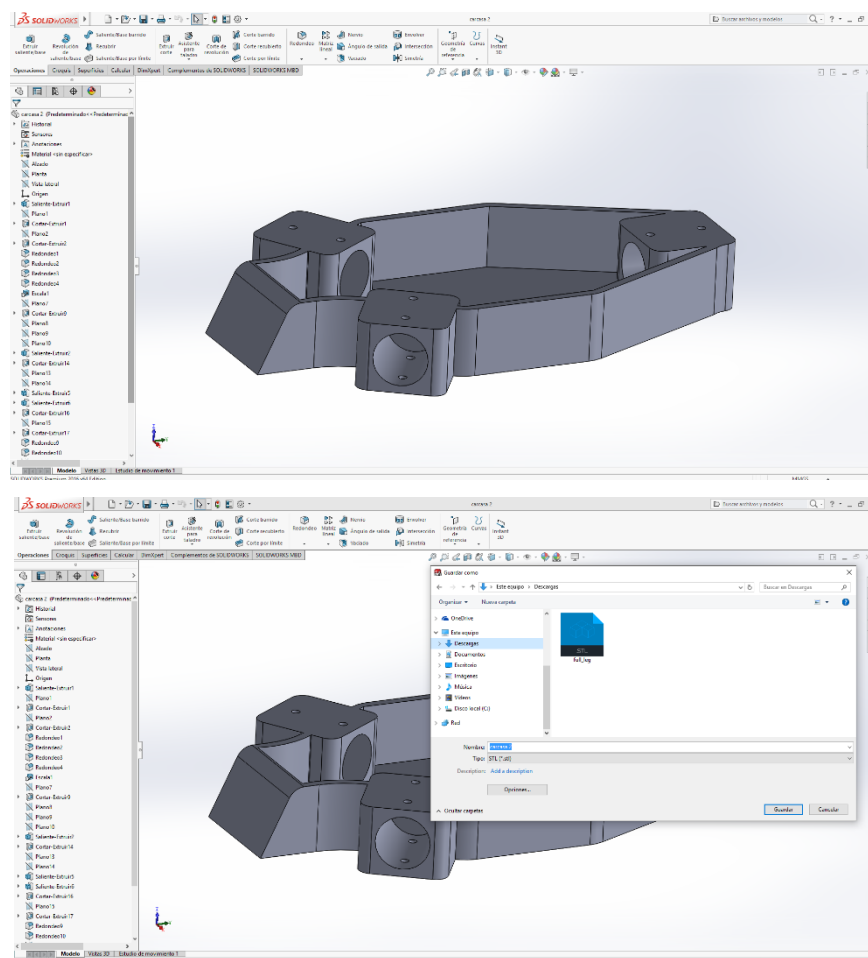
Para el proceso de impresión de las piezas 3D que forman la estructura del dron, se ha empleado la máquina de impresión 3D *ZORTRAX M200* recoge en varias etapas.

- DISEÑO 3D DE LAS PIEZAS

Es la primera etapa necesaria para el proceso de fabricación, consiste en el modelado 3D de las piezas mediante un programa de diseño CAD.

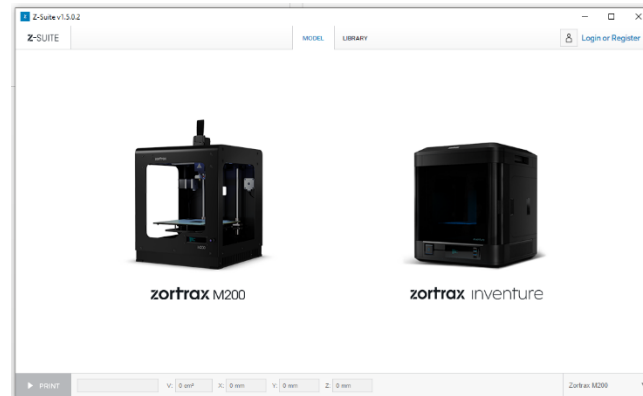
Estos modelos han sido diseñados y acotados con el programa SolidWorks 2016.

Posteriormente deberán ser guardados en el formato de archivo .STL necesario para el reconocimiento del software de impresión 3d

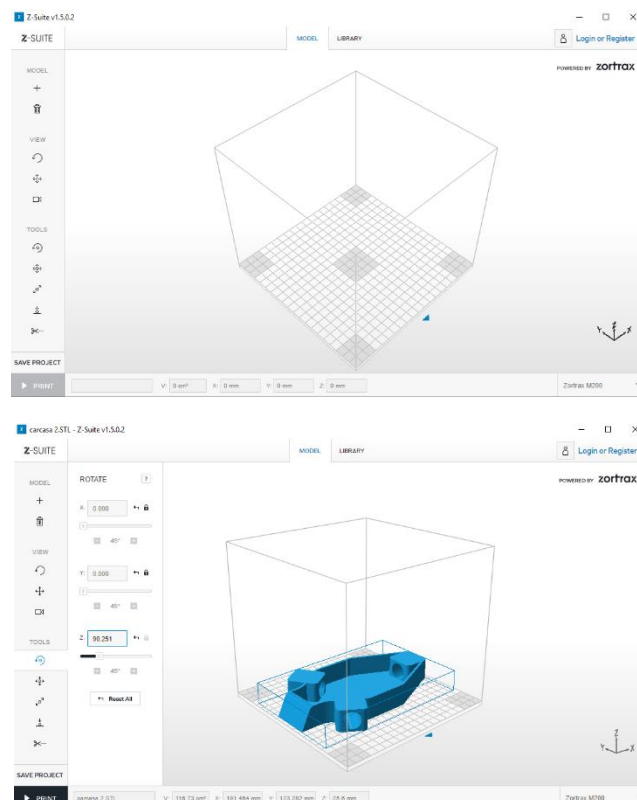


– SOFTWARE DE IMPRESIÓN.

Selección del modelo de Impresora. ZORTRAX M200

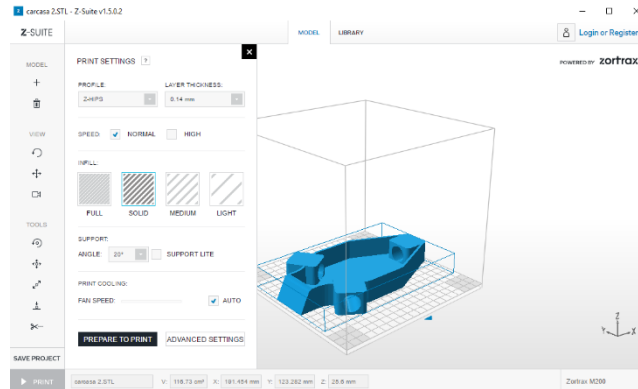


Se procede a la carga de la pieza que se desea imprimir y a ajustar la mejor situación en la cama de impresión



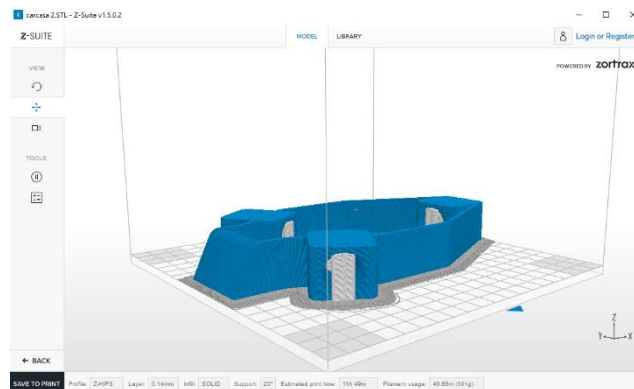
La pieza no deberá exceder el tamaño máximo de la cama de impresión.

La siguiente etapa corresponde con la configuración de impresión, dichos parámetros se han mantenido para todas las piezas



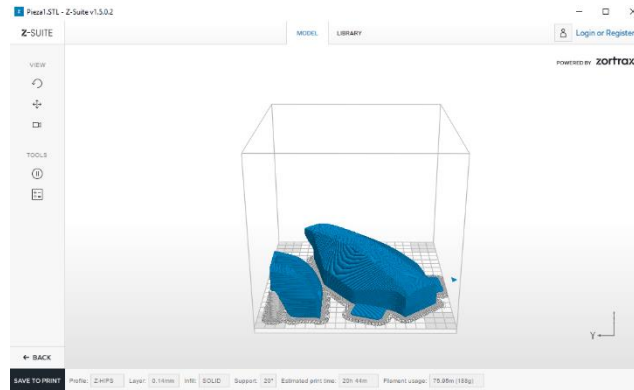
- PIEZAS IMPRESAS.

Seleccionados los parámetros adecuados para la impresión se crean los soportes que necesita la impresora para poder fabricarla pieza.

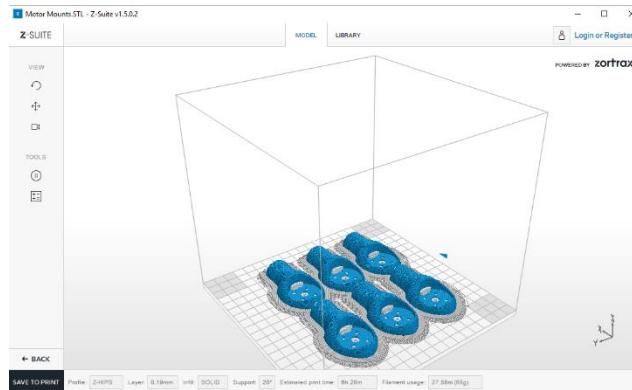


PRINT SETTINGS	CARCASA 1
PROFILE	Z-HIPS
LAYER THICKNESS	0.14 mm
SPEED	NORMAL
SUPPORT	20º
INFILL	SOLID
FILAMENT USAGE	40.66 m
PESO	101 g
PRINT TIME	11h 50'

Las dimensiones de la carcasa superior exceden el tamaño máximo de impresión, ha sido necesario cortar la pieza y ensamblarla con acetona industrial.

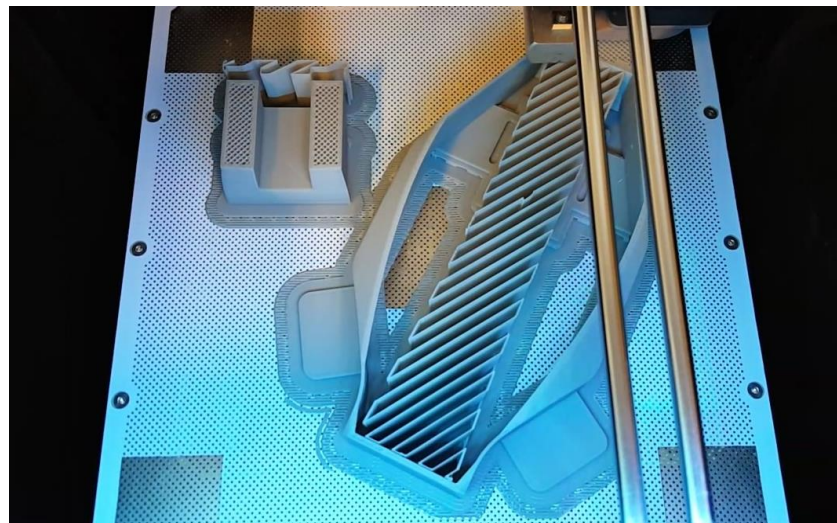
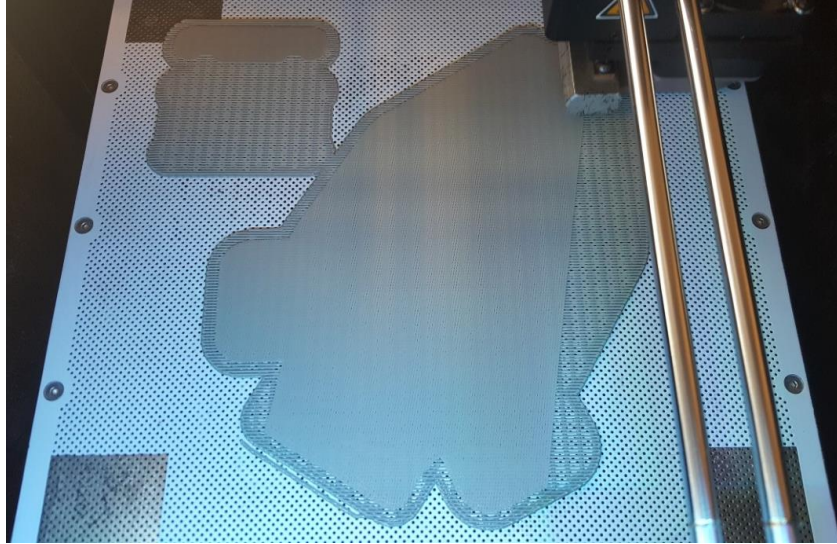


PRINT SETTINGS	CARCASA 1
PROFILE	Z-HIPS
LAYER THICKNESS	0.14 mm
SPEED	NORMAL
SUPPORT	20º
INFILL	SOLID
FILAMENT USAGE	75.95 m
PESO	188 g
PRINT TIME	20h 44'



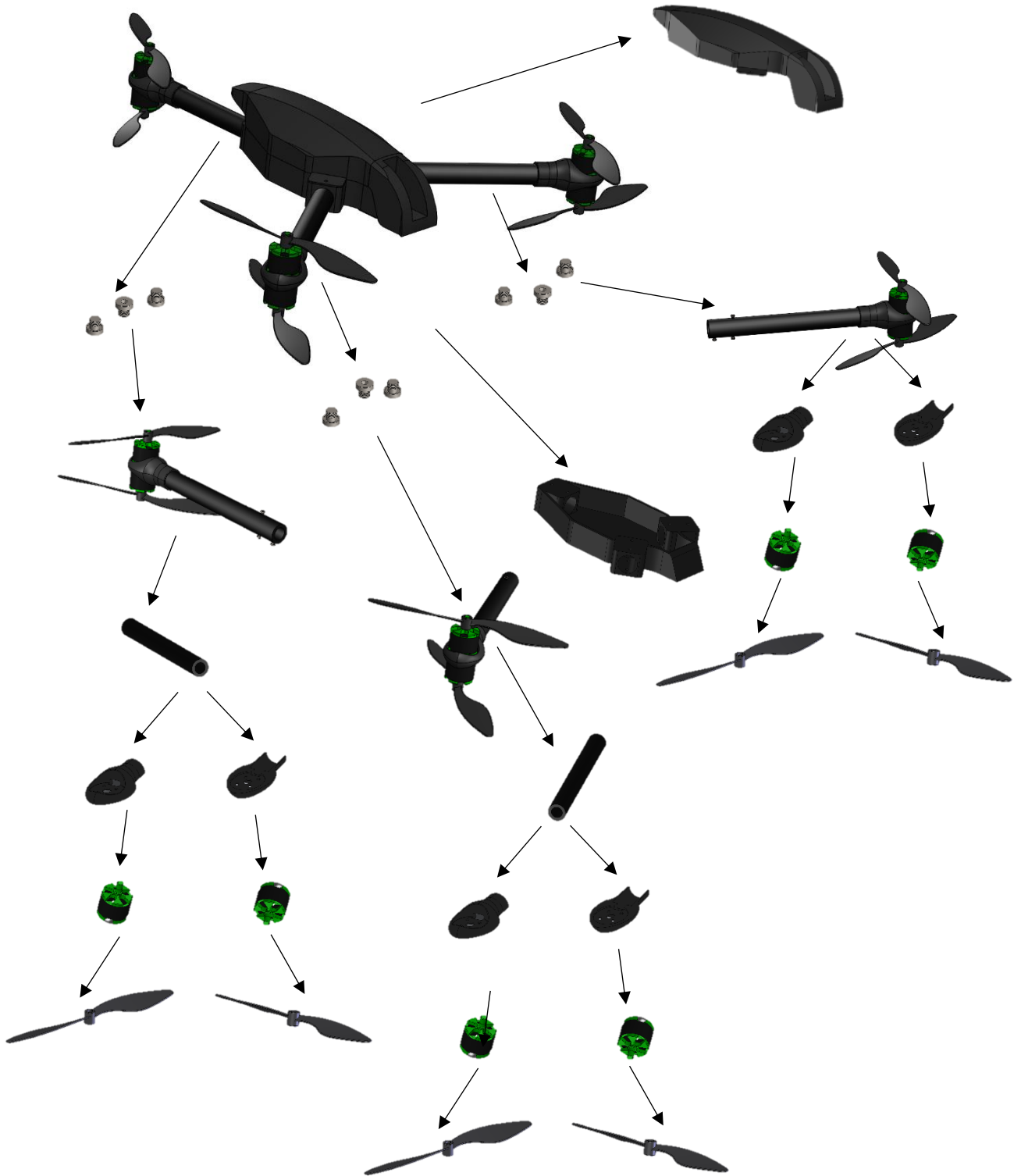
PRINT SETTINGS	CARCASA 1
PROFILE	Z-HIPS
LAYER THICKNESS	0.14 mm
SPEED	NORMAL
SUPPORT	20º
INFILL	SOLID
FILAMENT USAGE	75.95 m
PESO	34 g
PRINT TIME	6h 28'

- EJEMPLO PROCESO DE IMPRESIÓN.



El último proceso consiste en retirar los soportes sobrantes.

5.2 ESQUEMA DE DESMONTAJE



Nº PIEZA	NOMBRE DE PIEZA	RELACIÓN SUBCONJUNTO
1	CARCASA POSTERIOR	1.3 BRAZOS DELANTEROS X2 1.4 BRAZO DE COLA X1 1.5 MODULO LED X1 1.5 CARCASA SUPERIOR X1
2	CARCASA SUPERIOR	2.1 CARCASA POSTERIOR X1
3	BRAZOS DELANTEROS	3.5 TUBO ALUMNIO X2 3.6 MOTOR MOUNTS X4 3.7 MOTORES X4 3.8 HÉLICES X4
4	BRAZO DE COLA	4.5 TUBO ALUMINIO X1 4.6 MOTOR MOUNTS X2 4.7 MOTORES X2 4.8 HÉLICES X2
5	TUBO ALUMNIO	
6	MOTOR MOUNTS	
7	MOTORES	
8	HÉLICES	
9	CONTROLADOR DE VUELO	
10	RECEPTOR	
11	MODULO LED	
12	BATERIA LITHIUM	

2. Una vez cortados los brazos se procede al ensamblaje con la carcasa inferior, para la unión se han empleado tornillos rosca chapas torx M3, ha sido necesario un destornillador para torx.



3. Colocamos la carcasa superior atornillando las pletinas con rosca chapas M3 a la carcasa posterior.

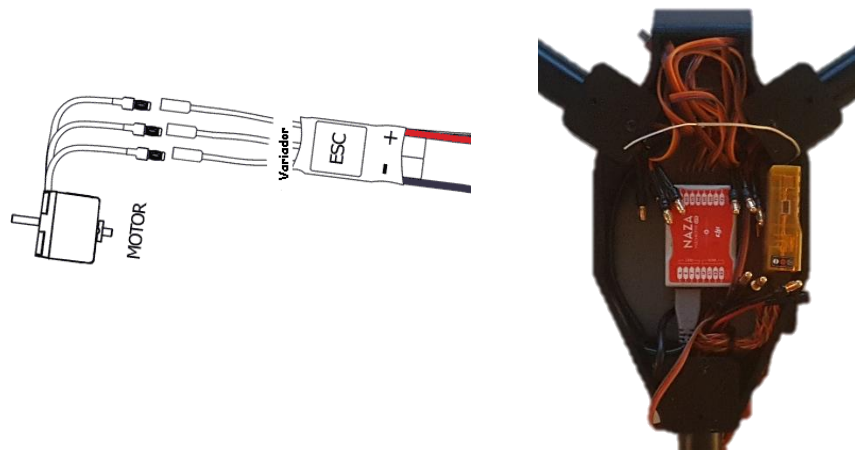


4. Las piezas han sido pintadas con spray negro mate
5. El siguiente paso de montaje consiste en el acople de los motores con las piezas impresas motor mounts



6. Introducimos los variadores en los brazos, cada variador ha sido conectado con los motores mediante 3 conexiones trifásicas.

Situamos el controlador de vuelo en el centro de gravedad del dron, corresponde con las bisectrices de los lados que forman los brazos de la aeronave y colocamos el resto de los componentes necesarios para el funcionamiento del dron en la carcasa.

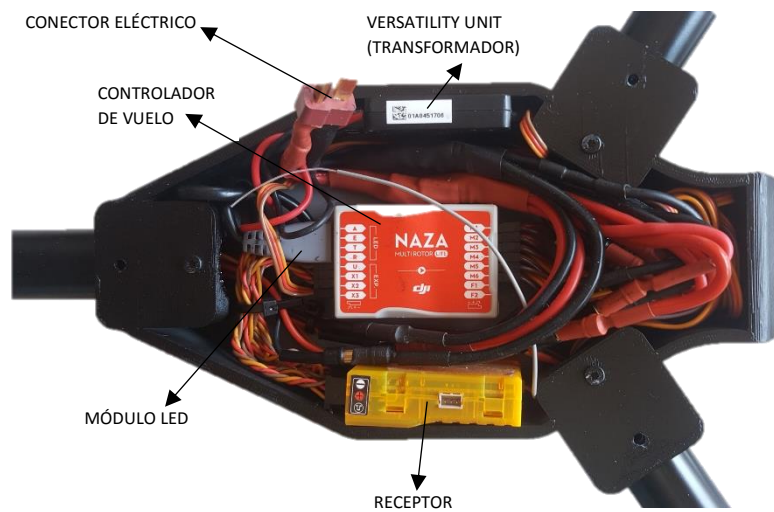
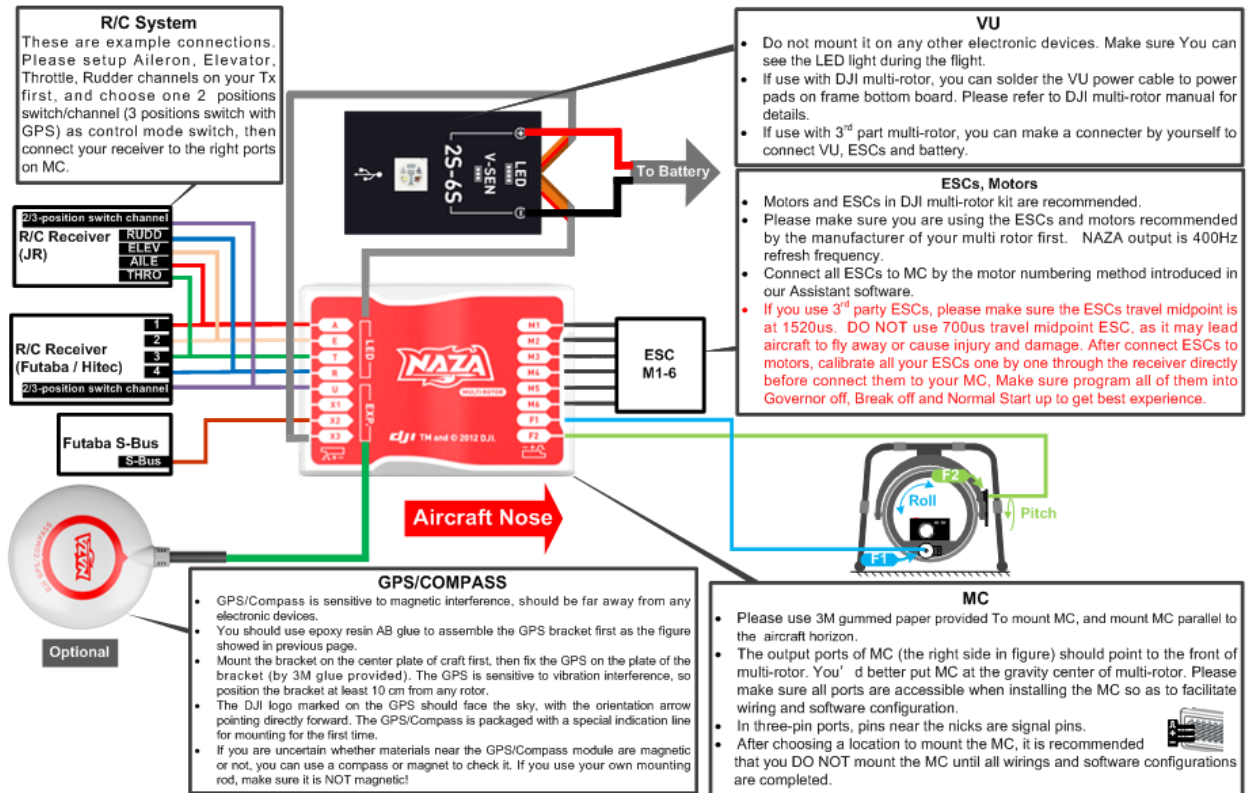


7. Por último se ha colocado un tren de aterrizaje genérico, siendo este el único elemento que conforma el chasis de la aeronave que no ha sido desarrollado o fabricado, pudiendo ser reemplazable para adaptarse a diferentes necesidades.



5.4 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS COMPONENTES

Se muestra el esquema de conexiones que se ha empleado para el montaje de los componentes electrónicos necesarios para el vuelo del multirrotor.

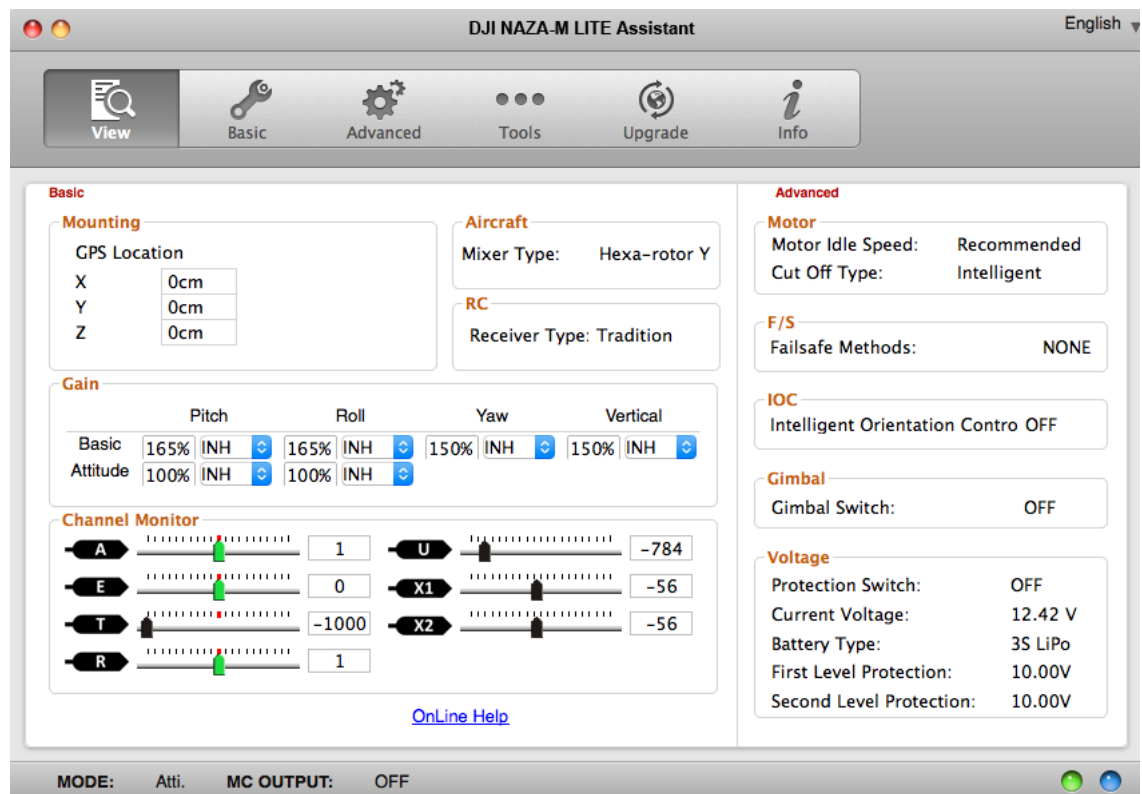


5.5 CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR DE VUELO

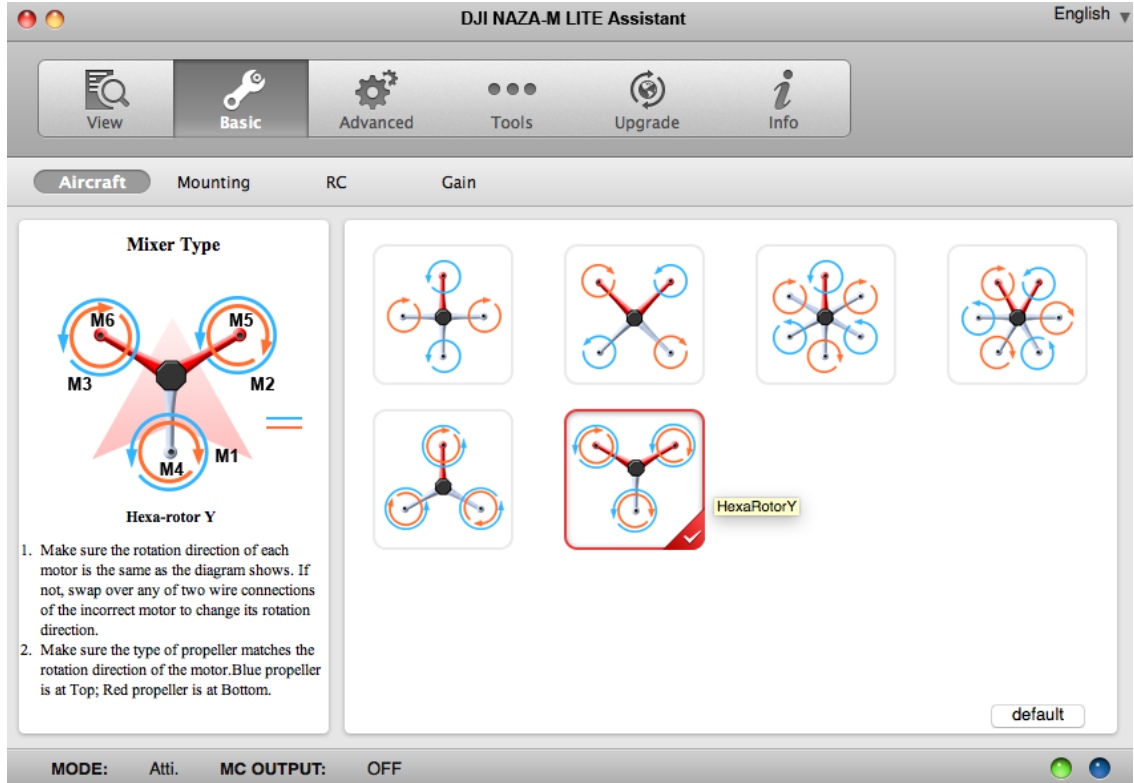
Para conseguir la sustentación y el vuelo del dron ha sido necesario realizar una configuración personalizada del controlador de vuelo, para ello se ha conectado el controlador Naza M Lite a mediante un cable USB a un Pc y abrir el software de control de las funciones del dispositivo.

A continuación se muestra los pasos que se han desarrollado para conseguir la configuración adecuada que se ajusta al diseño y tipo de multirotor.

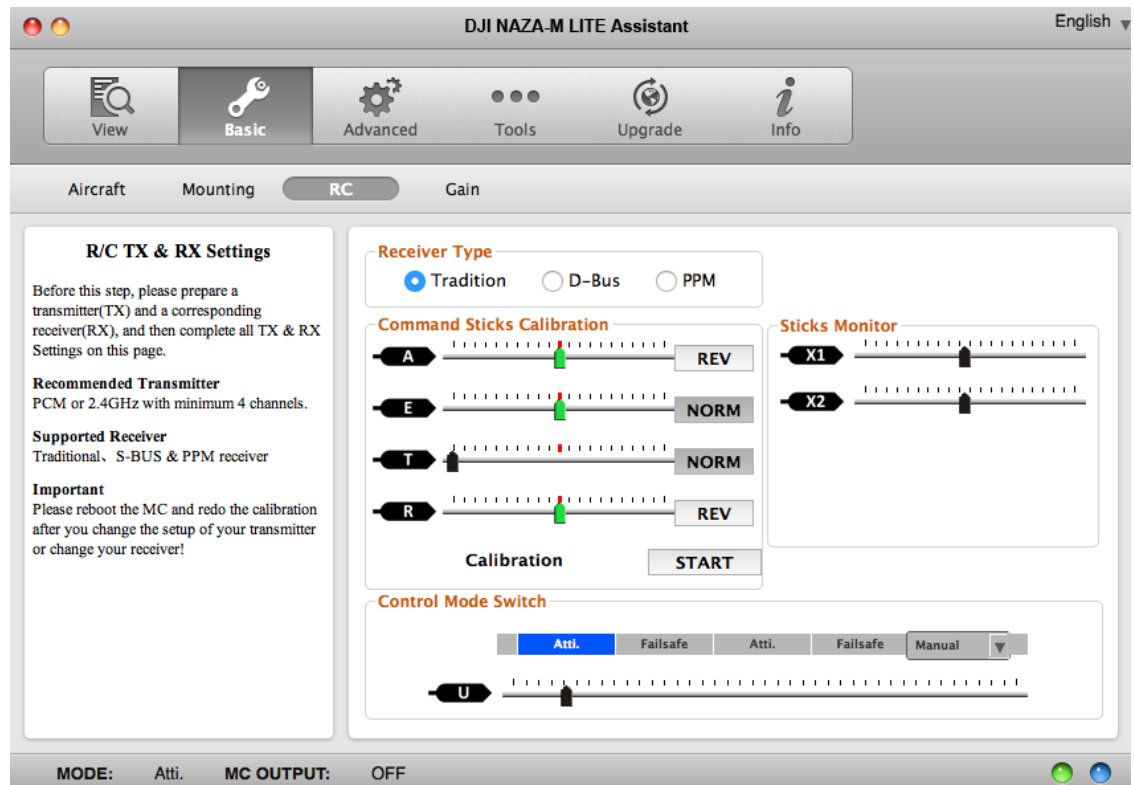
- Al conectar el controlador se inicia el software de configuración, que muestra las características generales a modo resumen de la dron.



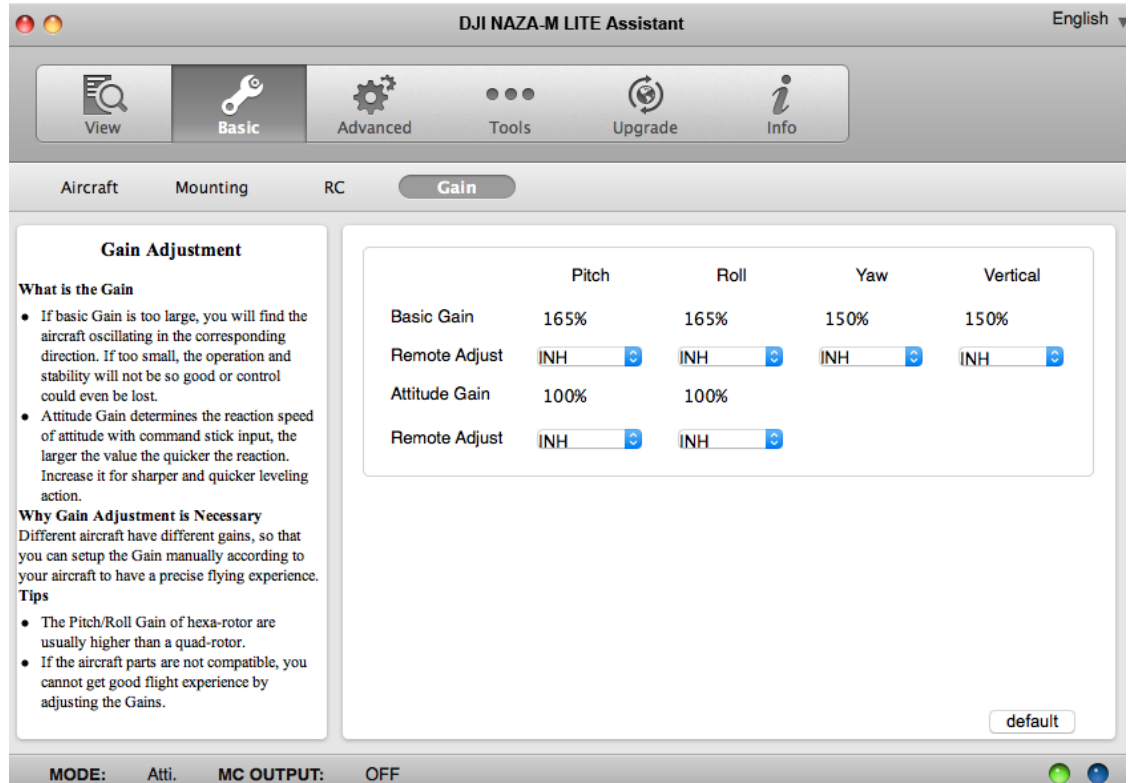
- La siguiente etapa consiste en la elección del tipo de multirrotores y el ajuste del sentido de los motores y las hélices. Para el diseño propuesto se ha seleccionado la configuración HEXAROTOR Y.



- La siguiente secuencia corresponde con la configuración de tipo de emisora, la calibración de los sticks y el control de los modos de vuelo.

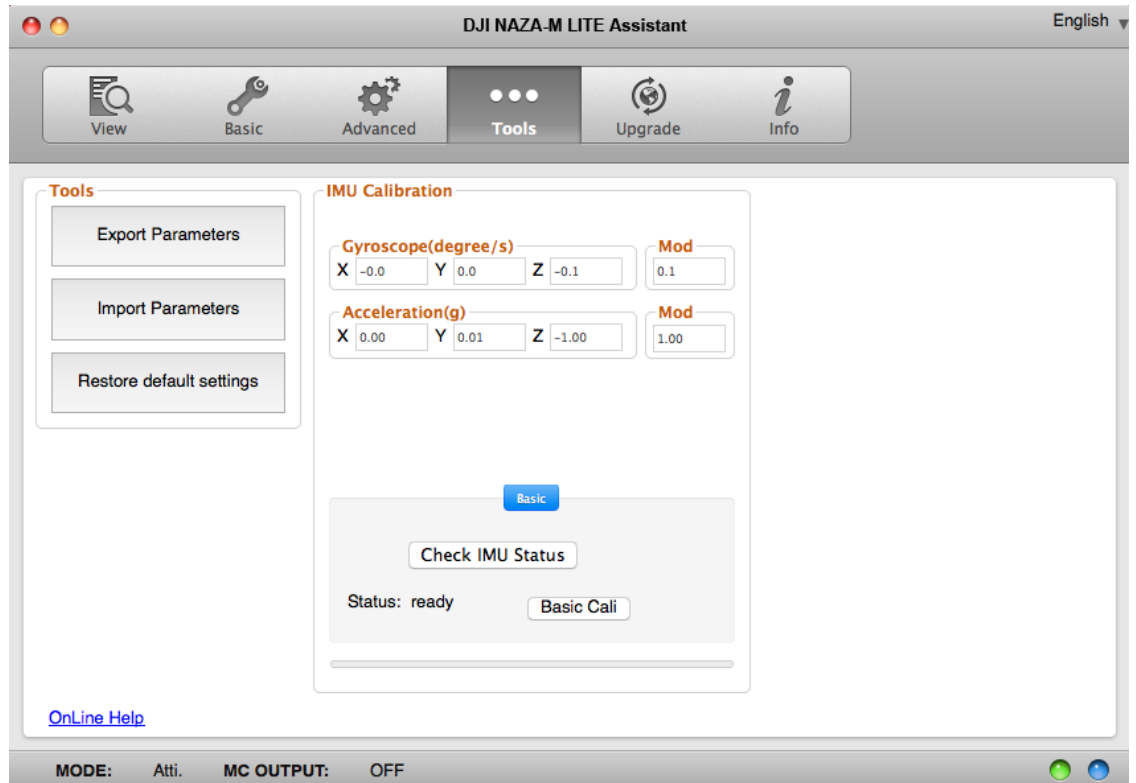


- Ajuste de las ganancias del dron, parámetros de control de vuelo que sirven para controlar la respuesta de la aeronave.



Se han ajustado las ganancias para conseguir un vuelo lo más estable posible y de movimientos suaves. Características necesarias para poder satisfacer los requisitos de vuelo requeridos para el uso en grabaciones de video profesionales.

- La siguiente secuencia corresponde con la configuración de tipo de emisora, la calibración de los sticks y el control de los modos de vuelo



- Por último se desconecta el dron del Pc y la controladora queda configurada y preparada para volar.

5.6 MULTICOPTER CALCULATOR

Ha sido necesario realizar unos cálculos para simular, y evaluar los parámetros eléctricos y electrónicos que componen el dron, así como las relaciones de empuje-peso o la eficiencia de los motores.

Se ha empleado la herramienta de cálculo de aeronaves **XcopterCalc**.

Version completa para socios

DRON Y6 PABLO RUIPÉREZ

datos sin garantía de precisión: +/-15%

xcopterCalc - Calculador de Multicópteros

Bienvenido PABLO

Fecha fin de socio 15/07/16

[Salir del sistema](#) - [Datos de usuario](#)

News | [Help](#) | [Tutorial](#) | [Submit Specs](#) | Language: español

General	Refrigeración del Motor: buena	Nº de rotores: 6 coaxial	Peso del modelo: 1200 g 42.3 oz	con Motorización	Tamaño del armazon: 450 mm 17.72 inch	Limitad de inclinación de la FCU: sin límite	Altura del campo: 500 m ASL 1640 ft ASL	Temp. aire 30 °C 86 °F	Presion (QNH): 1013 hPa 29.91 inHg
Celdas batería	Tipo (Cont./ max. C) - nivel de carga: LiPo 2200mAh - 20/30C - llena	Configuración: 3 S 1 P	Capacidad por celda: 2200 mAh 2200 mAh total	descarga max. 85%	Resistencia: 0.0102 Ohm	Voltaje: 3.7 V	capacidad C de descarga: 20 C continua 30 C de pico	Peso: 52 g 1.8 oz	
Variador	Tipo: max 20A	Corriente: 20 A cont. 20 A max.	Resistencia: 0.01 Ohm	Peso: 25 g 0.9 oz	Accesorios	Consumo de corriente: 0 A	Peso: 0 g 0 oz		
Motor	Fabricante - Tipo (KV): Turnigy Multistar MT2213-935 (935) buscando... Asistente KV hélice	KV (w/o torque): 935 rpm/V	Corriente sin hélice: 0.4 A @ 10 V	Limite (hasta 15s): 200 W	Resistencia: 0.18 Ohm	Longitud caja: 26 mm 1.02 inch	nº Polos mag.: 14	Peso: 55 g 1.9 oz	
Hélice	Tipo de hélice: DJI - 0°	Diámetro: 8 inch 203.2 mm	Paso: 4.5 inch 114.3 mm	número de palas: 2	Const de Potencia/Empuje: 1.10 / 1.0	Gear Ratio: 1 : 1	<input type="button" value="Calcular"/>		

Carga: 15,76

Tiempo de vuelo estacionario: 7

Potencia eléctrica: 61,5

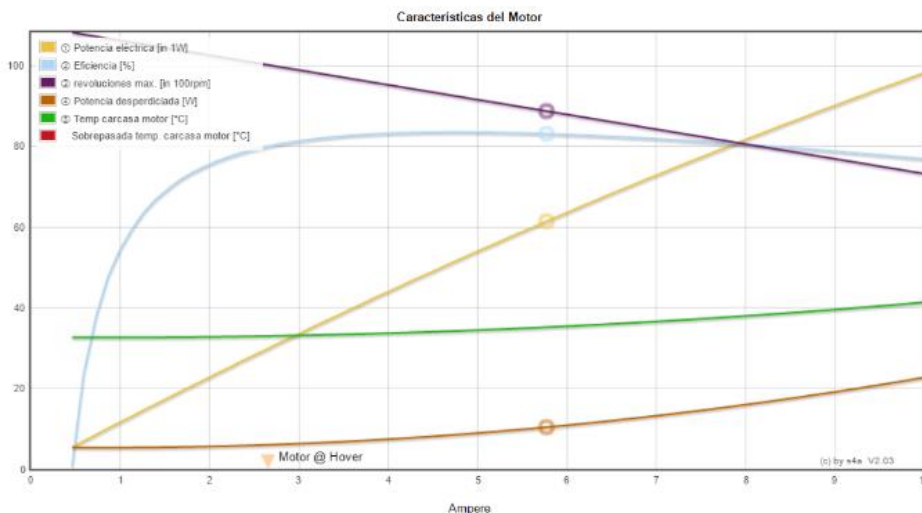
Temperatura ext.: 35

Empuje-Peso: 1,6

Empuje específico: 6,69

Observaciones:

Batería	Carga: 15.76 C	Carga: 15.76 C	Carga: 15.76 C
Voltaje:	10.71 V	Voltaje:	10.87 V
Tensión nominal:	11.10 V	Revoluciones*:	9293 rpm
Energía:	24.42 Wh	Potencia eléctrica:	50.5 W
Capacidad total:	2200 mAh	Potencia mecánica:	42.2 W
Capacidad usada:	1870 mAh	Eficiencia:	83.6 %
Tiempo min de vuelo:	3.2 min	Motor a eficiencia óptima	
Tiempo medio de vuelo:	5.5 min	Corriente:	4.65 A
Tiempo de vuelo estacionario:	7.0 min	Voltaje:	10.87 V
Peso:	156 g	Revoluciones*:	9293 rpm
	5.5 oz	Potencia eléctrica:	50.5 W
		Potencia mecánica:	42.2 W
		Eficiencia:	83.6 %
		Motor al Máximo	
		Corriente:	5.78 A
		Voltaje:	10.65 V
		Revoluciones*:	8879 rpm
		Potencia eléctrica:	61.5 W
		Potencia mecánica:	51.2 W
		Potencia-Peso:	307.6 W/kg 139.5 W/lb
		Eficiencia:	83.2 %
		Temperatura ext.:	35 °C 95 °F
		Motor @ Hover	
		Corriente:	2.66 A
		Voltaje:	11.25 V
		Revoluciones*:	6195 rpm
		Acelerador (log):	59 %
		Acelerador (lineal):	66 %
		Potencia eléctrica:	29.9 W
		Potencia mecánica:	24.5 W
		Potencia-Peso:	156.4 W/kg 70.9 W/lb
		Eficiencia:	82.0 %
		est. Temperatura:	33 °C 91 °F
		Empuje específico:	6.69 g/W 0.24 oz/W
		Motorización Total	
		Peso de la Motorización:	700 g 24.7 oz
		Empuje-Peso:	1.6 : 1
		Corriente en estacionario:	15.95 A
		Pot(entrada) en estacionario:	187.7 W
		Pot(salida) en estacionario:	147.2 W
		Eficiencia en estacionario:	78.4 %
		Corriente al máximo:	34.66 A
		Potencial(entrada) al máximo:	407.9 W
		Potencial(salida) al máximo:	307.0 W
		Eficiencia al máximo:	75.3 %
		Multicóptero	
		Peso total:	1200 g 42.3 oz
		máximo peso adicional:	424 g 15 oz
		inclinación máxima:	42 °
		velocidad máxima:	33 km/h 20.5 mph
		Trepada estimada :	4.3 m/s 846 ft/min
		Fallo del motor:	<input checked="" type="checkbox"/>



Multicóptero

Peso total: 1200 g
42.3 oz

máximo peso adicional: 424 g
15 oz

inclinación máxima: 42 °

velocidad máxima: 33 km/h
20.5 mph

Trepada estimada : 4.3 m/s
846 ft/min

Fallo del motor:

CONCLUSIONES DE LA SIMULACIÓN.

Tras simulación se ha conseguido una serie de parámetros a tener en cuenta que muestran las capacidades de vuelo de la aeronave.

- El peso total del dron es de 1200 g.
- El tiempo de vuelo estacionario o hovering es de 7'.
- En vuelo estacionado o hovering se consigue con el 59% de aceleración y con un rango de revoluciones de 6195 r.p.m.
- La eficiencia óptima de los motores es del 78.4 % dejando el 21.6% de la potencia para el control de la aeronave, resultado satisfactorio para el posible vuelo estable.
- Se obtiene una relación Potencia Máxima-Peso de 307.6 W/Kg.
- La capacidad máxima de carga adicional asciende a 424 g.
- Inclinación máxima 42°.
- Velocidad máxima 33 km/h.
- Trepada estimada 4.3 m/s.
- El estudio de la redundancia de la aeronave ha resultado favorable por lo que mantendría el vuelo en caso de un fallo motor.



6. CAPÍTULO VI PRESUPUESTO.

PRODUCTO	PROVEEDOR	CANTIDAD	COSTO UNIT.	TOTAL
Naza M Lite	DJI http://www.dji.com/es/product/naza-m-lite	1	€ 129	€ 129
Motores Multistar 2213	MultiStar http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=58215	6	€ 13.95	€ 83.7
Variador MultiStar 20A	MultiStar http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/uh_viewitem.asp?idproduct=98298	6	€ 6.22	€ 37.32
Receptor Rx	Orange Rx http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_88608__OrangeRx_R920X_9Ch_2_4G	1	€ 18.50	€ 18.50
Batería Litio	Amped Up https://www.amazon.com/Amped-2200mAh-20C-LiPo-Battery/dp/B00IJZOUU0	1	€ 14	€ 14.00
Cable Alimentación ESC	MultiStar http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/_25481__XT60_to_6_X_3_5mm_bullet_Multistar_ESC_Power_Breakout_Cable.html	1	€ 3.90	€ 3.90
Tubo Aluminio	Leroy Merlin http://www.leroymerlin.es/fp/16335753/tubo-redondo-aluminio-bruto-gris-plata	1	€ 2.95	€ 2.95
Hélices 8x45	DJI http://www.dji.com	6	€ 14.95/2	€ 44.85
Tren de Aterrizaje	Cheerson https://www.amazon.es/Creation%C2%AE-Cheerson-Landing-Repuesto-Quadcopter/dp/B016Q260JK/ref=sr_1_47?s=toys&ie=UTF8&qid=1466029879&sr=1-47&keywords=cheerson	1	€ 11.32	€ 11.32
Tornillería Torx M3	ToolCraft https://www.fruugo.es/toolcraft-888802-m3-10-pc/p-5788410-12817732?gclid=Cj0KEQjw-YO7BRDwi6Stp7T296ABEiQAD6iWMaeeF6LpXVXHI-ZrOrqCoqI5XRocKZQkz9HHJkyC6lUaAkk88P8HA	150	€ 0.04	€ 6.0
Piezas Impresas 3D	Zortrax M200 https://www.3djake.es/zortrax/filamento-z-hips-gris?gclid=Cj0KEQjw-YO7BRDwi6Stp7T296ABEiQAD6iWMXMFINLKCgj3aYlppUWGrd3T8ZGCrOnWkDpsSZFEi7waAu_c8P8HAQ	322g	€ 6.24/100g	€ 20.0



PRODUCTO	PROVEEDOR	CANTIDAD	COSTO UNIT.	TOTAL
Naza M Lite	Montana http://www.stylefile.es/montana-black-150-ml-spray-fid-27343.html	1	€ 2.30	€ 2.30
DRON COMPLETO				€ 373.84

7. CAPÍTULO VII PRUEBAS DE VUELO.

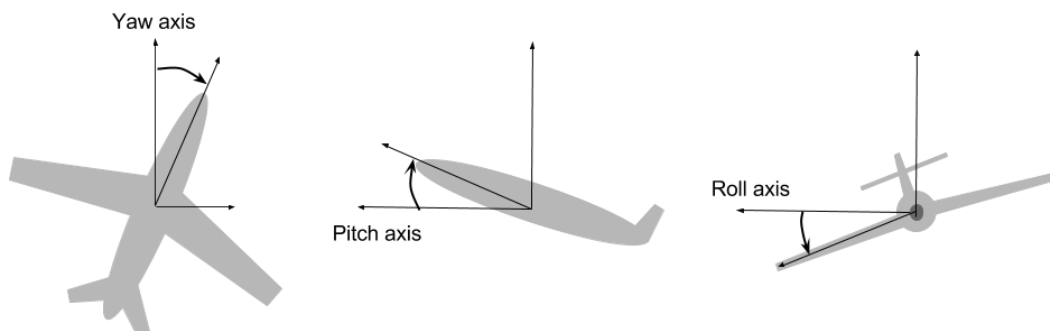
Se han realizado una serie de pruebas previas al vuelo de la aeronave, dichas pruebas por seguridad han sido desarrolladas cumpliendo la normativa vigente.

Se ha utilizado un BANCO DE PRUEBAS DE ACTITUD DE MULTIROTORES, herramienta empleada para simular el vuelo de la aeronave.

Dicha estructura está compuesta por un resorte anclado a una base pesada, que culmina en una base unida a una rótula que simula la posición y la orientación del dron.

Se ha obtenido un resultado positivo en relación con el comportamiento de la aeronave comprobando el correcto funcionamiento de los ángulos de giro necesarios para el vuelo,

- Ángulos de cabeceo (Pitch).
- Ángulos de alabeo (Roll).
- Ángulos de guiñada



Una vez comprobado el correcto funcionamiento de los movimientos del dron en el banco de pruebas, se procede a realizar la prueba de vuelo

VIDEO BANCO DE PRUEBAS

<https://www.youtube.com/watch?v=UTuWhiXzEnE>

VIDEO VUELO DRON

<https://www.youtube.com/watch?v=GdlcRkR1mSo>

BANCO DE PRUEBAS



BANCO DE PRUEBAS

VUELO DEL DRON



ESTACIONADO



DESPEGUE



HOVERING



MOVIMIENTO

8. CAPÍTULO VIII ANEXOS.

QUÉ SE PUEDE HACER CON UN DRON EN ESPAÑA

Actualmente se pueden utilizar drones para realización de trabajos aéreos como son:

- actividades de investigación y desarrollo;
- tratamientos aéreos, fitosanitarios y otros que supongan esparcir sustancias en el suelo o la atmósfera, incluyendo actividades de lanzamiento de productos para extinción de incendios.
- levantamientos aéreos.
- observación y vigilancia aérea incluyendo filmación y actividades de vigilancia de incendios forestales; publicidad aérea, emisiones de radio y TV.
- operaciones de emergencia, búsqueda y salvamento.
- y otro tipo de trabajos especiales no incluidos en la lista anterior.

Aunque en un primer momento, y hasta que no esté aprobada la reglamentación definitiva, las operaciones que se pueden realizar se limitan a zonas no pobladas y al espacio aéreo no controlado.

¿Se pueden usar drones para grabar películas, filmar carreras, manifestaciones, bodas, conciertos, etc...?

Esta primera regulación temporal permite el uso de drones, sobre zonas no habitadas y por ahora no está permitido el uso en ciudades o sobre aglomeraciones de personas al aire libre, como pueden ser parques de ciudades, playas llenas de gente, campos de fútbol., etc. Por lo que, en el caso de películas, se podrán usar siempre que no sea en zonas urbanas. Las manifestaciones, fiestas o conciertos por ahora no será posible grabarlos con drones, excepto que tengan lugar en recintos completamente cerrados (incluyendo el techo).

¿Se puede usar un dron para grabar un partido de baloncesto o cualquier actividad en un recinto cerrado?

Los recintos completamente cerrados (un pabellón industrial o deportivo, un centro de convenciones, un domicilio particular, etc.) no están sujetos a la jurisdicción de AESA, al no formar parte del espacio aéreo. Los titulares de esos recintos pueden decidir si autorizan el vuelo de drones en su interior y en qué condiciones. Un estadio de fútbol no tiene la consideración de recinto cerrado, a menos que su cubierta cubra la totalidad de su superficie, sin abertura ninguna.

¿Qué requisitos son necesarios para poder grabar exteriores?

La nueva normativa permite para una aeronave de hasta 25 Kg, grabar en exteriores, pero ha de hacerse de día y en condiciones meteorológicas visuales, en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del

Piloto, a una distancia de éste no mayor de 500 m. y a una altura sobre el terreno no mayor de 400 pies (es decir, como máximo 120 m. sobre el terreno).

Para conseguir la habilitación como operador de drones para realizar este tipo de trabajos el régimen establecido es de comunicación previa y declaración responsable, por lo que no es necesario un permiso o autorización, tan solo un acuse de recibo una vez que presente en el Registro de AESA la declaración responsable junto con la documentación exigida, cuyo acuse de recibo le habilitará como operador de drones.

Independientemente de estar habilitado como operador de drones es necesario recordar que para la realización de fotografías o filmaciones con cualquier tipo de aeronaves, tripuladas o no, es necesario cumplir con la Orden de Presidencia del Gobierno de 14 de marzo de 1957.

Si va a operar en Zonas Restringidas al Vuelo Fotográfico (RVF) deberá contactar con el Estado Mayor del Aire (División de Operaciones /Sección de Espacio Aéreo, FAX: 915 034 496) que informará al operador interesado lo que resulte procedente. En el resto de casos (Zonas No Restringidas al Vuelo Fotográfico (NRVF)) no es necesaria la consulta al Estado Mayor del Aire.

NORMATIVA APLICABLE (art. 50.1)

- Ley 30/1992, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común.
- Real Decreto 1398/1993, de 4 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento del Procedimiento para el ejercicio de la Potestad Sancionadora.
- Real Decreto 37/2001 de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea.
- Ley 48/1960 de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.
- Real Decreto 57/2002 de 18 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de la Circulación Aérea (RCA).
- Ley 21/2003 de 7 de julio, de Seguridad Aérea.
- Real Decreto 98/2009 de 6 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento de Inspección aeronáutica.
- Reglamento (UE) Nº 1178/2011, de 3 de noviembre de 2011 por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) n o 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo.
- Reglamento (UE) Nº 290/2012 de la Comisión de 30 de marzo de 2012, que modifica el Reglamento (UE) nº 1178/2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) nº 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo (modifica el anterior).
- REGLAMENTO DE EJECUCIÓN (UE) Nº 923/2012 DE LA COMISIÓN de 26 de septiembre de 2012 por el que se establecen el reglamento del aire y disposiciones operativas comunes para los servicios y procedimientos de navegación aérea, y por el que se modifican el Reglamento de Ejecución (UE) n o 1035/2011 y los Reglamentos (CE) n o 1265/2007, (CE) n o 1794/2006, (CE) n o 730/2006, (CE) n o 1033/2006 y (UE) n o 255/2010.
- Orden FOM/3553/2011 de 5 de diciembre, por la que se modifica el Anexo 2 del Real Decreto 1749/1984 de 1 de agosto, por el que se aprueban el Reglamento Nacional sobre el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea y las Instrucciones Técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea, para actualizar las Instrucciones Técnicas.
- Real Decreto 1749/1984 de 1 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento sobre el Transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea y las Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgos de mercancías peligrosas por vía aérea.
- Decreto 416/1969 de 13 de marzo de 1969, por el que se aprueba el Reglamento del Registro de Matrícula de Aeronaves.

- Decreto de 387/1972 de 10 de febrero, por el que se modifican los artículos 7, 8, 18, 19, 24, 25, 27, 36, 37 y 38, disposiciones adicionales y disposiciones transitorias del Reglamento del Registro de Matrícula de Aeronaves, aprobado por el Decreto nº 416/1969, de 13 de marzo (BOE Nº 50, de 28 de febrero de 1972).
- Orden de 22 de Septiembre de 1977, sobre Reglamento de Marcas de Nacionalidad y de Matrícula de las aeronaves civiles.
- Real Decreto 2876/1982 de 15 de octubre, por el que se regula el registro y uso de aeronaves de estructura ultraligera.
- Reglamento (CE) Nº 785/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004, sobre los requisitos de seguro de las compañías aéreas y operadores aéreos.
- Resolución de 5 de julio de 2002, de la Dirección General de Aviación Civil, por la que se establecen procedimientos operativos específicos para operaciones de trabajos aéreos y agroforestales.
- Orden de 14 de julio de 1995, sobre títulos y licencias aeronáuticos civiles.
- Real Decreto 270/2000 de 25 de febrero, por el que se determinan las condiciones para el ejercicio de las funciones del personal de vuelo de las aeronaves civiles.
 - Orden de 21 de marzo de 2000, por la que se adoptan los requisitos conjuntos de aviación para las licencias de la tripulación de vuelo (JAR-FCL) relativos a las condiciones para el ejercicio de las funciones de los pilotos de los aviones civiles.
 - Orden FOM/2233/2002 de 4 de septiembre, por la que se adoptan los requisitos conjuntos de aviación relativos a los simuladores de vuelo, los dispositivos de entrenamiento de vuelo y los entrenadores de procedimientos de navegación y vuelo de avión.
 - Resolución de 27 de febrero de 2008, de la Dirección General de Aviación Civil, relativa a la acreditación del nivel de competencia lingüística en idioma inglés de los pilotos civiles de avión y helicóptero.
 - Orden FOM/896/2010 de 6 de abril, por la que se regula el requisito de competencia lingüística y su evaluación, modificada por Orden FOM/1841/2010.
 - Resolución de 20 de septiembre de 2011, de la Dirección de Seguridad de Aeronaves de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, por la que se convoca proceso selectivo para la designación y autorización de examinadores calificados para la realización de pruebas de pericia en vuelo y verificaciones de competencia atribuidas a la autoridad aeronáutica, para la obtención y mantenimiento de la validez de los títulos, licencias, habilitaciones y autorizaciones aeronáuticos civiles de avión y helicóptero y se establecen las bases para su desarrollo.
- Decreto de 13 de agosto de 1948, por el que se reglamenta la propaganda comercial realizada desde el aire (BOE nº 281 de 7 de octubre de 1948).
- Orden de Presidencia del Gobierno de 14 de Marzo de 1957, y una "Instrucción" de la Dirección General de Aviación Civil de 1987 (Fotografía Aérea).
- Real Decreto 1919/2009 de 11 de diciembre, por el que se regula la seguridad aeronáutica en las demostraciones aéreas civiles.

- Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (Título VI con rango de ley ordinaria).
- Real Decreto 1720/2007 por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal.
- Cualquier otra que pueda afectar a la operación y a la aeronave que realice la actividad.

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA RPAS PARA LAS OPERACIONES

Esta guía describe la información a incluir en el documento de caracterización de la aeronave, a presentar por el solicitante, requerido para la obtención de la autorización de las actividades solicitadas.

La información contenida en esta guía no es exhaustiva ni totalmente representativa para todos los RPAS, por lo que habrá aspectos que no sean aplicables a todos los RPAS y elementos del RPAS no incluidos que sean necesarios para una descripción precisa del mismo.

Una descripción precisa de la aeronave ayudará al propio interesado en la preparación del análisis de seguridad que tiene que presentar como parte de la declaración responsable.

Descripción del sistema

1. Fabricante, modelo y números de serie de la aeronave, motor, hélices, soporte de la carga de pago y carga de pago, piloto automático, emisora de control,....
2. Planos/diagramas con dimensiones del vehículo aéreo Fotografías de 3 vistas.
3. Listado de componentes y equipos.
4. Masa del vehículo aéreo en vacío y masa máxima al despegue MTOM (incluyendo carga de pago y combustible).
5. Descripción del piloto automático y sistema de navegación.
6. Descripción del sistema de alimentación eléctrica o de combustible.
7. Capacidad de las baterías.
8. Descripción del sistema de propulsión. Potencia kW.
9. Descripción del enlace radio del sistema de mando y control y del sistema de carga de pago. Frecuencias utilizadas. Alcance máximo del sistema de mando y control. Potencia de salida del emisor.
10. Descripción de la carga de pago.
11. Descripción del soporte de la carga de pago.
12. Descripción del sistema de terminación de vuelo.

MARCO REGULATORIO AERONAVES CIVILES PILOTADAS POR CONTROL REMOTO.**Artículo 47. Medidas compensatorias en materia de calidad acústica.**

Los gestores aeroportuarios asumen los costes derivados de las medidas compensatorias en materia de calidad acústica para los municipios derivadas de lo previsto en el artículo cuarto, apartado 2, letra b), de la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación aérea.

Artículo 48. Modificación de los anexos.

Cualquier propuesta del gestor aeroportuario de modificación de los anexos de esta Ley relativos a la metodología para la determinación del ingreso máximo anual por pasajero (IMAP) en el Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) quinquenal y a la determinación del ingreso máximo anual por pasajero ajustado (IMAAJ) estará sujeta a un procedimiento de consulta previo con las asociaciones representativas de usuarios, cuya duración no podrá ser inferior a dos meses, en el que Aena, S.A., les facilitará información suficiente para valorar la propuesta y su impacto sobre las modificaciones tarifarias.

Con el resultado de las consultas Aena, S.A., formulará nueva propuesta en la que deberá ponerse de manifiesto cómo se han tomado en consideración los puntos de vista de las compañías usuarias y justificar su decisión en caso de desacuerdo, y de la propuesta adoptada se dará traslado al Ministerio de Fomento que, en su caso, recabará informe de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia sobre la propuesta.

Artículo 49. Incentivos comerciales.

1. Lo dispuesto en las secciones 1.ª a 4.ª de este capítulo no obsta a que Aena, S.A., pueda establecer incentivos comerciales que, sin afectar al régimen jurídico y cuantía de las prestaciones patrimoniales públicas por los servicios aeroportuarios básicos, se fijen conforme a criterios objetivos, transparentes y no discriminatorios y sean conformes con las normas sobre competencia.

En ningún caso dichos incentivos afectarán al cálculo de los ingresos regulados requeridos a que se refieren dichas Secciones.

2. La propuesta de Documento de Regulación Aeroportuaria (DORA) que Aena, S.A., someta a consultas y la que, tras estas, remita a los órganos correspondientes, debe recoger los esquemas de incentivos previstos para el quinquenio.

Sección 6.ª Aeronaves civiles pilotadas por control remoto**Artículo 50. Operación de aeronaves civiles pilotadas por control remoto.**

1. Hasta tanto se produzca la entrada en vigor de la norma reglamentaria prevista en la Disposición final segunda, apartado 2, de esta Ley, las operaciones de aeronaves civiles pilotadas por control remoto quedan sujetas a lo establecido en este artículo.

El cumplimiento de lo dispuesto en este artículo no exime al operador, que es, en todo caso, el responsable de la aeronave y de la operación, del cumplimiento del resto de la normativa aplicable, en particular en relación con el uso del espectro radioeléctrico, la protección de datos o la toma de imágenes aéreas, ni de su responsabilidad por los daños causados por la operación o la aeronave.

2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg deben estar inscritas en el Registro de matrícula de aeronaves y disponer de certificado de aeronavegabilidad, quedando exentas del cumplimiento de tales requisitos las aeronaves civiles pilotadas por control remoto con una masa máxima al despegue igual o inferior.

Además, todas las aeronaves civiles pilotadas por control remoto deberán llevar fijada a su estructura una placa de identificación en la que deberá constar, de forma legible a simple vista e indeleble, la identificación de la aeronave, mediante la designación específica y, en su caso, número de serie, así como el nombre de la empresa operadora y los datos necesarios para ponerse en contacto con la misma.

3. Podrán realizarse actividades aéreas de trabajos técnicos o científicos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales con sujeción a los siguientes requisitos:

a) Sólo podrán operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, más allá del alcance visual del piloto, dentro del alcance de la emisión por radio de la estación de control y a una altura máxima sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m), las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue sea inferior a 2 kg, siempre que cuenten con medios para poder conocer la posición de la aeronave. La realización de los vuelos estará condicionada a la emisión de un NOTAM por el proveedor de servicios de información aeronáutica, a solicitud del operador debidamente habilitado, para informar de la operación al resto de los usuarios del espacio aéreo de la zona en que ésta vaya a tener lugar.

b) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue no exceda de 25 kg, sólo podrán operar en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, a una distancia de éste no mayor de 500 m y a una altura sobre el terreno no mayor de 400 pies (120 m).

c) Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg y no sea superior a 150 kg y aquéllas cuya masa máxima de despegue sea igual o superior a 150 kg destinadas a la realización de actividades de lucha contra incendios o búsqueda y salvamento, sólo podrán operar, con las condiciones y limitaciones establecidas en su certificado de aeronavegabilidad emitido por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, en espacio aéreo no controlado.

d) Además, las operaciones previstas en las letras precedentes requerirán:

1.º Que el operador disponga de la documentación relativa a la caracterización de las aeronaves que vaya a utilizar, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.

2.º Que se disponga de un Manual de operaciones del operador que establezca los procedimientos de la operación.

3.º Que haya realizado un estudio aeronáutico de seguridad de la operación u operaciones, en el que se constate que la misma puede realizarse con seguridad. Este estudio, que podrá ser genérico o específico para un área geográfica o tipo de operación determinado, tendrá en cuenta las características básicas de la aeronave o aeronaves a utilizar y sus equipos y sistemas.

4.º Que se hayan realizado, con resultado satisfactorio, los vuelos de prueba que resulten necesarios para demostrar que la operación pretendida puede realizarse con seguridad.

5.º Que se haya establecido un programa de mantenimiento de la aeronave, ajustado a las recomendaciones del fabricante.

6.º Que la aeronave esté pilotada por control remoto por pilotos que cumplan los requisitos establecidos en esta disposición.

7.º Se exigirá a los operadores de las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, una póliza de seguro u otra garantía financiera que cubra la responsabilidad civil frente a terceros por daños que puedan surgir durante y por causa de la ejecución del vuelo, según los límites de cobertura que se establecen en el Real Decreto 37/2001, de 19 de enero, por el que se actualiza la cuantía de las indemnizaciones por daños previstas en la Ley 48/1960, de 21 de julio, de Navegación Aérea, para las aeronaves de peso inferior a 20 kilogramos de peso máximo al despegue. Así mismo, para aquellas aeronaves cuyo peso sea superior a 20 kilogramos de peso máximo al despegue será aplicable el límite de cobertura establecido en el Reglamento (CE) n.º 785/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, sobre los requisitos de seguro de las compañías aéreas y operadores aéreos.

8.º Que se hayan adoptado las medidas adecuadas para proteger a la aeronave de actos de interferencia ilícita durante las operaciones, incluyendo la interferencia deliberada del enlace de radio y establecido los procedimientos necesarios para evitar el acceso de personal no autorizado a la estación de control y a la ubicación de almacenamiento de la aeronave.

9.º Que se hayan adoptado las medidas adicionales necesarias para garantizar la seguridad de la operación y para la protección de las personas y bienes subyacentes.

10.º Que la operación se realice a una distancia mínima de 8 km respecto de cualquier aeropuerto o aeródromo o, para el caso de vuelos encuadrados en el apartado 3, letra a), si la infraestructura cuenta con procedimientos de vuelo instrumental, a una distancia mínima de 15 km de su punto de referencia. En otro caso y para los supuestos contemplados en este número, que se hayan establecido los oportunos mecanismos de coordinación con dichos aeródromos o aeropuertos. La coordinación realizada deberá documentarse, estando obligado el operador a conservarla a disposición de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

4. Asimismo, podrán realizarse los siguientes tipos de vuelos por aeronaves civiles pilotadas por control remoto, de día y en condiciones meteorológicas visuales, en espacio aéreo no controlado, dentro del alcance visual del piloto, o, en otro caso, en una zona del espacio aéreo segregada al efecto y siempre en zonas fuera de aglomeraciones de edificios en ciudades, pueblos o lugares habitados o de reuniones de personas al aire libre:

- a) Vuelos de prueba de producción y de mantenimiento, realizados por fabricantes u organizaciones dedicadas al mantenimiento.
- b) Vuelos de demostración no abiertos al público, dirigidos a grupos cerrados de asistentes a un determinado evento o de clientes potenciales de un fabricante u operador.
- c) Vuelos para programas de investigación, nacionales o europeos, en los que se trate de demostrar la viabilidad de realizar determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto.
- d) Vuelos de desarrollo en los que se trate de poner a punto las técnicas y procedimientos para realizar una determinada actividad con aeronaves civiles pilotadas por control remoto previos a la puesta en producción de esa actividad.
- e) Vuelos de I+D realizados por fabricantes para el desarrollo de nuevos productos.
- f) Vuelos de prueba necesarios para demostrar que las actividades solicitadas conforme al apartado 3 pueden realizarse con seguridad.

La realización de estos vuelos requerirá además, el cumplimiento de los requisitos establecidos en el apartado 3, letra d), números 1.º, 3.º, 6.º, 7.º, 8.º, 9.º y 10.º y, además, establecer una zona de seguridad en relación con la zona de realización del vuelo.

En los casos en que la operación se vaya a realizar por un operador no sujeto a la supervisión de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, deberá disponer de la autorización de la autoridad aeronáutica del país de origen para la realización de la actividad de que se trate y acreditar ante la Agencia Estatal de Seguridad Aérea que los requisitos de aquella autoridad son al menos equivalentes a los establecidos en este apartado.

5. Los pilotos deberán acreditar los siguientes requisitos:

- a) Ser titulares de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, emitida conforme a la normativa vigente, o haberlo sido en los últimos cinco años y no haber sido desposeídos de la misma en virtud de un procedimiento sancionador, o
- b) demostrar de forma fehaciente que disponen de los conocimientos teóricos necesarios para la obtención de cualquier licencia de piloto, incluyendo la licencia de piloto de ultraligero, o
- c) para las aeronaves de masa máxima al despegue no superior a 25 kg, disponer:

1.º Para volar dentro del alcance visual del piloto, de un certificado básico para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización

de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil, que acredite que dispone de los conocimientos teóricos adecuados en las materias de: normativa aeronáutica, conocimiento general de las aeronaves (genérico y específico), performance de la aeronave, meteorología, navegación e interpretación de mapas, procedimientos operacionales, comunicaciones y factores humanos para aeronaves civiles pilotadas por control remoto.

2.º Para volar más allá del alcance visual del piloto, de certificado avanzado para el pilotaje de aeronaves civiles pilotadas por control remoto, emitido por una organización de formación aprobada, conforme al anexo VII del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, que acredite además de los conocimientos teóricos señalados en el número 1.º, conocimientos de servicios de tránsito aéreo y comunicaciones avanzadas.

d) Además, en los supuestos previstos en las letras b) y c), deberán acreditar:

1.º Tener 18 años de edad cumplidos.

2.º Los pilotos que operen aeronaves de hasta 25 kilos de masa máxima al despegue deberán ser titulares, como mínimo, de un certificado médico que se ajuste a lo previsto en el apartado MED.B.095 del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) número 1178/2011 de la Comisión, de 3 de noviembre de 2011, por el que se establecen requisitos técnicos y procedimientos administrativos relacionados con el personal de vuelo de la aviación civil en virtud del Reglamento (CE) n.º 216/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, en relación a los certificados médicos para la licencia de piloto de aeronave ligera (LAPL).

3.º Los pilotos que operen aeronaves de una masa máxima al despegue superior a 25 kilos deberán ser titulares como mínimo de un certificado médico de Clase 2, que se ajuste a los requisitos establecidos por la sección 2, de la subparte B, del anexo IV, Parte MED, del Reglamento (UE) n.º 1178/2011 de la Comisión, emitido por un centro médico aeronáutico o un médico examinador aéreo autorizado.

e) Además, en todos los casos, deberán disponer de un documento que acredite que disponen de los conocimientos adecuados de la aeronave y sus sistemas, así como de su pilotaje, emitido bien por el operador, bien por el fabricante de la aeronave o una organización autorizada por éste, o bien por una organización de formación aprobada. En ningún caso dicho documento podrá haber sido emitido por el piloto para el que solicita la autorización.

6. El ejercicio de las actividades previstas en los apartados 3 y 4 por aeronaves cuya masa máxima al despegue sea igual o inferior a 25 kg, estará sujeta a la comunicación a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de cinco días al día del inicio de la operación. La comunicación previa deberá contener:

a) Los datos identificativos del operador, de las aeronaves que vayan a utilizarse en la operación y de los pilotos que la realicen, así como las condiciones en que cada uno de ellos acredita los requisitos exigibles conforme al apartado 5.

b) La descripción de la caracterización de dichas aeronaves, incluyendo la definición de su configuración, características y prestaciones.

c) El tipo de trabajos técnicos o científicos que se vayan a desarrollar o, en otro caso, los vuelos que se vayan a realizar y sus perfiles, así como de las características de la operación.

d) Las condiciones o limitaciones que se van a aplicar a la operación o vuelo para garantizar la seguridad.

Junto a la comunicación previa, el operador deberá presentar una declaración responsable en el que manifieste, bajo su responsabilidad, que cumple con cada uno de los requisitos exigibles conforme a lo previsto en este artículo para la realización de las

actividades u operaciones comunicadas, que dispone de la documentación que así lo acredita y que mantendrá el cumplimiento de dichos requisitos en el período de tiempo inherente a la realización de la actividad. Además de esta declaración responsable el operador deberá presentar el Manual de operaciones, el estudio aeronáutico de seguridad y la documentación acreditativa de tener suscrito el seguro obligatorio exigidos, respectivamente, por el apartado 3, letra d), números 2.º, 3.º y 7.º, y apartado 4. Cuando la comunicación previa se refiera a las operaciones previstas en el apartado 3, deberá presentarse junto a esta documentación el programa de mantenimiento y acreditación de la realización de los vuelos de prueba con resultado satisfactorio a que se refieren los números 4.º y 5.º de la letra d) de dicho apartado.

Cualquier modificación de la comunicación deberá ser comunicada a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea con una antelación mínima de 5 días al día de la implementación de la modificación, presentando actualizada la declaración responsable y, en su caso, la documentación acreditativa complementaria prevista en este apartado.

La Agencia Estatal de Seguridad Aérea está obligada a emitir un acuse de recibo en el plazo de cinco días a contar desde el día de recepción de la documentación en el que, como mínimo, figuren las actividades para cuyo ejercicio queda habilitado por la comunicación o su modificación.

7. El ejercicio de las actividades previstas en los apartados 3 y 4 por aeronaves cuya masa máxima al despegue exceda de 25 kg así como cualquier modificación en las condiciones de ejercicio de dichas actividades o de los requisitos acreditados, estará sujeta a la previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea, conforme a lo previsto en este apartado.

La solicitud de autorización y sus modificaciones tendrá el contenido mínimo previsto para la comunicación previa en el apartado anterior y junto a ella deberá presentarse la declaración responsable y documentación complementaria exigida en dicho apartado.

8. La comunicación previa o autorización de la realización de los trabajos técnicos o científicos previstos en el apartado 3, y sus modificaciones habilita para el ejercicio de la actividad por tiempo indefinido, en el caso de las operaciones sujetas a comunicación previa una vez transcurrido el plazo de cinco días a que se refiere el apartado 6, con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

La comunicación previa o autorización de la realización de los vuelos previstos en el apartado 4, y sus modificaciones habilita exclusivamente para la realización de aquellos vuelos que, según sea el caso, se hayan autorizado o comunicado con la antelación prevista en el apartado 6 y con sujeción, en todo caso, al cumplimiento de los requisitos exigidos y en tanto se mantenga su cumplimiento.

Los operadores habilitados conforme a lo previsto en este artículo para el ejercicio de las actividades aéreas a que se refiere el apartado 3, podrán realizar, bajo su responsabilidad, vuelos que no se ajusten a las condiciones y limitaciones previstas en los apartados 3 y 4 en situaciones de grave riesgo, catástrofe o calamidad pública, así como para la protección y socorro de personas y bienes en los casos en que dichas situaciones se produzcan, cuando les sea requerido por las autoridades responsables de la gestión de dichas situaciones.

9. Reglamentariamente se establecerá el régimen jurídico a que queda sujeta la operación e aeronaves civiles pilotadas por control remoto, en otros supuestos distintos de los contemplados en esta Ley.

10. Por resolución del Director de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea se podrán establecer los medios aceptables de cumplimiento cuya observancia acredita el cumplimiento de los requisitos establecidos en este artículo.

Sección 7.ª Otras reformas en materia de navegación y seguridad aérea

Artículo 51. Modificación de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea.

La Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, queda modificada de la siguiente manera:

Uno. El artículo once queda redactado como sigue:

«Artículo once.

Se entiende por aeronave:

a) Toda construcción apta para el transporte de personas o cosas capaz de moverse en la atmósfera merced a las reacciones del aire, sea o no más ligera que éste y tenga o no órganos motopropulsores.

b) Cualquier máquina pilotada por control remoto que pueda sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del mismo contra la superficie de la tierra.»

Dos. El artículo ciento cincuenta queda redactado de la siguiente manera:

«Artículo ciento cincuenta.

1. Las aeronaves de transporte privado de Empresas, las de Escuelas de Aviación, las dedicadas a trabajos técnicos o científicos y las de turismo y las deportivas, quedarán sujetas a las disposiciones de esta Ley, en cuanto les sean aplicables, con las excepciones que a continuación se expresan:

Primera. No podrán realizar ningún servicio público de transporte aéreo de personas o de cosas, con o sin remuneración.

Segunda. Podrán utilizar terrenos diferentes de los aeródromos oficialmente abiertos al tráfico, previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea.

2. Las aeronaves civiles pilotadas por control remoto, cualesquiera que sean las finalidades a las que se destinen excepto las que sean utilizadas exclusivamente con fines recreativos o deportivos, quedarán sujetas asimismo a lo establecido en esta Ley y en sus normas de desarrollo, en cuanto les sean aplicables. Estas aeronaves no estarán obligadas a utilizar infraestructuras aeroportuarias autorizadas, salvo en los supuestos en los que así se determine expresamente en su normativa específica.»

Tres. El párrafo primero del artículo ciento cincuenta y uno queda redactado como sigue:

«Las actividades aéreas que se realicen a los fines del artículo anterior, excepto las de turismo y las deportivas, requerirán la comunicación previa a la Agencia Estatal de Seguridad Aérea o su autorización, a efectos de mantener la seguridad en las operaciones aeronáuticas y de terceros, en los casos en que la naturaleza de estas operaciones, el entorno o circunstancias en que se realizan supongan riesgos especiales para cualquiera de ellos, y estarán sometidas a su inspección en los términos establecidos por la legislación vigente.»

Cuatro. Se adiciona una nueva disposición transitoria tercera del siguiente tenor:

«Disposición transitoria tercera. *Régimen transitorio en materia de autorizaciones.*

En tanto no sea de aplicación la normativa específica que regule la comunicación previa prevista en el artículo ciento cincuenta y uno, será exigible la

previa autorización de la Agencia Estatal de Seguridad Aérea para el ejercicio de las actividades previstas en dicho precepto.»

Artículo 52. *Modificación de la Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de medidas fiscales administrativas y del orden social.*

El artículo 166 de la Ley 13/1996, de 30 de diciembre, de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social, queda redactado como sigue:

«Artículo 166.

1. Para garantizar las necesidades del tránsito y transporte aéreo y, en relación con los aeropuertos de interés general, el cumplimiento de los fines de interés general establecidos en el artículo 21 de la Ley 18/2014, de 15 de octubre, de aprobación de medidas urgentes para el crecimiento, la competitividad y la eficiencia, así como las necesidades de gestión del espacio aéreo y los servicios de navegación aérea, el Ministerio de Fomento delimitará para los aeropuertos de interés general una zona de servicio que incluirá las superficies necesarias para la ejecución de las actividades aeroportuarias, las destinadas a las tareas complementarias de ésta y los espacios de reserva que garanticen la posibilidad de desarrollo y crecimiento del conjunto y aprobará el correspondiente Plan Director de la misma en el que se incluirán, además de las actividades contempladas en el artículo 39 de la Ley 48/1960, de 21 de julio, sobre Navegación Aérea, los usos industriales y comerciales cuya localización en ella resulte necesaria o conveniente por su relación con el tráfico aéreo o por los servicios que presten a los usuarios del mismo.

En la tramitación de los Planes Directores se recabará el informe de la correspondiente Comunidad Autónoma y de otras administraciones públicas afectadas, en relación con sus respectivas competencias, en particular en materia urbanística y de ordenación del territorio, en los términos previstos reglamentariamente.

2. Los planes generales y demás instrumentos generales de ordenación urbana calificarán los aeropuertos y su zona de servicio como sistema general aeroportuario y no podrán incluir determinaciones que supongan interferencia o perturbación en el ejercicio de las competencias de explotación aeroportuaria.

Dicho sistema general aeroportuario se desarrollará a través de un plan especial o instrumento equivalente, que se formulará por el gestor, de acuerdo con las previsiones contenidas en el correspondiente Plan Director y se tramitará y aprobará de conformidad con lo establecido en la legislación urbanística aplicable.

La autoridad urbanística competente para la aprobación del Plan Especial dará traslado al gestor del acuerdo de aprobación provisional del mismo para que éste se pronuncie en el plazo de un mes sobre los aspectos de su competencia, en caso de desacuerdo entre ambos se abrirá un período de consultas por un plazo de seis meses y si, al término del mismo, no se hubiere logrado un acuerdo expreso entre ellas sobre el contenido del Plan Especial, se remitirá el expediente al Consejo de Ministros al que corresponderá informar con carácter vinculante.

3. Las obras que realice el gestor dentro del sistema general aeroportuario deberán adaptarse al plan especial de ordenación del espacio aeroportuario o instrumento equivalente. Para la constatación de este requisito, deberán someterse a informe de la administración urbanística competente, que se entenderá emitido en sentido favorable si no se hubiera evacuado de forma expresa en el plazo de un mes desde la recepción de la documentación. En el caso de que no se haya aprobado el plan especial o instrumento equivalente, a que se refiere el apartado 2 de este artículo, las obras que realice el gestor en el ámbito aeroportuario deberán ser conformes con el Plan Director del Aeropuerto.

Las obras de nueva construcción, reparación y conservación que se realicen en el ámbito del aeropuerto y su zona de servicio por el gestor no estarán sometidas a

9. CAPÍTULO IX GALERIA DE IMÁGENES





10. CAPÍTULO X MOTIVACIÓN, CONCLUSIÓN Y AGRADECIMIENTOS.

A lo largo de mis años de carrera de Ingeniería en diseño industrial he adquirido conocimientos e inquietudes en campos relacionados con el diseño, la fabricación, la estética y funcionalidad de los productos, siempre ligados con la innovación y las nuevas tecnologías.

Por el conocimiento multidisciplinar que he adquirido gracias a esta ingeniería he querido dar un paso más y realizar un proyecto que relaciona estos conceptos con conocimientos de otros campos tales como la aeronáutica, mecánica y electrónica.

He querido implicar y combinar las dos nuevas tecnologías con más repercusión de los últimos años, el desarrollo de drones junto a la tecnología de impresión 3D.

En el presente Trabajo Final de Grado, se ha desarrollado un estudio exhaustivo de los drones existentes en el mercado y las diferentes configuraciones y características, para así desarrollar una combinación que ha dado como resultado una aeronave que presenta un diseño y una estructura muy innovadora y polivalente.

Presenta una capacidad de vuelo estable y de movimientos suaves, características que capacitan al dron para uso profesional de filmación y fotografía.

Ha sido ideado para el transporte de una carga adicional que se adapta a los diferentes trabajos que puede desempeñar.

Se ha optimizado al máximo el presupuesto consiguiendo un dron económico que presenta características y funciones de drones de precios muy superiores.

Para el desarrollo de este proyecto ha sido necesario estudiar y comprender aspectos de ingeniería que desconocía siendo un proceso de investigación largo pero gratificante.

Por último agradecer a la UPV Universidad Politécnica de Valencia y en concreto a la ETSID Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño por formarme de la mejor forma posible durante estos años de carrera y disponer de los recursos necesarios a mi entera disposición para la posible realización de mi proyecto.

Agradecer a mi tutor Andrés Conejero Rodilla por el apoyo y los buenos consejos recibidos y al grupo UAx UPV por permitirme realizar las pruebas de vuelo en sus instalaciones.

11. CAPÍTULO XI BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.dji.com/es>
- <http://www.xataka.com/categoria/drones>
- <http://myfirstdrone.com/tutorials/buying-guides/best-drones-for-sale/>
- <http://www.todrone.com/>
- <http://mundodron.net/>
- <http://solodrones.es/>
- http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/cias_empresas/trabajos/rpas/default.aspx
- <http://www.enaire.es/csee/Satellite/navegacionaerea/es/Page/1237571561545/NOTAM-drones.html>
- http://www.rctecnic.com/blog/10_Que-es-un-Drone-y-como-funciona
- <http://dronecenter.blogspot.com.es/p/construye-tu-drone.html>
- <https://cedaeonline.com.ar/2014/12/03/aeronaves-sin-piloto-drones/>
- <http://www.hobbyking.com/hobbyking/store/index.asp>
- <http://naturapixel.com/2015/02/25/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-uso-de-drones/>