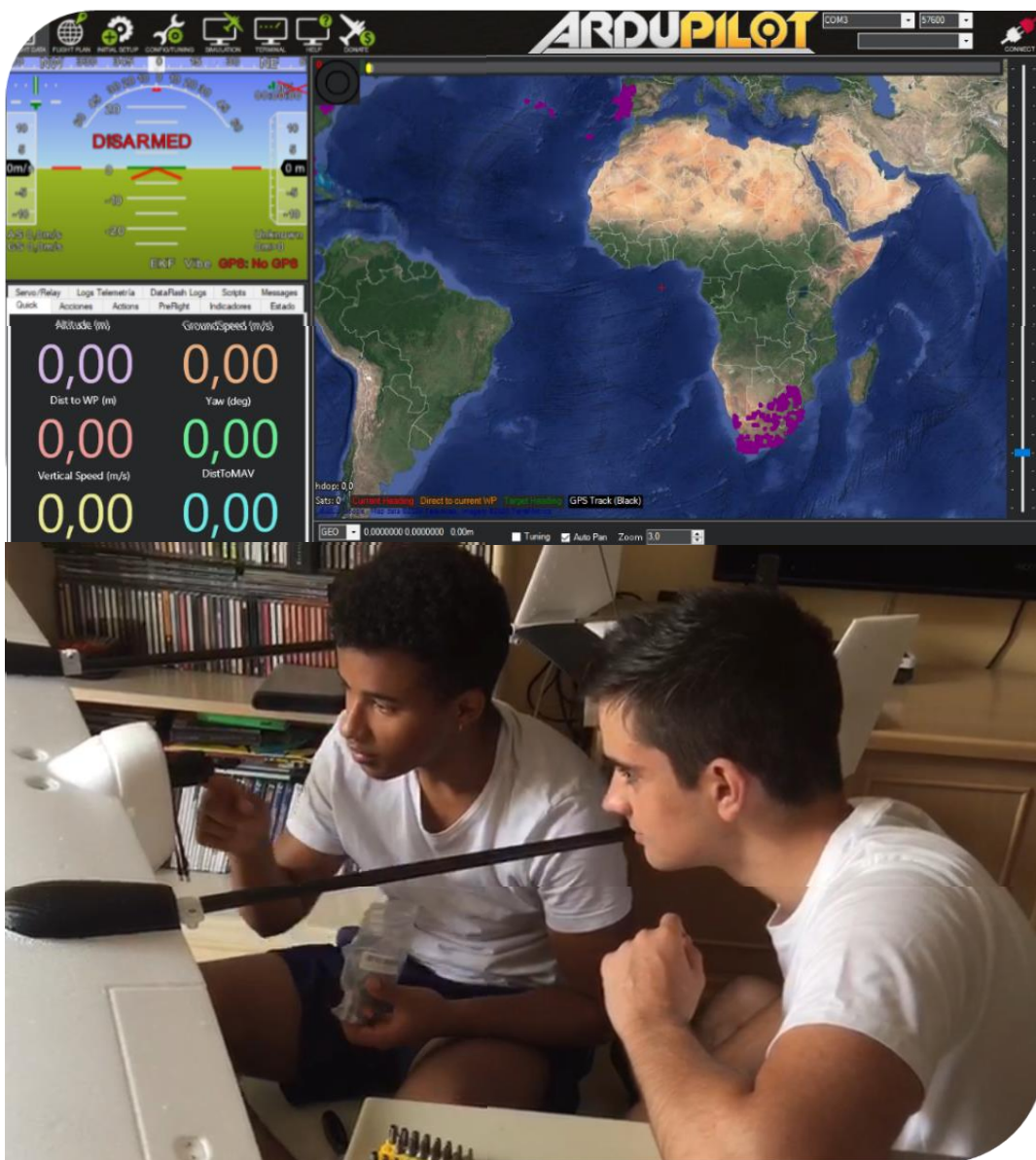


Annex

Configuració electrònica i prevol



Índex

1. INTRODUCCIÓ	2
2. CONFIGURACIÓ DEL DRON	3
2.1 Preconfiguració.....	3
2.2 Instal·lació del firmware per l'APM 2.8	4
2.3 Calibratge acceleròmetre	5
2.4 Instal·lació del <i>power module</i>	5
2.5 Instal·lació de la telemetria	6
2.6 Instal·lació i configuració del sistema RC	6
2.6.1 Aparellament entre la emissora i receptor	6
2.6.2 Configuració de la emissora	7
2.6.3 Connexió i calibratge del receptor amb la placa APM 2.8.....	8
2.6.4 Configuració del commutador dels modes de vol.....	9
2.7 Instal·lació dels <i>servos</i> i el motor	9
2.7.1 Instal·lació dels <i>servos</i>	9
2.7.1.1 Control aerodinàmic	9
2.7.1.2 Apertura de comportes.....	9
2.7.2 Instal·lació del motor.....	10
2.8 Calibratge <i>GPS</i> i Brúixola	10
2.9 Calibratge dels sensors del <i>power module</i>	12
2.10 Sensor de velocitat.....	13
2.11 Sistema d'il·luminació	14
2.12 Sistemes addicionals	15
3. CÀRREGA I DESCÀRREGA DE LES BATERIES.....	16
3.1 Carregament de bateries	17
3.2 Emmagatzemament de bateries	18
4. CONFIGURACIÓ DE LA BASE I FPV	19
4.1 Configuració <i>FPV</i> al dron	19
4.2 Configuració <i>FPV</i> a la base.....	20
5. INTERFICIE I FUNCIONS DE MISSION PLANNER.....	21
5.1 Interfície del programa durant el vol.....	21
5.2 Modes de vol	22
5.3 Planificació d'un vol (" <i>AUTO</i> ")	22
6. ENLAIRAMENT	25
6.1 Primer vol	25
6.2 Protocol d'enlairament	26

1. INTRODUCCIÓ

En aquest apèndix s'explicarà com vam connectar tot el hardware del nostre prototip, les diferents configuracions i modificacions del software que vam introduir a tot el i el protocol que hem de seguir a l'hora d'enlairar-lo. Tanmateix, si volem configurar tot el nostre dron, és indispensable un ordinador¹ amb un sistema operatiu amb Windows. Aquest és l'únic sistema operatiu que pot funcionar, actualment, amb el programa *Mission Planner*. Amb aquest programa explicarem com es configura l'APM 2.8, tots els sensors, el motor (ESC), els servos, l'Arduino i els sistemes de comunicació per radiofreqüència. Per aquesta raó, recomanem llegir primer l'apartat de hardware al document principal per entendre tots els conceptes que parlem. Com veiem és un apartat bastant extens i tècnic, tot i això és essencial per entendre com funciona el dron. Al llarg del document afegirem una gran quantitat de funcions que poden ser modificades depenent de les necessitats de l'usuari. Tanmateix recomanem especialment aplicar tots els paràmetres de seguretat que hi ha al nostre dron per evitar que causi cap problema.

La raó per la qual l'hem separat del document oficial és perquè la seva funció és semblant a un *FCOM* (*Flight Crew Operating Manual*). Us és útil per configurar l'avió a l'inici però també per solucionar els diferents problemes que poden haver a l'hora d'enlairar-lo. Les diferents configuracions i connexions que analitzarem junt amb l'apartat 6.2 us permetran solucionar eficaçment el problema i garantir l'èxit d'una missió. Us recomanem que imprimeu tot el document i pugueu utilitzar-lo per cada enlairament. En cas de tenir un problema amb un determinat element podreu identificar-lo i solucionar-lo mitjançant aquest més ràpidament, ja que es troba tota la informació electrònica de l'avió.

¹ Recomanem que sigui un portàtil perquè pugui ser utilitzat com a base a l'hora d'enlairar el dron.

2. CONFIGURACIÓ DEL DRON

En aquest apartat parlarem de totes les modificacions que hem introduït als dispositius que n'hi ha al nostre dron (amb una relació directa o indirecta amb l'APM). Indicarem les característiques que ens han semblat més útils pel que volem fer i el procediment de què heu de fer per dur-les a terme. Recomanem seguir-ho de forma seqüencial per entendre tots els passos. A més a més, si durant la construcció del dron es presenta algun problema, d'aquesta manera serà més fàcil de detectar-lo i solucionar-lo. Si voleu trobar més informació sobre algun aspecte en concret, recomanem visitar les pàgines web ardupilot.org/planner i ardupilot.org/plane/ o consultar la informació del producte donada pel fabricant.

2.1 Preconfiguració

Abans de començar amb la configuració de l'APM 2.8 el que heu de fer és instal·lar el programa de *Mission Planner* (que formarà part de la base). Aquest està disponible únicament per la plataforma Windows. Es pot descarregar a través des de la pàgina d'*Ardupilot*,

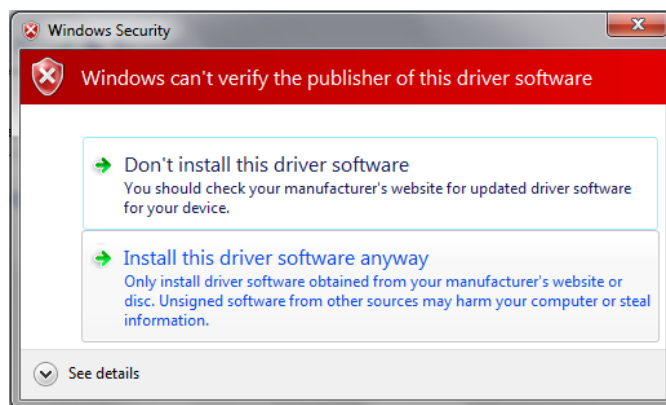


Figura 1: Finestra d'instal·lació dels drivers

prèviament mencionat, o es pot descarregar directament a través d'un altre enllaç².

Quan estigui totalment descarregat obriu l'arxiu ".msi". Ara recomanem seguir les instruccions del *software* per completar el procés de configuració correctament. El programa instal·larà automàticament els controladors de programari necessaris. En cas que no reconegui el *driver*³, com es veu a la figura 1, heu d'instal·lar-los de totes maneres per evitar que després hi hagi problemes per comunicar-se amb la

placa APM 2.8. Quan s'hagi acabat la instal·lació obrim el programa de *Mission Planner*. En obrir-lo s'hauria de veure el que s'observa a la figura 2 (tot i que primer s'obre una finestra prèvia per preparar i iniciar el programa).

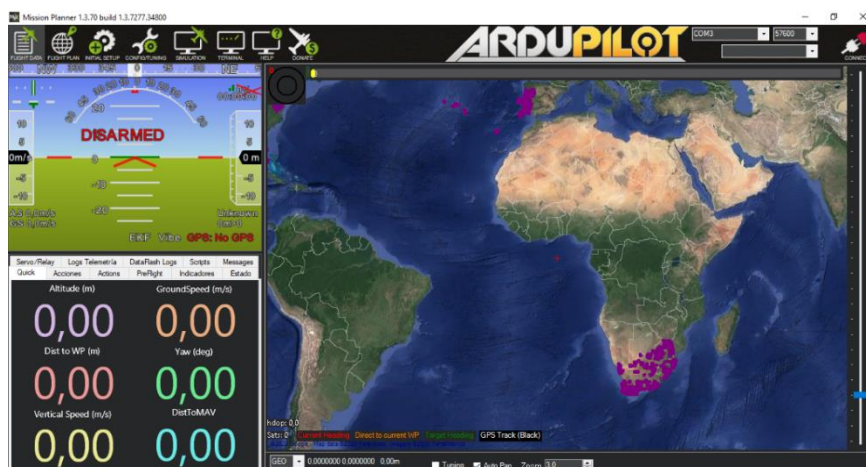


Figura 2: Pàgina inicial del programa

² El enllaç és el següent: <https://firmware.ardupilot.org/Tools/MissionPlanner/MissionPlanner-latest.msi>

³ És un programa que actua com a interfície entre una aplicació i el *hardware*.

2.2 Instal·lació del firmware per l'APM 2.8

Per poder configurar l'APM 2.8 fa falta instal·lar el *firmware* que utilitzarà la placa per volar el dron i comunicar-se amb la base. És a dir, tot i que alimentem la placa i connectem tots els dispositius, no realitzarà cap funció perquè no té cap programa que li mani què fer. Per

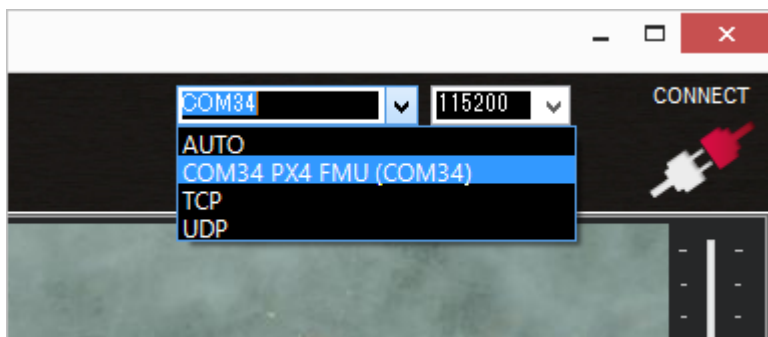


Figura 3: Establiment del canal de comunicació

començar amb el procés heu d'obrir el programa de *Mission planner*. A continuació, agafeu un cable d'USB a micro USB i connectar la placa amb l'ordinador.

Ara heu de dir a l'ordinador com ha de comunicar-se amb la placa. Com marca la figura 3, heu de seleccionar l'opció de "COM (el número és indiferent)", i de *baud rate*⁴ (l'opció que surt

al costat) seleccioneu "115200". Ara heu d'anar, de les diferents opcions que us ofereix el programa, a "INITIAL SETUP" com es pot veure a la figura 4. Però abans d'iniciar el procés, heu de descarregar el *firmware* que instal·larem a la placa.

Per fer-ho heu d'anar al següent enllaç⁵ i us apareixeran una sèrie de números i lletres. Per transformar això en un programa primer heu de copiar tot el contingut (utilitzant "ctrl+E")⁶. Després heu d'obrir el bloc de notes de Windows i pegar-ho. A l'hora de guardar-ho heu de denominar-lo com a ".hex" (un tipus d'arxiu). A continuació torneu al *Mission Planner* i com veiem a la figura 4, doneu-li a "Load custom Software". Seleccioneu l'arxiu i li doneu a acceptar. Automàticament s'hauria de començar a pujar el programa. Si hi ha qualsevol problema a l'hora de pujar-lo, pot ser que el cable que utilitzeu no transmeti dades i únicament alimenti la placa. Normalment els cables que venen amb els mòbils transmeten dades. Tot i això, per saber si transmet o no heu de connectar un mòbil amb aquest tipus d'entrada a l'ordinador. Si l'ordinador el reconeix i podeu veure els seus arxius és d'aquest tipus. Per saber si s'ha pujat correctament el programa, heu de donar-li a "CONNECT" a la dreta, amb això estariu en contacte amb la placa per cable. Si hi ha qualsevol altre problema connectant visiteu aquest enllaç⁷.

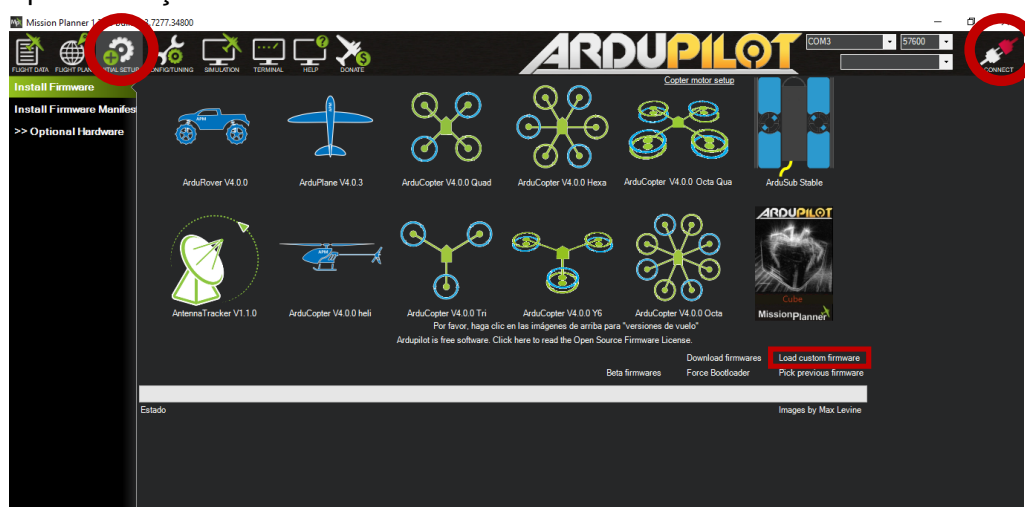


Figura 4: Pàgina de la configuració inicial

⁴ Freqüència de comunicació entre els dos dispositius.

⁵ El enllaç és el següent: <https://firmware.ardupilot.org/Plane/stable-3.4.0/APM2/>

⁶ Us heu d'assegurar que està tot copiat, perquè si falta una part pot arribar a inutilitzar la placa.

⁷ El enllaç és el següent: <https://ardupilot.org/planner/docs/common-connect-mission-planner-autopilot.html>

2.3 Calibratge acceleròmetre

Abans de tot recomanem fer aquest calibratge per facilitar el procediment (ja que amb el xassís es complica). Abans de tot heu de tenir la placa connectada amb el *Mission Planner*. Quan ho

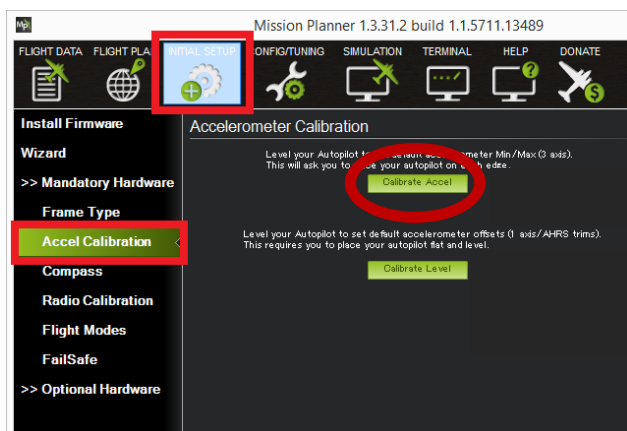


Figura 5: Pàgina de calibratge de l'acceleròmetre

tingueu fet, heu d'anar a la pestanya "INITIAL SETUP" (com es veu a la figura 5). Després aneu a "Accel Calibration" i li doneu on es troba el cercle vermell a la figura 5.

Amb això començareu el procés de calibratge. Heu d'estar segurs que la superfície és plana i no està inclinada (es pot veure amb un dispositiu mòbil). Amb això heu de posar la placa (entenent com a la part davantera la que marca la fletxa de l'APM 2.8) segons el que ens demani el programa. Quan estigui en la posició, us assegureu que no es mogui i li doneu a l'"Enter". A la figura 6 es veuen les

posicions amb les quals heu de posar el dron. En acabar, la placa ja quedaria calibrada. Si aneu a la pàgina principal, veureu com està anivellat. Movent la placa es mourà l'horitzó artificial.



Figura 6: Posicions del dron per calibrar-ho

2.4 Instal·lació del power module

Fins ara heu estat alimentant l'APM 2.8 des de l'ordinador. Tot i això a partir d'ara alimentarem la placa des de la bateria. Per fer-ho heu d'alimentar-la amb un *power module*. Aquest procés és bastant senzill. Abans de tot situeu la bateria dintre del dron, per tal que no es pugui moure (unint-lo amb cintes de veta adherent a la base de fusta). Més tard, la uniu amb el *power module*, amb el cable que alimentarà l'APM 2.8 ja connectat.

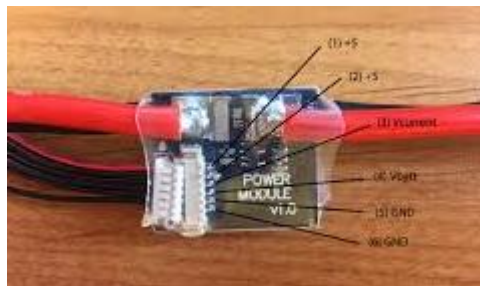


Figura 6: El power module que vam utilitzar

Ara enganxeu la placa amb la fletxa marcant la part davantera a la base de fusta dintre de la cabina (mentonada a l'apartat de construcció). Després, uniu el connector a l'APM 2.8. Si el procediment s'ha realitzat correctament la placa hauria d'encendre els llums, mostrant que funciona correctament. Amb això fet, situeu el *power module* a un dels costats de la cabina del dron per aprofitar més l'espai. Més tard,

veureu com fer el calibratge de la mesura del voltatge i de l'amperatge per conèixer en quin estat es troba la bateria.

2.5 Instal·lació de la telemetria

Ara ja tenim l'APM 2.8 alimentada de forma independent a l'ordinador i heu d'establir la connexió sense fil entre l'ordinador i la placa. Abans de tot heu d'agafar el mòdul que estava al dron, treure-li la carcassa i fer una ranura a l'ala dreta per ficar-lo (per evitar interferències).



Figura 7: Port de la telemetria

Amb això heu de calcular més o menys la distància de cable que fa falta fins a la placa per connectar-lo i tallar-lo. Seguidament heu de dividir el cable original per la meitat i allargar-lo soldant els cables prèviament mencionats (s'ha de tenir molt en compte de no soldar cables diferents). Els connecteu a la placa (pel forat de la cabina al costat de l'ala) amb l'antena posada. Si s'encén un llum verd al mòdul, tot funcionaria perfectament. Per una altra banda, si hi ha excés de cable, agafeu una brida per recollir-los. A l'hora de posar-la deixeu un cert marge de moviment per no trencar-los.

A continuació heu de configurar *Mission Planner* perquè es connecti. Primer agafeu l'altre mòdul (amb l'USB) i el connecteu a l'ordinador. Heu de fer un procés semblant a l'inici per quin canal ha d'escollir per comunicar-se. Escolliu un altre cop el port COM, però de "baud rate" agafeu l'opció de "57600". Li doneu a connectar i si tot s'ha realitzat correctament, s'hauria d'establir l'associació entre els dos dispositius de manera automàtica.

2.6 Instal·lació i configuració del sistema RC

2.6.1 Aparellament entre la emissora i receptor

Abans de tot, heu d'enllaçar l'emissora i el receptor. Tot i que a la majoria de vegades ja està fet de fàbrica, ara us mostrarem breument com connectar-los. Primer agafeu el cable especial que ens ve d'*stock* en comprar-lo i el connecteu en vertical al pin que posa "B/VCC" (figura 12). Després alimenteu el receptor connectant-lo amb la placa APM encesa com es veu a la figura 12. Amb això hauria d'encendre's un led vermell que parpelleja.

Ara heu de posar l'emissora en el mateix mode. Primerament enceneu l'emissora (alimentada per 4 bateries AA) prement el botó que es veu a la figura 8. Si us surt un avís és perquè no teniu tots els botons o la palanca del motor en la posició inicial (tots els *switchs* han d'estar en la posició més alta i la palanca del motor a baix). Després us apareixerà el missatge que es veu al LCD. Si s'han unit correctament, us hauria d'aparèixer el que es veu a la figura 9. Una vegada fet heu de treure el cable al receptor.



Figura 8: Botó que heu de prémer per enllaçar-los

Figura 9: Estat de la bateria a l'emissor i receptor

2.6.2 Configuració de la emissora

En aquest apartat us mostrarem com assignar les diferents funcions i sistemes de seguretat a la emissora que nosaltres vam implantar. Primerament heu de configurar el nom. Per fer-ho manteniu pulsats el botó “OK” uns segons. Us apareixerà una altra pantalla i li doneu a “System”. Aquí podeu configurar el nom que apareix a la pantalla inicial (cal remarcar que al nostre model per guardar les modificacions fa falta prémer el botó de “CANCEL” uns segons).



Figura 10: Els dos botons que vam assignar als canals auxiliars

Ara configurareu els canals, que en total té 6. Per fer-ho, en la mateixa secció de configuració heu de buscar l'opció de “Stick mode” i seleccioneu la segona opció (1r canal pel moviment de balanceig, 2n canal pel moviment de capcineig, 3r canal pel control del motor). Seguidament configureu els canals auxiliars. Per fer-ho heu d'anar a l'altra opció de configuració que és “setup” i

seleccionem l'opció “Aux. channels”. Ara heu d'escollir els dos botons que es veuen a la figura 10. Un serà per escollir el mode de vol i l'altre per obrir la comporta de forma manual.

Després de configurar els canals heu de posar una opció de seguretat. En el mateix apartat de configuració busqueu “throttle hold”. En sortir la pantalla heu d'activar el mode i posar el valor a 0% (és important perquè si no ho feu posarà el motor al percentatge que marqui). Per veure si ho heu fet correctament heu de canviar de posició el switch “SWD” i veure si posa “engaged” al LCD.

Finalment us heu d'assegurar que funciona l’AFHDS i el “PPM OUTPUT” està encès (per poder connectar l'emissora a l'ordinador i poder fer simulacions de vols). Heu d'anar a “System” i buscar “RX Setup”. Després heu de buscar “AFHDS 2A” i assegurar-vos que està encès i el mateix amb l'opció de “PPM OUTPUT”.



Figura 11: Pantalla de configuració de l'AFHDS

2.6.3 Connexió i calibratge del receptor amb la placa **APM 2.8**

Primerament heu de vincular el receptor amb la placa. Per fer-ho heu de connectar els sis canals del receptor amb els seus 6 pins de l'APM 2.8 i en el sentit correcte a l'INPUT com es pot veure a la figura 12. Amb això ara podeu passar al calibratge. Aquest procés implica capturar els valors mínims i màxims de cada canal d'entrada RC per tal que *Ardupilot* pugui interpretar correctament l'entrada PWM.

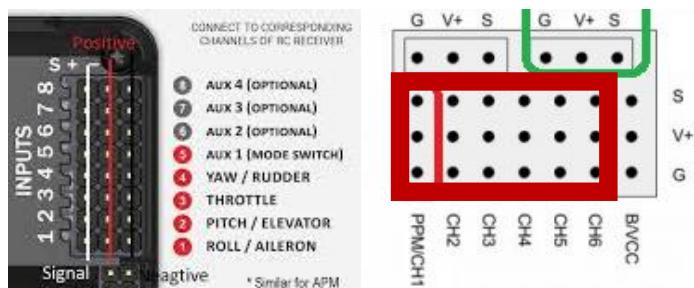


Figura 12: En quina posició s'han de connectar els cables, a la dreta es veu l'APM i a l'esquerra el receptor

Per fer-ho heu d'alimentar la placa amb la bateria i la heu de connectar al *Mission Planner*. Obriu l'opció "INITIAL CONFIGURATION" / "Mandatory Hardware" / "Radio Calibration". A la pàgina haurien d'aparèixer algunes barres verdes com es veu a la figura 13, mostrant

que l'*Ardupilot* està rebent entrada de l'emissora mitjançant el receptor. Si no apareixen les barres, comproveu que està tot ben connectat i l'emissora està enllaçada al receptor.

Primerament seleccioneu l'opció de calibratge de ràdio. Seguidament heu de moure en tots els seus extrems: els *switchs* que heu assignat als canals auxiliars i les palanques de moviment. El límit mínim i màxim us és definit per les línies vermelles que es veuen a la figura 13. Una vegada fet heu de posar totes les palanques a la seva posició intermèdia i seleccioneu l'opció que està marcada a la figura 13. Amb això hauria acabat el procés de calibratge.

En cas que es perdi la connexió durant el vol està l'opció anomenada "*Failsafe*". El que farà és fer una determinada funció quan hi hagi una pèrdua de senyal. Encara que l'opció predeterminada us és bastant útil recomanem anar al següent enllaç perquè analitzeu totes les opcions segons les vostres necessitats.



Figura 13: Procés de calibratge

2.6.4 Configuració del commutador dels modes de vol

Podeu configurar els modes de vol disponibles al transmissor seguint les opcions següents. Primer heu d'encendre la emissora. Connecteu l'APM al *Mission Planner*. Més tard, aneu a "Initial Setup" / "Mandatory Hardware" / "Flight Modes". Veureu sis opcions de vol. A mesura que aneu movent el *switch* el ressaltat en verd anirà canviant d'opció. D'aquelles que apareixen en verd seleccioneu els modes de vol depenent les vostres necessitats. Per fer-ho obriu el menú desplegable de cada línia per seleccionar el mode de vol per a la posició determinada. En acabar, premeu el botó "Save Modes".

2.7 Instal·lació dels servos i el motor

En aquest apartat us mostrarem com connectem i configurem els servos i el motor (junt amb l'ESC). Els heu de connectar als ports de l'APM 2.8 que venen identificats com "OUTPUT".

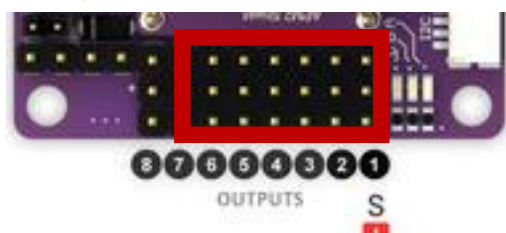


Figura 14: Els diferents pins que s'utilitzen a l'"OUTPUT"

Cadascun dels números té una funció específica, que majoritàriament no és intercanviable, però la seva funció principal és enviar un senyal. A la figura 14 es veuen els diferents pins que utilitzareu en aquest apartat.

2.7.1 Instal·lació dels servos

2.7.1.1 Control aerodinàmic

Primer heu d'instal·lar els dos motors que s'encarreguen del moviment de l'eix de balanceig.



Figura 15: El servo que vam utilitzar

Simplement el que heu de fer és unir els dos cables en un (soldant-los tenint en compte la polaritat i el senyal i aïllant els contactes) i connectar-lo al pin 1 en vertical. Com que els dos estan col·locats en mirall, el moviment dels dos és invers sense haver de modificar cap paràmetre. Heu de tenir en compte la polaritat del connector, el marró és el pol negatiu i el groc el senyal.

Per una altra banda, l'eix de capcineig ve controlat pel servo a la cua. Únicament heu de connectar l'extensió del servo des de la cua fins a la cabina al pin 2.

2.7.1.2 Apertura de comportes

Per l'apertura de comportes heu de fer una cosa molt semblant als servos que controlen el moviment de balanceig. Simplement el que hem de fer és unir els dos cables en un (soldant-los tenint en compte la polaritat i el senyal i aïllant els contactes) i connectar-lo al pin 6 en vertical (si voleu que es llenci des del programa de *Mission Planner*) o en manual (des de l'emissora) connectant-lo a la sortida del canal 6 del receptor. Puix que els dos estan col·locats en mirall a la cambra d'emmagatzematge, el moviment dels dos és invers sense haver de modificar cap paràmetre.

2.7.2 Instal·lació del motor

Primer heu de fer el calibratge de l'ESC per instal·lar i configurar el motor. Encara que ofereix un calibratge automàtic es necessita fer aquest pas una vegada per permetre a l'ESC



Figura 16: L'ESC que vam utilitzar

“aprendre i memoritzar” els senyals de sortida de l'accelerador del transmissor. Per tant, només es repeteixen si canvieu l'emissora.

Per iniciar el procés heu de connectar el motor amb els tres cables que té a l'ESC (dos han d'estar connectats inversament per canviar el sentit de gir, ja que és un motor *pusher*). Ara connecteu els tres cables que estant units al 3r canal del receptor (únicament necessiteu posar-ho en aquest durant el calibratge). Enceneu l'emissora i pugeu la palanca d'aquest canal al màxim. Seguidament heu

d'alimentar l'ESC amb el *power module* mitjançant el cable XT60 de sortida que té. En connectar-ho, endol·leu la bateria a tot el sistema. Espereu uns 2 segons i el motor sonarà dues vegades. A continuació, heu de posar la palanca en la posició mínima. Seguidament el motor també sonarà, cosa que indica que el seu ESC ha rebut l'interval del senyal del transmissor. Amb això el procés s'hauria finalitzat i l'ESC estaria preparat per al seu funcionament. Veureu que seguidament farà 4 sons, en consonància a les 4 cel·les de la bateria. Encara podeu fer uns canvis en la configuració de l'ESC, tot i que al nostre cas no ens feien falta. Podeu trobar més informació al document d'especificacions del producte a Internet.

Ara connectaríeu el cable que estava al canal 3 al pin 3 de l'“OUTPUT” de l'APM 2.8 per fer funcionar el motor correctament i amb els sistemes de seguretat d'*ArduPilot*. El motor no funcionarà fins que el sistema activat (*armed*). Per fer-ho heu de complir una sèrie de requisits que s'explicaran a l'apartat 4, tanmateix al punt 2.9 expliquem com evitar aquest pas (tot i que no recomanem fer-ho a l'hora de volar-lo). A més a més, encomanem no posar les hèlixs fins que voleu el dron o necessiteu fer alguna prova per evitar qualsevol problema.

Per una altra banda recomanem veure l'eficiència entre el motor, hèlix i ESC del sistema per analitzar quina seria la millor opció entre les condicions que escolliu. Recomanem el següent enllaç⁸ per analitzar-ho.

2.8 Calibratge GPS i Brúixola

Per iniciar aquest procés primer heu de vincular el mòdul GPS i brúixola amb la placa. Únicament heu de connectar els dos cables del mòdul amb l'APM 2.8 a les dues entrades

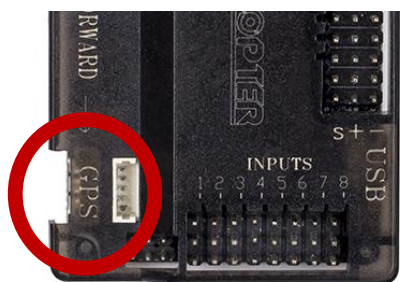


Figura 17: El dos ports on heu de connectar el mòdul

marcades a la figura 17. El GPS realitza el calibratge cada vegada que l'enceneu per situar-se de manera global (depenent de les condicions pot tardar d'uns pocs segons fins a 10 minuts). Tanmateix la brúixola necessita que ho feu de manera manual.

Primerament és important estar allunyat dels següents objectes amb la seva corresponent distància marcada:

1. 15 cm mínim de: bolígrafs, ulleres d'estructura metàl·lica, rellotges, navalles, cremalleres o botons metàl·lics, prismàtics, telèfons mòbils, claus i càmeres.

⁸ El enllaç és el següent: <http://www.drivecalc.de/>

2. 50 cm mínim de: clips, ordinadors, antenes GPS, antenes de ràdio i fundes de mòbil amb tancament magnètic.
3. 2 m mínim de: bicicletes, boques d'incendis, senyals de carretera, tapes de clavegueram, pals d'acer, imants i tanques de metall.
4. 5 m mínim de: caixes elèctriques, cotxes o petits camions, línies elèctriques, edificis amb formigó i acer.
5. 10 m mínim de: camions grans, construccions metàl·liques i maquinària pesant.

Una vegada fet podeu començar amb el procés. En aquest les dues brúixoles intentaran captar les línies del camp magnètic de la terra amb les seves respectives posicions. Recomanem fer-ho pel mètode “Onboard Calibration”, ja que és més precís i efectiu. Primerament heu d'anar a “INITIAL SETUP” / “Mandatory Hardware” / “Compass” com es veu a la figura 18.

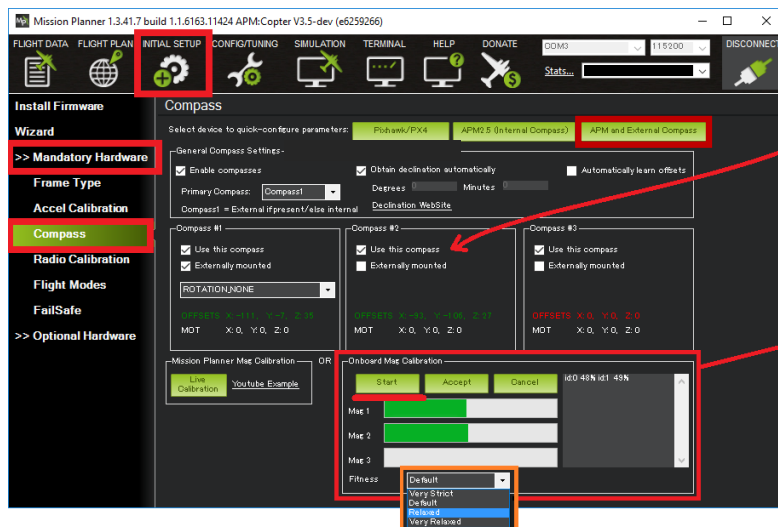


Figura 18: Pantalla de calibratge de la brúixola

Seguidament, seleccioneu l'opció “APM and External Compass” de les que trobem al principi, ja que disposeu d'una brúixola interna (a la placa) i externa (al mòdul).

Una vegada fet li doneu a “Start” a l'opció d’“Onboard Calibration”. En fer-ho s'iniciarà el procés de calibratge. Heu de mantenir el vehicle a l'aire i girar-lo de manera que cada costat (frontal, darrere, esquerre, dret, superior i inferior com es veu a la figura 6) apunti cap a la terra durant uns segons. Recomanem fer un gir complet de 360 graus en cada

moviment. A mesura que gireu el vehicle, les barres verdes s'han d'estendre més i més a la dreta fins que finalitzi el calibratge. Probablement necessitareu fer-ho 6 cops per agafar totes les mesures correctament i omplir totes les barres. Un cop finalitzat amb èxit, s'emetrà tres tons ascendents i us apareixerà una finestra amb “Please reboot the autopilot” i haureu de reiniciar el dispositiu abans de poder volar el vehicle. Una vegada fet, no és necessari fer el calibratge de nou la brúixola quan el vehicle és volat en un lloc nou perquè l'Ardupilot inclou un “model magnètic mundial” que permet convertir el nord magnètic de la ubicació en un nord real sense calcular-lo (utilitzant l'opció “Obtenir declinació automàticament”). A més a més, la “inclinació” dels pols respecte la ubicació es fa a la posada en marxa i de nou després de l'enlairament. Per tant, només hauríem de refer el calibratge si es moguéssim l'APM 2.8 respecte de la brúixola o a la inversa.

Per una altra banda, si no aconseguíu realitzar el calibratge, primerament heu de revisar si esteu a prop d'algun dels elements prèviament mencionats que poden generar interferència. Per una altra banda, si segueix succeint el mateix, heu d'anar al menú desplegable “Fitness” i escollir l'opció “Relaxed” (no s'aconsegueix tanta precisió però permet tenir més marge d'error a l'hora de realitzar el calibratge) i torneu a provar. Si el calibratge de la brúixola encara falla, podeu augmentar el rang a “COMPASS_OFFSETS_MAX” de 850 a 2000 o fins i tot a 3000 a l'apartat de “CONFIG/TUNNING”. Finalment, si després d'intentar totes aquestes opcions cap funciona, proveu de desactivar una de les dos brúixoles, ja que pot estar defectuosa. La podeu desactivar en aquest menú i obtenir els valors amb l'altra. Tot i això, si segueix sense funcionar, podeu provar la “Live Calibration”, tot i que no la recomanem per la menor fiabilitat que ofereix aquest mètode.

2.9 Calibratge dels sensors del *power module*

Es pot fer servir un *power module* per mesurar el voltatge i el corrent de la bateria. Tanmateix primer heu de fer el calibratge per obtenir un valor real. Al nostre cas vam utilitzar un mesurador de voltatge i amperatge com el que surt a la figura 19⁹ per fer-ho. A aquest vam soldar una entrada i sortida XT60 (tenint en compte la polaritat i el punt on connectem la bateria). Quan ho tingueu fet heu de connectar-lo entre la bateria i el *power module* i ens donarà la informació que necessitàvem. Tanmateix per poder fer el calibratge realment bé l'amperatge l'heu de situar el valor per sobre dels 10 A. I per fer-ho l'única forma d'arribar a aquest valor és amb el motor encès amb les hèlixs (sense aquestes el valor és com a màxim de 2 A).



Figura 19: Aparell que vam utilitzar per mesurar el voltatge i l'amperatge

Però, com explicàvem prèviament, per poder-lo utilitzar feien falta una sèrie de requisits pel que el sistema s'activés. Primerament connecteu l'APM 2.8 amb l'ordinador. Com es pot veure la figura 20, a "CONFIG/TUNNING" / "Full Parameter List" està l'opció d'"ARMING CHECK". Segons el valor que li doneu el sistema dependrà d'uns requisits o uns altres per autoritzar l'encesa del motor. De forma predeterminada està el valor 1 ("all"), tanmateix únicament per aquest cas posarem de valor 0 ("none"). Quan ho hàgiu fet li doneu a "Write Parameters". Una vegada acabat amb el procediment s'ha de tornar a posar el valor inicial per motius de seguretat.

Abans d'activar el sistema enceneu l'emissora, connecteu-la al receptor, mireu que l'hèlix no toca amb res en tot el seu moviment, les dues aspes estan equilibrades i el dron està subjectat per no moure's per la força del motor en cap direcció i sentit. Una vegada fet podeu posar en marxa el sistema. Aneu a la pàgina principal i busqueu "Accions". Dintre heu de buscar "Arm/Disarm" i seleccionar-la. Amb això el motor estaria activat. Seguidament, heu d'anar al *Mission Planner* i buscar "INITIAL SETUP" / "BATTERY MONITOR". Primer heu de posar els mAh de la nostra bateria (5000) i seleccionar "MP Alert on Low Battery" i sortiran diverses finestres per configurar l'avís per poca bateria. Heu de posar el voltatge a 15,5 V i recomanem un 30% de bateria restant. Una vegada fet configurarem el *power module* per entendre els valors que rep. Seleccionem l'opció 4 ("Voltage and Current"), de sensor la 0 ("Other") i de "APM Ver" la 2a ("APM 2.5+·3DR Power Module").

Amb això fet entreu en la fase més crítica del procés. Poseu a "*measured battery voltage*" el voltatge que llegiu al vostre aparell (marcant el decimal amb una coma). Amb això hauria de mesurar el voltatge de forma autònoma. Si no ho fa, heu de tornar a posar el número llegit. Seguidament heu de pujar la palanca del motor fins al 25%-30% (amb això seria suficient).

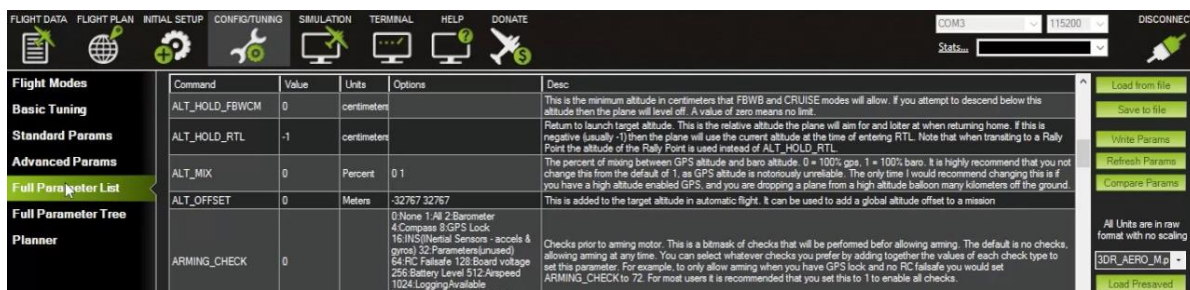


Figura 20: Pantalla de configuració avançada

⁹ Recomanem fer-ho amb aquest aparell per evitar fer curtcircuits amb el multímetre, sobretot a l'hora de mesurar l'amperatge. Nosaltres vam cremar la placa (un regulador del voltatge de 3,3 V que impedia que es connectés amb l'ordinador, l'avís que ens sortia era: "No heartbeat packets received") per aquesta raó. A més a més, aquest dispositiu et permet mesurar els mAh de bateria utilitzats, de manera que esdevé útil per saber quanta bateria resta a la base.

Posem l'amperatge que llegiu a l'aparell a “*measured current*”. Amb això les mesures del *power module* haurien de ser correctes. En cas que no fos així hauríem de modificar lleugerament el valor d’“*Amperes per volt*” per arribar al valor desitjat. Amb això finalment s'hauria acabat aquest procediment essencial pel vol autònom.

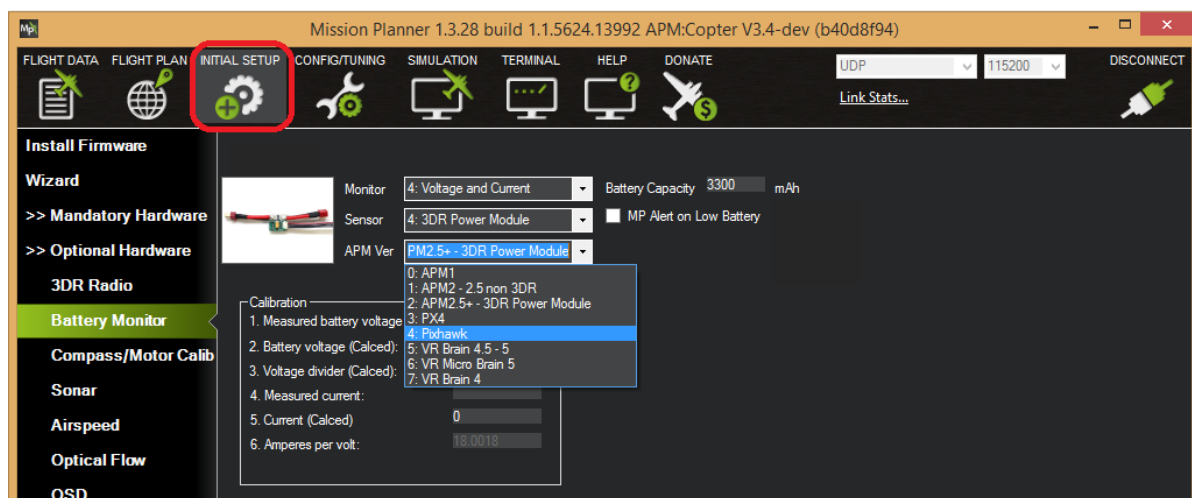


Figura 20: Pantalla de calibratge

2.10 Sensor de velocitat

Únicament per fer funcionar aquest mòdul heu de connectar-lo al pin A0 com es veu a la figura 21 i després activar-lo. És un component que millorarà molt el vol autònom malgrat que és opcional. Per activar-lo heu d'anar al *Mission Planner*, tenint la placa connectada, i activar el sensor de velocitat a “*INITIAL SETUP*” / “*Optional Hardware*” / “*Airspeed*”. A partir d'aquí ja es podria consultar la lectura de la velocitat de la velocitat amb *Mission Planner*. N'hi ha prou amb bufar el tub Pitot i observar la resposta. Sense que hi hagi vent l'oscil·lació entre valors nuls i petits (2-3) és normal. Tanmateix no podem veure aquesta variabilitat a velocitats de vol.

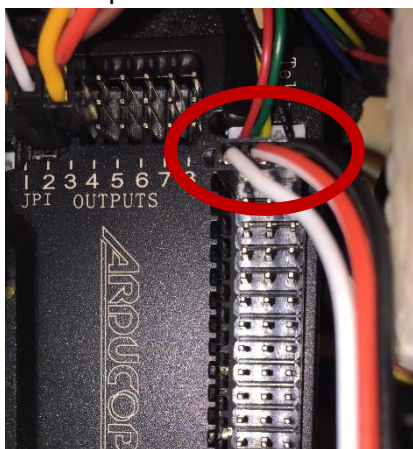


Figura 21: Pin de connexió A0, al costat de la telemetria

Com als casos anteriors, és necessari que iniciem un procés de calibratge perquè els valors que ens doni encara siguin més precisos. En farem dos tipus de calibracions, una que s'ha de fer cada vegada abans de volar i una altra, més complexa, que s'ha de fer un únic cop (generalment). La primera consisteix a agafar la pressió atmosfèrica en el moment d'iniciar l'enlairament. Per fer-ho heu de tapar momentàniament els 5 forats del tub Pitot (per evitar que el vent modifiqui la pressió) abans d'encendre'l (ja que en iniciar-se fa aquesta operació) i heu de destapar-ho abans del vol. Si us oblideu de fer-ho, sempre podeu col·locar una coberta i posar la velocitat automàtica de zero a través del “*PREFLIGHT_CALIBRATE*” com es pot veure a la figura 22 i, seguidament, donar-li a “Fer Acció”.



Figura 22: Com iniciar el calibratge del sensor

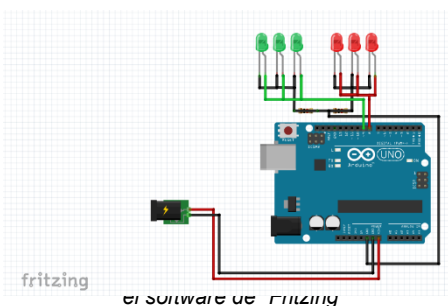
El segon calibratge es basa en millorar el “ARSPD_RATIO”, però és necessari volar-lo. Per aquesta raó, recomanem fer aquest més tard i aplicar-lo després de llegir-se tot l'annex. El paràmetre prèviament mencionat determina com *Ardupilot* assigna la pressió diferencial del sensor de velocitat (els dos tubs que n'hi ha) a un valor de velocitat. El valor predeterminat és al voltant de “2.0” i hauria de donar bons resultats per a la majoria dels sensors analògics (com el que utilitzem). Tanmateix, el valor correcte depèn que el sensor de velocitat estigui ben situat a l'avió.

Existeix una funció de calibratge automàtic que ajustarà el valor d'ARSPD_RATIO sempre que l'avió estigui volat amb freqüents canvis de direcció. Per habilitar el calibratge automàtic del sensor de velocitat d'aire, configureu el valor “ARSPD_AUTOCAL” a 1 a “CONFIG/TUNNING” / “Full Parameter List” i recordeu de guardar els paràmetres a la placa donant-li a “Write Parameters”.

Una vegada fet l'enlaireu i el feu volar un circuit periòdic o el poseu al mode *loiter* (s'explica posteriorment) durant 5 minuts. Es pot comprovar el canvi en el valor ARSPD_RATIO durant el vol anant a *Mission Planner* / “CONFIG/TUNNING” / “Full Parameter List” i fent clic a “Actualitzar paràmetres”. Tingueu en compte que quan el calibratge està actiu, el valor “ARSPD_RATIO” actualitzat només es desa a la memòria no volàtil del pilot automàtic cada dos minuts i només si el valor ha canviat més del 5% respecte del darrer valor desat. Aterreu el dron (no durant el vol perquè pot fer que s'estavelli), i configureu el valor “ARSPD_AUTOCAL” a 0 a “CONFIG/TUNNING” / “Full Parameter List”. El valor ARSPD_RATIO normalment estarà en l'interval entre 1,5 i 3,0. Si es troba fora d'aquest rang, heu de comprovar si hi ha fuites als tubs de plàstic. Si no és així hauríeu de traslladar el tub de Pitot a un altre lloc per reduir la interferència aerodinàmica amb el fusellatge.

2.11 Sistema d'il·luminació

El sistema d'il·luminació és bastant simple. Consisteix en un Arduino Uno¹⁰ amb una connexió senzilla. Els leds els podem connectar d'una forma única per tal de que funcionin. Heu d'agafar



tres leds de color verd i tres vermells (seguint la normativa) i uniu els extrems més llargs (pol positiu) dels leds del mateix color i els soldeu entre ells. Feu el mateix amb els més curts (pols negatius) i li afegiu una resistència d'un 1kΩ. Una vegada fet soldeu un cable a cada extrem i l'aïlleu els contactes amb un material termoretràctil. Situeu els cables dintre de les ranures de les ales fins a arribar a la cabina. Seguidament, els heu de connectar a la placa com veiem a la figura 23. Connecteu al pin 9 el cable de senyal dels verds i al 8 el

dels vermells. Podeu soldar els cables dels leds del pol negatiu i connectar-lo al GND de l'Arduino. Més tard, agafeu dos cables més i els connecteu (seguint la polaritat) a l'APM 2.8 per alimentar-lo amb 5V. Finalment, enganxeu la placa a un dels costats de la cabina a prop de la bateria com es veu a la Figura 24.

Una vegada fet, heu de pujar a l'Arduino el programa que li manarà ordres per encendre i apagar els leds. A la figura 26 es pot veure el programa (basat en llenguatge C++) explicat. Per pujar-lo primer heu de connectar la placa amb l'ordinador amb un cable que ens donen en comprar-la. Una vegada fet us heu de descarregar el programa Arduino i copieu el programa mencionat. Més tard, heu d'anar a “Herramientas”/”Puerto” (com es veu a la figura

¹⁰ Vam provar amb una Arduino Nano, tanmateix aquesta va deixar de funcionar. Probablement pel seu reduït tamany va quedar afectat per la interferència magnètica generada pel motor. Per aquesta raó, vam agafar l'Arduino Uno amb una mida més gran.

25) i escolliu l'opció disponible. Amb això li esteu dient al programa el canal pel qual comunicar-se. Una vegada fet li doneu a pujar el programa i els leds haurien de parpellejar.



Figura 24: Lloc on vam situar l'Arduino

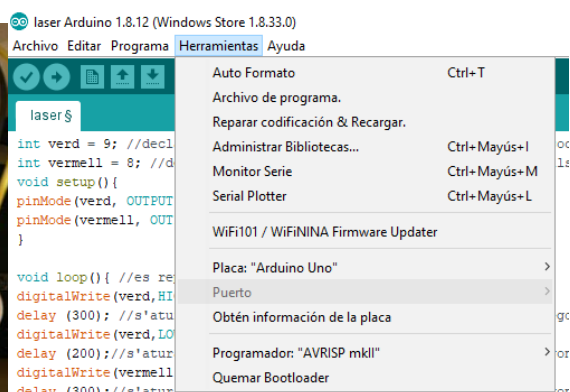


Figura 25: Lloc on seleccionem el port

```
int verd = 9; //declarem el port al qual connectem els leds verds associant-los amb el nom: "verd"
int vermell = 8; //declarem el port al qual connectem els leds vermells associant-los amb el nom: "vermell"
void setup() {
  pinMode(verd, OUTPUT); //declarem el port 9 com a sortida
  pinMode(vermell, OUTPUT); //declarem el port 8 com a sortida
}

void loop() { //es repeteix indefinidament aquesta part del programa
  digitalWrite(verd,HIGH); //fem que el leds verds s'encenguin
  delay (300); //s'atura de fer la següent part del programa 300 mil·segons
  digitalWrite(verd,LOW); //fem que el leds verds s'apaguin
  delay (200); //s'atura de fer la següent part del programa 200 mil·segons
  digitalWrite(vermell,HIGH); //fem que el leds vermells s'encenguin
  delay (300); //s'atura de fer la següent part del programa 300 mil·segons
  digitalWrite(vermell,LOW); //fem que el leds vermells s'apaguin
  delay (200); //s'atura de fer la següent part del programa 200 mil·segons
}
```

Figura 26: Programa que heu de pujar a l'Arduino

2.12 Sistemes addicionals

Al dron podeu afegir dos sistemes que us indicaran de forma més instintiva quan el sistema està activat. Únicament utilitzareu dels 3 marcats (que tenen funcions especials) els pins A7 i A3. Pel A7 podeu posar un led o uns quants soldats en paral·lel i els heu de connectar tenint en compte la polaritat a aquest pin al pol negatiu i al senyal. Una vegada fet poseu-los a un lloc on sigui fàcil de veure. Pel pin A5 heu de connectar un dispositiu (petit altaveu) que sonarà per donar-vos indicacions.

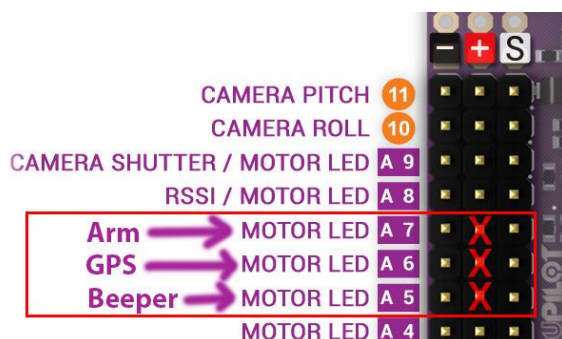


Figura 27: Com iniciar el calibratge

Quan activeu l'APM, els leds us quedaran apagats fins que no s'iniciï, i parpellejaran igual que els de la placa. Quan activeu el sistema, els leds parpellejaran i un cop estigui totalment activat, s'il·luminaran de forma contínua. Pel que fa a l'altre sistema, sonarà dues vegades en l'armament del dron i una vegada en desarmament.

3. CÀRREGA I DESCÀRREGA DE LES BATERIES

En aquest apartat explicarem breument com heu de carregar les vostres bateries Li-Po. Tot i això recomanem veure primerament l'apartat 5.1.2 del document principal per entendre la nomenclatura utilitzada i els diferents paràmetres d'aquesta.

Per realitzar aquest procés fa falta un carregador especial, que estigui dissenyat per carregar bateries Li-Po. Aquests dispositius carreguen cadascuna de les cel·les de la bateria de forma



Figura 28: Cable que vam adaptar a la nostra bateria

independent. Amb això s'aconsegueix que la descàrrega del conjunt sigui bastant similar durant el vol, fonamental per cuidar la vostra bateria i carregar-la de la forma més segura possible. Nosaltres vam comprar el "B6 Balance Charger" per la seva relació qualitat-preu. Tot i això vam haver de superar dos problemes per poder carregar la bateria. El primer va ser que l'adaptador del sistema per a la bateria no era XT60, sinó que era un T Dean. Per evitar cap problema a l'hora de carregar la bateria, vam haver de comprar un

XT60 de sortida i soldar els pins positius i negatius (tenint en compte la polaritat) amb el T Dean. Després vam vigilar que no hi hagués cap curtcircuit i vam aïllar els contactes amb material termoretràctil com es veu a la figura 28.

El segon problema que vam tenir va ser l'alimentació de l'aparell, ja que el dispositiu no tenia un transformador de sèrie. La majoria dels que teníem a la nostra casa podien donar 12V a 2A (transformadors d'antenes wifi), tanmateix no era suficient per carregar la bateria. Per aquesta raó, vam haver d'agafar un transformador que donés fins a 18V a 5A nominals com a mínim, com es veu a la figura 29. Vam comprar un que servia per carregar ordinadors portàtils i el vam posar a l'opció de 18V (hem de vigilar de no superar aquest valor a l'hora de configurar el transformador). A més a més, hem de vigilar de l'adaptador que utilitzem sigui el correcte i fixant-nos en el que està marcat a la figura 30.

Amb això ja podeu connectar el dispositiu i configurar-lo per les dues opcions que utilitzareu. La primera és carregar les bateries i la segona és modificar el voltatge per cel·la per poder emmagatzemar-les sense que hi hagi cap perill. Recomanem visitar la pàgina del venedor per veure quines més funcions té.



Figura 29: El transformador utilitzat amb l'opció de 18V

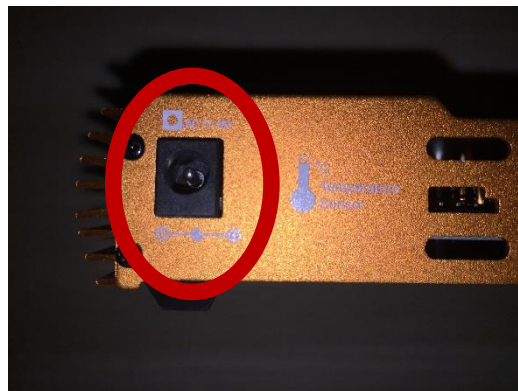


Figura 30: Punt on heu de connectar el transformador amb el carregador

3.1 Carregament de bateries

Per carregar les bateries heu de seguir un procés bastant senzill. Abans de tot heu de buscar un endoll on no hi hagi productes inflamables per evitar que s'incendiïn en cas que hi hagi algun problema a l'hora de carregar-la. Una vegada fet connecteu el transformador i després el carregador de les bateries. En encendre's hauria d'estar en el mode de carregament Li-Po



Figura 31: Connexió de la bateria amb el carregador (en el mode de càrrega)

(ja que l'aparell permet carregar altres tipus de bateries). Si no ho està, canvieu de mode prement el botó "STOP". Una vegada fet premeu el botó d'"START" per entrar dintre dels tipus de càrrega.

De manera automàtica (en el cas que tingueu la bateria connectada) el carregador sap quantes cel·les té la vostra bateria. Tanmateix si voleu modificar-lo per vosaltres mateixos (cosa que recomanem), es pot configurar fàcilment. Heu de prémer el botó d'"START" un cop i seguidament elegir el valor amb

botons "INC" i "DEC" (al nostre cas vam posar 4S per les 4 cel·les que té la nostra bateria). Una vegada fet li doneu un altre cop a "START" i configureu també l'amperatge màxim de càrrega, que recomanem que sigui de 1C (vam posar 5A per la nostra bateria).

Seguidament, connecteu la bateria com es mostra a la figura 31. Agafeu el cable que heu adaptat per la sortida de la bateria i el connecteu al carregador seguint la polaritat. Amb això el dispositiu sap quin voltatge té en total i evita sobrecarregar-la. Més tard, connecteu el cable JST-XH al carregador segons el nombre de cel·les que té la bateria (al nostre cas 4S). Aquest connector és el que permet carregar-la de forma balancejada. Finalment podeu començar amb la càrrega prement el botó d'"START" 3 segons.

Una vegada fet al LCD apareix una pantalla nova, com es veu a la figura 32. Es veu l'amperatge de càrrega que utilitza la bateria, el voltatge que ens dona la bateria, els mAh donats pel carregador a la bateria i quant temps ha estat carregant. Recomanem anar revisant la temperatura de la bateria cada 10 minuts. Una vegada arribi al voltatge màxim per cel·la (4,2 V) la bateria parará de carregar-se. Tanmateix, si arriba als 16,8V i no es desactiva 20 minuts després, recomanem desconnectar-lo per evitar la sobrecàrrega prement el botó d'"STOP" 3 segons. Una vegada fet, desconnecteu els cables vigilant de no fer un curtcircuit entre el positiu i el negatiu dels cables marcats a la figura 32.



Figura 32: Carregament de la bateria

3.2 Emmagatzemament de bateries

Aquest procediment ens és molt útil per allargar la vida útil de la nostra bateria. Si voleu emmagatzemar-la, és recomanable situar el voltatge per cel·la a 3,8-3,85 V. Per tant, l'objectiu d'aquest mode és carregar o descarregar la bateria per arribar a aquest voltatge per cel·la. En el cas que la bateria estigui per sobre d'aquest valor el procediment serà molt menys perillós que la seva càrrega i no hauré de prendre obligatòriament tantes mesures de seguretat com a l'apartat anterior. Tanmateix recomanem fer-ho per si es dona algun problema durant la seva descàrrega.

Primerament heu d'encendre el carregador i connectar la bateria com a l'apartat anterior. El carregador ha d'estar en el mode de carregament Li-Po. Heu de buscar, entre les opcions que hi ha, "*Li-Po STORAGE*" prement els botons "*INC*" i "*DEC*". Una vegada fet premeu el botó d'"*START*" 3 segons. Amb això entreu en aquest mode i us apareixerà una pantalla semblant a la figura 32. Recomanem anar-la vigilant fins que arribi al voltatge especificat anteriorment i una vegada fet (si no es desconnecta automàticament) premeu el botó d'"*STOP*" per 3 segons i es finalitzaria el procés. Una vegada fet desconnecteu els cables vigilant de no fer un curtcircuit entre el positiu i el negatiu dels cables marcats a la figura 32.

4. CONFIGURACIÓ DE LA BASE I *FPV*

En aquest aparta us ensenyarem com configurar el sistema *FPV*. El procediment es bastant senzill, únicament heu de connectar i situar correctament els cables i instruments. Primer explicarem com configurar-ho al dron i després a la base. Aquest sistema no està connectat a l'APM, per aquesta raó està en un apartat diferent.

4.1 Configuració *FPV* al dron

Per començar amb aquest procés primer heu de dir a l'emissor del senyal quin canal ha d'utilitzar. Al nostre cas, a la part del darrere de l'emissor hi havia una sèrie d'interruptors. Havíem de moure'ls segons el canal que volíem tenir (recomanem que sigui la més baixa possible per aconseguir la major penetració d'objectes) com es veu a la figura 33. La majoria d'aquests sistemes analògics funcionen de la mateixa manera així que haureu de seguir probablement el mateix procediment. Una vegada fet heu de connectar el cable que es veu a la figura 32 per connectar-lo amb la càmera i als 12 V. També endolieu l'antena.



Figura 32: L'emissor *FPV*

Ara el que fareu és configurar el *power module* que transforma els 16,8 V a 12 V per poder fer connectar aquests aparells correctament. Primer soldeu l'adaptador femella XT60 a l'aparell. Després heu d'aïllar tots els contactes menys la sortida de 12V. Una vegada fet veureu que no podeu connectar-lo a bateria del dron i a la vegada tot el sistema que havíem preparat anteriorment. El que heu de fer és comprar

un aparell que us permeti fer la connexió de l'ESC i aquest *power module* en paral·lel (si és en sèrie no funcionarà com ens va passar a nosaltres) Si voleu fer-ho de forma manual, heu d'agafar un XT60 femella, soldar dos cables, a l'altre extrem soldar un altre adaptador però mascle. Seguidament heu de soldar uns altres dos cables (amb la mateixa polaritat) i a l'extrem d'aquests soldar un altre adaptador mascle. Una vegada fet heu de vigilar que no hi hagi cap curtcircuit entre els contactes i aïllar tots els contactes. Finalment connecteu aquest sistema a la sortida del cable del *power module* general i endolieu l'ESC a una sortida i l'altre *power module* a l'altra sortida.

Per finalitzar amb el procés primer heu de connectar el cable groc de la càmera analògica amb l'emissor. Després aïlleu l'altre contacte (el blanc) en cas que no utilitzeu àudio. Finalment heu de tallar els dos cables d'alimentació (càmera i l'emissor) i soldar-los seguint la polaritat als dos pins de 12 V. Una vegada fet heu d'assegurar els cables amb silicona calenta (perquè no es trenquin els cables) i verifiqueu que funciona connectant la bateria.



Figura 33: Es veu com vam soldar l'adaptador al *power module*

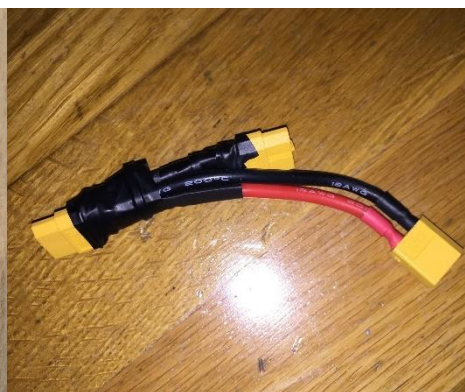


Figura 34: La connexió en paral·lel que vam dissenyar



Figura 35: La connexió final

4.2 Configuració FPV a la base

El procediment és bastant semblant a l'anterior. Tanmateix si disposeu d'una bateria de 12V, no us farà falta afegir un altre *power module*, ja que els podeu connectar directament a la bateria. Primerament heu d'alimentar tot el sistema per poder configurar-lo. Per fer-ho heu de



Figura 36: Receptor FPV

soldar l'adaptador femella XT60 a l'aparell. Després heu d'aïllar tots els contactes menys la sortida de 12V. Talleu els cables d'alimentació de la pantalla i el receptor i els soldeu seguint la polaritat. Una vegada fet aïlleu els contactes i assegureu els cables perquè no es trenquin.

Seguidament connecteu el cable de vídeo (groc) del receptor a la pantalla i aïlleu els contactes d'àudio. Una vegada fet únicament us queda sincronitzar el canal de l'emissor amb el receptor. Per fer-ho endolheu l'antena al receptor i alimenteu el sistema a la base i al dron. Una vegada fet polseu els botons que es veuen marcats a la figura 36 per anar canviant de canal. Ho heu de fer fins que a la pantalla deixi d'haver-hi estàtica i aparegui la imatge de la càmera. Una vegada fet orienteu la

càmera perquè es vegi l'horitzó recte i l'enganxeu amb silicona. Finalment la connexió de la base hauria de ser com la figura 37. Com ja hem dit al document inicial recomanem que estigui tot unit en un trípode i el receptor estigui el més alt possible i la pantalla en una posició còmode pel pilot.

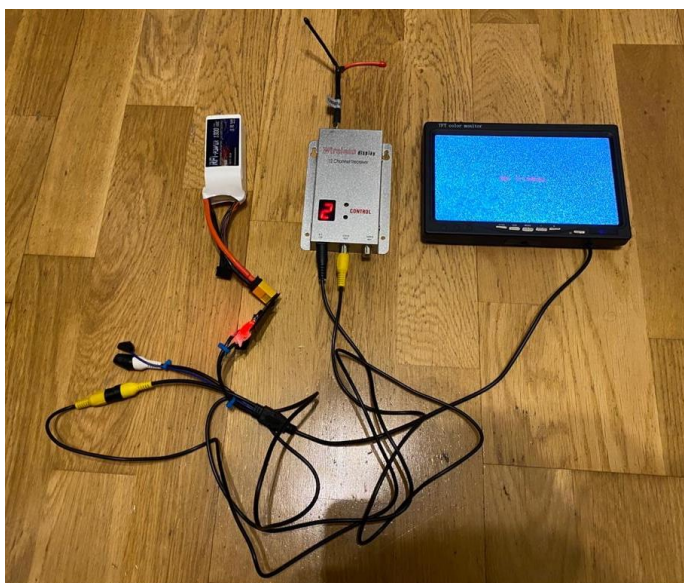


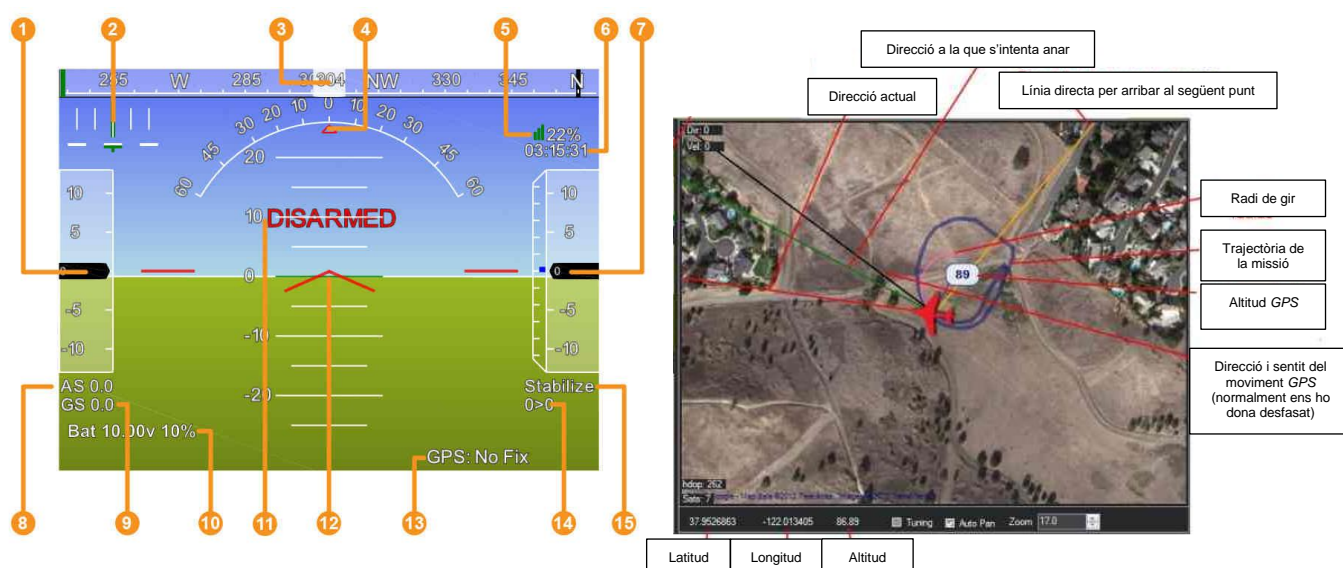
Figura 37: La connexió final de la base

5. INTERFICIE I FUNCIONS DE MISSION PLANNER

En aquest apartat mirarem primer el funcionament del programa essencial per iniciar el vol, després els diferents modes de vol que disposem i la planificació d'un. Recomanem que ho mireu amb calma per entendre i aplicar útilment els paràmetres que ofereix el programa.

5.1 Interfície del programa durant el vol

En les següents figures podreu veure els diferents paràmetres que hi ha a la pàgina de *Mission Planner* quan aquest està connectat. Recomanem que a l'hora de volar-lo hi hagi una persona que vagi informant el pilot de l'estat del dron i observi que tots aquests paràmetres són estables.



1. Velocitat de l'aire (serà la velocitat respecte del sòl si no hi ha cap sensor de velocitat).
2. Error d'encreuament (causat pel vent que fa girar l'avió en un angle respecte la direcció i sentit del moviment) i velocitat de gir (T).
3. Direcció de l'objectiu d'arribada.
4. Angle del dron respecte del sòl.
5. Qualitat de l'enllaç de connexió de telemetria (percentatge mitjà).
6. Temps rebut pel GPS.
7. Altitud (la barra blava és la taxa de pujada o baixada).
8. Velocitat de l'aire.
9. Velocitat respecte del terra.
10. Estat de la bateria.
11. Horitzó artificial.
12. Inclinió del dron respecte a l'eix de balanceig.
13. Estat del GPS.
14. Número del punt del viatge preconfigurat > Distància que queda respecte aquest punt.
15. Mode de vol actual.

5.2 Modes de vol

A la següent taula podreu observar les diferents opcions que teniu per volar el dron. Té una àmplia gamma de modes de vol integrats. Pot actuar com un simple sistema d'estabilització, un pilot automàtic sofisticat, un sistema d'entrenament depenent del mode de vol i les opcions

Símbol	Significat
-	Control manual total
+	Control manual amb una assistència de vol
Y	Sí ho necessita
s	Control estabilitzat amb límits
A	Control automàtic
SPD	Control de la velocitat

que trieu. Aquests es poden controlar a través d'un commutador de transmissor de ràdio (com vam fer prèviament), mitjançant comandes d'un vol preprogramat o mitjançant comandes des de la base.

Després de llegir el material introductori que es descriu a continuació, és molt recomanable que mireu el conjunt complet de paràmetres per poder explorar tota la funcionalitat disponible. Podeu fer-ho al següent enllaç: ardupilot.org/plane/docs/flight-modes.html.

Mode	Balanceig	Capcineig	Motor	GPS	Telemetria	Resum de les seves funcions
"MANUAL"	-	-	-		Y	Control del moviment manual
"FBWA"	s	s	-		Y	Segueix l'entrada de la emissora fins a uns límits
"FBWB"	s	A	SPD	Y	Y	Com "FBWA", però amb control automàtic d'altura i velocitat
"CRUISE"	A	A	SPD	Y	Y	Com "FBWB", però amb un seguiment de la velocitat relativa al sòl i un seguiment del terreny.
"STABILIZE"	+	+	-		Y	Anivellament de les ales quan no la emissora té els controls en punt mort
"AUTOTUNE"	s	s	-		Y	Com "FBWA", però aprèn l'ajust d'"attitude" mentre vola
"TRAINING"	+	+	-		Y	Control manual fins límits de balanceig i capcineig
"ACRO"	+	+	-		Y	Mode controlat però sense límits d'"attitude" com als anteriors
"AUTO"	A	A	A	Y		Segueix missió preprogramada
"LOITER"	A	A	A	Y		Fa cercles tenint com a centre el punt on es va posar en aquest mode
"CIRCLE"	A	A	A			Gira suaument el dron
"GUIDED"	A	A	A	Y		Gira entorn del punt definit per la base
"Return To Launch (RTL)"	A	A	A	Y		Retorna al lloc definit com casa i dona voltes sobre aquest o va a "rally point"
"LAND (AUTO)"	A	A	A	Y		Part final de la missió per aterrar-lo automàticament

5.3 Planificació d'un vol ("AUTO")

En aquest apartat us explicarem com crear missions preprogramades amb el mode "AUTO", de manera que s'executaran quan activeu el mode amb el mode "AUTO". Us parlarem, de totes les funcions que n'hi ha, les més importants que considerem nosaltres i us posarem un exemple d'aplicació. Aquest mode segurament l'utilitzareu quan voleu fer missions amb una trajectòria molt concreta o voleu fer-la de manera molt seguida (establint un pont aeri). Podeu trobar més informació al següent enllaç: ardupilot.org/planner/docs/common-mission-planning.html

Primer heu d'obrir el *Mission Planner* a l'ordinador i seguidament anar a "*FLIGHT PLAN*", una vegada fet us ha d'aparèixer una nova finestra amb un mapamundi. Si voleu canviar d'estil de mapa, podeu anar a la pestanya de la dreta i on apareix "*GoogleHybridMap*" seleccionar-ho i escollir el millor mapa que s'adapti a les vostres necessitats. Seguidament heu de situar el



Figura 38: Mapa que us hauria de quedar marcant únicament els "Waypoints"

punt on enlairareu el dron. Per fer-ho podeu moure el punt verd (amb una H) o marcar les coordenades geogràfiques a la pestanya dreta ("*Localización de Casa*").

Una vegada fet planejarem la ruta, posarem l'hipotètic cas que hi ha hagut un lliscament de terra prop del Matagalls i necessiten material mèdic per assistir a les persones com desinfectants, benes i antibiòtics. Per tant, us mostrarem el procés que heu de seguir, per realitzar aquesta "missió" i establir un pont aeri entre la furgoneta plena de medicines i el punt on ha succeït la catàstrofe.

Per fer-ho, primer marqueu l'opció de "*Verify Height*", d'aquesta manera cada vegada que poseu un punt es posarà l'altura d'aquell punt al mapa i canviem el mode a "*Terrain*" (mesura l'altura respecte al terreny en aquest punt). Una vegada fet, marqueu tots els punts en ordre. Els que heu de marcar són els següents: el primer punt perquè comenceu la missió, després un altre punt a prop d'aquest per marcar la velocitat de vol, els següents són per fer la trajectòria fins a arribar al punt on llençareu la càrrega, un punt just abans de llançar la càrrega per reduir la velocitat, un pel lloc on voleu llençar la càrrega, un altre per tancar el sistema, un altre per tornar a augmentar la velocitat de vol i finalment fer una altra trajectòria per tornar a casa. Us hauria de quedar una cosa semblant al que es veu a la figura 38.

Primerament configurarem els "*Waypoints*", els diferents punts de la ruta. Recomanem que estiguin almenys a 100 metres d'altura per evitar obstacles amb el terra. De manera automàtica entre punt i punt el dron anirà pujant d'una manera progressiva i això ens ve determinat amb "*Angle*". Aquest és l'angle és el que s'haurà inclinat el dron verticalment per arribar a aquest punt. Recomanem que aquest no estigui per sobre dels $\pm 30^\circ$.



Figura 39: Interfície de "FLIGHT PLAN"

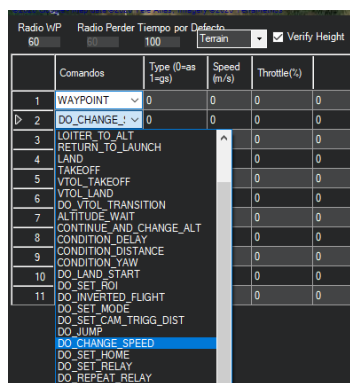


Figura 40: La funció
"DO_CHANGE_SPEED"

Una vegada fet això marcarem la velocitat del viatge. Dels tres punts que heu dedicat a això n'escolliu un i canvieu de "WAYPOINT" a "DO_CHANGE_SPEED" com es veu a la figura 40. Veureu que en fer-ho us desapareixerà el punt, tanmateix farà la funció a les coordenades que vau marcar. L'únic que heu de fer en aquest és marcar en m/s la velocitat que voleu (recomanem que la de viatge sigui 12 m/s i la del llançament de la càrrega la mínima possible sense que entri en pèrdua, que més o menys són 7m/s).

L'altra funció que heu de configurar és la de "DO_SET_SERVO", que us permet modificar el senyal que emeteu als motors de la cambra d'emmagatzematge com podeu veure a la figura 41.

Recomanem que l'altura sigui d'uns 30 m per donar temps al paracaigudes d'obrir-se i que no es desvii molt del punt inicial i la velocitat sigui la menor possible. Per utilitzar aquest mode, primer heu de dir a quin canal ha d'enviar el senyal PWM (que és el canal "OUTPUT" al que heu connectat els motors). Una vegada fet heu de dir en un que s'obrin les comportes (posant el PWM a2000) i que després es tanquin a l'altre punt (1000). Amb això ja heu establert la trajectòria i les funcions que farà el vol.

Finalment heu de fer el "Prefetch" que et dona la possibilitat de descarregar un mapa i la seva informació i veure'l sense connexió. Per inicialitzar el procés seleccioneu la zona mentint control i prement un botó. Una vegada fet li doneu al botó dret del ratolí sobre la zona delimitada i aneu a "Map Tool" / "Prefetch". Una vegada fet seleccioneu el zoom segons les vostres necessitats (amb 8 ja està bé) i li doneu a "Accepta". Amb això el procés s'iniciaria, descarregant els diferents arxius que necessita. Per acabar li doneu a "Save WP File" (per guardar-la al vostre ordinador) i podeu guardar a l'APM el que ha de fer amb "Escribir WPs", tenint la placa connectada a l'ordinador. Aquesta informació quedarà enregistrada en l'aparell i fins que no guardeu una altra missió quan el poseu en mode "AUTO" es posarà a fer aquesta missió. Per veure quina està posada podeu donar-li a "Leer WPs" i es veurà a l'ordinador la missió que està en l'APM. Amb això únicament quedaria enlairar-lo, posar en mode "AUTO" per realitzar la missió i finalment aterrar-lo.

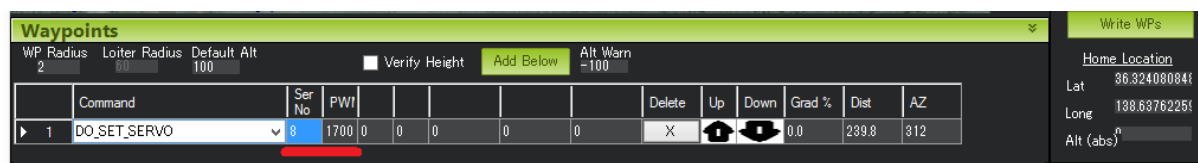


Figura 41: La funció "DO_SET_SERVO"

6. ENLAIRAMENT

En aquest apartat mirarem primer uns paràmetres que hem de posar durant el primer vol per fer correctament l'últim calibratge del dron i més tard una guia que hem de seguir prèviament a cada enlairament. Recomanem que ho mireu amb calma per entendre i no deixar-se cap pas.

6.1 Primer vol

Pel primer vol és essencial fer el calibratge de tots els dispositius. Una vegada fets, heu de fer dos que únicament es poden fer durant l'enlairament. Per tant, aquest procés s'ha de fer abans de qualsevol vol en el qual es necessiti fer una missió real. El primer calibratge ja l'hem esmentat a l'apartat de l'Annex 2.10, tanmateix encara queda un altre. Recomanem fer primer el del sensor de velocitat i després aquest que és essencial per qualsevol mode de vol automàtic.

Aquest consisteix en la configuració de la sensibilitat dels paràmetres del balanceig i capcineig, essencials per a un vol estable i precís en un mode automàtic. És a dir, li diem a la placa amb quina mesura ha de moure els diferents motors del dron per fer qualsevol funció de manera que no la faci molt virulentament o d'una forma molt passiva, cosa que en ambdós casos pot resultar en un accident. La diferencia de mides i motors entre diferents drons fa necessària aquest calibratge, ja que amb una determinat senyal enviada per la placa les reaccions són diferents. Encara que es pot fer de forma manual (no recomanem fer-ho si no teniu molta experiència) us mostrarem el mode de vol *"AUTOTUNE"* que fa aquest calibratge de sensibilitat de forma automàtica.

"AUTOTUNE" és un mode de vol que vola de la mateixa manera que *"FBWA"* (establint límits de moviment), però fa servir els canvis de direcció fets pel pilot per aprendre com vola l'avió. De manera que en aquest mode el que heu de fer és enlairar el dron, canviar al mode *"AUTOTUNE"* i després volar-lo durant uns minuts. Durant el vol, el pilot ha d'introduir tants canvis de direcció com sigui possible per tal que el sistema pugui aprendre com respon l'aeronau davant els límits de moviment del dron. A continuació us explicarem d'una manera més detallada com realitzar aquest procés. Tanmateix, recomanem que els següents passos es facin amb una càrrega de 0,5 kg.

Primer li hem de dir en quina mesura volem que modifiqui aquests paràmetres. Es pot fer mitjançant l'ajust del paràmetre *"AUTOTUNE_LEVEL"* anant a *"CONFIG/TUNNING"* / *"Full Parameter List"* i tenint la placa connectada. El valor predeterminat és el nivell 6, que produeix un canvi mitjà, adequat per a pilots principiants i intermedis. Si teniu un pilot amb més experiència, podríeu triar el nivell 7, amb un canvi més agressiu. No es recomana els nivells superiors a 7 fins que hàgiu fet un calibratge inicial amb un nivell inferior. Els nivells superiors als 8 només han de ser utilitzats per pilots molt experimentats. Per una altra banda, cal destacar que la configuració automàtica no s'inicialitzarà fins que no estigui per sobre de la velocitat mínima que heu establert al paràmetre *"ARSPD_FBW_MIN"*.

Un cop hàgiu configurat tot això, podreu començar a volar en mode *"AUTOTUNE"*. Recomanem enlairar-lo en un altre mode i canviar a *"AUTOTUNE"* un cop hàgiu guanyat altitud. Quan activeu el mode *"AUTOTUNE"* succeiran algunes coses. Primerament el sistema de configuració automàtica posarà de forma immediata alguns valors predeterminats pel capcineig i balanceig, valors *"I i D"*, i les taxes màximes de cada tipus de moviments. Aquests valors depenen del *"AUTOTUNE_LEVEL"*. Seguidament el sistema controlarà els percentatges de capcineig i balanceig exigits (segons el determinat pels moviments de l'emissora). Quan superi el 80% del valor màxim, el sistema utilitzarà la resposta de l'aeronau per aprendre els valors d'ajustament del capcineig o balanceig.

Per una altra banda, cada 10 segons, el sistema desa els paràmetres que teníeu fa 10 segons. Això vol dir que si “AUTOTUNE” fa que el vostre avió sigui inestable, teniu 10 segons per canviar a un altre mode i recuperar-vos. Quan es desactiva el mode es restauraran els darrers paràmetres desats. En començar segurament veureu que el gir és bastant lent. Tanmateix observareu que a mesura que avança el procés de calibratge s'aniran millorant i els girs seran més ràpids. Per aquesta raó, assegureu-vos que la vostra zona de vol tingui molt espai per a llargs voltes lentes.

La clau per obtenir sortir del procés amb èxit és introduir moviments ràpids amb l'emissora. Hauríeu de fer primer un moviment lent de balanceig i després fer el moviment contrari ràpidament. Amb cada reversió sobtada es milloraran els valors al voltant d'un 5%. Per aprendre un valor raonable d'adaptació necessiteu almenys 20 moviments complets. Per ajustar l'altre moviment, heu de dirigir l'aeronau per fer una mena de “muntanya russa”. Feu un moviment brusc per augmentar el valor, i després a poc a poc l'empenyeu cap avall per tornar a la posició inicial. Seguiu fent això durant almenys 20 iteracions, tanmateix com més feu molt millor. Seguiu volant en mode AUTOTUNE per sobre del punt on creieu que l'avió està volant bé. Un cop fet hauríeu de completar el calibratge ajustant manualment alguns altres paràmetres clau que són els següents:

- “**NAVL1_PERIOD**”: Controla la forma en què l'aeronau reaccionarà en modes automàtics (com “**AUTO**”, “**RTL**” i “**LOITER**”). El valor predeterminat és 25, que és un valor molt conservador per als avions els quals no li han fet correctament el calibratge. Haureu de deixar “**NAVL1_PERIOD**” a 18 després de fer el calibratge prèviament mencionat. Per fer un calibratge més enllà d'aquest nivell, heu de volar el dron en una missió rectangular en el mode “**AUTO**” i ajustar “**NAVL1_PERIOD**” un a la vegada fins que l'aeronau giri a un ritme amb el qual us satisfà i no es generin sobretensions a la cua durant el vol. Si no afegiu sensors externs per millorar la seva rigidesa, recomanem no baixar molt aquest valor.
- “**PTCH2SRV_RLL**”: Aquest paràmetre controla el punt mort del servo, que controla el moviment de capcineig, per mantenir a nivell el nas del dron. Molts avions requereixen un petit canvi d'aquest paràmetre que per defecte és 1.0. Per veure si necessiteu ajustar aquest valor, heu de mantenir un cercle en el mode “**FBWA**”. Si l'avió guanya altitud (sense introduir cap senyal amb l'emissora), haureu de reduir “**PTCH2SRV_RLL**” en una petita quantitat (proveu de baixar fins a 0,95 inicialment). Si l'avió perd altitud, proveu de pujar “**PTCH2SRV_RLL**” en una petita quantitat (inicialment 1.05). Si heu de sobrepassar 1,3 o per baixar més de 0,8, probablement hi ha un problema amb la vostra configuració (com ara un centre de gravetat incorrecte, un mal calibratge de la velocitat de l'aire o errors de la brúixola). Al cas del centre de gravetat incorrecte, haureu d'afegir uns contrapesos a la part frontal (per sobre de la bateria) per equilibrar el centre de gravetat al punt que ja hem explicat a l'apartat de construcció (6.2.4) del document principal.

6.2 Protocol d'enlairament

Aquest és un apartat que vam pensar que seria útil per qualsevol grup que estigués desenvolupant aquest dron. Aquest apartat seria la *checklist* que heu de fer abans d'iniciar el vol o la missió. Com n'hi ha molts procediments i és difícil de recordar tots els passos pensem que us serà molt útil.

Preflight Checklist

2 persones necessàries

- ☐ Mireu la meteorologia per la pròxima hora a la zona on volareu el dron.
- ☐ Reviseu que tot està ben agafat i no hi hagi cap peça interna o externa aparentment folgada.
- ☐ Munteu la base. Poseu l'ordinador a una altura correcta per l'ajudant al pilot i el pilot i endol·leu el sistema de telemetria. Després poseu el trípod i l'antena del receptor FPV en la seva posició més alta i vertical. Poseu la pantalla a una altura per la qual el pilot pugui veure-la correctament. Assegureu que tot el sistema està ben agafat.
- ☐ Enceneu l'emissora. Obriu la cabina del dron, desconnecteu el sistema *FPV* i poseu l'antena a l'emissor *FPV*. Reviseu amb quin sistema llençareu la càrrega (per emissora o pel programa). Si és mitjançant el programa, agafeu el dron de manera que la cambra d'emmagatzematge no toqui el terra.
- ☐ Endol·leu la bateria al sistema.
- ☐ Enceneu l'ordinador i connecteu el dron amb aquest mitjançant la telemetria. Una vegada fet, si el sistema de llançament de càrrega és automàtic, heu d'anar a "*FLIGHT DATA*" / "*Servo/Relay*" i buscar el canal encarregat per aquest sistema i prémer "*LOW*". Amb això la comporta hauria de tancar-se.
- ☐ Hauríeu d'esperar almenys 1 minut perquè la vostra electrònica s'escalfi, preferiblement més temps. Tapeu els 5 forats del tub Pitot amb una cinta adhesiva, després feu el calibratge del sensor de velocitat anant a "*FLIGHT DATA*" / "*Acciones*", després prémer "*PREFLIGHT_CALIBRATE*" i seguidament donar-li a "*Fer Acció*". Després destapeu el tub Pitot.
- ☐ Aneu a "*FLIGHT DATA*" / "*Preflight Calibration*" i seguiu el procediment que es mostrarà allà (tot hauria d'estar en verd).
- ☐ Mireu l'estat de la bateria i que no estigui per sota del 50%.
- ☐ Comproveu que els valors de *Mavlink* són correctes per una posició en terra i que s'orienta correctament la brúixola.
- ☐ Comproveu els modes que utilitzareu i el que necessiten. Assegureu-vos especialment que els valors que es necessiten són correctes. Almenys heu de tenir 10 satèl·lits *GPS* connectats si feu servir un mode automàtic i 5 per un manual. En cas que vulgueu fer un vol preprogramat reviseu que la trajectòria sigui correcta.
- ☐ Obriu la cabina d'emmagatzematge i poseu la càrrega tenint en compte que no s'enganxa amb res de l'avió i que es desplega el paracaigudes.
- ☐ Mireu que el centre de gravetat està situat correctament.
- ☐ Poseu un material dintre de la cabina per assegurar-se que no es mou cap peça però que permeti la circulació d'aire. Connecteu el sistema *FPV* i tanqueu la cabina.
- ☐ Orienteu la càmera perquè es vegi l'horitzó recte (en cas que s'hagi mogut) i feu el calibratge de la pantalla perquè el pilot pugui veure-la correctament.
- ☐ Assegureu-vos que tots els sistemes de control aerodinàmic funcionen i reviseu que el motor i les hèlixs estan correctament posades.
- ☐ Armeu el dron (sonarà un altaveu) i proveu que el motor funciona correctament.