

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.



Índex

1. Objectius.....	5
2. Introducció.....	6
3. Primer vehicle aeri no tripulat.....	7
3.1. Primers usos militars.....	7
3.2. Primers usos militars per atacar.....	7
3.3. Entreguerres.....	8
3.4. 2ª Guerra mundial.....	8
3.5. Postguerra.....	9
4. Lleis i normes.....	10
4.1. Carnet de pilot per a drons.....	11
5. Usos del dron.....	12
5.1. Correu i entrega de paquets.....	12
5.2. Primers auxilis.....	12
5.3. Investigació científica.....	13
5.4. Vigilant policial de traficants i altres activitats.....	13
5.5. Agricultura.....	14
5.6. Cartografia.....	14
6. Material.....	16
6.1. Controlador de vol.....	16
6.1.1. Hardware (maquinari).....	16
6.1.2. Firmware (microprogramari).....	17
6.1.3. Software (programari).....	18
6.2. Comandament.....	18
6.2.1. Mòdul i receptor.....	18
6.2.2. Emissora.....	19

6.3. Motors.....	19
6.4. ESC.....	20
6.5. Estructura.....	21
6.6. Bateria.....	22
6.7. Hèlices.....	23
6.8. Gimbal.....	24
7. Muntatge.....	26
7.1. Estructura.....	26
7.2. Motors i ESC.....	28
7.3. Connectar els cables i controlador de vol (placa base).....	30
7.4. Comandament i emissora i configuració.....	31
8. Conclusió.....	33
9. Annexes.....	34
10. Bibliografia.....	36

1. Objectius

- Adquirir coneixements de:
 - L'aeromodelisme
 - Tots els components d'un dron i les seves utilitats
 - Recerca d'informació pel muntatge i funcionament del dron.
 - Les possibles utilitats que poden arribar a tenir en l'actualitat (agricultura, cartografia, investigació científica, primers auxilis, etc.).
- Esforçar-me i responsabilitzar-me de que tot acabi sortint com el que estava previst.
- Aprendre a treballar d'una manera més autònoma i iniciativa per aprendre a resoldre problemes que puguin sorgir el llarg del treball.
- Millorar l'expressió escrita, el llenguatge i el vocabulari utilitzat durant el llarg del treball.

2. Introducció

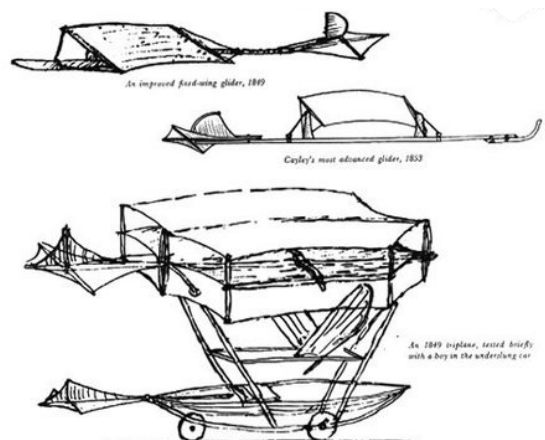
Des de l'època de Leonardo da Vinci fins el primer vol, varen ser molts els treballs de recerca i investigacions fets per la humanitat. No va ser fins el 1905, els germans Wright (Orville i Wilbur Wright), que van aconseguir un vol de 30 minuts amb una distància de 40km. S'obria la interminable carrera de solcar l'aire com s'havia fet amb l'aigua en èpoques passades.

En l'actualitat els diferents models i formes de volar tenen infinites prestacions: Militars, transport, investigació científica, rescats, esports, etcètera, fins el punt de no concebre un món globalitzat sense el desplaçament aeri (11.000 avions per minut al món).

No només existeixen les aeronaus tripulades i amb persones a bord, també hi ha vehicles aeris no tripulats (UAV Unmanned Aerial Vehicle), anomenats "drons". El primer fou dissenyat pel senyor Douglas Archibald, l'any 1883 i no era res més que un estel, i el 1887 hi van incorporar càmeres per a convertir-los en els primers UAVs de reconeixement.

La tecnologia dels drons ha evolucionat tant, que qualsevol persona pot aconseguir o muntar el seu propi dron per a diferents finalitats: fer fotos o vídeos aeris, generar parts de mapes tant en 2D com amb 3D, per usos agrícoles o per simplement, tenir el plaer de fer-lo volar.

En aquest treball ens endinsarem en el món dels drons i aprendrem els seus materials, tecnologia i dissenys que fan que puguin volar.



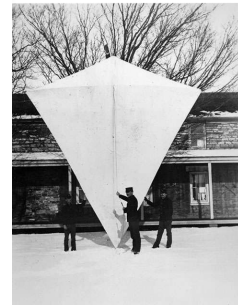
Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

3. Primer vehicle aeri no tripulat (UAV)

El primer vehicle aeri no tripulat (UAV), dron, va ser dissenyat per l'anglès Douglas Archibald l'any 1883. Va col·locar un *anemòmetre*¹ sobre un estel per a poder mesurar la velocitat del vent a alçades de fins a 360 m. L'any 1887 va col·locar càmeres als estels, creant així el primer vehicle aèria no tripulat de reconeixement.

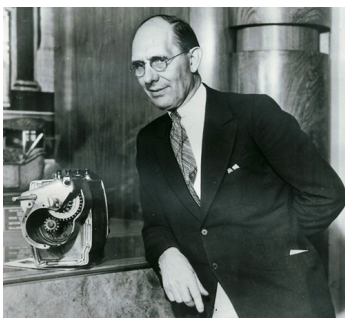
3.1. Primers usos militars

Els primers usos militars dels vehicles aeris no tripulats van ser durant la Guerra de Cuba, l'any 1898, on William Abner Eddy, fotògraf i periodista, va fotografiar les flotes i tropes amb estels.



3.2. Primers usos militars per atacar

Els primers drons per a atacar en usos militars va ser durant la Primera Guerra Mundial, on Charles F. Kettering, inventor i enginyer elèctric dels Estats Units, va tardar tres anys en crear un biplà (Avió amb dos grups d'ales fixes, unes per sota el *fuselatge*² i les altres per sobre.) capaç de suportar fins a 80 kg d'explosius. Aquest, va ser anomenat Kattering Bug o avió Bug, portava un giroscopi que li feia mantenir el rumb i així poder utilitzar l'UAV de *kamikaze*³. Podia arribar a fer una distància màxima de 120 km amb velocitats que podien arribar als 80 km/h.



¹ Aparell dissenyat per mesurar la velocitat del vent.

² Part dels avions i planadors on suporten les ales, els plans estabilitzadors de la cua i el tren d'aterratge i constitueix generalment la part habitable de l'aeronau.

³ Avió suïcide, que pot ser tripulat o no.

3.3. Entre guerres

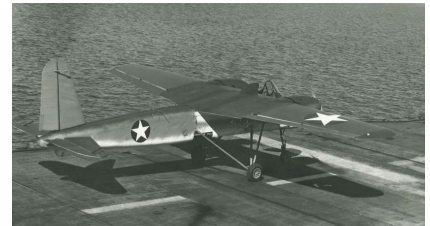
Durant el *període d'entreguerres*⁴, la finalitat dels drons encara no estava del tot clar. A Gran Bretanya, van fer una prova per veure si un avió podia estar capacitat per arribar a enfonsar un vaixell de guerra armat amb peces antiaèries. Van utilitzar un UAV, i per sorpresa de tothom, aquest va poder sobrevolar 40 vegades per sobre el vaixell sense rebre cap dany

Aquesta informació també va ser descoberta paralel·lament pels Estats Units d'Amèrica i per Japó. Va resultar crucial aquest coneixement, i a partir d'aquell moment, la producció de portaavions va augmentar, ja que seria clau pels futurs conflictes.

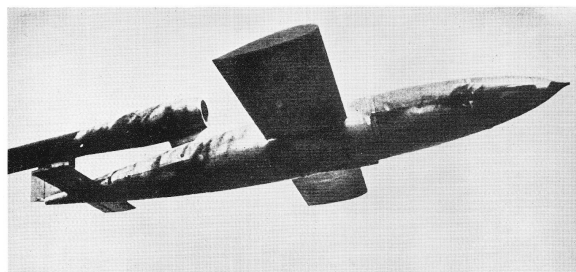
Durant els anys 1918-1939, les principals potències van començar la producció, a gran escala, de vehicles aeris no tripulats.

3.4. 2a Guerra mundial

A la Segona Guerra mundial, van ser creats els vehicles aeris no tripulats de bombardeig per part dels Estats Units i de l'Alemanya nazi. El model TDN-1, era un UAV controlat per mitja de ràdio des d'un altre vehicle aeri, però en aquest cas, tripulat. Els 140 UAV d'aquest model van ser enviats a la Guerra del Pacífic on van tenir molt d'èxit contra els japonesos.



Per la part alemanya, van crear la Vergeltungswaffe 1 (Bomba volant V1), era un dron que s'enlairava sobre a avions tripulats i es desenganxava un cop arribat sobre l'objectiu. No van tenir gaire èxit ja que duu a terme les operacions encomanades portava molta dificultat i pràctica.



⁴ Anys transcorreguts entre la Primera Guerra Mundial i la Segona Guerra Mundial (1918-1939). Durant aquests anys es produeixen nombrosos conflictes internacionals.

3.5. Postguerra

Durant la postguerra, l'aplicació dels UAV es va diversificar. Van millorar les càmeres fotogràfiques i els sistemes de navegació. D'aquesta manera, els drons es van poder posar al nivell per a poder competir contra un pilot experimentat.

També van servir d'esquer, ja que durant la Guerra del Vietnam, una de les grans amenaces per l'exercit estatunidenc eren els *míssils terra-aire*⁵, que eren dirigits mitjançant les senyals que feien els avions. Van fer que els drons imitessin aquestes senyals, i així, feien que gastessin els míssils inútilment.

També van aparèixer els vehicles aeris no tripulats antisubmarí, durant l'època dels 60/70. Un exemple n'és el model QH-50 DASH, on a la part inferior tenia espai per a poder-hi posar bombes antisubmarí i tenia la geometria d'un helicòpter. D'aquests se'n van crear 810 unitats.

Tot seguit, aquest mercat no ha parat de créixer fins a l'actualitat. Actualment hi ha molts models de UAVs i drons, fins i tot per a usos comercials i domèstics.



⁵ També coneguts com **GTA** (*ground-to-air missile*), eren míssils dissenyats per a ser llençats des de la superfície terrestre i poder abatre aeronaus en vol.

4. Lleis i normes

A Espanya, des del passat Juliol del 2014, la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), va imposar un decret de llei temporal per a les aeronaus pilotades per control remot i on també regula l'ús per a usos comercials. Però si el dron pesa més de 150 kg, després s'haurà de consultar la normativa de la EASA (European Aviation Safety Agency).

Aquestes són les lleis imposades per la AESA per a fer volar drons per a usos comercials i domèstics:

Tipus de dron	< 2 kg	≤ 25 kg	> 25kg
Màxima distància	Dins l'abast visual del pilot fins a 500 m	Dins l'abast visual del pilot fins a 500 m	segons els certificat d'aeronavegabilitat.
Altura màxima	Dins l'abast visual del pilot fins a 120 m	Dins l'abast visual del pilot fins a 120 m	segons els certificat d'aeronavegabilitat.
Identificació	*	*	·Registre de Matrícula de Aeronaus ·Certificat d'aeronavegabilitat de la AESA.
Autorització	Llicència pilot.	Llicència pilot.	Llicència pilot.

*Si són iguals o menors a 25 kg, no necessitaran estar inscrits al Registre de Matrícula de Aeronaus, ni tampoc tenir el certificat de aeronavegabilitat de la AESA, però és obligatori que el propietari tingui la llicència de pilot per a poder-lo pilotar.

Els pots fer volar fora d'espais aeris controlats i està totalment prohibit fer-lo volar sobre nuclis urbans, llocs habitats o aglomeracions de persones a l'aire lliure. A més a més, si vols realitzar fotografies o filmacions, necessites un altre permís especial.

Tampoc es pot fer volar cap dron sense autorització i necessites el permís oficial 5 dies abans d'efectuar el vol. Qui el faci volar al marge de la llei, s'estarà exposant a sancions que poden anar des de 3.000€ fins a un màxim de 60.000€.

4.1 Carnet de pilot per a drons

Per pilotar qualsevol aparell que pesi fins a 25 quilograms, és necessari disposar d'una llicència de pilot emesa per una entitat de formació que hagi estat autoritzada per l'Agència Estatal de Seguretat Aèria però, si el pilot ja disposa d'un carnet d'aviació, d'ultralleuger o algun específic semblant, no serà necessari treure's el carnet oficial de pilot de dron.

A Barcelona, hi ha l'escola d'aviació anomenada Dream Air, que ha estat la primera en tot l'estat Espanyol d'oferir aquesta mena de cursos.

Aquests cursos es divideixen en dues parts, una part teòrica i una pràctica.

Pel que fa la part teòrica, només s'ha d'assistir a unes classes que t'expliquen el temari i finalment fan un examen d'avaluació.

Per la part pràctica et fan fer volar un dron i t'ensenyen els controls bàsics.

5. Usos del dron

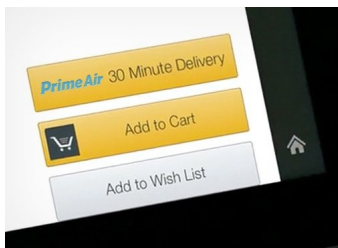
El mercat dels drons s'ha expandit molt en poc temps. Els preus han baixat i ara ja estan a l'abast de pràcticament tothom.

Són utilitzats majoritàriament per a usos militars i per a gravacions. Però, aquest món és molt més ampli i poden tenir altres utilitats que ens podrien ajudar a viure més còmodament i amb més seguretat.

5.1. Correu i entrega de paquets.

Aquesta campanya la va iniciar Amazon, publicant un vídeo de com s'anaven a fer les seves futures entregues. El 86% de totes les seves comandes, pesen menys de dos quilograms, això els permetia poder enviar una gran quantitat de paquets mitjançant un dron. Volien començar provant-ho en àrees molt concretes i amb un radi màxim de 15km.

Es comprometien a fer arribar el paquet amb 30 minuts com a màxim, però al final ho han hagut de cancel·lar perquè no és legal i no ho serà fins d'aquí un cinc anys.



També s'ha de tenir en compte que s'hauria de crear un espai aeri i línies comercials per a que puguin circular, sinó podria arribar a ser molt perillós.

5.2. Primers auxilis.

Un dron seria l'eina perfecte per buscar persones i mirar de rescatar-les després d'un desastre.

Per exemple, si s'enfonsa un vaixell o s'està ofegant una persona, el dron pot transportar els salvavides.

També són aptes per poder portar una farmaciola de primers auxilis i des del dron mateix, poder visualitzar l'estat de la víctima i poder-la ajudar per mitjà de videoconferència.



L'estudiant Alex Monton, graduat a l'Universitat de Tecnologia de

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

Dalft, ha creat un dron amb la finalitat de salvar vides. Funciona com una ambulància i diu que el seu ús podria arribar a millorar la taxa de supervivència fins a un 80%. Aquest dron porta un desfibrador que, guiat per metges, qualsevol persona podria utilitzar.

Aquest dron pot arribar fins a 100 km/h i diu que un dels seus grans avantatges és que pot sobrevolar en línia recta els seus obstacles, sense necessitat d'envoltar-los.



5.3. Investigació científica

Una altra avantatge dels drons és la de realitzar investigacions científiques.

Per exemple, la NASA, va enviar diversos drons sobre el núvol de diòxid de sofre que hi havia en el volcà actiu de Torrialba, Costa Rica. Gràcies això, van poder crear mapes molt més detallats sobre el clima i poder predir qualsevol desastre natural.



5.4. Vigilant policial de traficants i altres activitats.

Els drons poden ser uns grans companys per a la policia. S'estan adaptant molt bé a Estats Units i a Europa. A la frontera d'EEUU amb Mèxic, utilitzen drons amb càmeres tèrmiques per poder detectar la immigració il·legal d'ambdós països, així com també, a França, els utilitzen com a radars per detectar els conductors que cometen infraccions a les carreteres.

De cara al futur, també podrien servir per controlar el trànsit, seria molt més econòmic que utilitzar un helicòpter.

Fins i tot, a un dron se li pot arribar a posar una arma. Per la xarxa circula un vídeo on es veu a un quadrotor disparant diversos trets amb una pistola.

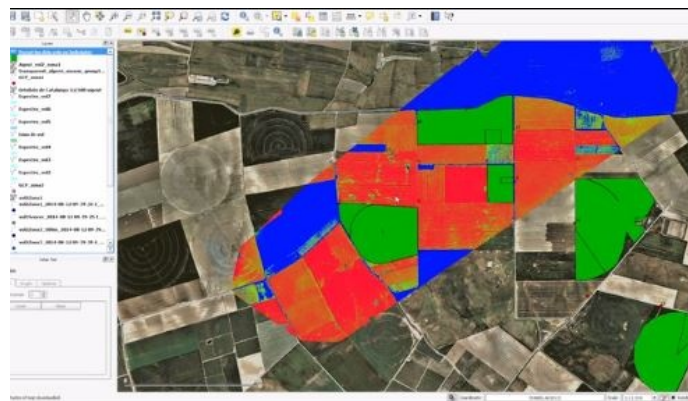
Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.



5.5. Agricultura

Els drons ja han entrat dins el món de l'agricultura com fumigar o altres productes per a controlar la producció. Actualment, la Generalitat de Catalunya utilitza els drons per a controlar les plantacions il·legals.

Agrosalvi, una empresa gironina, permet informar-nos de l'estat hídic del camp, la necessitat de fertilització nitrogenada en cada punt del camp, la ubicació de males herbes dins la parcel·la i les zones afectades de plagues o malalties, només sobrevolant-lo. Després processen la imatge a l'ordinador i, sobre un patró de colors que tenen preestablerts, poden identificar qualsevol anomalia.



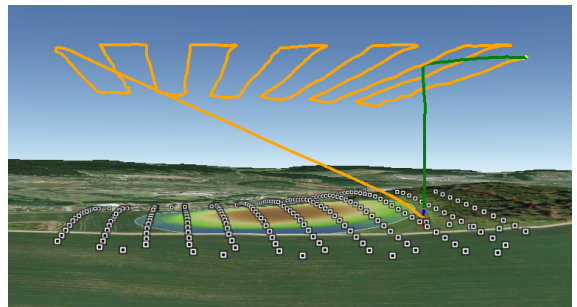
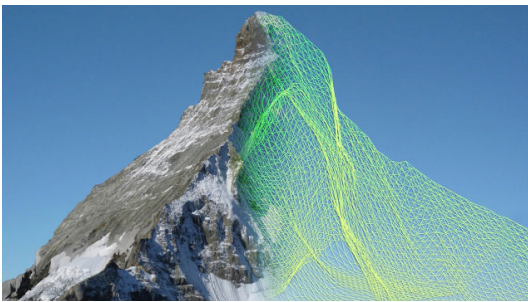
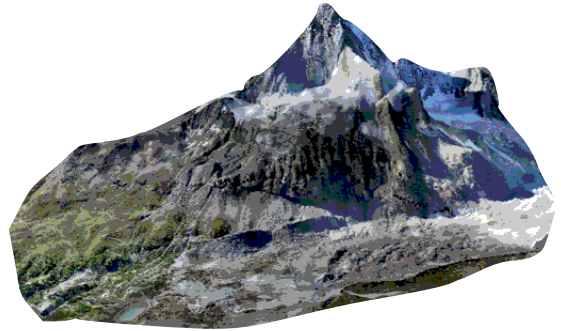
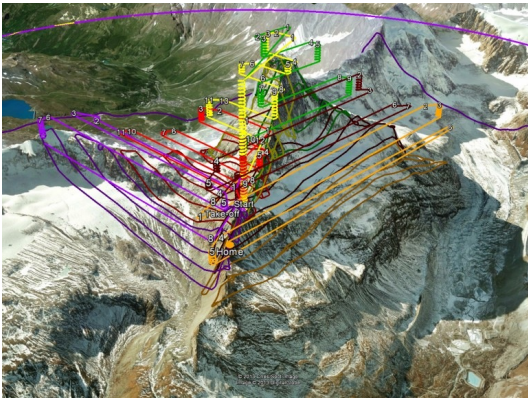
També serveixen per poder controlar el ramat, mitjançant la instal·lació d'una càmera tèrmica.

5.6. Cartografia

Els drons també poden servir per crear models de mapes, en dues i en tres dimensions. Per fer un mapa en 2D, l'únic necessari és un dron que passi de forma autònoma per sobre la zona indicada a una alçada constant. En canvi, si el mapa ha de ser en 3D, el dron s'ha d'anar desplaçant per la zona. A mesura que es desplacen, han d'anar recollint imatges que, posteriorment s'hauran d'agrupar per un ordinador.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

A mesura que es desplacen, han d'anar recollint imatges que, posteriorment s'hauran d'agrupar per un ordinador.

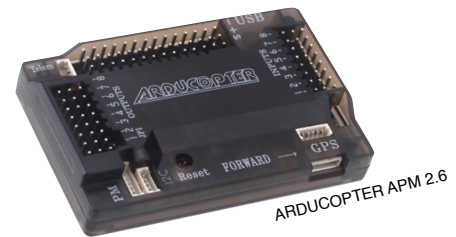


6. Material

6.1. Controlador de vol

El controlador de vol és la placa base del dron, i es podria dir que també és el seu cervell. La seva única funció és dur a terme les ordres donades des del comandament, a temps real.

Els controladors de vol més bons et permeten configurar cada una de les seves parts: el *hardware* (maquinari), el *firmware* (microprogramari) i el *software* (programari). En canvi, en els més econòmics, ja et ve tot llest. Poder configurar cada una de les seves parts és un gran avantatge, ja que pots utilitzar un mateix controlador per a diverses feines (ex: cotxe teledirigit, avió teledirigit, dron, etc.)



6.1.1. Hardware (maquinari)

El *hardware* és la part visible del controlador, és a dir, tots els components de l'estructura física. Està compost per diverses entrades i sortides i és el que permet la comunicació material entre components.

Al nostre dron, he optat per la marca Ardupilot, i he agafat el model: APM 2.6. Ja que és un sistema amb codi obert, al qual podem instal·lar programaris diferents i una de les més avançades i polivalents del mercat. És pràcticament igual que l'Arduino Mega però amb diversos sensors per a vehicles controlats remotament que fan que sigui molt més eficaç.

Extret de la *pàgina oficial*⁶, aquestes són les principals característiques:

- Compatible amb Arduino.
- Clavilles d'entrada lateral.
- Inclou giroscopi de 3 eixos, acceleròmetre i baròmetre d'alt rendiment.
- 4 megabytes per a registre automàtic de dades.

⁶ http://copter.ardupilot.com/wiki/common-25-and-26-overview/#apm_26

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

- Un dels primers sistemes de pilot automàtic de codi obert per a utilitzar el *Invensense's 6 DoF Accelerometer/Gyro MPU-6000*.
- Sensor de pressió baromètrica actualitzat a *MS5611-01BA03*.
- Xips *Atmega2560* i *ATMEGA32U-2* per funcions de processament i d'*USB*.

L'APM 2.6 té un ampli ventall de prestacions que estan repartides per la placa:

1- Magnetòmetre: s'encarrega de dir a la controladora cap a on està mirant, igual que una brúixola, però interna.

2- DataFlash: memòria interna

3- Varòmetre: s'encarrega de mesurar la pressió atmosfèrica actual respecta a la del terra, per així poder fer un seguiment de l'altura a la que està.

4- JPU: s'encarrega d'alimentar la placa homogèniament, o de separa l'alimentació de la placa en dues mitats, la dels INPUTS (entrades) i la dels OUTPUTS (sortides), independentment.

5- Regulador: s'encarrega de baixar el voltatge de 5V, que fa servir el controlador, a 3,3V per poder alimentar alguns sensors que funcionen a aquest voltatge.

6- Port del GPS: és un port independent i exclusiu pel GPS, separat de la resta.

7- Port d'alimentació: s'encarrega d'alimentar la placa i llegir tan el voltatge com l'amperatge que s'hi introdueix.

8- Port de telemetria: és un port bidireccional (pot rebre i enviar informació) que permet veure des d'una pantalla l'imatge que grava la càmera a temps real.

9- LEDs d'estat: LEDs de diversos colors que mostren l'estat del dron

10- Port USB: serveix per accedir al software del dron, i a més, permet alimentar el dron i enviar-nos i rebre informació.

6.1.2. **Firmware (microprogramari)**

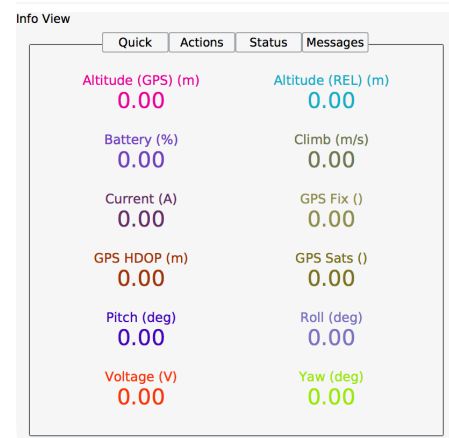
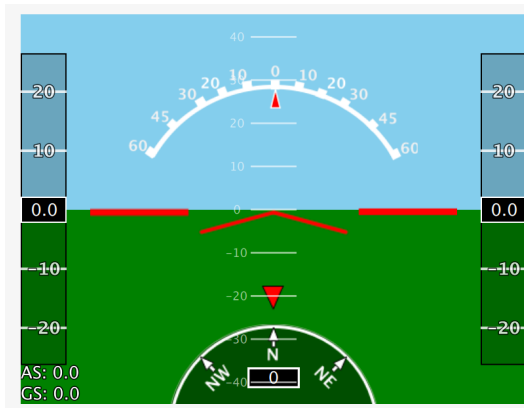
És l'ànima, la raó i la consciència que mou el maquinari. També anomenat microprogramari, està situat en alguna memòria de lectura/escriptura que no sigui volàtil. En el nostre cas, es pot configurar depenent del vehicle que volem construir: cotxe, avió, copter...

Per fer la controladora més versàtil, els creadors van optar per poder actualitzar el *firmware* sempre que vulguem canviar de vehicle, així guanya més terreny al mercat.

6.1.3 Software (programari)

Són tots els programes informàtics que fan possible la realització de tasques específiques dins d'un ordinador. En el nostre cas, és l'interfície que s'enllaça amb el *hardware* per a poder interactuar amb l'aparell.

Aquest software és altament sofisticat i ens permet visualitzar en pantalla la inclinació del dron, l'altitud, la velocitat i el percentatge de la bateria, entre altres.



Imatges extretes del programa.

6.2. Comandament

6.2.1. Mòdul i receptor

El mòdul i el receptor són els encarregats de transferir informació de l'emissora al controlador de vol.

L'emissora envia les ordres que has creat tu per mitjà dels comandaments, el mòdul les codifica a 2,4GHz, ja que aquesta freqüència no crea gairebé interferències, i les envia al receptor. Un com al receptor, ell les descodifica i les envia al controlador de vol, que s'encarrega de finalitzar l'acció.

Per el mòdul i el receptor, he utilitzat la marca FrSKY, tenen 8 canals, i arriben a tenir control a una distància màxima de 1,5km.



6.2.2. Emissora

L'emissora, també anomenada ràdio, és on hi ha totes les palanques de comandament i és estrictament necessari que tingui un mínim de cinc canals, quatre serveixen per pilotar el dron (gas, dreta/esquerra, endavant/enrere, rotor de cua) i un mínim per canviar els modes. També n'hi ha amb més canals per a funcions extres (controlar gimbal⁷, FPV⁸...).

He utilitzat la Turnigy 9XR Pro, de 9 canals i diverses funcions molt útils (altaveu, sortida d'àudio, pantalla led...).



6.3. Motors

Són imprescindibles per a la construcció del dron. Els motors són les màquines capaces de convertir l'energia elèctrica, en el nostre cas, en energia mecànica. Està format per un eix que dóna voltes sobre si mateix i fa girar les hèlices.

Els motors del dron són brushless i tenen millor rendiment que els convencionals, ja que comptes *d'escombretes*⁹ utilitzen uns imants que estan a la carcassa exterior, que és la que gira juntament amb l'eix. Això fa que no hagin d'estar fregant constantment, no es perdi tanta energia en forma de calor i siguin menys propensos al desgast. Són molt silenciosos i el seu rendiment oscil·la entre el 80 i el 90%.

Són caracteritzats per una velocitat de gir més lenta però amb un potent moment de rotació que permet fer girar hèlices de gran mida sense necessitat de reductora¹⁰. Els únics desavantatges són que necessiten un regulador de velocitat per a substituir les escombretes i que són força més cars per culpa dels imants i del complex sistema intern.



⁷ Mirar punt **6.8**.

⁸ First Person View (Vista en primera persona).

⁹ Contacte per on passa el corrent en un motor elèctric convencional.

¹⁰ grup d'engranatges que s'encarrega d'augmentar el parell a les rodes, perdent velocitat en elles.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

Per a escollir el millor motor pel dron, fa falta saber quin impuls necessitarà per mantenir-lo a l'aire. Per regla general, la suma dels motors haurien de poder alçar el doble del pes del dron, aquest marge serveix de seguretat, ja que així podrà fer moviments més ràpids i poder-lo salvar d'una caiguda vertical o esquivar a l'últim moment alguns obstacles.

L'equació que podem utilitzar és la següent:

$$\text{impuls necessari del motor} = \frac{2 \cdot \text{pes de l'aeronau}}{n^{\circ} \text{ de motors}}$$

(l'impuls necessari del motor és la mateixa unitat de pes que el pes de l'aeronau)



Imatges de dos motors en ple funcionament.

6.4. ESC

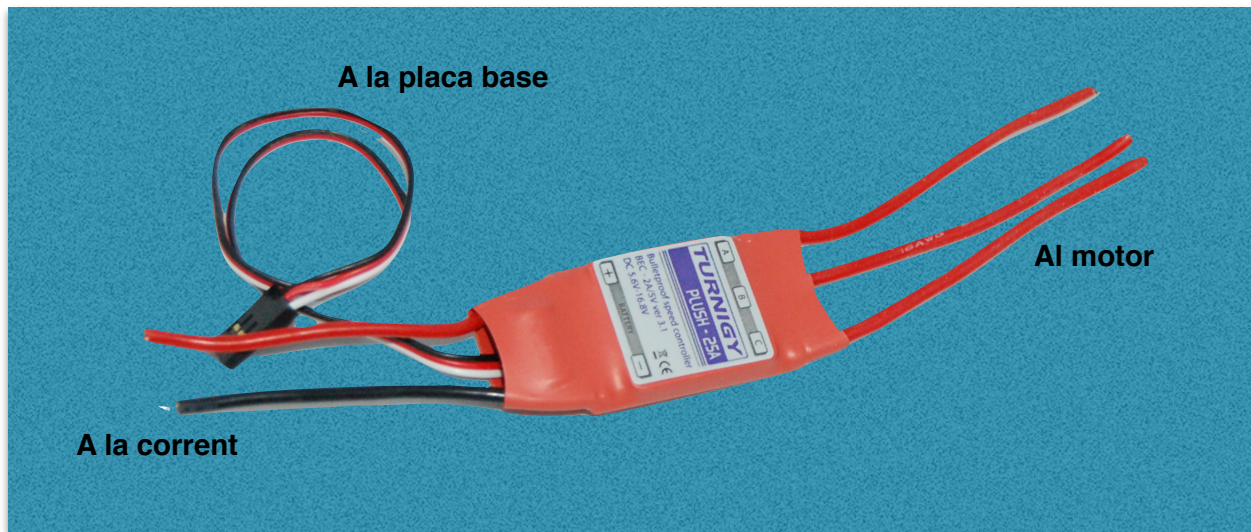
Un cop triat el motor, toca escollir els ESC (Electronic Speed Controller), també anomenats controladors de velocitat o variadors.

Cada motor té el seu propi variador, o més ben dit, cada variador té el seu propi motor ja que són els encarregats de donar-li corrent i així fer-los moure a les velocitats desitjades. Sense variadors els motors no podrien funcionar.

Hi ha tres cables que van connectats del variador al motor, dos que van del variador a la bateria i un que va del variador al controlador de vol. Com que cada motor ha de girar en sentit contrari als del costat, s'han de girar els cables que van del controlador de vol al motor.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

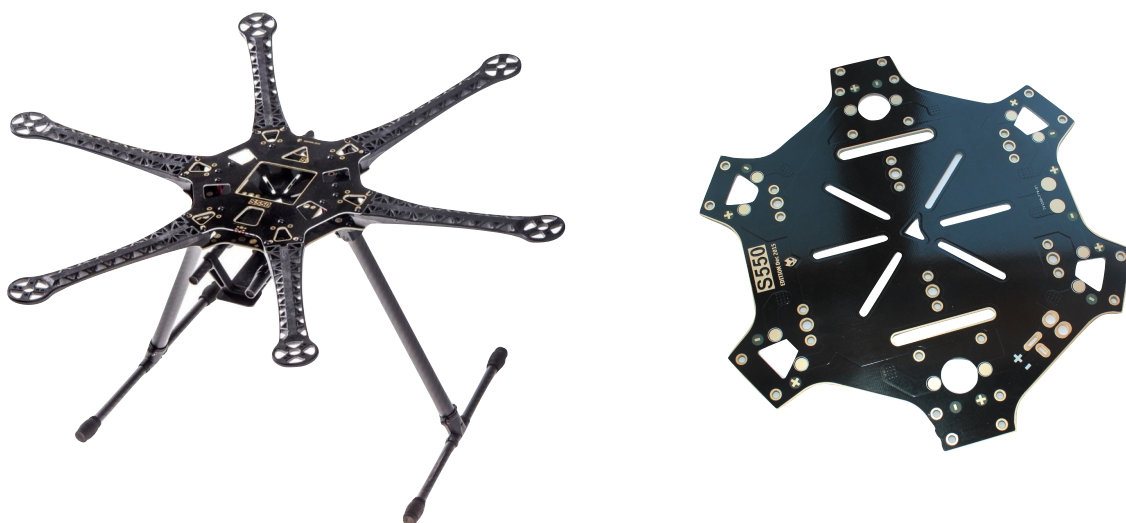
He utilitzat els *TURNIGY PLUSH - 30A*.



6.5. Estructura

És l'esquelet del dron, n'hi ha de molts tipus però els més bons són aquells que no es flexionen per la força dels motors, poden aguantar aterratges forçosos, lleugers i que tenen un perfil aerodinàmic. Últimament s'està posant de moda les carreres per a drons, per això també hi ha estructures específicament per això.

He agafat una estructura amb sis braços per els motors, un apartat especial per a la bateria i un per el *gimbal* i la càmera. És de la marca THUNDER i és el model S550.



6.6. Bateria

La bateria és l'encarregada d'emmagatzemar l'energia. Sembla que sigui una feina senzilla escollir la bateria adequada pel dron, però és una de les més complicades ja que has de tenir en compte moltes coses: capacitat, pes, tipus...

Al dron, he utilitzat una bateria tipus LiPo (Lithium Polymer), són actualment, les més utilitzades (mòbils, tauletes, ordinadors...) i permeten emmagatzemar una gran quantitat d'energia en un espai força reduït.

Els principals desavantatges són que s'ha d'evitar al màxim que es curtcircuitin, ja que s'escalfen i poden acabar explotant, i és recomanable no descarregar-les més del 75 / 80%.

La unitat de mesura de les bateries de tipus LiPo són els mil·liamperímetres/hora (mAh). He utilitzat una bateria de 5,200 mAh. És de les més grans que hi poden haver però pesa molt i és molt voluminosa.

Les bateries estan separades per cel·les electroquímiques connectades en sèrie. El nombre de cel·les es representa amb la lletra S. La bateria que utilitzarem porta 4 cel·les, és a dir: 4S. És de la marca MULTISTAR i té un voltatge de 14,8V.



6.7. Hèlices

D'hèlices per a drons ni ha moltes i de molts tipus, i les més comunes solen ser les de nylon o les ABS, tot i que també n'hi ha de fibra de carbó, però són molt més cares.

Les hèlices són fonamentals per a mantenir el dron a l'aire.

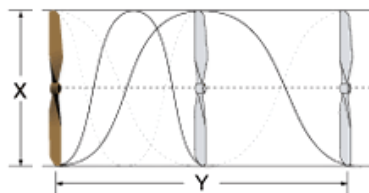
L'hèlice està constituïda per un número d'aspes que giren al voltant d'un eix i produeixen una força propulsora, les més comunes són de dues aspes.



Com més grosses siguin les hèlices, més velocitat i més estabilitat et donaran a l'aire, però necessitaràs uns motors i uns ESCs més potents.

Cada hèlice té un número que determina les seves prestacions (ex: 5x3). El primer dígit fa referència a l'allargada, i el segon és el pitch, o també anomenat pas de la hèlice. El pas d'hèlice és la distància que recorre una hèlice en fer un volta completa, això varia depenent de l'angle respecte l'eix.

Les nostres hèlices són de 10x4.5.

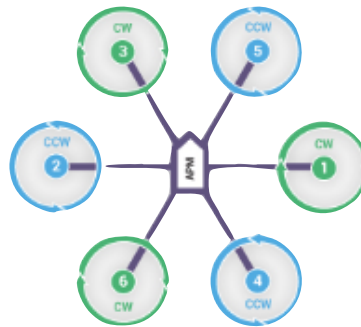


X = Allargada en polzades
Y = Pitch en polzades

Per escollir unes hèlices adients pel dron, s'ha de mirar les especificacions del motor i el test d'empenta, les especificacions dels ESC i fins i tot de la bateria, que puguin aguantar. També és aconsellable utilitzar hèlices iguals per a cada motor, així no s'ha de canviar la configuració per a cada un d'ells.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

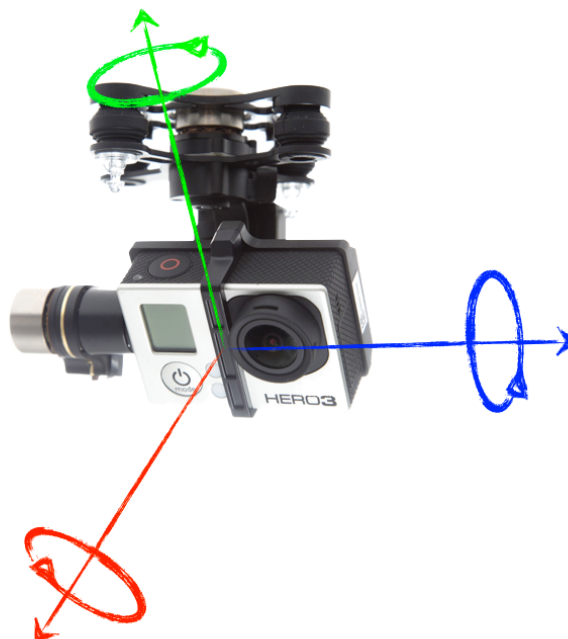
Hi ha dos tipus d'hèlices per a drons, les CW (clockwise), sentit horari, i les CCW (counterclockwise), sentit antihorari. Cada motor necessita una hèlice i han d'anar alternades, sinó el dron no pararia de fer voltes sobre si mateix al estar enlairat.



6.8. Gimbal

El gimbal és un estabilitzador per la càmera per mitjà motors elèctrics. El que permet és estabilitzar els vídeos dels moviments bruscos que pot fer el dron. N'hi a de diferents mides, depenguen de la càmera. Nosaltres en necessitarem un dels petits ja que hi posarem una càmera tipus GoPro, que té unes dimensions molt reduïdes i és molt versàtil.

Hi ha dos tipus de gimbal, els de 2 eixos i els de tres. En el cas del de dos eixos, porta dos motors que permeten que la càmera faci els moviments de "roll" i de "pitch", en canvi, els de tres motors permeten, a més a més, el moviment de "yaw".



Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

Des del comandament, també pots configurar el gimbal, i a distància controlar-lo. Això és molt pràctic si sobrevoles per sobre alguna superfície i vols encarar la càmera de forma vertical.

També s'ha de pensar que si utilitzes el dron i el gimbal a la vegada, es fa molt complicat i el millor seria una persona per a cada cosa.

El gimbal, a part d'estabilitzar molt bé la càmera, també elimina el "jello effect" (efecte gelatina). El "jello effect" apareix quan la càmera vibra molt i a l'hora de capturar el fotogrames, deforma tot el que apareix en el vídeo



En aquesta imatge es pot apreciar clarament l'efecte gelatina en el cartell "d'*Alexandra Place*".

7. Muntatge

Aquest apartat és on explicaré pas a pas el muntatge del dron. A la llarga he tingut diversos problemes que majoritàriament he pogut arreglar. Tots els dubtes que m'han anat sorgint han set difícils de resoldre ja que hi ha molt pocs professionals d'aquest sector, i la majoria ja compren els drons fets de fàbrica.

El material el vaig comprar tot per Internet. La majoria va ser comprat a HOBBY KING, i algunes altres peces a l'AMAZON. Comprar el material per separat sortia més a compte que comprar un kit a terceres persones. Els diners que haguessin anat per a aquestes terceres persones, ho he pogut invertir en millora de material.

L'opció de comprar el dron ja fet a una empresa no era una opció ja que després no tindria res a fer per al treball.

Com que era un principiant en tot aquest tema, m'he hagut d'informar de tot el material necessari jo sol, i a l'hora de fer comandes, sempre m'he acabat deixant algunes coses i n'he hagut de fer més, amb el plus de transport que comporta.

7.1. Estructura

La meva primera idea en l'estructura era muntar-la pel meu compte amb planxes de fusta, però ho vaig veure poc viable, ja que el dron acabaria pesant al voltant de 3 kg i seria difícil que ho pogués resistir.

Una altre idea era fer-ho amb planxes metàl·liques, però com que no tenia una experiència prèvia, em feia por que pogués sortir malament. Les planxes també són molt perilloses ja que les cantonades tallen molt i no volia posar-me en perill a mi o a terceres persones.

Al final vaig optar per comprar l'estructura per Internet. Resultava més senzill de muntar i més econòmic. Vaig agafar-ne una feta amb plàstic i fibra de carbó per l'interior, apte per a sis motors. També s'ha de dir que vaig tenir molta sort ja que quan la vaig comprar, a la botiga feien un cinquanta per cent de descompte i em va poder sortir molt més barat.

Muntar l'estructura va ser el primer que vaig fer, ja que no sabia com havia de començar i personalment és el que vaig trobar més fàcil de fer.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

Vaig començar per la part central de l'estructura, on hi va la gran majoria de material.



Posteriorment vaig posar-hi les potes, així em resultaria més fàcil prosseguir, ja que l'estructura s'aguanaria dreta per si sola.



Finalment vaig posar els braços on aniran les hèlices, els motors i el ESC.

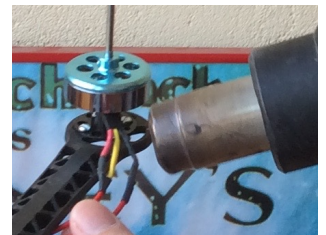
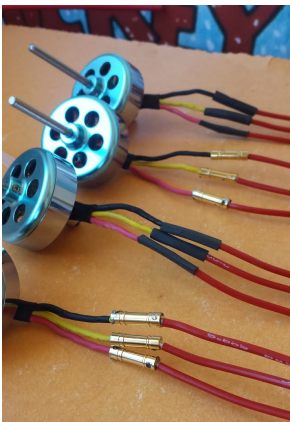


7.2. Motors i ESC

A l'hora d'enganxar els cables dels motors als ESC, vaig comprar uns *connectors anomenats "bananes"*¹¹ per a la meitat dels motors i dels ESC, així en cas que hi hagués algun problema, sempre podria anar intercanviant aquests tres motors. En canvi, els altres tres motors els vaig soldar directament amb estany, sense cap connector.

Per tenir tres dels sis motors que giressin en sentit contrari, els vaig haver de canviar els cables d'entrada i de sortida de corrent. Com que cada motor té tres cables i no sabia quins eren cadascun, em va anar molt bé aquests connectors, ja que m'era molt més fàcil intercanviar cables. En canvi, si no els hagués tingut, hagués hagut d'anar soldant i dessoldant fins a trobar la combinació perfecte.

Els cables que no tenien aquests connectors bananes, els vaig posar una *funda retràctil*¹² perquè no es fes un curtcircuit. Aquestes fundes les vaig haver d'escalfar per contraure-les i així que no es moguin, però ho vaig fer un cop estava tot muntat.



Motors soldats als ESC.

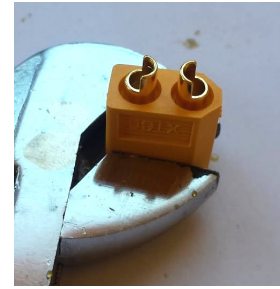
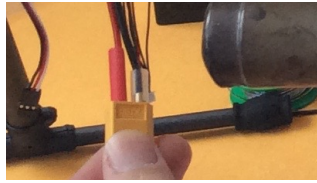
Els ESC, a part dels cables que van al motor, tenen una entrada de corrent i un altre cable que va directament a la placa, a la part dels outputs. Per donar energia a tots els ESC, vaig haver de comprar un cable espacial per a hexacopters que ajuntava tots els sis cables de corrent de cada ESC a la bateria.

¹¹ Connector de 4mm de diàmetre que serveix per a connectar dos cables.

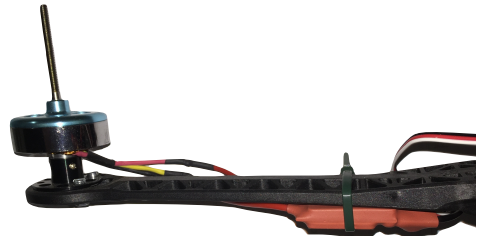
¹² Funda que es posa sobre les parts soldades dels cables per a que no es creïn curtcircuits. Mitjançant temperatures elevades, aquestes disminueixen el volum i queden enganxades.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

Com que els cables de corrent dels ESC tampoc venen amb connectors, vaig haver de comprar-ne uns especials i també els vaig haver de soldar i posar fundes retràctils.



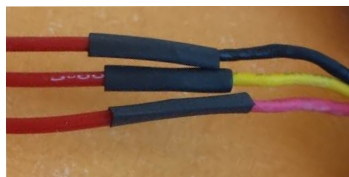
Un cop tot lligat, vaig posar un motor a cada braç* i vaig enganxar els ESC amb una brida cada un.



*Per lligar cada motor, vaig necessitar comprar, a més a més, cargols de 3 cm de llargada per 10 mm de diàmetre, amb les seves respectives femelles. Volanderes normals i *volanderes tipus grower*¹³.



Connectors banana.



Fundes retràctils.



Volanderes tipus grower.

¹³ Volanderes amb un petit tall, que impedeixen que la femella es descargola i causa de les altes vibracions.

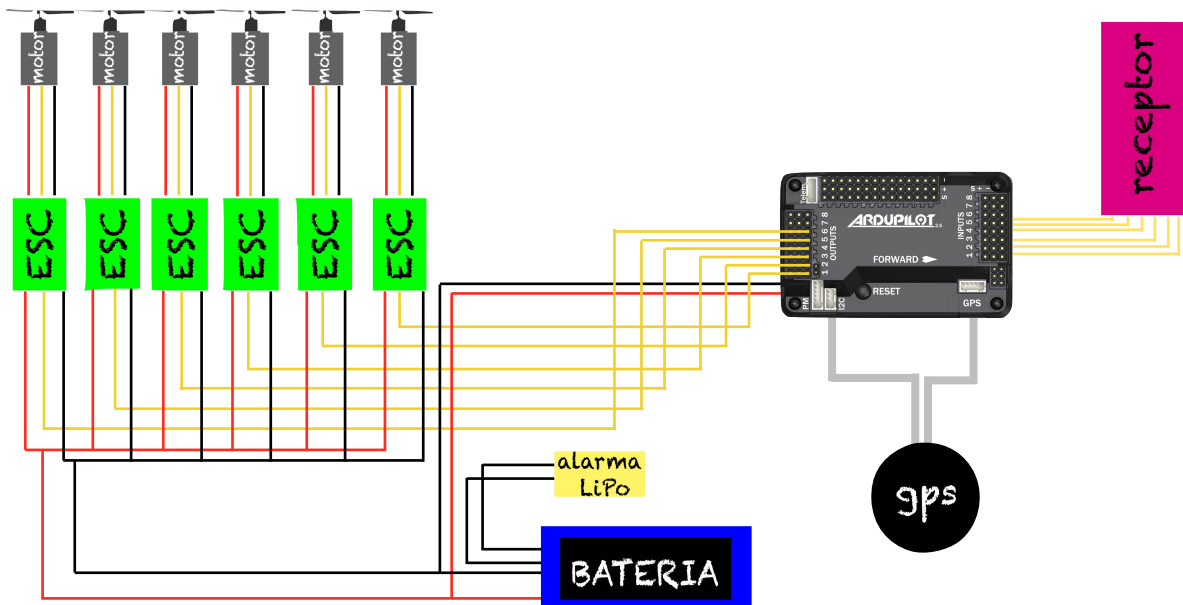
7.3. Connectar els cables i Controlador de vol (Placa base)

La placa és de la marca ArduPilot i és el model APM 2.6. El programa que li vaig instal·lar és diu APM Arduplanner 2.0.

Com que la placa que tinc jo és molt fràgil, vaig preferir configurar-la un cop estigués tot col·locat, així evitaria problemes perquè, comprar-ne una altre no era una opció, ja que era força cara i va tardar molt en arribar.

Tot seguit vaig haver de connectar tots els cables on tocaven i deixar-ho tot llest per a la configuració

La meua placa, es divideix en dos apartats: els INPUTS (entrades) i els OUTPUTS (sortides). Tota l'informació que hagi d'entrar a la placa, ho ha de fer a partir dels inputs, i tota la que hagi de sortir, ho ha de fer a partir dels outputs. Per això, tots els ESC van connectats als outputs, perquè la placa els hi ha de transferir l'informació de la velocitat que han d'anar variant. En canvi, el receptor del controlador va als inputs, ja que ha de donar l'informació a la placa de les ordres que donem des de terra.



Després vaig haver de deixar-ho tot perfecte per poder-ho començar a configurar.

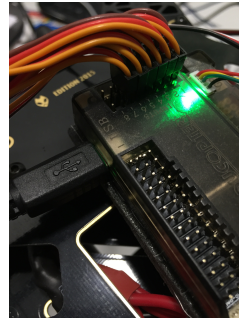
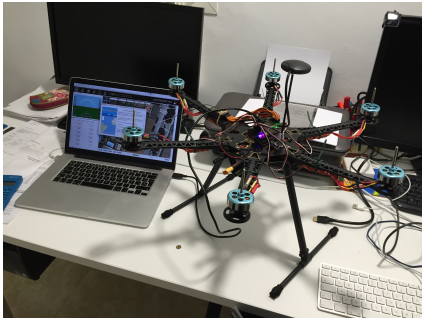
Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

7.4. Comandament i Emissora i configuració

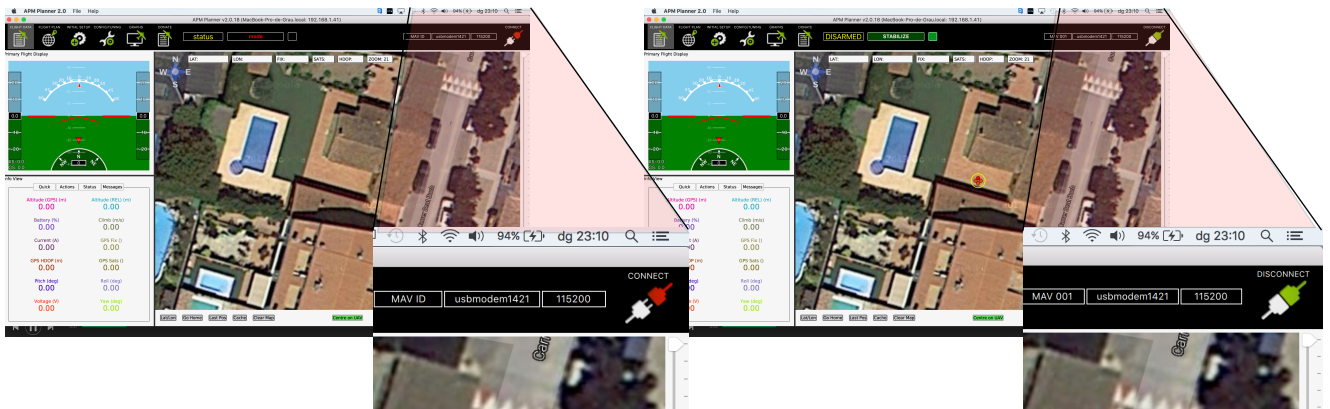
El primer que vaig fer va ser connectar el mòdul a l'emissora i el receptor a l'APM.

Després vaig procedir a configurar l'APM.

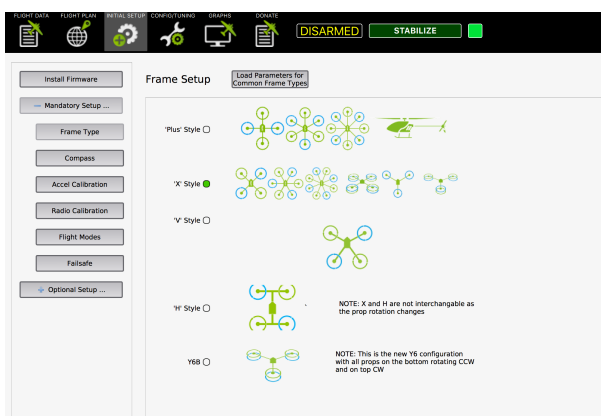
El primer pas va ser connectar l'APM a l'ordinador mitjançant un cables USB normal, com els que s'utilitzen per carregar la majoria de mòbils.



Un cop connectat a l'ordinador, vaig connectar el dron al programa.



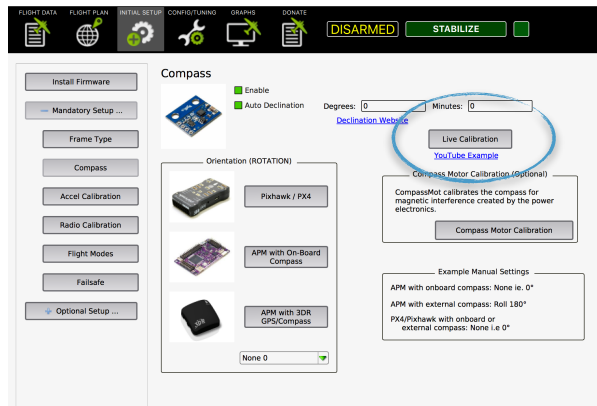
Quan ja estava llest, vaig procedir a configurar-lo.



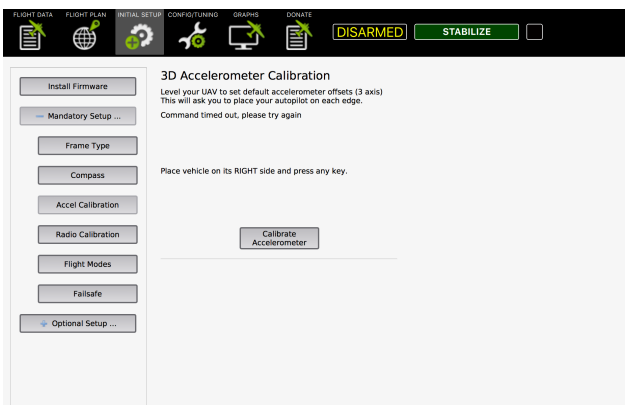
Vaig escollir el punt de "X" Style" ja que el dron és un hexacòpter amb una forma d'X.

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

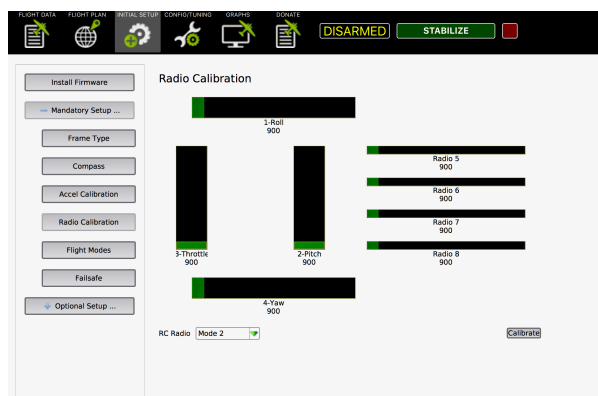
Aquí vaig haver de fer un "Live Calibration", que consisteix en donar voltes al dron sobre si mateix per poder deixar l'APM ben calibrat.



Per calibrar l'acceleròmetre, havia de posar el dron de cada costat, amunt i avall, i després prémer l'OK.



Aquest pas, no era per res més que controlar que l'emissora i el receptor anaven bé i poder calibrar el comandament



Per últim, havia de posar quin sistema de vol volia en cada mode. Jo ho vaig deixar tot tal i com estava ja que ja em semblava bé.



Un cop acabat, el dron ja estava llest per volar.

8. Conclusió

En els primers dies, quan havia de decidir quin seria el meu treball de recerca, varen ser molts els dubtes i els problemes que en sorgien, per la gran dificultat i complexitat del projecte, tanmateix, després d'una llarga reflexió i d'un compromís intern, vaig agafar el repte de fer un dron, encara que els meus coneixements sobre el tema fossin nuls.

He estat autodidacte en la temàtica dels drons, i en la recerca de la informació, aquesta metodologia m'ha obligat a preparar un calendari i uns terminis, que he seguit rigorosament per poder arribar en la data prevista. Tipus de dron, compra de materials, muntatge, configuració, ...

La conclusió final seria que jo he decidit, he planejat, he après, he cercat, he muntat, m'he animat, m'he desmoralitzat, he patit,... en definitiva, he crescut una mica més al costat d'aquest treball.

Els resultats crec que han set tots positius, ja que he pogut fer nous contactes, que crec que en un futur em podran fer servei si em segueix interessant aquest tema. He après a treballar d'una manera més autònoma i iniciativa i això crec que també és una meta molt important. L'esforç aplicat i la responsabilitat crec que també són uns altres punts assolits molt importants, ja que en part, m'han fet madurar.

En definitiva, aquest treball m'ha comportat moltes emocions que faran que d'aquí un temps, recordi aquesta recerca amb orgull i satisfacció.

9. Annexes

Comandes a Hobbyking

- Des de Hong Kong:

Material	Quantitat	Cost unitat	Cost total
Cable Servo 15cm mascle-mascle	1	1.90 \$	1.90 \$
Esmisora Turnigy 9XR PRO	1	69.99 \$	69.99 \$
Bateria Multistar Hight Capacity 4S 5200 mAh	1	34.83 \$	34.83 \$
ESC Turnigy Plush 30amp	6	13.15 \$	78.90 \$
Connector mascle- famella Nylon XT60	2	3.99 \$	7.98 \$
Famella Hex-nut (10unitats/pac)	1	1.10 \$	1.10 \$
Hèlice Thin Style E- Prop CW 11,5 (2 unitats/pac)	2	1.90 \$	3.80 \$
Hèlice Thin Style E- Prop CcW 11,5 (2 unitats/pac)	2	1.90 \$	3.80 \$
Cinta bateria Turnigy Battery Strap 2200mAh	2	1.69 \$	3.38 \$
Conectors banana (10 parells)	1	1.69 \$	1.69 \$
Distribuïdor d'energia HXT 4mm to Six XT60	1	3.86 \$	3.86 \$
Adaptador de bateria XT-60 to HTX 4mm (2 unitats/pac)	1	3.80 \$	3.80 \$
Cable Servo 30 cm (5 unitats/pac)	2	2.22 \$	4.44 \$
Motors hexTronik DT750 Brushless Outrunner 750kv	6	10.24 \$	61.44 \$
Estructura S550 Hexacopter Frame Kit Black	1	33.08 \$	33.08 \$
Transport	1	80.61 \$	80.61 \$
TOTAL			394.60\$
TOTAL EN EUROS			359,15 €

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

- Des de UK:

Material	Quantitat	Cost unitat	Cost total
Gimbal Tarot T-2D V2 GoPro 3 Brushless	1	98.03 \$	98.03 \$
Bateria Turnigy 9XR 11.1V 3S 2200mAh 1.5C	1	14.55 \$	14.55 \$
Emisor i receptor FrSky DJT 2.4Ghz	1	44.41 \$	44.41 \$
Hèlice 10X4.5 Turnigy Slow Fly Glow (2 unitats/pac)	2	3.46 \$	6.92 \$
Transport	1	13.19 \$	13.19 \$
TOTAL			177.10 \$
TOTAL EN EUROS			161,19 €

Comandes a l'Amazon:

Material	Quantitat	Cost unitat	Cost total
Hèlice Top Elecs 10x4.5 (4 parells)	1	10,79 €	10,79 €
Alarma LiPo	1	2,92 €	2,92 €
APM 2.6 + GPS Ublox NEO-6M	1	92,57 €	92,57 €
Carregador bateries Andoer Imax		20,46 €	20,46 €
TOTAL			126,74 €

10. Bibliografia

- VIQUIPÈDIA. Aerodinàmica, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Aerodin%C3%A0mica>
- MANUALVUELO. Principios basicos, <http://www.manualvuelo.com/PBV/PBV12.html>
- XATAKACIENCIA. ¿Quién fue el primero que llevo a cabo el primer vuelo tripulado? No fueron los Wright, <http://www.xatakaciencia.com/quien-es/quien-fue-el-primero-que-llevo-a-cabo-el-primero-vuelo-tripulado-no-fueron-los-wright>
- VIQUIPÈDIA. Avió, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Avi%C3%B3>
- ABCLOGS. Cuántos aviones vuelan cada día en el mundo, <http://abcblogs.abc.es/proxima-estacion/public/post/viajar-aviones-diarios-mundo-16911.asp/>
- WIKIPEDIA. Avión de caza, https://es.wikipedia.org/wiki/Avi%C3%B3n_de_caza
- VIQUIPÈDIA. Aeronau, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Aeronau>
- VIQUIPÈDIA. Leonardo da Vinci, https://ca.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci
- VIQUIPÈDIA. Vehicle aeri no tripulat, https://ca.wikipedia.org/wiki/Vehicle_aeri_no_tripulat
- DronCASERO. Construye tu dron, <http://dronecenter.blogspot.com.es/p/construye-tu-drone.html>
- DRONINGPAGE. Que partes componen un dron multirrotor, <https://droningpage.wordpress.com/2014/10/19/que-partes-componen-un-drone-multirrotor/>
- ARDUPILOT. Ardupilot: Apartados Generales, <http://ardupilot.com/>
- WIKIPEDIA. Hardware, <https://en.wikipedia.org/wiki/Hardware>
- VIQUIPÈDIA. Microprogremari, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Microprogramari>
- DEFINICIÓN.DE. Definición de FIRMWARE, <http://definicion.de/firmware/>
- VIQUIPÈDIA. Programari, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Programari>
- DronSDECARRERAS. Hélices ¿cual elijo?, <http://dronesdecarreras.com/gemfan-5030-6030-5045-diferencias-entre-las-diferentes-helices-para-mini-quads/>
- MANUALVUELO. Sistemas funcionales, <http://www.manualvuelo.com/SIF/SIF32.html>
- MCMI. Motores brushless o trifásicos, <http://www.icmm.csic.es/jaalonso/velec/motor/brushless.htm>
- WIKIPEDIA. Caja reductora, https://es.wikipedia.org/wiki/Caja_reductora
- AUTO10. ¿Qué es la reductora?, <http://www.auto10.com/reportajes/que-es-la-reductora/429>
- HACKPLEYERS. ¿Cuál es la normativa actual para volar drones en España?, <http://www.hackplayers.com/2015/07/cual-es-la-normativa-actual-para-volar.html>

Construcció d'un vehicle aeri no tripulat.

SEGURIDADAEREA. Certificado de aeronavegabilidad, http://www.seguridadaerea.gob.es/lang_castellano/aeronaves/aeronaveg_inicial/cert_aeronav/default.aspx

AGENCIA ESTATAL BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO [ES]. Documento BOE-A-2014-6856, https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-6856

VIQUIPÈDIA. Anemòmetre, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Anem%C3%B2metre>

VIQUIPÈDIA. Bipla, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Bipl%C3%A0>

VIQUIPÈDIA. Fuselatge, <https://ca.wikipedia.org/wiki/Fuselatge>

VIQUIPÈDIA. Míssil aire-aire, https://ca.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADssil_aire-aire

VIQUIPÈDIA. Míssil terra-aire, https://ca.wikipedia.org/wiki/M%C3%ADssil_terra-aire