

GRADUA: Industria Teknologiaren Ingeniaritza
GRADU AMAIERAKO LANA

***GIDARI GABEKO AIREZKO IBILGAILUEN
AZTERKETA TEORIKO ETA PRAKTIKOA***

2. DOKUMENTUA – ERANSKINA I

Ikaslea: Fuentes Arruti, Aitor

Zuzendaria: Bilbao Landatxe, Javier

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbao, 2018 Ekainak 29

Aurkibidea

1. Aukeratutako konponbidea	1
1.1. Atalak.....	1
1.1.1. Egitura	2
1.1.2. Bateria	2
1.1.3. Motorrak	3
1.1.4. Electronic Speed Controller (ESC).....	3
1.1.5. Kontrolagailua.....	3
1.1.6. Urruti kontrola	4
1.1.7. Propelak	5
1.1.8. Lehengo Pertsonako Begirada sistema.....	5
1.1.9. Grabazio sistema	6
1.1.10. Kargadorea	7
1.2. Kontrolagailuaren konexioak.....	7
1.2.1. Irrati kontrolaren sarrerak.....	8
1.2.2. ESC-aren sarrera kableak,.....	8
1.2.3. Buzer (Bozina)	9
1.2.4. Irrati kontrolagailuaren argailua.....	9
1.3. Orekatzailearen konexioak.....	11
1.4. ESC-aren konexioak	14
1.5. Lehengo Pertsonako Begiradaren konexioa	15
1.6. KK2.1 Konfigurazioa	15
1.7. Denboran zehar garatutako soluzioak.....	19
1.7.1. Lehenengo Prototipoa.....	19
1.7.2. Bigarren prototipoa	20
1.7.3. Hirugarren prototipoa	21
1.7.4. Laugarren prototipoa.....	22
1.7.5. Bostgarren prototipoa	23
1.7.6. Seigarren prototipoa	24
1.7.7. Zazpigarren prototipoa.....	25
1.8. Multikoitroa garraiatzeko modua	25
1.9. Lehenengo pertsonako begirada.....	26
2. Motorrari egindako azterketa	27

3.	Merkatuko baterien azterketa	29
4.	Eginiko probak	31
4.1.1.	Lehenengo proba.....	31
4.1.2.	Bigarren proba	32
4.1.3.	Hirugarren proba.....	33
4.1.4.	Laugarren proba	35
5.	Multikopteretik ateratako argazkiak	36
6.	2018ko legea.....	38
6.1.	Plan estrategikoa	38
6.2.	Identifikazioa eta matrikulazioa	38
6.3.	Mantenua.....	39
6.4.	Espazio aereo.....	39

Irudien taula

Irudia 1 Multikopteroaren osagaiak.....	1
Irudia 2 Hobbyking X525 V3 (HobbyKing)	2
Irudia 3 Qbrain 4x20 (HobbyKing).....	3
Irudia 4 KK2.1 (HobbyKing).....	4
Irudia 5 Turnigy i10 urruti kontrola eta hargailua (HobbyKing).....	5
Irudia 6 10X45 propelak(HobbyKing).....	5
Irudia 7 1/3 Sony CCD (PAL).....	6
Irudia 8 4K UltraHD	6
Irudia 9 KK2.1 kontrolagailuaren pinak.....	8
Irudia 10 Hargailuaren konexioak.....	10
Irudia 11 Haragiluarekin datozen kableak.....	11
Irudia 12 Orekatzailea multikopteroan kokatuta.....	12
Irudia 13 Orekagailuaren kontrolagailua	12
Irudia 14 Bateriaren pinak.....	13
Irudia 15 Orekagailuaren motorrak kontrolatzeko pinak.....	13
Irudia 16 Qbrain ESC (HobbyKing).....	14
Irudia 17 KK2.1 (KK2.1 User's guide)	15
Irudia 18 KK2.1 PI.....	16
Irudia 19 KK2.1 Receiver test.....	17
Irudia 20 KK2.1 Load motor loadout	17
Irudia 21 KK2.1 Self-level	18
Irudia 22 KK2.1 ACC.....	18
Irudia 23 Egindako lehenengo prototipoa.....	19
Irudia 24 Bigarren prototipoa.....	20
Irudia 25 Hirugarren prototipoa	21
Irudia 26 Laugarren prototipoa	22
Irudia 27 Bostgarren prototipoa.....	23
Irudia 28 Bostgarren prototipoaren pisua	23
Irudia 29 Seigarren prototipoa.....	24
Irudia 30 Zazpigarren prototipoa	25
Irudia 31 Multikopteroa garraiatzeko kutxa.....	26
Irudia 32 LPB.....	26
Irudia 33 Taula (HobbyKing)	27
Irudia 34 Motorrari eginiko azterketaren balioak	28
Irudia 35 Motorrak altxatutako pisua eta honen abiadurako grafikoa.....	28
Irudia 36 Motorrak kontsumitutako intentsiatea eta abiaduraren arteko grafikoa.....	29
Irudia 37 Multikopteroari eginiko lehen proba	32
Irudia 38 Multikopteroari eginiko bigarren proba	33
Irudia 39 Multikopteroari eginiko hirugarren proba	34
Irudia 40 Laugarren probako hegaldiak.....	35
Irudia 41 Multikopteroarekin ateratako argazkiak(1)	36
Irudia 42 Multikopteroarekin ateratako argazkiak (2).....	37

1. Aukeratutako konponbidea

1.1. Atalak

Aukeratutako konponbidean hurrengo irudian ikusten diren osagaiak egin da.



Irudia 1 Multikopteroaren osagaiak

1. Motorrak
2. Propelak
3. ESC
4. Kontrolagailua
5. Emisorea
6. Bateriak
7. Tentsio banatzilea
8. FPV kamara
9. FPV-ren emisorea
10. Gimbal
11. Akzio kamera
12. Urrutikontrolaren hargailua
13. FPV-ren hargailua
14. Eurokonektor/Ordenador
15. Bateria kargagailua
16. Lurreratze gailua
17. Amortiguadore/muelle
18. Hankak

1.1.1. Egitura

Aukeratutako multikopteroaren konfigurazioa nahiko osagai eukiko dituen, egitura handi bat euki behar du, eta pisua handiegirik ezin du izan. Horregaitik X525 V3 egitura aukeratu da. Egitura hau, nahiko handia (600mm*600mm) da eta aluminioz eta plastikoz eginda dago.



Irudia 2 Hobbyking X525 V3 (HobbyKing)

Daukan pisua, bateriarekin batera, multikopteroaren pisuaren ehunekorik handiena izango da, egitura honetan 523g izanik.

1.1.2. Bateria

Multikopteroaren funtzionaltasuna airetik irudiak eskuratzea izango denez, bateria handi bat behar da, bai hegazteko denbora luzea izan dadin eta baita osagai guztiek eskatutako energia elikatzeko gai izan dadin.

Merkatuan dauden baterien azterketa egin eta gero, dokumentu honetan eginda dagoena, bi bateria erabiliko dira, *Turnigy 5000mAh 30c* eta *RCInnovations 4000mAh 30c*. Lehenengo bateria, bigarrena baino pisu eta tamaina handiagoa dauka (414g eta 145 x 49 x 27mm) aldiz bigarren bateriak 310g pisatzen ditu eta 135x45x24mm dauzka. Bi baterien karga ratio 2C-koa da.

Bateriak kargatzeko, *SkyRC Imax B6 mini 60W 6A* kargadorea aukeratu da. Bateria kargadore hau, besteak ez bezala, ez du behar elikatze iturri finkorik, tentsio bihurgailu bat dauka zeinekin etxeko tentsiora konektatu daitekeen.

Bateriak erabiltzen ez direnean, segurtasun neurriak direla medio, poltsa berezi baten barnean euki behar dira. Poltsa hau, suaren aurkakoa da, eta bateriaren batek, erreakzio baten ondorioz eztanda egiten baldin badu, kalteak murriztend ditu.

1.1.3. Motorrak

Aukeratutako motorrak *EMAX MT2213* modelokoak dira. Izan ere, gutxi gora behera multikopteroak izango duen pisua 1500g-koa izango da eta motor hauek 670 gramo altxatzeko ahalmena daukate bakoitzak. Laurak batera, 2680 gramo altxatzen dute, beraz aurreikusitako pisua altxatzeko balio dute.

Motor hauen ezaugarriak hurrengoak dira.

KV	Imax	Potentzia	ESC	Zelula Zb
935Kv	9,6A	150W	20A	3S-6S

1.1.4. Electronic Speed Controller (ESC)

Merkatuan dauden bi ESC mota nagusien artean (bakunak edo multipleak), ESC multiple bat aukeratu da, *QBrain 4x20* zehatz meatz. ESC multiple batek erosotasuna dakar instalazioa eta konfigurazioa egiterakoan, eta gainera aukeratutako motorren ezaugarriak betetzen ditu, 20A-ko intentsitateekin lan egin ahal duelako. Honetaz aparte, 3S bateriekin ere lan egiteko prestatuta dago.

ESC hau BEC zirkuitua barneratuta dakar, beraz hemendik zuzenean tentsioa aldaketa egiten da multikopteroaren veste osagaiak elikatzeko.



Irudia 3 Qbrain 4x20 (HobbyKing)

1.1.5. Kontrolagailua

Merkatuan hanbat eta hainbat kontrolagailu daude, baina aukeratutakoa *KK2.1* izan da. Kontrolagailu honek erraztasun handiak eskaintzen ditu multikopteroen munduan salea ez denarentzat. Hasteko, aurreprogramaturik dator, bakarrik sartu behar zaizkio

multikopteroaren konfigurazioak (motore kopurua eta hauen esleipena), aldiz beste askok arduinoz programatu behar dira, edota *MSFLIGHT* programaz. Honetaz aparte, pantaila txiki bat dakar, zeinetan kontrolagailuaren ezaugarriak kontsultatu edo aldatu ahal diren (PI kontrolak, motorren esleipena, auto-orekatzailea...), beste kontrolagailu askok ez dakarte pantaila hau, eta halako kontsultak edo aldaketak egiteko, ordenagailu bat behar da. KK2.1 plakaren itxura oso sinplea da, argi geratzen da zer den zertarako, eta gainera kontrolagailu merkea da, 20€ ingurukoa.



Irudia 4 KK2.1 (HobbyKing)

1.1.6. Urruti kontrola

Aukeratutako urruti kontrola, *Turnigy i10* modeloa da. Urruti kontrolak hargailu batekin dator, kasu honetan *Turnigy iA10B* modeloa. Bien arteko aginduak 2,4 GHz-ko irrati seinaleen bitartez egiten da, eta berez bi osagai hauek "lotuta" etortzen dira.

Urruti kontrolaren ezaugarri nagusia hamaika kanal dituela da. Hau da, uneoro hamaika seinale bidaltzeko ahalmeda dauka. Oso ondo dator ezaugarri hau etorkizunera begira, izan ere aukeratutako multikopteroak 6 kanal erabiltzen ditu, eta aurrerantzean hobekuntzak eginez gero, urruti kontrol honek balioko du.

Beste ezaugarri garrantzitsu bat bere pantaila ukigarria da, kontrola konfiguratzeko erreztasun handia eskeintzen du. Kontrol honek, bozgoragailu bat dauka, eta multikopteroa armatzen denean doinu bat sortzen du, multikopteroa aktibatuta dagoela jakitun izateko.



Irudia 5 Turnigy i10 urruti kontrola eta hargailua (HobbyKing)

1.1.7. Propelak

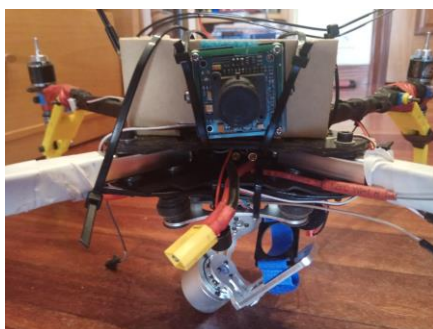
Aukeratutako propelak 10x45 modelokoak dira, modelo oso normala. Propel hibridoak dira. Hauekin, motorraren fabrikanteak esekintzen duen taularen arabera, 670 gramoko indarra sortuko duten motor bakoitzean.



Irudia 6 10X45 propelak(HobbyKing)

1.1.8. Lehengo Pertsonako Begirada sistema

LPB edo First Person View (ingelesez) sistema 4 osagaiez osatuta dago. Lehenengoa kamera da, kasu honetan erabilitako kamera 1/3 Sony CCD (PAL) modelokoa da. Bigarren osagaia, antena da, honen betekizuna kamerak jasotako irudiak irrati seinalez bidaltzea da, aukeratutako modeloa 2,4GHz-eko frekuentzia erabiltzen du, antea lau pin dauzka kanala aukeratzeko (kanala pin pare bat zirkuilulaburtzu lortzen da). Hirugarren osagaia, emisoreak bidalitako irrati seinaleak hartzen dituen hargailua da. Honen bitartez, lurretik irudiak jasotzeko ahalmena eukiko da, hargailuak berriz 12 kanal dauzka. Laugarren osagaia, seinale bihurgailua da (dekodifikadorea), honen betekizuna irrati seinaleetatik datozen irudiak pantaila batean ikusgai izatea da. Kasu honetan, pantaila VGA kable batez hartuko ditu irudiak.



Irudia 7 1/3 Sony CCD (PAL)

1.1.9. Grabazio sistema

Sistema honen bidez, kalitatezko irudiak eskuratuko dira. Sistema honetan, orekagailua eta erresoluzio handiko akzio kamera bat eukiko da. Hautatutako orekagailua, RTF CX20 eta bi BLDC 2208 motor dauzka, BGC2.2 kontrol plakarekin.



Orekagailua

Hautatutako akzio kamera, *4K UltraHD* modeloa da.



Irudia 8 4K UltraHD

1.1.10. Kargadorea

Bateriak kargatzeko, kargadore mugikor bat aukeratu da. Kargadorearen modeloa *SkyRC Imax B6 mini* da, eta tentsio bihurgailu batenkin dator zuzenean behe tentsiora konektatzeko. Kargadore honek hainbat ezaugarri ditu, baina bakarrik azalduko dira multikoptero honentzako erabiltzen direnak.

Esan bezala, baterien zeldak behar bezala kargatzeko, karga orekatua erabiltzen da. Karga hau egiteko, kargadoreak datu batzuk eskatzen ditu, bateriaren kapazitatea eta korrontearen balioa. Kapazitatearen balioa baterian agertzen da, baina korrontearentzako kalkulu txiki bat egin behar da. Baterien ezaugarri taulan (ez da baterian bertan agertzen) bilatu behar da karga ratio izeneko balioa, normalean 1 eta 5 arteko balioa dauka. Balio hau, bateriaren kapazitatearekin biderkatuz kargatzeko korrontearen balioa lortzen da.

Baita ere, bateriak deskargatzeko aukera emoten du. Hau egiteko, hasierako menuan *discharge* sakatu, eta eskatutako balioak sartu (kapazitatea eta intentsitatea).

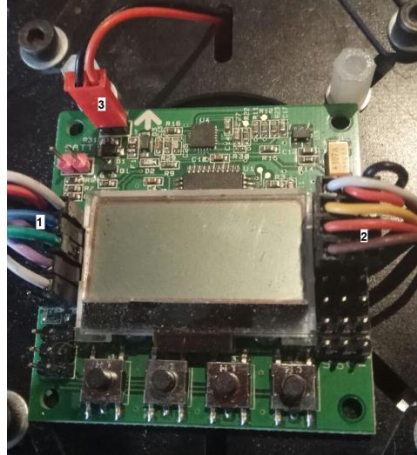
Hurrengo estekan aurkitzen da kargadore baten modu guztiak erabiltzeko gida txiki bat. Kargatu nahi den bateriaren balioak sartzen dira, baita kargadorearen modeloa ere eta web orrialdeak modu guztien azalpena eskeintzen du, baita ere sartu behar diren balioak bateriaren arabera.

1.2. Kontrolagailuaren konexioak

Multikopteroa muntatzerako orduan, nahasketak sortu dezakeen ataletariko bat konexioak dira. Izan ere, nahiko kable txiki daude, eta askotan osagaiek dakartzaten argibideak ez dira behar bezain argiak.

Nahasketak ekiditzeko asmoz, hurrengo orrialdeetan azalduko da osagai bakoitzak dituen sarrera/irteerak eta beste osagaiekin nola konektatu behar diren.

Multikopteroaren kontrolagailuak 3 sarrera/irteera dauzka osagaiekin.



Irudia 9 KK2.1 kontrolagailuaren pinak

1.2.1. Irrati kontrolaren sarrerak

Kontrolagailura, urruti kontrolaren hargailuak jasotako seinaleak kable hauen bidez heltzen da. Hiru kable mota daude, seinale kablea (kable bana mugimendu bakoitzarentzat), tentsio kableak (lurra eta tentsioa) eta konfigurazio kableak (Multikopteroaren ezaugarriak aldatzeko). Kasu honetan, hurrengo konfigurazioa erabili da, goitik behera.

Zuria→ aleroiaren seinalea

Gorria→ Hargailuaren tentsio sarrera 5V

Beltza→ Hargailuaren lurra

Urdina→ Elevator seinalea

Berdea→ Thrust seinalea

Morea→ Rudder seinalea

Grisa→ Orekatze seinalea

Ohartu konfigurazio honetan bakarrik tentsio kable bi erabiltzen direla (beltza eta gorria) sistemak elektrikoki lotzeko, izan ere pin hauek goitik behera zirkuitu-laburtuta daude, beraz ez da beharrezkoa pin guztietan lurra eta tentsioa jartzea. Naiz eta leku askotan agertzen den konexio hau jarrita (pin guztietan lurra eta tentsioa), ez da komenigarria, izan ere tentsio mailan desoreka txikiak ager daitezke, eta baliteke kable batetik bestera tentsio diferentziak agertzea, eta tentsio diferentzi batek zirkuitu-labur baten eragin dezakeen kalteak handiak dira.

1.2.2. ESC-aren sarrera kableak,

Kable hauen bitartez, multikopteroaren kontrolagailuak motore bakoitzak egin behar dituen aginduak betetzeko seinaleak bidaltzen ditu. Kasu honetan, lau motorduneko multikopteroa eraiki denez, lehenengo lau irteera pinak erabili dira. Motor gehiago naiezkerok, goitik behera

hurrengo pinak erabili daitezke, gehienez zortzi motorreko multikopteroa egin daikete kontrolagailu honekin.

Kasu honetan, hurrengo konfigurazioa erabili da, goitik behera.

Zuria→ 3. motorraren seinalea

Gorria→ Plakaren tentsio sarrera 5V

Beltza→ Plakaren lurra

Horia→ 1. motorraren seinalea

Laranja→ 2. motorraren seinalea

Marroia→ 4. motorraren seinalea

Ohartu konfigurazio honetan bakarrik tentsio kable bi erabiltzen direla (beltza eta gorria) sistemak elektrikoki lotzeko, izan ere pin hauek goitik behera zirkuitu-laburtuta daude, beraz ez da beharrezkoa pin guztietan lurra eta tentsioa jartzea. Naiz eta leku askotan agertzen den konexio hau jarrita (pin guztietan lurra eta tentsioa), ez da komenigarria, izan ere tentsio mailan desoreka txikiak ager daitezke, eta baliteke kable batetik bestera tentsio diferentziak agertzea, eta tentsio diferentzi batek zirkuitu-labur baten eragin dezakeen kalteak handiak dira.

1.2.3. Buzer (Bozina)

Osagai honen konexioa oso erraza da. Bi kable besterik ez ditu, bata lurra (beltza) eta bestea tentsioa (gorria) buzerra elektrikoki elikatzeko. Gailu honen bidez, kontrolagailuaren alarmak entzun daitezke (bateria baxua, multikopteroaren pizte eta itxaltzea edota armatua).

1.2.4. Irrati kontrolagailuaren hargailua.

Osagai honek bi sarrera/irteera ditu, baina bakarrik bat kableduna (irteera), izan ere sarrera irrati seinaleen bidez gauzatzen da. Irteera seinaleen lehenengo zazpi kableak kontrolagailuaren eskumaldeko pinetara doaz, eta azkeneneko kablea kamera orekagailuaren kontrol pinetara doa.



Irudia 10 Hargailuaren konexioak

Zuria→ Aleroiaren seinalea

Gorria→ Hargailuaren tentsio sarrera 5V

Beltza→ Hargailuaren lurra

Urdina→ Elevator seinalea

Berdea→ Thrust seinalea

Morea→ Rudder seinalea

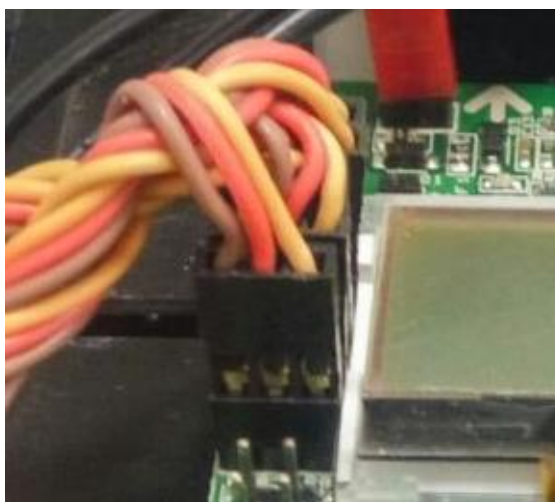
Grisa→ Multikopteroaren auto-orekatze seinalea

Marroia→ Orekagailuaren mugimendua kontrolatzeko seinalea

Kontuan euki hargailuaren eta plakaren ordena desberdinak izan daitezkeela.

Kontuan euki, bai hargailua eta bai kontrolagailuan bakarrik tentsio sarrera/irteera bakarra dagoela. Plakaren erdiko pin guztiak tentsio berdina daude, 5V, baina kableen barne erresistentzien ondorioz, baliteke hargailuan konektatzerakoan bata besteengandik tentsio erorkera txiki bat izatea, eta hargailuan arazoak sortzea.

Hargailuarekin batera datozen kableak hurrengo itxurakoak dira. Hiru kable dauzkate, lurra tentsioa eta seinalea. Esandako errorea gerta ez dadin, triple kable hauek, kable bakar batez aldatzen dira, eta bakarrik kable triple bat jartzen da, osagaia elektrikoki konektatu dadin.



Irudia 11 Haragiluarekin datozen kableak

ESC-aren aldean, gauza bera gertatzen da, erdiko pinak tentsio berdinean daude (zirkuitu-laburtuta), beraz bakarrik tentsio sarrera bat jartzen da. Lehenengo pinen tentsioa, lurra eta seinalea, eta hurrengo hiruretan bakarrik seinalea.

Azkeneko kablea, buzerra da. Honetan, bakarrik euki behar da kontuan polaritatea, hau da, alde gorria positiboan jarri, 5V, eta beltza negatiboan, lurra.

1.3. Orekatzailearen konexioak

Aukeratutako orekagailua *Hobby Siglo 2 AXIS* da, modelo hau aukeratu da bi ezaugarri kontuan hartuta, prezioa eta erabilgarritasuna. Orekagailu askok, erabilgarritasun gehiegi eskaintzen dituzte, proiektu honek behar dituenak baino gehiago, adibidez 3 ardatzetako askatasun mugimenduak eta normala denez, halako orekagailuak garestiagoak dira. Hiru ardatz hauen mugimenduak baimenduko luke multikopteroaren posizioa edozein delarik, nahi den puntu fokuratzeko.

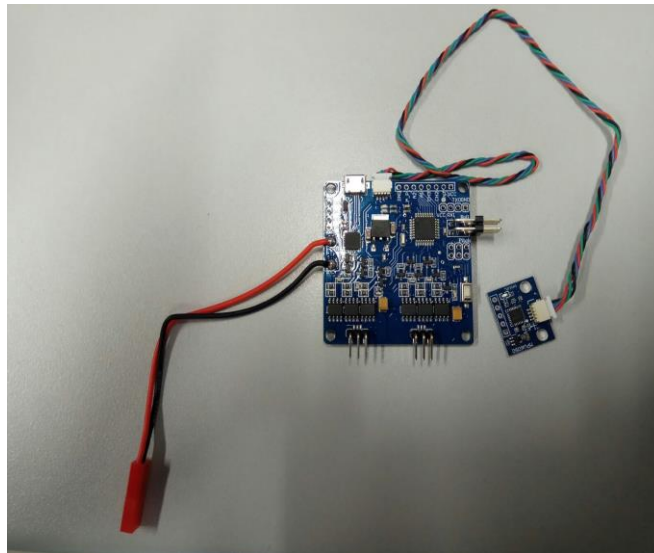
Soluzio honetarako, bi ardatzeko askatasun mugimenduko orekagailu batekin nahikoa da. Bi ardatzekin, fokuratzeko puntua beti multikopteroaren aurrekaldean egongo da, eta beste bi ardatzak, lurrekiko paralelo direnak aldatu daitezke (pitch eta roll).

Orekatzaileak bere kontrolagailu partikularra dauka barneratuta, eta dauden mi motorren posizioa urruti kontrolatik aldatzeko ahalmena ematen du. Kontrolagailu honen pinetan ez badu sarrera seinalerik jasotzen, hau da baldin ez badago urruti kontrolera konektatuta, kontrolagailuak kontrolatuko du motorren posizioa (bi motorrak independenteak dira, urruti kontrolatik kontrola daiteke motor bat eta bestea kontrolagailuaren menpe hutzi). Kontrolagailuaren menpe da.



Irudia 12 Orekatzailea multikoetroan kokatuta

Orekagailu honek, kontrolagailu bat (lauki handia) eta bi ardatzeko azelerometro bat (laukizuzen txikia) dakar. Hurrengo irudian ikusgai dago orekatzaileak dituen osagai elektroniko eta kableak.



Irudia 13 Orekagailuaren kontrolagailua

Kable gorria eta beltza, sarrera eta irteera tentsioak dira. Osagai hau, 9,4V-tetan lan egiten du, eta tentsio hau lortzeko, bateriak dauzkan pinetara konektatuko ditugu zuzenean, beltza beltzarekin eta gorria bateriaren 3. pinarekin. Hurrengo irudian ikusgai dago esandako pinak.



Irudia 14 Bateriaren pinak

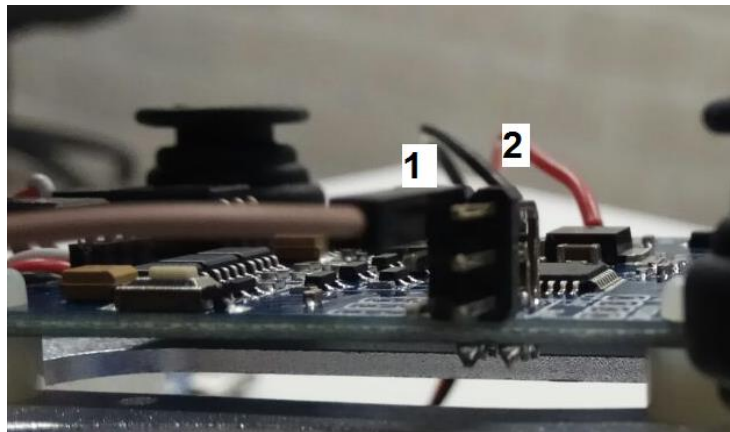
Beltza → Lurra

Horia → 3,7V (lurrarekiko)

Urdina → 9,4V (lurrarekiko)

Gorria → 11,1V (lurrarekiko)

Orekagailu hau serbomotorrak irriti kontrolagailutik zuzenean kontrolatzeko gaitasuna eskeintzen du, urruti kontrolaren hargailura zuzenean kableak konektatuz. Esan bezala, kaberik konektatuta ez egotekotan, kontrolagailu berak kontrolatuko ditu serbomotorrak, beti ere oreka posizioa bilatuz edozein dela multikoiteroaren posizioa.



Irudia 15 Orekagailuaren motorrak kontrolatzeko pinak

1. Orekagailuaren pitch serbomotorra kontrolatzeko
2. Orekagailuaren roll serbomotorra kontrolatzeko
 - a. Pinak libre utzita, orekagailuak kontrolatuko ditu serbomotorrak.

Kable hauek, zuzenean irratia hargailura konektatzen dira libre dagoen kanalen batera, eta ondoren, irratian konfiguratu behar da honen kontrola. Horretarako:

1. Irratian konfigurazio menuan sartu

2. Gimbal atala sakatu
3. Lehenengo laukizuzenean→ Irratiko botoia aukeratu
 - a. Gomendatzen da erruleta bat aukeratzea, zehaztazun gehiago eskaintzen du.
4. Bigarren laukizuzenean→ Kanala aukeratu (Hargailuan dagoenaren berdina)

1.4. ESC-aren konexioak

Kontuan euki behar da aukeratutako osagaiak lau ESC dituela batera, beraz hurrengoko azalpenak bakarrik mota honetako ESC-entzat balioko du. Aukeratutako osagaia *Qbrain 4x20A* da, esan bezala lau motorren ESC-ak batera dituen osagaia da.

Osagai honetan, kontrolagailua eta motorrak konektatuko ditugu. Alde batetik, tentsio sarrera dago, zeinetan bateriaren 12V sartzen diren kable gorritik. Bestalde, kable txikiak kontrolagailura doaz, gorria eta beltza tentsioa daramate plakara, eta besteek plakatik seinaleak hartzen dituzte.



Irudia 16 Qbrain ESC (HobbyKing)

1. Zuria→ Lehenengo pinera
2. Horia→ Bigarren pinera
3. Laranja→ Hirugarren pinera
4. Marroia→ Laugarren pinera

ESC hau kuadruplea denez, lau irteera sorta ditu, motor bakoitzeko sorta bat. Sorta bakoitzean hiru kable daude, motorraren fase bakoitzeko, motor bateko kableen konexioa ez dauka garrantzi handirik. Kable bi elkar trukutzen direnean, motorraren biratze zentzua besterik ez da aldatzen.

1. M2→ Aurreko eskumako motorrera
2. M3→ Aurreko ezkerreko motorrera
3. M1→ Atzeko eskumako motorrera
4. M4→ Atzeko ezkerreko motorrera
 - a. Oso garrantzitsua da horrela konektatzea, horrela baitdago konfiguratuta

1.5. Lehengo Pertsonako Begiradaren konexioa

Sistema honek, lau osagaiak osatzen dute. Kamera, antena, hargailua eta dekodifikadorea. Kameratik antenara kable bat doa irudien seinalearekin (zuria) eta beste bi kable elikadura tentsioarekin (gorria eta beltza).



Irudia17 LPB kableak

Antena eta hargailua sintonizateko, antenaren goikaldean dauden lau pin pareetatik, bi zirkuitulaburtu behar dira zubi metaliko batekin (**JARRI IRUDIA**). Lau pin pare daude, eta bakoitzak kanal batetik bidaltzen ditu seinaleak, batetik laura. Antenan autatutako kanalaren zenbakia hargailuan jartzen da eta horrela bi osagaiak lotuta gelditzen dira.

Hargailutik ezin dira irudiak atera, beraz dekodifikadorea erabiltzen da, osagai hauek kable baten bidez konektatzen dira, eta azkenik dekodifikadoretik pantailara irudiak bidaltzen dira VGA kable batekin.

1.6. KK2.1 Konfigurazioa



Irudia 17 KK2.1 (KK2.1 User's guide)

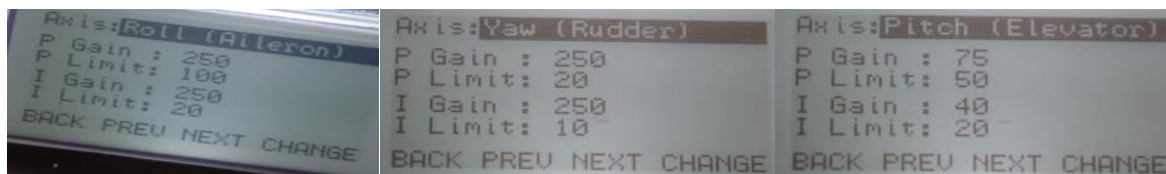
Kontrolagailua hargailuarekin, buzzer-arekin eta motorrekin konektatu eta gero, kontrolagailua konfiguratu behar da. Lehendabizi, kontrolagailua energi elektrikoz elikatu behar da, horretarako, ESC-a bateriara konektatzen da, eta ESC-aren elikadura kableak

(gorria eta beltza) kontrolagailuko eskumaldeko pinetan konektatzen da. Behin konenktatuta, kontrolagailua piztuko da, eta doinu luze bat joko du, honen ostean, 2.irudia agertuko da pantailan. Eskumako botoia sakatuz, kontrolagailuaren menuan sartzen da. Menuaren barruan atal asko agertuko dira, baina momentuz garrantzitsuenetara joko da.

Teoria atalean azaldu bezala, kontrolagailuak PI kontrolagailu algoritmoa dakar hiru ardatzen biraketazko mugimenduetarako. Hemen bi aukera agertzen dira, posiblea da hiru mugimenduak bakarka konfiguratzea, edo gomendagarriena dena, *roll* eta *pitch* mugimenduak konektatu daitezke, biek balio berdinekin lan eginez.

PI algoritmoaren balio batzuk emango dira, baina kontuan euki behar da multikoptero bakoitza, naiz eta muntaketa pausu berdinak jarraitu, PI balio apropos desberdin batzuk euki ditzazke. PI balioak lortzeko, memorian teoriaren atalan esandako pausuak jarraitu beharko dira.

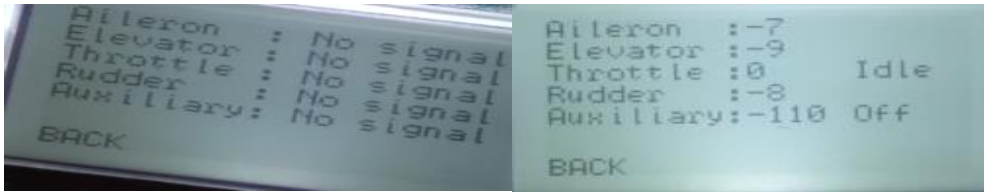
- PI kontrolagailua konfiguratzeko menua dago. Gomendatutako balioak hurrengoak dira.
 - Roll/Pitch Axis:
 - Pgain = 50
 - Plimit = 100
 - Igain = 25
 - Ilimit = 20
 - Yaw Axis:
 - Pgain = 50
 - Plimit = 20
 - Igain = 25
 - Ilimit = 10



Irudia 18 KK2.1 PI

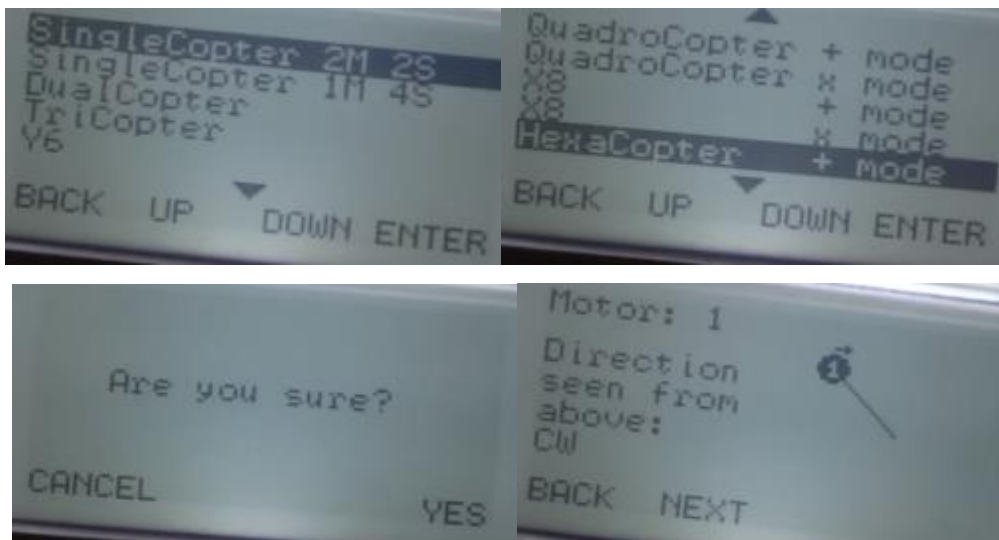
- Receiver test
 - Atal honetan, hargailuak irrati kontrolatik jasotzen dituen seinalearen azterketa egiten da, horretarako hargailuaren kableak kontrolagailuarekin lotuta egon beharko dira. Irratiaren joystick-ak mugitu, eta kontrolagailuaren pantailan biztaratzen diren zenbakiak eta mezuak aztertu. Irratitik bidalitako mugimendua pantailan agertzen delakoarekin bat egiten baldin bada, ondo konektatu egongo dira kableak. Hala ez bada eta, adibidez yaw mugimenduan *aliron* mugitzen bada, kableak txarto konektatu daudelaren seinale da, hau konpontzek kableen lotura berrikusi. Bliteke ere irrati mugimendua pantailan ondo islatzea, baina kontrako zentzuan, hau da, joystick-a balio positibo batera mugitzean, pantailan balio negatiboak

agertzea. Hau konpontzeko, irratian *signals* menuan sartu, alderantziz dagoen kanala aukeratu eta *reverse* sakatu behar da.



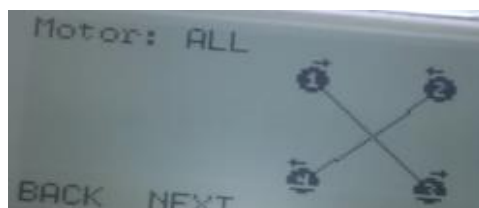
Irudia 19 KK2.1 Receiver test

- Load motor loadout
 - Atal honetan, dronaren motorren esleipena sartu behar da. Kasu honetan, X itxuran 4 motor erabiliko dira. Beraz, Quadcopter x sakatuko dugu.
 - Ondoren, *enter* botoia sakatuz pantailaratzten dira motor bakoitzaren posizioa kontrolagailuarekiko, eta hauek euki behar duten biratze zentzua. CW edo CCW.

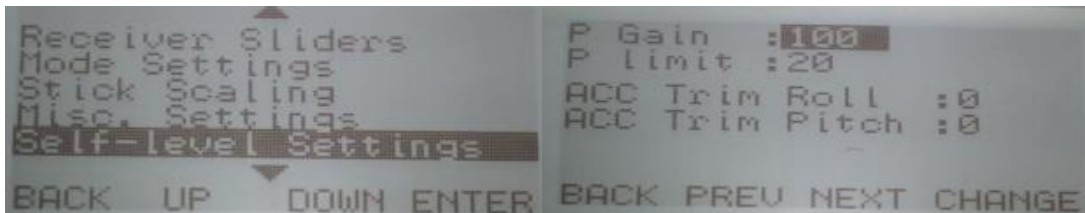


Irudia 20 KK2.1 Load motor loadout

- Show motor layout
 - Momentuan motorren esleipena aurkezten du.

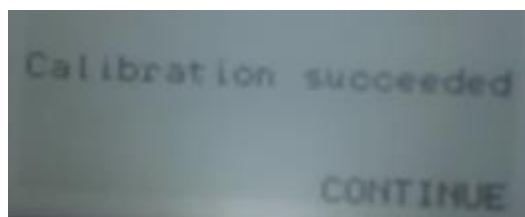
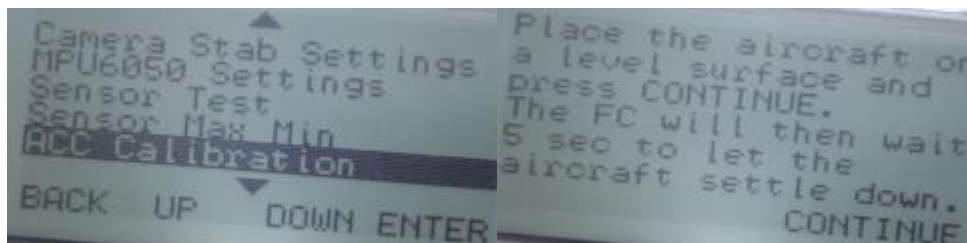


- Self-level settings
 - Airean agindurik jasotzen ez badu irratitik, oreka posizioara bueltatuko da, lurrarekiko paralelo alegia. Aukera hau aktibatzean, PI kontrola ere ezarri daiteke. Berriz ere, balio batzuk gomendatzen dira, baina hoberena probak egitea izango litzateke.



Irudia 21 KK2.1 Self-level

- ACC calibration
 - Atal honetan, kontrolagailuaren oreka posizioa ezarriko da. Horretarako, kontrolagailua lurrarekiko paralelo jarri behar da eta CONTINUE botoia sakatu. Segundu batzuk geroago, prozesua amaituta egongo da.



Irudia 22 KK2.1 ACC

- Link Roll Pitch
 - PI kontroleko gain eta limit balioak berdinak izateko, hau da, Roll-eko balio berri bat sartzean, automatikoki Pitch-ean sartzeko.

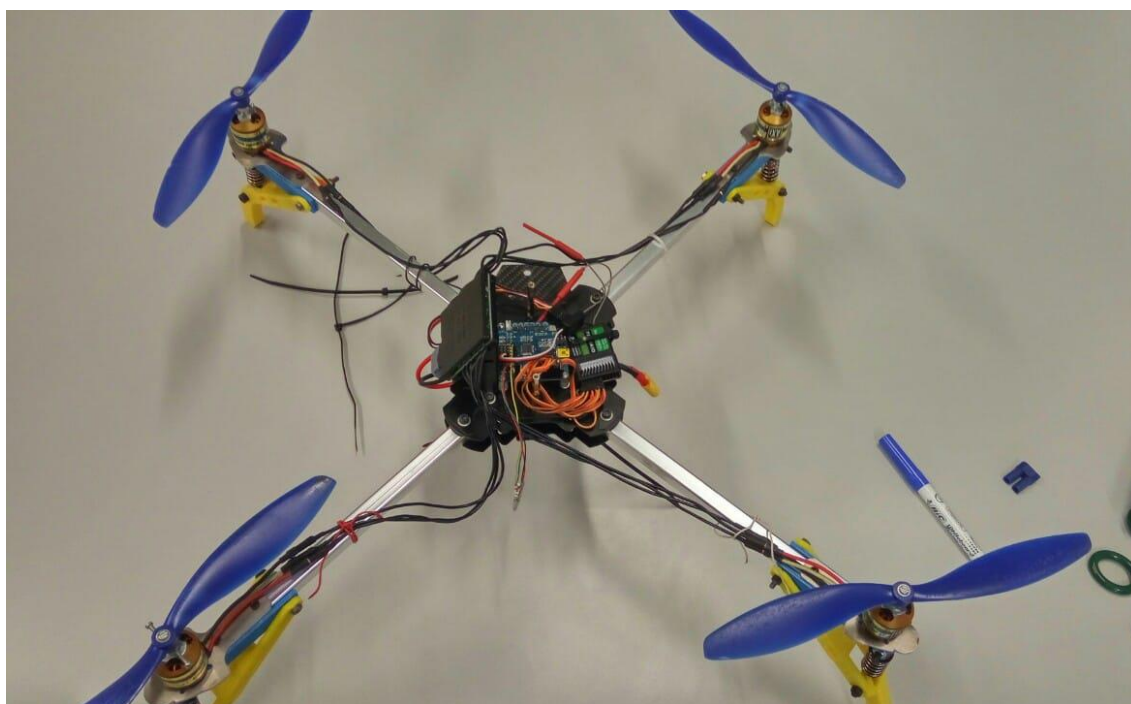
- Auto Disarm
 - Drona aktibatu eta 20 segundu geroago, seinalerik ez badu jasotzen, desaktibatzen.

1.7. Denboran zehar garatutako soluzioak

Proiektua garatu den denboran zehar, multikopteroari aldaketa asko egin zaizkio. Hasieran, osagaien konexioei besterik ez zer erreparatzen, pisuaren oreka kontuan izan gabe. Hori dela eta, hasierako hegaldi probetan multikopteroa ez zen batere egonkorra, eta apurka apurka, osagaiak lekuz aldatu ziren, pisua orekatu arte.

1.7.1. Lehenengo Prototipoa

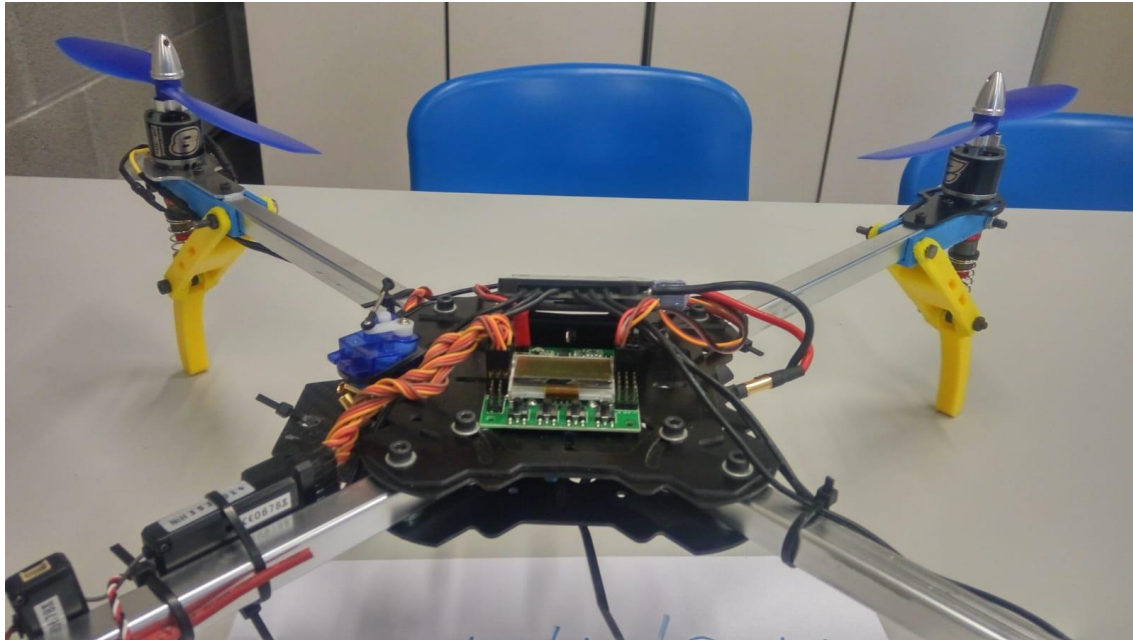
Hasierako prototipoetan ere ez zen erreparatzen alde estetikoan, osagaiak ahal zeneko lekuetan jartzen ziren, kableen luzeerak kontuan hartu gabe. Azken hau arriskuak sortzen zituen, izan ete kable batzuk propelen ibilbidearekin topatu ahal ziren.



Irudia 23 Egindako lehenengo prototipoa

Esan bezala, lehenengo prototipo honetan ikusi daiteke nola osagaiak denak batera ahal den bezala jarrita dauden, eta honen ondorioz kontrolagailuaren pinak apurtzeko arriskua dago. Gainera, baita ere ikus daiteke motorren kableak nahiko solte daudela, eta daukan lasaierak nahikoa izan daiteke propelen ibilbidean jartzeko.

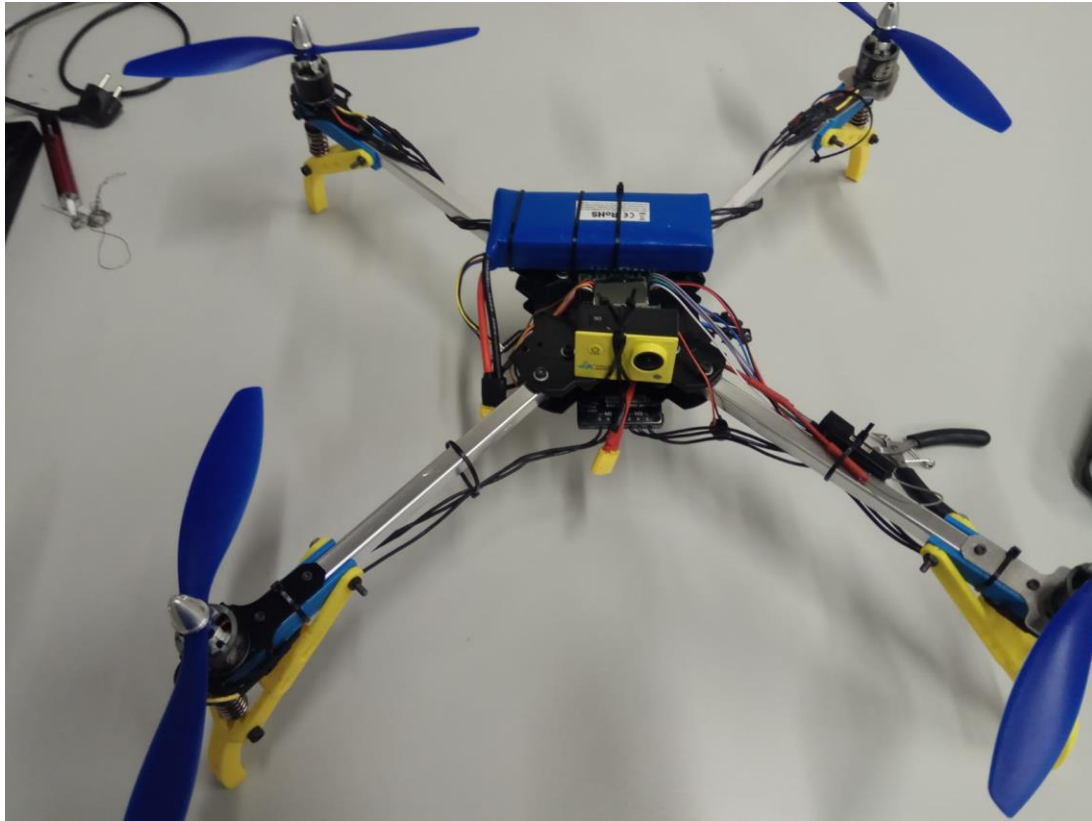
1.7.2. Bigarren prototipoa



Irudia 24 Bigarren prototipoa

Bigarren prototipo honetan nahiko aldaketa egin dira aurreko arazoak kontuan hartuz. Ikusi daiteke nola multikopteroaren egituraren erdian osagai gutxiago daudela, kontrolagailuari espazio gehiago emanez. Gainera, kable guztiei aldaketak egin zaie, adibidez hargailutik kontrolagailura joaten direnak haien artean korapilatu dira, kontrolpean eukitzeko asmoz. Baita ere motorren kablei aldaketa bat egin zaien, egituraren hanketara lotu dira brida batzuen bitartez, zeukaten lasaierak kenduz.

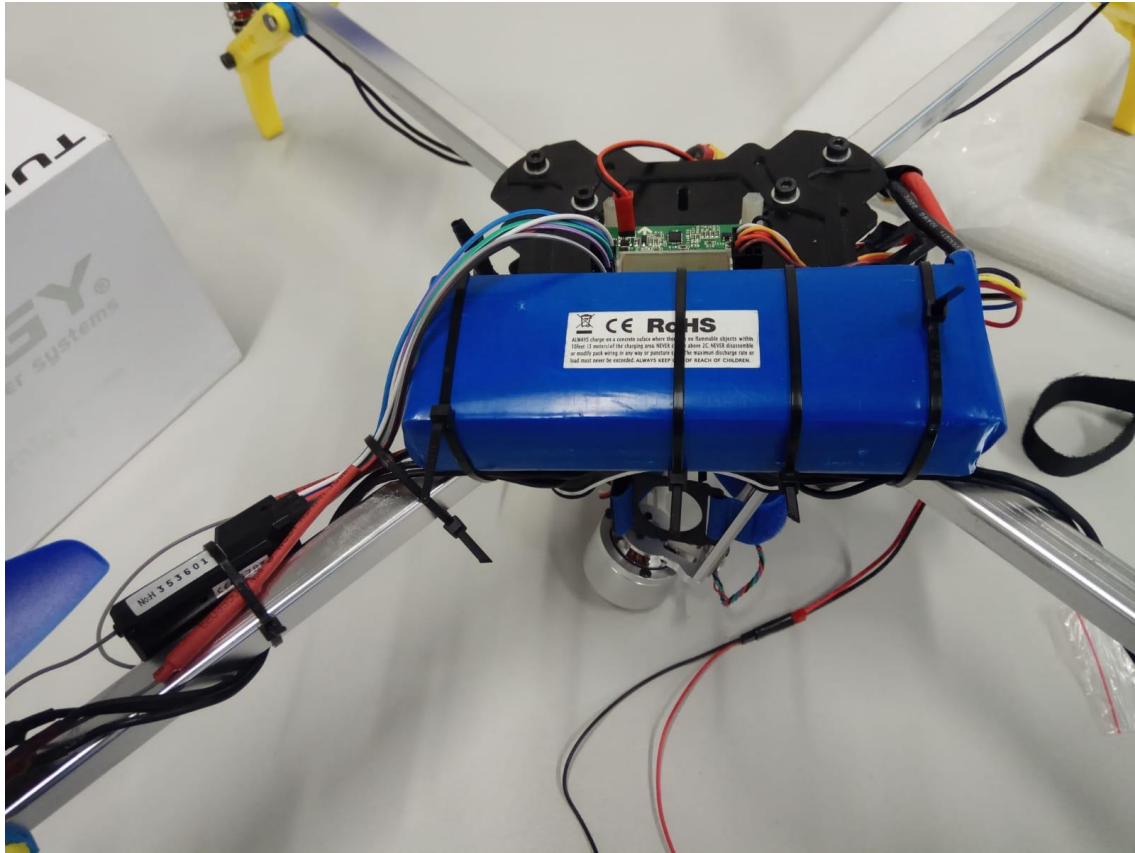
1.7.3. Hirugarren prototipoa



Irudia 25 Hirugarren prototipoa

Hirugarren prototipo honetan, lau aldaketan nabarmen egin dira. Lehenengoa, hargailutik irtetzen ziren kableak aldatu dira, kable txikiago eta koloredunak erabiliz, horrela kolore bakoitzari mugimendu edo agindu bat esleitu daiteke, sortu daitezkeen nahasketak ekiditzeko asmoz. Bigarren aldaketa, ESC-aren posizioa bateriaren posizioarekin trukatzean datza, aurreko prototipoetan egituraren goikaldean zegoen, baina ikusten zen ez zeukala espazio nahikorik ondo jartzeko, beraz egituraren behekaldera pasatu da, eta bateria goikaldera pasatu da. Hirugarren aldaketa, kamera sartzean datza. Orekagailua oraindik ez dagoenez, kamera egituraren goi eta aurrekaldean jarri da, brida batzuekin lotuz, kamera ez mugitzeko.

1.7.4. Laugarren prototipoa



Irudia 26 Laugarren prototipoa

Laugarren prototipo honetan, orekagailua sartu da. Kontuan euki orekagailua behekaldean jarri behar dela, honek duen ezaugarri geometrikongatik. Jada behekaldean ESC-a dagoela kontuan hartu behar da, baina honen gorputza laukizuzena denez, ez dago arazo handirik biak bata bestearen gainean akoplatzeko brida batzuen bidez.

1.7.5. Bostgarren prototipoa



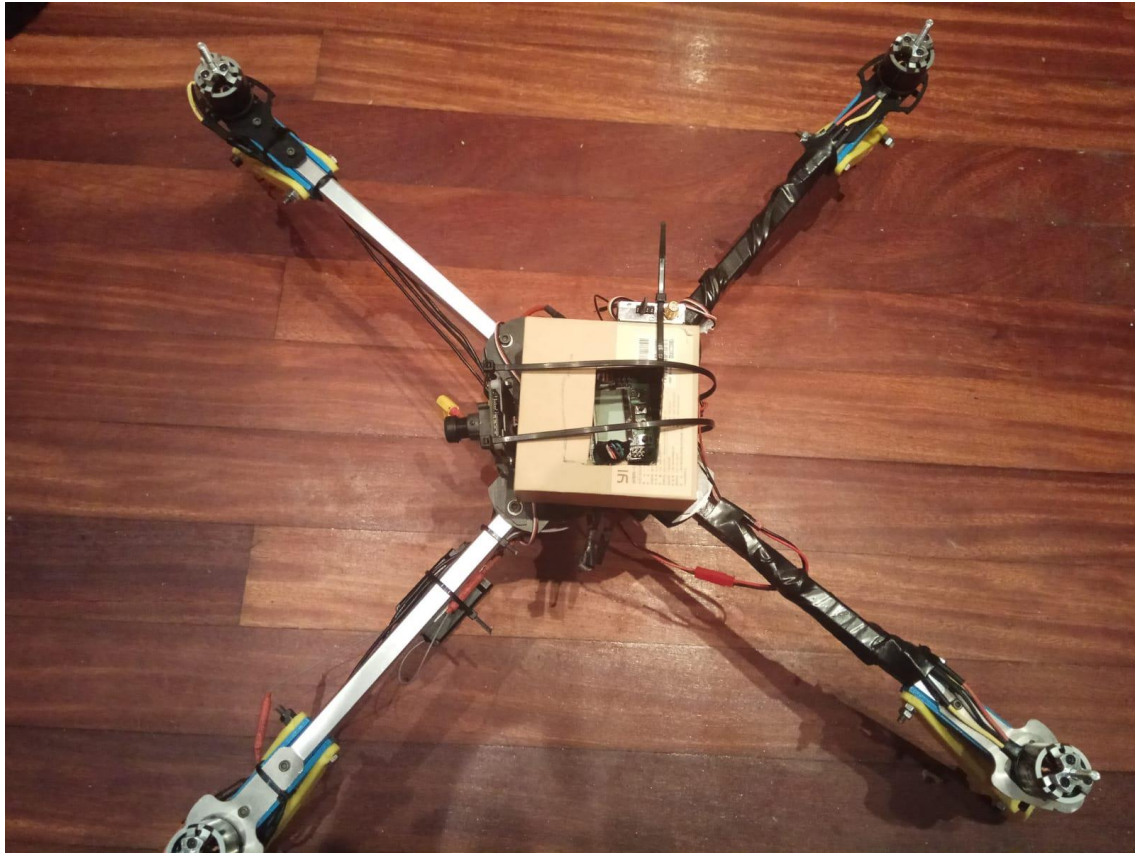
Irudia 27 Bostgarren prototipoa

Bostgarren prototipo honetan, FPV sistema jarri da (Lehengo Pertsonako Begirada). Gogoratu sistema hau zuzeneko irudiak ikusteko gaitasuna ematen duela, beraz kamera bat jarri da aurrealdean eta irudian irati seinalaz bidaltzeko antena bat jarri da bateriaren gainean, egituraren erdialdean gutxi gora behera. Kontuan euki behar da antena hau motorren eraginez interferentziak jasotzen dituela, eta irudiak ez dira garbi heltzen, horregaitik egituraren erdialdean jarri behar da.



Irudia 28 Bostgarren prototipoaren pisua

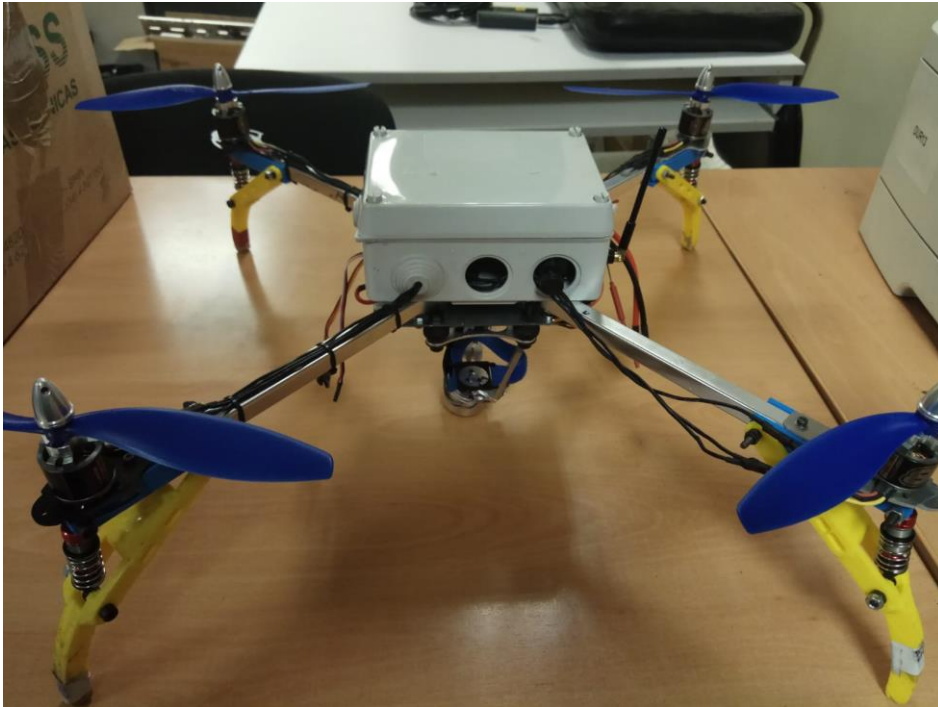
1.7.6. Seigarren prototipoa



Irudia 29 Seigarren prototipoa

Seigarren prototipo honetan, kontrolagailua babesteko kutxa bat jarri da aldaketa nabarmenena bezala. Honen bidez, kontrolagailura kutsadura gitxiago heltzea lortzen da (area, lokatza, ura...) eta bateria eta kontrolagailuaren arteko distantzia handitzea. Kutxak, zulo bat dauka kontrolagailuaren pantaila ikusteko eta konfiguratu ahal izateko guztia desmontatu gabe. Baita ere, zinta isolagailu beltza jarri da atzeko hanketan, bi funtzio betetzeko. Lehen, kableak egiturari lotuago egon daitezzen, eta bigarrena funtzio bisuala da, honekin multikopteroa hegaztrakoan jakin daiteke zein den honen aurrekaldea eta atzekaldea.

1.7.7. Zazpigarren prototipoa



Irudia 30 Zazpigarren prototipoa

Zazpigarren prototipo honetan egindako aldaketak, osagaien segurtasunarekin zerikusia dute. Egituraren erdialdeko osagaiak finkatu dira, bai torlojuekin edo bai belkroaren bidez. Gainera, plastikozko kutxa gogor bat jarri da, osagai elektronikoak barnean sartzeko eta babestuago egoteko bai kolpeetatik zein kanpoko faktoreetatik (ura, area, lokatsa, ploema....).

1.8. Multikopteroa garraiatzeko modua

Behin multikopteroak forma hartzerakoan, hau mugitzeko arazoa agertzen da. Kontuan hartuta multikopteroaren tamaina ertaina dela (600*600mm), ezin daiteke motxila baten sartu, edo eskuetan eraman.

Aurkitutako soluzioa, kartoizko kutxa bat izan da. Kutxaren materiala oso ona da honetarako, izan ere ez du pisu handirik, baina multikopteroa bere barnean eraman dezake kutxa apurtu gabe. Gaineran, kutxa kubo bat denez, nahiko espazio dago ardatz bertikalean. Espazio horretan, multikopteroaren osagai asko sartu daitezke (bateriak, urruti kontrola, propelak, herramintak...). Kutxaren behealdean osagai guztiak jartzen dira, eta hauen gainean plastikozko material bat, azken honen gainean multikopteroaren hankak jartzeko. Behin gauza guztiak sartuta, haien gainetik burbuilazko papera jartzen da, multikopteroa babesteko.



Irudia 31 Multikopteroa garraiatzeko kutxa

1.9. Lehenengo pertsonako begirada

Erabilitako osagaiak (kamera, antena, hargailua eta dekodifikadorea) behar bezala funtzionatzen dute, baina kalitatezko irudirik ezin dute eman.



Hargailua (grisez) eta dekodifikadorea (beltza)



Irudia 32 Lortutako irudiak ordenagailuko pantailan ikusita eta multikopteroaren posizioa irudia ateratzean

2. Motorrari egindako azterketa

Aukeratutako motorrak *Emax MT2213 935KV* izan dira azkenean, eta fabrikanteak emandako datuak hurrengoak dira.

The voltage (V)	Paddle size	current (A)	thrust (G)	power (W)	efficiency (G/W)	speed (RPM)	Working temperature (° C)
11	EMAX8045	1	110	11	10.0	3650	
		2	200	22	9.1	4740	
		3	270	33	8.2	5540	
		4	330	44	7.5	6200	
		5	390	55	7.1	6700	
		6	440	66	6.7	7150	
		7.1	490	78.1	6.3	7400	36
	EMAX1045	1	130	11	11.8	2940	
		2	220	22	10.0	3860	
		3	290	33	8.8	4400	
		4	370	44	8.4	4940	
		5	430	55	7.8	5340	
		6	480	66	7.3	5720	
		7	540	77	7.0	5980	
		8	590	88	6.7	6170	
		9	640	99	6.5	6410	
		9.6	670	106	6.3	6530	43

Irudia 33 Erabilitako propelak 10x45 dira, beraz beheko taula erdian fijatu behar da (HobbyKing)

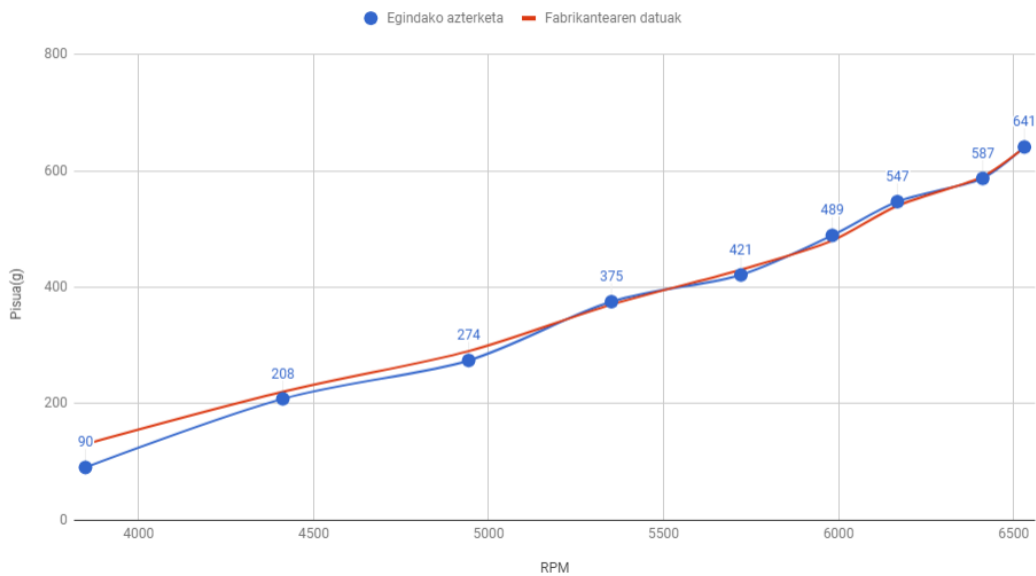
Azterketa egiteko, motorrak kontsumitutako intentsitatea, abiadura eta altxatutako pisuak neurtu dira. Hau egiteko, hurrengoko osagaiak erabili dira. Baskula bat, honen gainean egurrezko laukizuzen bat, eta honi itsatsita motorra jartzen da. Motorrari konektatuta, anperimetro/tentsiometro bat seriean ipintzen da ESC-aren ostean, eta abiadura neurtzeko laser bidezko pistola neurgailua erabili da.

Azterketa esperimental honetan, hurrengoko balioak lortu dira.

Altxatutako pisua (g)	Intentsitatea (A)	Abiadura (RPM)
90	0,8	2978
208	1,9	3848
274	2,7	4412
375	3,9	4943
421	5,2	5351
489	5,8	5721
547	7,3	5982
587	8,1	6168
641	8,9	6412
673	9,7	6531

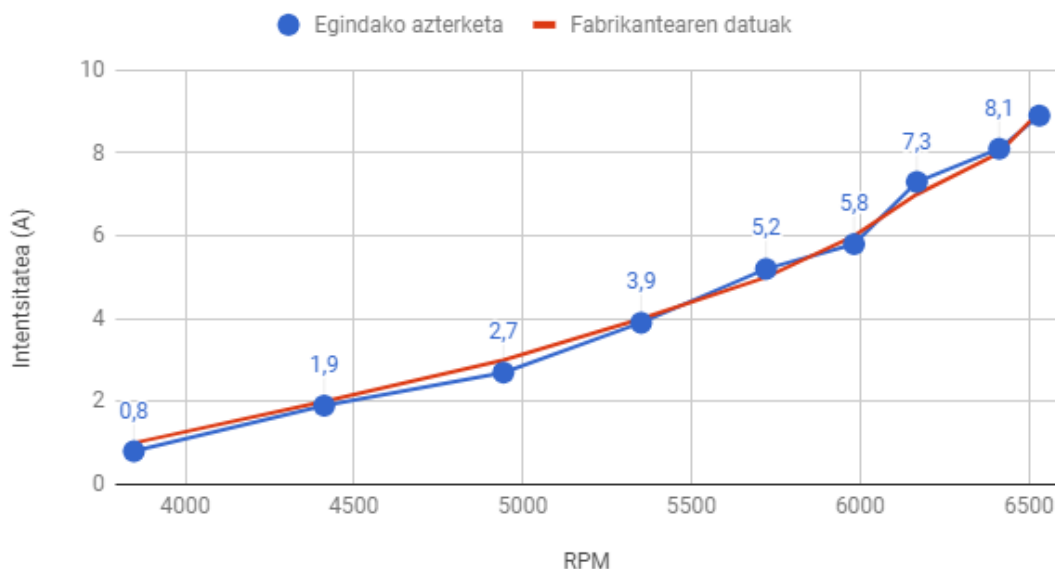
Irudia 34 Motorrari eginiko azterketaren balioak

Altxatutako pisua VS RPM



Irudia 35 Motorrak altxatutako pisua eta honen abiadurako grafikoa

Intentsitatea VS RPM



Irudia 36 Motorrak kontsumitutako intentsitatea eta abiaduraren arteko grafikoa

3. Merkatuko baterien azterketa

Hurrengo sailkapenetan, merkatuan dauden baterien azterketa egin da. Bateriak, lau taldeetan banatu dira, haien deskarga ratioagatik (10-20, 25 eta 30). Talde bakoitzean, bateriaren marka, kapazitatea, pisua, prezioa, erreferentzia zenbakia, kargatzeko ratio eta erlazioa agertzen da. Erlazioa hau, bateriaren kapazitatea eta pisua aurkesten du. Bateria pisutsuak desabantailak dakartzate, beraz balio hau txikia izatea bilatuko da, aldiz bateriaren kapazitatea gero eta handiagoa izan, hobeagoa izango da multikoopteroarentzat, beraz gero eta erlazio balio baxuagoa izan, bateria hobeagoa izango da.

	10-20C		2017/11/12			
	Kapazitatea (mAh)	Pisua (g)	Prezioa (€)	Erreferentzi zbk.	Kargatzeko C	Erlazioa
Turnigy nano-tech (5-10C)	2500	155	14,59 €	9210000037	2	16,12903226
Turnigy nano-tech (5-10C)	2500	147	14,54 €	9210000036	5	17,00680272
MultiStar LiHV	3000	188	18,24 €	9067000075-0	5	15,95744681
MultiStar LiHV	3000	195	12,74 €	912700018-0	2	15,38461538
MultiStar LiHV	4000	244	17,13 €	912700008-0	3	16,39344262
MultiStar LiHV	4000	265	20,24 €	9067000076-0	5	15,09433962
MultiStar LiHV	5200	318	19,38 €	9067000078-0	5	16,35220126
MultiStar LiHV	5200	331	21,82 €	912700001-0	2	15,70996979
MultiStar LiHV	5200	325	24,58 €	912700016-0	2	16

20 C						
	Kapazitatea (mAh)	Pisua (g)	Prezioa (€)	Erreferentzi zbk.	Kargatzeko C	erlazioa
Rhino	2150	160	8,93 €	R2150-20-3	2	13,4375
Turnigy	2200	g	6,86 €	T2200.3S.20	2	11,64021164
Turnigy	2600	213	11,97 €	T2650.3S.20	2	12,20657277
Turnigy	2700	198	16,55 €	9472000019-0	2	13,63636364
Zippy	3000	224	16,17 €	Z30003S-20	2	13,39285714
Turnigy	3000	238	10,19 €	9067000248-0	2	12,60504202
Turnigy	5000	360	18,47 €	9067000276-0	2	13,88888889

25 C						
	Kapazitatea (mAh)	Pisua (g)	Prezioa (€)	Erreferentzi zbk.	Kargatzeko C	mAh/g
Turnigy	2200	188	9,43 €	T2200.3S.25	4	11,70212766
Zippy	2200	173	11,64 €	Z22003S-25	2	12,71676301
Zippy	2200	163	11,03 €	ZC.2200.3S.25	5	13,49693252
Turnigy Nano-Tech	2200	187	12,32 €	N2200.3S.25	5	11,76470588
Rhino	2250	190	12,04 €	R2250-25-3	2	11,84210526
Turnigy Nano-Tech	2650	215	12,81 €	9210000185-0	5	12,3255814
Zippy	2700	203	13,13 €	ZC.2700.3S.25	5	13,30049261
Turnigy Nano-Tech	3000	231	19,68 €	9210000195-0	5	12,98701299
Zippy	3700	264	21,50 €	ZC.3700.3S.25	5	14,01515152
Turnigy Nano-Tech	4000	333	22,33 €	9210000210-0	5	12,01201201
Turnigy	5000	412	18,53 €	9067000277-0	2	12,13592233
Zippy	5000	342	23,55 €	Z50003S-25	2	14,61988304
Turnigy Nano-Tech	5000	403	28,51 €	9210000228-0	5	12,40694789
Zippy Sin Conector	5800	411	33,70 €	ZC.5800.3S.25	5	14,11192214
Turnigy Nano-Tech	6000	468	36,09 €	9210000237-0	5	12,82051282

30 C						
	Kapazitatea (mAh)	Pisua (g)	Prezioa (€)	Erreferentzi zbk.	Kargatzeko C	mAh/g
Turnigy	2200	197	11,65 €	T2200.3S.30	2	11,16751269
Zippy	4200	389	22,57 €	Z42003S-30	2	10,79691517
Turnigy	4500	386	29,00 €	9067000271-0	2	11,65803109
Turnigy	5000	414	18,85 €	9067000278-0	2	12,07729469
Zippy	5800	425	34,36 €	Z58003S-30	2	13,64705882

Azterketa honetatik, deskarga ratio bakoitzetatik merkatuan erosi daitezkeen bateria honenak adierazten dira. Azterketa honetan, 20C eta 35 C deskarga ratioko baterietan erlaziorik txikienak 2200mAh kapazitatea daukate. Printzipioz hauek izango liratezke honenak, baina kapazitate balio hori ez da nahiko multikoptero ertain batentzako, horregaitik hurrengoko erlazio txikiena eta kapazitate 3000mAh baino altuagokoa aukeratzen da.

4. Eginiko probak

Memoriaren esan bezala, multikopteroaren probak egiteko jarraibide batzuk jarri dira. Hurrengo orrialdeetan, jarraibide hauek kontuan eukinda, egin diren proben emaitzak azalduko dira.

4.1.1. Lehenengo proba

Lehenengo proba, multikopteroa lehen aldiz muntatu denean egiteko da. Proba honen helburu nagusia, multikopteroa ondo muntatu eta konektatu dela ikustea da. Osagaiak muntatzerako orduan, hutsegite txiki batek multikopteroaren kontrola galtzea ekar dazake.

Beraz, naiz eta multikopteroaren kontrola galdu, probak honek bermatzen du multikopteroa ez dela urrun joango eta kalterik ez duela eragingoprobaren ingurunean. Horretarako, multikopteroa puntu finko batera lotzen da, eta hegaz egin ahal izateko distantzia txiki bat usten zaio lotura horretan.

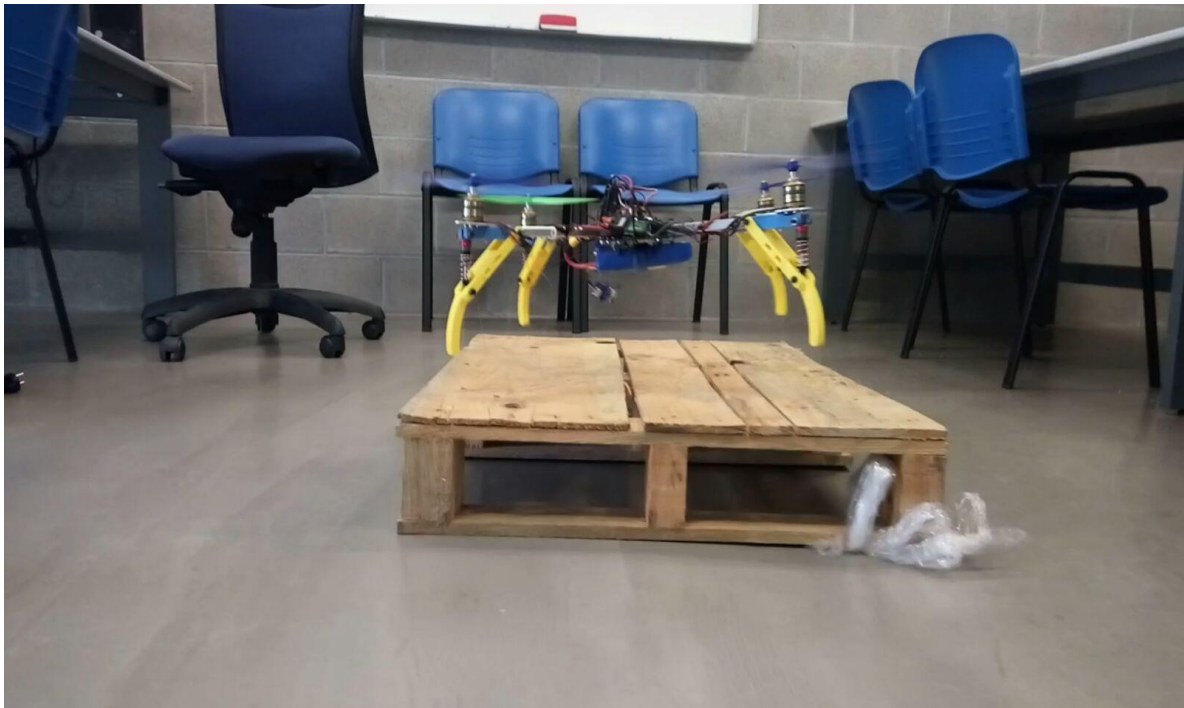
Proba honetan, puntu finko moduan egurrezko pale bat erabiliko da, zeinek multikopteroen motorrek altxatu ahal duten pisua baino pisutxuago den. Multikopteroa eta egurrezko palea lotzeko, arrantzan erabiltzen den pita jartzen da, multikopteroaren hanketatik inguratuz eta egurran egindako zuloetatik pasatuz.

Hurrengo irudian gauzatutako proba ikusten da. Proba, unibertsitateko Matematika sainaleko laborategi baten egin zen, proiektua egin den leku berdinean. Ikusten denez, lurrean egurrezko palea dago (3 kilo ingurukoa) eta multikopteroa eta egurra lotzen pita dago, soka hau oso oso estua denez, irudian ez da ikusten.

Proba hau egiterakoan, arazo batzuk aurkitu ziren.

- Motorren biraketa norantza ez zeuden ondo jarrita
 - Konpontzeko, motor eta ESC arteko kable bi elkartrukutzen dira
- Propelak ez zeuden behar bezala jarrita

- Bi propel mota daude, CW (orratzen aldeko motorretan jarri) eta CCW (orratzen kontrako motorretan jarri)
- Bateriaren deskarga
 - Motorren abiadura, bateriaren tentsioaren proportzionala da, beraz bateria deskargatzean, hauen abiadura murrizten da, eta ezin duten haien potentzia maximoa garatu, multikopteroa altxatu ezinik.
- Hargailuaren kableak txartu konektatuta
 - Hargailutik kontrolagailura doazen kableak ez zeuden behar bezala jarrita, thrust seinalea eta roll seinalea elkar trukaturatu zeuden. Arazo honetan ikusi zen proba honen garrantzia, izan ere multikopteroa etengabe zegoen bulkada sortzen, eta diseinatutako probak saihestu zuen multikopteroa gora egiteak.



Irudia 37 Multikopteroari eginiko lehen proba

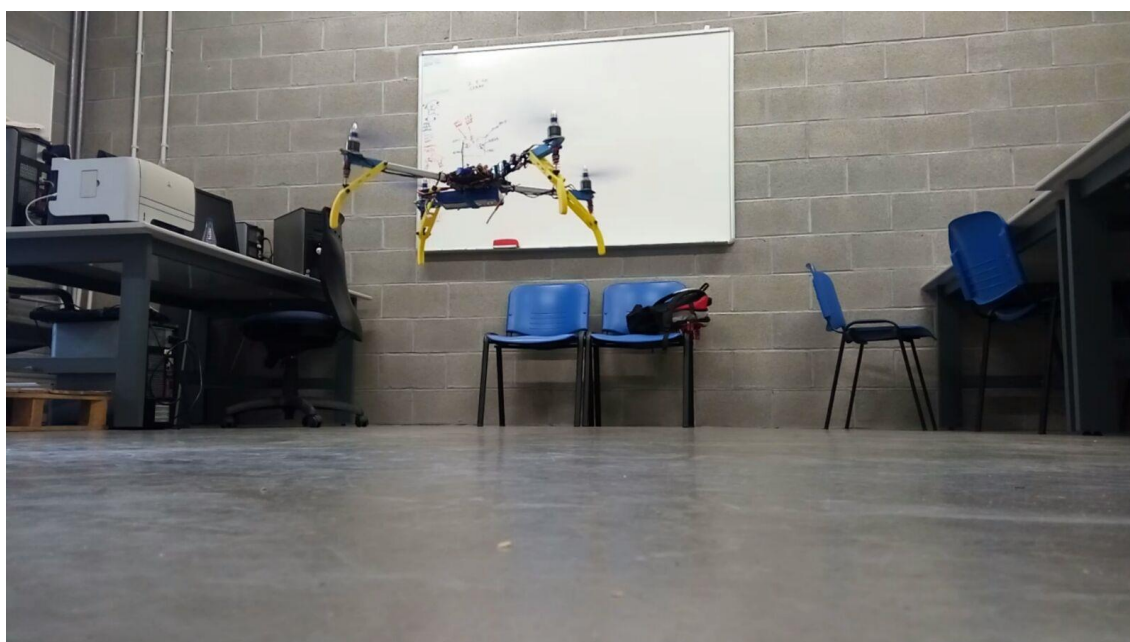
4.1.2. Bigarren proba

Bigarren proba honetarako, lehen proban ikusita osagaien lotura behar bezala egin dela, multikopteroaren oreka aztertuko da, grabitate zentruaren bidez. Horretarako, multikopteroa libre jartzen da, egurra eta pitarik gabe, eta metro bat baino gitxiagoko altuerararte igozten da.

Probaren zehar, multikopteroaren jarrera aztertzen da, ea oreka posizioa mantentzen duen urruti kontrolerik aginduak bidaltzen ez direnean.

Proba hau egiterakoan, antzeman zen argi eta garbi multikopteroan jarritako osagaien pisuen erresultantea, ez zegoela multikopteroaren erdialdean, beraz osagaiak lekuz aldatu ziren.

Bigarren proba honetan ikusi zen multikopteroak aireratzekoan, bere ardatz elkartutarekiko biraketa bat zeukala. Biraketa hau urruti kontrolerik konpontzen da, beste alderako agindua emanez.



Irudia 38 Multikopteroari eginiko bigarren proba

4.1.3. Hirugarren proba

Hirugarren proba hau egiteko, leku itxi eta zabal bat bilatu zen. Leku hori, industria-nabe bat izan zen. Nabe horretan, nahiko leku zegoen multikopteroari behar beste azterketa egiteko, izan ere 7 metroko altuera dauka, eta 200 metro karratuko azalera.

Hegaldi hauek, PI-ak konfiguratzeko erabili ziren. Teoriaren partean esan bezala, multikopteroek ardatz bakoitzan PI control algoritmo bat dauka eta gomendatu bezala, pitch eta roll angeluak lotu ziren.

Azterketa hauek egitean, frogatu zen nola P balio baxuekin multikopteroak oso astiro erantzuten zuela, eta gainera erroreekin. P balioak igotzean, ikusten zen nola multikopteroak, errore batekin, erantzun denbora murrizten zuen. P balio batera heltzean, I akzioarekin hasi zen. Zeretik hasita, balio hori gorantz igo zen, eta frogatu zen nola balio hori igo ahala, multikopteroak sortutako errorea gero eta azkarrago desagertzen zela.

Hegaldi hauetan lortutako PI balioak hurrengoak izan ziren.

○ Roll/Pitch Axis:

- Pgain = 50
- Plimit = 100
- Igain = 25
- Ilimit = 20

Yaw Axis:

- Pgain = 50
- Plimit = 20
- Igain = 25
- Ilimit = 10



Irudia 39 Multikopteroari eginiko hirugarren proba

4.1.4. Laugarren proba

Azken hegaldi proba honetan, multikopteroaren erantzuna espazio zabal batean aztertzeke izan zan. Hegaldi hauetan ikusi zen, aurreko hiru probetan eginiko aldaketak ondo egin zirela, eta nahiko hegaldi txukunak egin ziren azken honetan. Irudietan, egun horretako bi irudi, lehena erakusteko zer-nolako lekuan egin zen proba (beti ere memoriako mapa errespetatuz), eta bigarrena erakusteko zenbateko altuera hartzeko gai izan zen.



Irudia 40 Laugarren probako hegaldiak

5. Multikopterotik ateratako argazkiak



Irudia 41 Multikopteroarekin ateratako argazkiak(1)



Irudia 42 Multikopteroarekin ateratako argazkiak (2)

6. 2018ko legea

2017ko Abenduak 15-ean Espainiako gobernuak multikopteroen inguruan lege berri bat onartu zuen. Honekin, erabilera profesionalan zeuden muga batzuk kendu ziren, eta aisialdirako erabilerari mugak jarri ziren, segurtasun aéreo eta publikoa dela medio.

Profesionalen inguruan egin diren aurrerapenen artean, hiri eta pertsonen gainetik hegaztea baimendu diete baita gabaz ere hegaztea ere.

6.1. Plan estrategikoa

2018-ko urtean zehar, Fomentoko Ministerioak marko berri osatuko du dronen plan estrategikoaren publikazioarekin, harriminta hau legeetatik haratago joango da, eta industria honen jomugak ezarriko ditu.

Dekretu Errealaren helburua erregimen juridiko bat ezartzea da Gidari Gabeko Airezko Ibilgailuentzat (GGAI), zeinei ez diren aplikagarriak Europako Parlamentuaren (CE) 216/2008 araua.

6.2. Identifikazioa eta matrikulazioa

GGIA aeronabe guztiek identifikazio plaka bat eraman behar dute haien egiturari lotuta, zeinetan egon behar den aeronabearen identifikazioa, honen izendapen espezifikoaren bitartez. Plakan agertu behar diren datuak:

- Fabrikantearen modeloa
- Modeloa
- Formatua
- Seriezko zenbakia
- Pilotoaren izena
- Pilotoaren datuak

Aurreko datuak, aeronabearen plakan markatu kimiko batekin egin behar da, trokelatuta estanpatuta edota edo beste modu homologatu batez, betiere era irakurgarrian egonda.

25 kilo baino gutxiagoko GGAI aeronabeak ez dute izena eman behar Aeronabe Zibilen Matrikulen Erregistroan, ezta ez dute lortu behar aeronanabigazio zihurtagiririk, biak airezko nabigazioko legean daudelarik (48/1960 legea, 29 eta 36 artikulua) .

6.3. Mantenua

GGAI aeronave baten fabrikanteak, aeronabearen mantenua, ikuskapen eta portaera deskribatzen duen manual bat egin behar du. Manual hauetan agertu behar dira behar diren jarraibideak mantuna, inspektzioa eta erreparazioak egiteko, eta aeronabearekin batera eman beharko dira.

Aeronabearen operadoreak mantenuaren eta aeronabigabiltatearen erantzulea da, edozein momentutan gai izan behar da erakusteko bere GGAI aeronabeak urrutiko kontrolerik kontrolatzeko gai dela, eta honen osagaiak funtzionatzen dutela. Gainera, operadoreak registro bat euki beharko du hurrengo kasuetarako:

- Egindako hegaldiak eta denbora.
- Agertutako defizientziak hegaldia baino lehen, hegaldiaren momentuan eta hegaldiaren ostean, aurrerantzean aztertu eta konpontzeko.
- Segurtasunarekin lotuta dauden gertaerak
- Egindako inspektzioak, mantenua eta aldatutako osagaiak

6.4. Espazio aereo

GGAI aeronabeen eragiketarako egiten diren espazioaren legeak bete behar ditu, SERA Erregulazioan datorenez, 552/2014 Dekretu Errealean.

Aeronabigabiltate zihurtagiririk ez duten GGAI aeronabe guztiek hegaz egin ahalko dute hurrengo lekuetan:

- Hirien eraikinetatik at
- Herrien eraikinetatik at
- Pertsonen batzarretatik at
- Kontrolpeko espazio aereotik at
- Hegaldi informazio guneetatik at

Beti ere, hegaldiak hurrengoko atalak betetzen dituzten:

- Hegaldia operadorearen ikuspegiaren egin
- Operadorearen ikuspegiatik at, baina begiraleen begibiztan
- Begibiztaren irismena 500 metrotan ezartzen da
- Lurzorutik 120 metroko altueraren barnean
- Altuera handiantan, irismena 150 metrotan ezartzen da.