

GRADUA: Industria Teknologiaren Ingeniaritzako Gradua

## GRADU AMAIERAKO LANA

### *BALANTZIN SISTEMA BATEN EGITURAREN 3D GARAPENA ETA FABRIKAZIOA*

**Ikaslea:** Sudupe Arregi, Maddalen

**Zuzendaria:** Eguraun Martinez, Harkaitz

**Ikasturtea:** 2017-2018

**Data:** Bilbo, 2018ko ekainaren 14a



# LABURPENA

Lan honetan Gradu Amaierako Lana burutzeko emandako pausuak azaltzen dira. Ingeniaritza proiektu hau, balantzin sistema baten egituraren ordenagailuz lagundutako diseinuan eta 3D (hiru dimentsio) inprimaketan datza, jarraian maldaren kontrol sistema bat ezarriko zaiona.

Hasteko, 3D diseinu eta inprimaketaren nondik norakoak eta proiektu honen antzeko lan bat ezagutarazi dira. Ondoren, diseinatu behar den piezak bete behar dituen eskakizunak azaldu dira, baita hauek asebetetzen dituen soluzioa izango den azken diseinuaren garapena ere. Jarraian, 3D inprimagailu batetara bidaltzeko beharrezkoa den prozesaketa burutu da.

Amaitzeko, sortutako piezari azken azterketa bat egin zaio eta hainbat ondorio atera dira.

Hitz gakoak: Balantzina, 3D, adizio bidezko fabrikazio.



En este trabajo se exponen los pasos dados para llevar a cabo el Trabajo de Fin de Grado. Este proyecto de ingeniería trata del diseño asistido por ordenador e impresión 3D (tres dimensiones) de la estructura de un sistema de balancín al que después se le implantará un control de inclinación.

Para empezar, se ha dado a conocer la naturaleza del diseño e impresión 3D, así como el de un trabajo similar al que se va a realizar. A continuación, se han especificado las demandas que deberá cumplir la pieza a diseñar, seguido por el diseño que les dará solución. Así, se ejecutará el procesamiento necesario para enviar el modelo a una impresora 3D.

Para terminar, se le ha realizado un último examen a la estructura y se han sacado algunas conclusiones.

Palabras clave: Balancín, 3D, fabricación aditiva.



This work determines the steps that have been taken in order to accomplish this Undergraduate Final Degree Project. The main objective of this engineering project is the computer-aided design and 3D printing of the structure of a seesaw system, in which an inclination control system is implanted.

Firstly, general information about 3D design and printing is granted, along with another similar project's result. Hereafter, the established requirements for fulfilling the project are explained, followed by the development of the solution's design. The following process requires preparing the model before sending it to a 3D printer.

Finally, the achieved part is inspected and some conclusions are drawn at the end of the paper.

Key words: Seesaw, 3D, additive manufacturing.



# Aurkibidea

LABURPENA .....	3
1. Taula, irudi eta akronimoen zerrendak.....	6
1.1. Taulak.....	6
1.2. Irudiak .....	6
2. SARRERA.....	9
3. TESTUINGURUA .....	12
4. HELBURUAK ETA IRISMENA.....	14
4.1. Helburuak.....	14
4.2. Irismena .....	14
5. MATERIALAK ETA METODOAK .....	15
5.1. Diseinua.....	15
5.2. Inprimagailua .....	15
5.3. Materiala.....	15
6. DISEINUA .....	17
6.1. Lehenengo balantzina .....	17
6.2. Baldintzak eta eskakizunak .....	18
6.3. Azken diseinuaren azalpena .....	21
7. FABRIKAZIOA .....	35
8. PLANGINTZA.....	37
8.1. Zereginak.....	37
8.2. Mugarriak.....	38
8.3. Gantt diagrama .....	38
9. AURREKONTUA.....	40
10. ONDORIOAK.....	42
11. ETORKIZUNEKO LANA.....	43
BIBLIOGRAFIA .....	44

# 1. Taula, irudi eta akronimoen zerrendak

## 1.1. Taulak

2.1. Taula: Adizio bidezko fabrikazio moduak.....	11
5.1. Taula: Dimension Elite inprimagailuaren espezifikazioak .....	15
9.1. Taula: Aurrekontuaren xehatzea.....	40

## 1.2. Irudiak

2.1. Irudia: Material kenketa bidezko fabrikazioa eta adiziozkoa [6] .....	9
2.2. Irudia: 3D eskanerra [7].....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3. Irudia: 3D inprimaketari esker konpondutako garezurra [8] .....	10
3.1. Irudia: Quanser AERO bi a.g.-tako konfegurazioan [9] .....	12
3.2. Irudia: Quanser AERO [9].....	12
3.3. Irudia: Quanser AERO malda kontroleko konfigurazioan [9] .....	13
5.1. Irudia: ABS materiala pikorretan (ezkerrean)[15] eta filamentuetan (eskuinean)[16] .....	16
5.2. Irudia: LEGO piezak [17] .....	16
6.1. Irudia: Balantzinen lehen modelo .....	17
6.2. Irudia: Balantzia kableak solte dituela .....	18
6.3. Irudia: Bateria handia .....	20
6.4. Irudia: Dimentsionaketarako eredu .....	21
6.5. Irudia: Besoaren diseinuaren lehen aukera .....	22
6.6. Irudia: Besoaren diseinuaren bigarren aukera.....	23
6.7. Irudia: Helizeen babesgarriaren lehen diseinuaren goitiko bista .....	24
6.8. Irudia: Helizeen babesgarriaren lehen diseinua.....	24
6.9. Irudia: Besoaren diseinuaren hobekuntza .....	25
6.10. Irudia: Helizeen babesgarriaren diseinu hobetua eta lotura .....	25
6.11. Irudia: Balantzinen atal mugikorra, bukatu gabe.....	26
6.12. Irudia: Besoa irekita eta azelerometroaren kokapena.....	26
6.13. Irudia: Besoa itxita.....	26
6.14. Irudia: Babesgarriak moztuta .....	26
6.15. Irudia: Atal mugikor osoa .....	27
6.16. Irudia: Atal mugikorraren dimentsioak .....	27
6.17. Irudia: Atal mugikorraren grabitate zentroa .....	27
6.18. Irudia: Euskarriaren lehen aukera .....	28
6.19. Irudia: Tornuzil bat [11].....	28
6.20. Irudia: Euskarriaren bigarren aukera.....	28

---

6.21. Irudia: G torloju prentsa [12].....	28
6.22. Irudia: Euskarriaren hirugarren diseinua.....	29
6.23. Irudia: Euskarriaren laugarren diseinua .....	30
6.24. Irudia: Euskarria bukatuta .....	30
6.25. Irudia: Besoaren hankak: kablerik ez doan aldeko bi hankak .....	31
6.26. Irudia: Besoaren hankak: kableak doazen aldeko bi hankak .....	31
6.27. Irudia: Euskarria bukatuta .....	32
6.28. Irudia: Atal finkoa bukatuta.....	32
6.29. Irudia: Atal finkoaren dimentsio nagusiak .....	33
6.30. Irudia: Balantzin osoa .....	34
7.1. Irudia: Euskarriaren zatitzea inprimagailurako .....	35
7.2. Irudia:Atal mugikorraren zatitzea inprimagailurako .....	36
8.1. Irudia: Planifikazioaren Gantt eskema .....	38
8.2. Irudia: Planifikazioaren Gantt diagrama.....	39
11.1. Irudia: Diseinu sortzailearekin optimizatutako pieza [19] .....	43





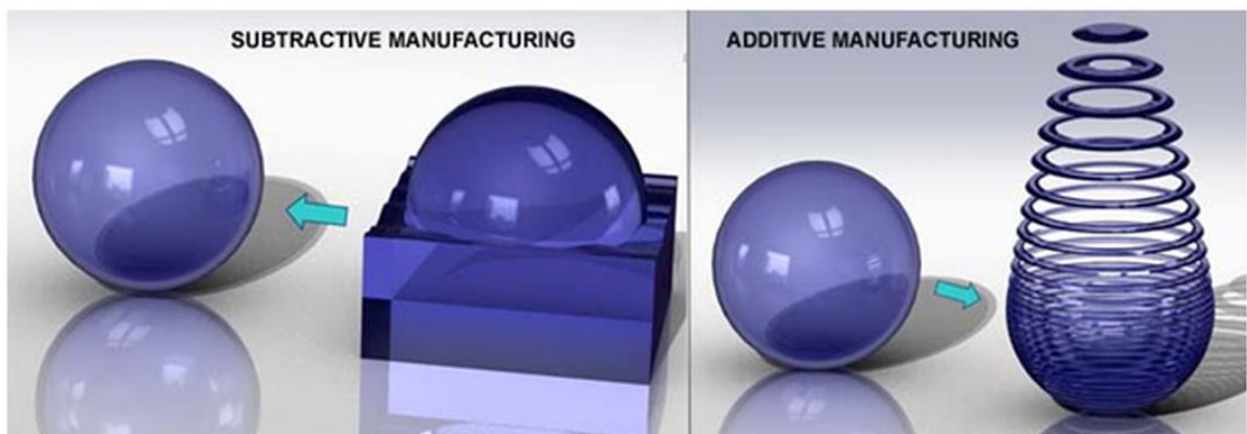
## 2. SARRERA

Lan honetan balantzin egitura baten diseinua eta fabrikazioa burutu da. Proiektua Bilboko Ingeniaritza Eskolan egin da. Balantzin hau unibertsitateko bertako laborategietan erabiliko da, ikasleei mekanikaren, elektronikaren eta automatikaren inguruko hainbat kontzeptu irakasteko.

Balantzinak kontrol sistema baten agindupean egingo du lana. Kontrolak hainbat angelu inposatuko dizkio balantzinari, bi helizeen abiaduren konbinaketei esker lortuko direnak, hain zuzen ere. Kontrol sistemak sentzore bat ere izango du barneratuta, angelu posizio ezberdinen artean ematen diren azelerazioak neurtuko dituena.

Proiektua, hain zuzen ere, kontrol sistema hau inplantatu ahalko zaion egitura baten beharraren ondorioz sortu da. Beraz, zehazki, egituraren diseinu eta fabrikazioaz soilik arduratuko da. Diseinua 3D modelaketarako software batean garatuko da, eta fabrikazioa, berriz, 3D inprimaketa bidez, unibertsitateak duen 3D inprimagailu batean.

3D inprimaketa material-adizio bidezko fabrikazio-prozesu bat da, non fitxategi digital batetik, hiru dimentsiotako objektu solidoak lortzen diren. Material-adiziozko prozesuetan, material jakin baten geruza finak bata bestearen gainean ezarriz sortzen da objektua.



2.1. Irudia: Material kenketa bidezko fabrikazioa eta adiziozkoa [6]

Horrela, adizio bidezko fabrikazio-prozesua, orain arte fabrikazio industria menperatu duten materialaren kenketa bidezko prozesu tradizionalen aurkako litzateke. Izan ere, kenketa bidezkoetan, materialaren zati handiago bat hartu, eta honi pixkanaka material kantitate neurtuak kenduz lortzen da pieza. Ikuspuntu honetatik, adizio bidezkoa efizienteagoa da prozesu tradizionalak baino, material xahutzea minimizatzen delako, forma konplexuak lortzea ahalbidetuz.

Prozesua, ordenagailuko 3Dko modelo batetik hasten da, hau da, CAD (Computer-aided Design edo Ordenagailuz Lagundutako Diseinu) artxibo batetik. Modelo hau 3D modelaketako software baten bidez sortu dezakegu, bai hutsetik (ingeniaritza zuzena) edo baita 3D eskaner batekin sortutako datuetatik abiatuta (alderantzizko ingeniaritza). 3D eskaneaketak, izenak dioen bezala,

objektu fisikoak hiru dimentsiotako modelo edo kopia digital bilakatzea ahalbidetzen du modu erraz eta azkar batean, solidoaren neurri eta geometriak zehaztasunez adieraziz. Sortutako 3Dko argazki errealistak gainazal bihurtuz lortuko da CAD modeloa. Lan honetan, hala ere, ingeniari zuzeneko prozesu bat burutu da, eta horretarako Solid Edge softwarea erabili da modeloaren diseinurako.



*2.2. Irudia: 3D eskanerra [7]*

Modeloa behin lortuta, hurrengo pausua hau inprimagarria izan dadin prestatzea da, modelo bat ezin baita zuzenean inprimatu. Aurreprestaketa honi “slicing” edo geruzatan moztea deritzo. Prozesu horretan, modeloa geruza finetan banatzen da honetarako prestatutako software berezietan, geruza horietako bakoitza objektuaren sekzio horizontal mehe bat izango delarik (bi dimentsiotako irudi bat). Behin hau burututa, inprimagailuak geruza finak banaka eta bata bestearen gainean sortzen ditu, azkenean, 3Dko objektua lortuz.

Horrela, lortzen duen forma askatasuna izugarria da fabrikazio modu tradizionalekin alderatuz. Izan ere, ia edozein itxuratako objektuak lortu daitezke: barrutik hutsak diren piezak, hainbat piezako muntaiak...

3D inprimaketaren industriak hainbat teknologia eta material barneratzen ditu, hamaika aplikazio ezberdinetako industria zabala izanik. Mundu mailan asko ari da hazten azken urteotan. Fabrikazio modu hau geroz eta lotuago dago hainbat sektoretako enpresen egunerokotasuneko operazioekin, eta hazten jarraitzen duen heinean, industria garrantzitsu ia guztiak eraldatzeko bidean doa. Tartean, aipagarria da medikuntzan 3D inprimaketak ekarri dituen aurrerapenak, gorputz zatien erreplika ia zehatzak sortuz.










*2.3. Irudia: 3D inprimaketari esker konpondutako garezurra [8]*

Konpainia asko honen inguruko ikerkuntzari eta prototipo ezberdinen garapenari arreta jartzen hasi dira. Hauen artean, besteak beste, Siemens enpresa, Solid Edge softwarearen sortzailea edota Dassault Systèmes, CATIA softwarearen sortzailea dira aipagarrienak.

Orain arte, material erabilienak plastikoak izan dira, hala ere, metalen inprimaketa asko ari da garatzen azken urteetan.

Adizio bidezko fabrikazio prozesuak erabilitako materialaren eta jarraitutako metologiaren arabera sailka daitezke:

**2.1. Taula: Adizio bidezko fabrikazio moduak**

<i>Metodologia</i>		<i>Materiala</i>
	<b>Hauts kaparen fusioa:</b> Material hautsaren kapa fin bat jartzen da aurrekoaren gainean, eta laserrarekin hautakortasunez urtuz lortzen da solidifikatzea. (Laser Metal Fusion)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Metalak</li> <li>▲ Polimeroak</li> </ul>
	<b>Zuzendutako energiaren deposizioa:</b> Materiala isurtzarekin batera, energia kopuru handi bat zuzentzen da puntu zehatz horretara, hau urtu eta solidifikatuz. (Laser Metal Deposition)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Metalak</li> </ul>
	<b>Laminazioa:</b> Materialaren lamina finak bata bestearen gainean jarri eta fusionatu egiten dira.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Metalak</li> <li>▲ Polimeroak</li> </ul>
	<b>Aglutinatzaile txertaketa:</b> Aglutinatzaile bat botatzen da hautakortasunez hauts partikulak lotzeko.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Metalak</li> <li>▲ Polimeroak</li> <li>▲ Fundizioko hautsak</li> </ul>
	<b>Materialaren txertaketa:</b> Material likidoaren tantak ipintzen dira objektua osatzeko.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Polimeroak</li> <li>▲ Argizaria</li> </ul>
	<b>Materialaren estrusioa:</b> Materiala isurtzen da zulo batetik objektua sortzeko.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Polimeroak</li> </ul>
	<b>Tankeko fotopolimerizazioa:</b> Fotopolimero likido bat umatzen da hautakortasunez argiagatiko polimerizazio aktiboari esker.	<ul style="list-style-type: none"> <li>▲ Fotopolimeroak</li> </ul>

## 3. TESTUINGURUA

Diseinua egiten hasi aurretik, funtsezkoa da honen aurrekariak aztertzea. Arlo honetan aitzindariak dira Quanser laborategiak. Izan ere, hezkuntzara zuzendutako kontrol, robotika eta mekatronikako ingeniari-tza laborategietan mundu mailako eredu bilakatu dira. Landutako hainbat eta hainbat lanen artean, Quanser AERO izeneko bereziki interesgarria izan daiteke, proiektu honekin duen antzekotasuna dela eta.

Quanser AERO errotore bikoitzeko laborategiko esperimentu bat da, hainbat modutan birkonfiguratu daitezkeen osagai dinamikoak dituen kontrolaren eta mekatronikaren esploraziorako. Bere helburua kontzeptu hauek irakastea baita, hain zuzen ere, hezkuntza teknikoko maila desberdinetan.

Sistema aeroespazial ezberdinetarako birkonfiguratu daiteke esperimentua: bat edo bi a.g.-tako (askatasun gradutako) helikopteroa (3.1. Irudia), quadrotore erdia (3.2. Irudia) edota a.g. bakarreko inklinazio edo malda kontrola (3.3. Irudia).

Quanser AERO korrante zuzeneko motoreekin eragindako bi helizez osatuta dago, zeinak, aipatutako konfigurazioak lortzeko, horizontalki edo bertikalki jarri daitezkeen.



3.2. Irudia: Quanser AERO [9]



3.1. Irudia: Quanser AERO bi a.g.-tako konfigurazioan [9]

Helizeen motorrek intentsitate eta tentsio neurgailuak daramatzate, konfigurazio ezberdinekin kontsumitzen den potentzia neurtzeko. Inertzia neurgailu unitate bat ere badakar Quanser AERO-k, azelerometro batez eta giroskopo sentsorez osatua.

Aipatutako konfigurazioetatik lehena da interesgarriena proiektu honetarako, hau da, askatasun gradu bakarreko inklinazio kontrolako konfigurazioa. Izan ere, lortu nahi den balantzinak izango duen kontrol sistema ere malda kontrolakoa izango da, eta helizeek izango duten inklinazioa ere Quanserrak konfigurazio honetan duenaren bera izango da. Baita, neurketak egiteko, balantzin sistemak ere azelerometro bat izango du integratuta.

Aipatutako konfigurazioan, beraz, bi helizeak horizontalki kokatzen dira, eta ardatz horizontalarekiko biraketa soilik baimentzen da, ardatz bertikala blokeatuta.



*3.3. Irudia: Quanser AERO malda kontrolako konfigurazioan [9]*

---

## 4. HELBURUAK ETA IRISMENA

### 4.1. Helburuak

Lan honen helburu nagusia prestatuta dagoen balantzin sistemaren kontrolarentzat honen egituraren diseinua egitea da. Honetarako, 3D diseinurako Solid Edge ST9 programa erabiliko da, eta Dimension Elite 3D inprimagailuan inprimatuko da. Helburu hau lortzeko bidean, hainbat ataza edo azpi-helburu finkatu dira:

#### ▲ CAD diseinua

Lehenik, piezaren CAD diseinua egingo da. Honetarako, orain arte erabiliak izan diren diseinuak eta garatu behar denari ezarri zaizkion eskakizunak aztertu ondoren, Solid Edge ST9 programaren bitartez azken diseinu bat sortuko da hiru dimentsiotan.

#### ▲ 3D inprimaketa

Modeloa 3D inprimagailu baten bidez inprimatuko da, pieza solidoa osatuz. Honek eredu digitalaren prestaketa eskatzen du: sortutako 3D modeloa hainbat zatitan banatuko da inprimagailuak hau inprimatu ahal dezan.

### 4.2. Irismena

Proiektuaren irismenari dagokionez, hasteko, esan beharra dago bere funtsa balantzinaren egitura fisikoaren diseinu eta fabrikazioa direla. Proiektua garatzeko erabiliko diren baliabideak (softwarea, inprimagailua etab.) aukeratzea ez dagokio proiektu honi. Bai ordea, hauek ezagutu eta azaltzea.

Aurretik aipatu den bezala, balantzinak kontrol sistema bat izango du integratuta eta honen aginduen arabera funtzionatuko du. Hala ere, dokumentu honetan, ez da emango proiektu hau ulertzeko funtsezkoa ez den azalpenik kontrolaren inguruan, honen nondik norakoak ez baitagozkio proiektu honi.

## 5. MATERIALAK ETA METODOAK

### 5.1. Diseinua

Diseinuaren garapena 3D modelaketako Solid Edge ST9 softwarean burutu da.

Lehenik, modeloaren pieza ezberdinen diseinuak banaka garatu dira, eta hauetariko bakoitzaren \*.par artxibo bana lortu da honela. Pieza guztien diseinua burututa, hauekin muntaia bat egin da \*.asm artxiboa sortuz. Muntaia egitearen helburua, pieza guztiak ondo dimentsionatuta daudela ziurtatzea da, hain zuzen ere. Hau honela dela ikusi denean, \*.par artxibo bakoitza banaka \*.stl artxibo bihurtu da, eta hauek, azkenik, inprimagailuari bidali zaizkio.

### 5.2. Inprimagailua

Proiektu honetarako erabiliko den inprimagailua Dimension Elite da. Inprimagailu honek, hauts kaparen fusio bidez sortzen ditu objektuak. Erabiltzen dituen materialak, berriz, hauek dira: objektua sortzeko, *ABSplus*; eta betegarri gisa SST (Soluble Support Technology).

*5.1. Taula: Dimension Elite inprimagailuaren espezifikazioak*

Model material	<i>ABSplus</i> in ivory, white, black, red, olive green, nectarine, fluorescent yellow, blue or gray.
Support material	Soluble Support Technology (SST)
Build size	203 x 203 x 305 mm
Layer thickness	0,178 mm or 0,254 mm of precisely deposited <i>ABSplus</i> model and support material

### 5.3. Materiala

Unibertsitateak eskura jarritako materiala ABS deiturikoa da, izen osoa Akrilonitrilo Butadieno Estireno izanik. Askotan “ingeniaritzako plastiko” ere deitzen zaio, bere elaborazio eta prozesaketaren konplexutasuna dela eta.

Material hau, polimero termoplastiko amorfo bat da, eta, amorfoa izanik, ez dauka urtze punturik. Estirenoak plastikoari erresistentzia mekanikoa, zurruntasuna eta akabera distiratsua ematen dizkio eta nitriloek ABS polimeroa poliestireno purua baino are eta zurrunagoa bilakatzen dute, gainera, gogortasuna eta tenperatura altuetarako egonkortasuna ere ematen diotelarik. Azkenik, butadienoak, kautxu elastomeroa izanik, zailtasuna ematen dio tenperatura baxuetan ere. Nahasketa honek, kimikan sinergia deritzon fenomenoak pairatzen du. Sinergia kontzeptuak, hainbat elementuren nahasteak, bakoitzak bere aldetik dituen propietateen batura baino hobekak diren propietateak dituen elementu bat lortzen dela esan nahi du.





*5.1. Irudia: ABS materiala pikorretan (ezkerrean)[15] eta filamentuetan (eskuinean)[16]*

Polimero honen fabrikazioaren aldetik kontuan hartzekoa den beste ezaugarrietako bat, egoera gordinean kolore zuria duela da. Guztiz neutrala den kolorazio honi esker, ABS polimeroa oso erraz tindatu daiteke edozein koloretan bere fabrikazio prozesuan zehar. Honek, bere erabilera aniztasuna are gehiago zabaltzen du, oso erraza baita honi kolorazio permanentea ematea, amaieran pintatu beharrik gabe.

Oso material erabilia da, batez ere, automobil industrian. Bestelako industria eta etxerako aplikazioetan ere erabiltzen da, adibidez, oso ezagunak diren haurrentzako Lego piezak material honetakoak dira.



*5.2. Irudia: LEGO piezak [17]*

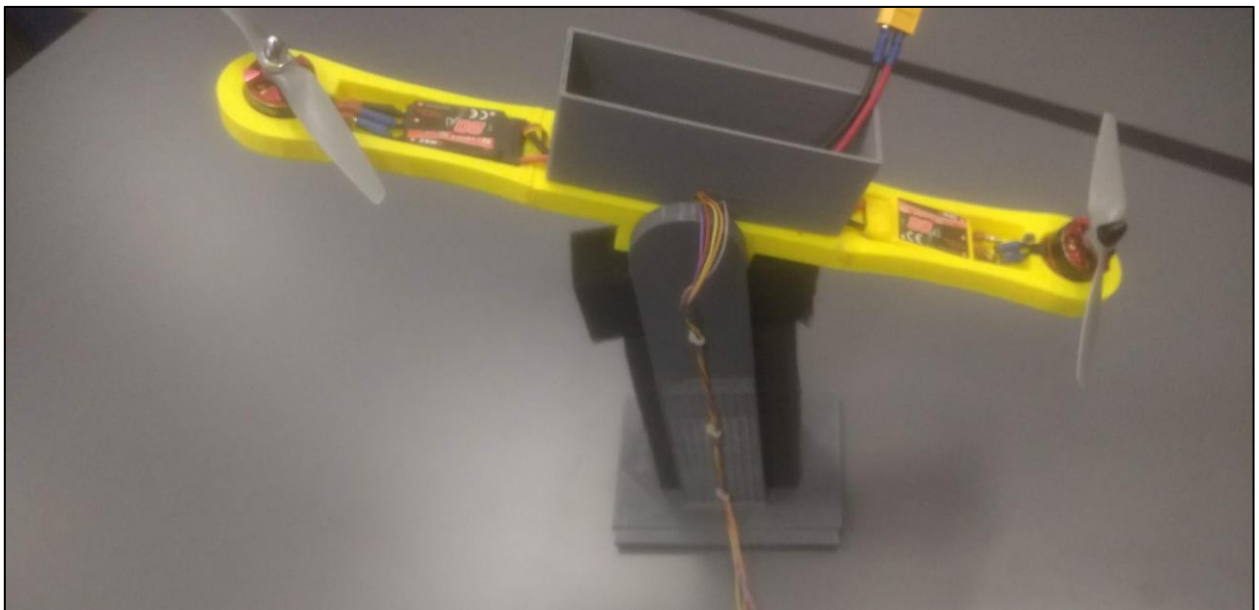


## 6. DISEINUA

Balantzinaren diseinua garatzerakoan jarraitu den metodologia azalduko da jarraian. Hau da, hasierako oinarriko diseinutik abiatuta, azken diseinua lortu arte eman diren pausuak azalduko dira. Hasteko, balantzinaren egiturak bete beharko dituen baldintza eta eskakizunak azalduko dira, baita bakoitzari eman dakizkiokeen irtenbide posibleak ere, eta jarraian lortu den azken diseinuaren deskribapena egingo da.

### 6.1. Lehenengo balantzina

Balantzinaren lehen diseinua, egiatan, proiektu hau hasi baino lehen garatu zen. Lehen modelo hau, kontrol sistemaren funtzionamendua egokia zela baieztatzeko frogak egiteko sortu zen. Diseinu azkar bat behar zen orduan, eta denbora murriztu horren ondorioz, modelo honen ezaugarri garrantzitsuenak forma sinpletasuna eta xehetasun falta ziren, datorren irudian ikusten den bezala:



6.1. Irudia: Balantzinaren lehen modeloa

Balantzina martxan jartzean, ordea, modeloaren diseinuari zegozkion hainbat faktorek oztopatu egiten zuten bere funtzionamendu egokia. Oztupoak ondorengoak ziren:

- ▲ Irauli egiten zen

Balantzina funtzionamenduan jartzean, askotan, honen besoaren mugimendurik txikiena ere nahikoa zen egitura osorik irauli eta erortzeko. Honek asko zailtzen zuen frogak burutzeko prozesua, etengabe honi eusten egotea eskatzen baitzuen.

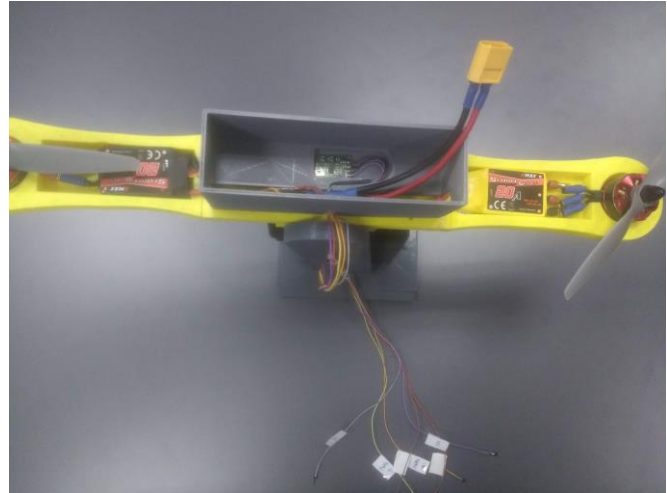
- ▲ Helizeak arriskutsuak ziren

Inplantatu zaizkion motorrek daramatzaten helizeak nahiko finak dira. Honi hauen abiadura gehituz, oso handia ez denean ere, nahiko zorrotzak diren arma bilakatu daitezke helizeak. Hau frogetan ere ikusi zen, erabiltzaileek ebaki batzuk pairatu baitzituzten.

#### ▲ Kableek enbarazu egiten zuten

Modeloa garatzerakoan ez zen kontuan hartu honen elementu ezberdinetan zehar ibiliko zen kable kopurua, eta ez zitzairen biderik prestatu. Honen eraginez, kable guztiak egituraren inguruan solte kokatu behar izan ziren.

Batetik, kableak solte egote hutsak egitura asko baldartzen zuen, eta enbarazu handia egiten zuten.



6.2. Irudia: Balantzina kableak solte dituela

Gainera, kontu handiz ibiltzea eskatzen zuten helizeek harrapatu ez zitzairen. Batez ere, kable hauetako batzuk oso finak eta sentikorrek zirelako, eta oso erraz apurtuko lirateke

#### ▲ Kontrol elementuak solte

Kableen kasuan bezala, kontrol elementuentzat ere ez zen kokapen zehatzik pentsatu modeloaren diseinua garatu zenean, ez behintzat guztientzat. Hori dela eta, hauek balantzinaren gainean eta inguruan ezarri ziren, kokapen finkorik gabe. Hauek enbarazu egiten zuten, kableek bezalaxe, balantzina baldartuz. Gainera, estali gabe egoteak ez zion balantzinaren estetikari laguntzen.

Lehen diseinu honen erabileratik ateratako ondorioak, hau da, hauteman zitzaizkion desabantailak, proiektu honetan garatu den diseinu hobetuari ezarritako eskakizunak definitu zituzten. Eskakizun hauek datorren puntuan azaldu dira.

## 6.2. Baldintzak eta eskakizunak

Egituraren diseinuari ekin aurretik, honek bete beharko dituen hainbat baldintza ezarri dira. Hain zuzen ere, baldintza hauek izango dira balantzinaren forma zehaztuko dutenak, zati handi batean. Hala, baldintzetako batzuk zehatzagoak izango dira eta egituraren zati jakin bat mugatuko dute, beste batzuk orokorragoak izango direlatik.

Diseinua burutzerakoan, eskakizun guztiak betetzea izango da erronka nagusia, aldi berean itxura estetiko atsegin bat ematen saiatuz.

Jarraian, baldintza hauek azalduko dira, baita bakoitzak diseinuaren garapenean izango duen garrantzia ere.

## 6.2.1. Oreka

Balantzinaren kontrola arrakastaz burutu ahal izateko eta hau egonkorra izateko, egitura ahalik eta orekatuena lortzea izango da helburua. Baldintza honek egituraren zati mugikorrari eragiten dio soilik, hau da, balantzinaren beso edo hegoek eta helizeak babesteko ezarritako egiturari, azken hau aurrerago azalduko delarik.

Nabaria denez, baldintza hau betetzeko, egituraren atal mugikorraren grabitate eta masa zentroari erreparatuko zaio. Grabitate zentroa deritzon puntuan, hain zuzen ere, aplikatuko da gorputzaren gainean eragiten duten grabitate indar guztien erresultantea, pisua ere deitzen zaiona.

Grabitate zentroa gorputza euskarrira lotzen duen ardatzetik albo batetara egoteak, egitura alde horretara okertzea eragingo luke pausagunean ere. Honek, kontrola zailtzea ekarriko luke, hasierako angelua edo erreferentziazkoa jada ez baita  $0^\circ$ -takoa izango.

Ondorioz, oreka mantentzeko baldintza betetzeko, egitura mugikorra guztiz simetriko bat diseinatuko da berau euskarriari lotzen duen ardatzarekiko. Beste modu batean esanda, ardatz hau bere simetria ardatza izateko diseinatuko da egitura.

Bestetik, ardatza dagoen planoan ere hiru kokapen posible izan ditzake grabitate zentroak euste puntuarekiko (gorago, beheago edo parean), eta hiru kokapenetako bakoitzean izango duen oreka mota (ezegonkorra, egonkorra edo indiferentea) ezberdina izango da. Balantzinaren besoaren kasuan lortu nahiko dena oreka indiferentekoa izango da, modu honetan kontrol sistemak ezarritako inklinazioei ez baitie aurka egingo.

## 6.2.2. Iraulketa ekidin

Balantzinaren funtzionamenduan zehar honi hainbat angelu ezarriko zaizkio kontrolaren bidez. Angelu batetik bestera biratzean, azelerazio angeluarrak agertuko dira, eta hauek iraulketa momentuak eragingo dituzte. Euskarriak momentu hauek eutsi beharko ditu, jakina, hain zuzen ere iraulketarik eman ez dadin eta egitura zutik eta geldirik mantentzen dadin.

Iraulketa momentuei aurre egiteko, orokorrean, bi irteera planteatu daitezke: egituraren pisua handitzea, edo inertzia handiagoa ematea. Biek ala biek dituzte beren abantaila eta desabantailak, eta kasuan kasu aztertu behar da zein erabili. Pisua gehitzeak materiala gehitzea dakar, eta ondorioz, gure kasuan, aukera hau alde batera utzi da.

Ondorioz, inertzia handitzea izango da irtenbidea. Honetarako, euskarriaren diseinuan, betiere gainontzeko egitura osoa eusteko sendotasuna bermatuta, forma arin bezain zabala eman nahiko zaio eskakizun hau bete dezan.

## 6.2.3. Helizeak babestea

Balantzina eragingo duten helizeek har ditzaketen abiadurak eta hauen zorrotasuna kontuan hartuta, hauek babestea beharrezkotzat hartu da. Izan ere, hauek ebakiak egin ditzakete, eta

beraz, arriskutsuak izan daitezke inguruan egon daitekeen tresneriarentzat edo hauen erabiltzaileentzat.

Hala ere, babesteko sistema gehigarri hau nahiko arina izan beharko da. Izan ere, hegoen muturretan egitura astun bat gehitzeak, balantzinaren inertzia asko handituko luke, gehiegizko inertzia indar eta azelerazioak bezalako arazoak sortuz. Gainera, bere pisua besterik sostengatu behar ez duenez, ez du sendotasun handirik behar.

Bestalde, babes egiturak ez du helizeek eragindako bultzada indarra apurtu behar. Beraz, aireak erraz zeharka dezakeen egitura arina izan beharko da babesekoa, betiere estetika kontuan edukita diseinatuta, balantzineko zatirik ikusgarrienetakoa izango baita.

## 6.2.4. Kableak egituran integratu

Euskarritik helizeen motorretaraino eta bueltan datozen kableak, ahal den neurrian, egituran integratzea komenigarria izango da. Honetako arrazoietakoa bat, nabaria den bezala, estetika izango da, kableak zintzilik izateak egiturari itxura txarra ematen baitio. Baina estetika ez da arrazoi bakarra, kableak babestea beharrezkoa ere badela ikusi baita, hauetariko batzuk oso finak izanik.

Bestalde, seinale kableek daukaten sentikortasuna dela eta, hauek ahalik eta bide zuzenena egitea komenigarria izango da. Kable hauek balantzinaren besoetan zehar igarotzen direnez, honek besoak ahalik eta zuzenenak izan daitezen beharko du.

## 6.2.5. Kontrol eta eragite elementuak egituran integratu

Kableen antzera, kontrolaren elementu ezberdinak egituran integratu nahi dira. Jarraian, elementuak, eta hauen kokapen ideala litzatekeena:

- ▲ Bateria handia: Hasieran balantzinaren besoan kokatu bazen ere, orain bateria handia honen oinarrian kokatu nahi da. Honen arrazoa, balantzinari oreka asko ezegonkortzen diola da, eta komenigarriagoa dela iritzi da.
- ▲ PWM (Pulse Width Modulation) akzionamentuak: Hauek nahi ta nahi ez besoan egon behar dira hauetatik helizera doazen kableak ahalik eta zuzenen egoteko eta egin behar duten distantzia ahalik eta txikiena izateko. Hala ere, ardatzetik ahalik eta gertuen kokatzen saiatuko da diseinatzailea besoari inertzia handiegirik ez eragiteko.
- ▲ Plaka elektronikoa: Plakarentzat kokapen onena balantzinaren euskarrian pausatuta izango litzateke, inklinazio apur batekin. Eskuekin erraz maneia daitekeen tokian, betiere.



6.3. Irudia: Bateria handia

## 6.3. Azken diseinuaren azalpena

Balantzinaren eskakizunak definituta, honen diseinuaren garapen prozesua azalduko da orain. Honetarako, diseinuaren garapena bi azpiataletan banatuko da, bakoitzak lehen diseinutik azkenekora izan duen eboluzioa azalduz. Azpiatal hauek, balantzinaren atal mugikorra eta finkoa izango dira. Bakoitzaren osagaiak eta diseinua hurrengo puntuetan azalduko dira.

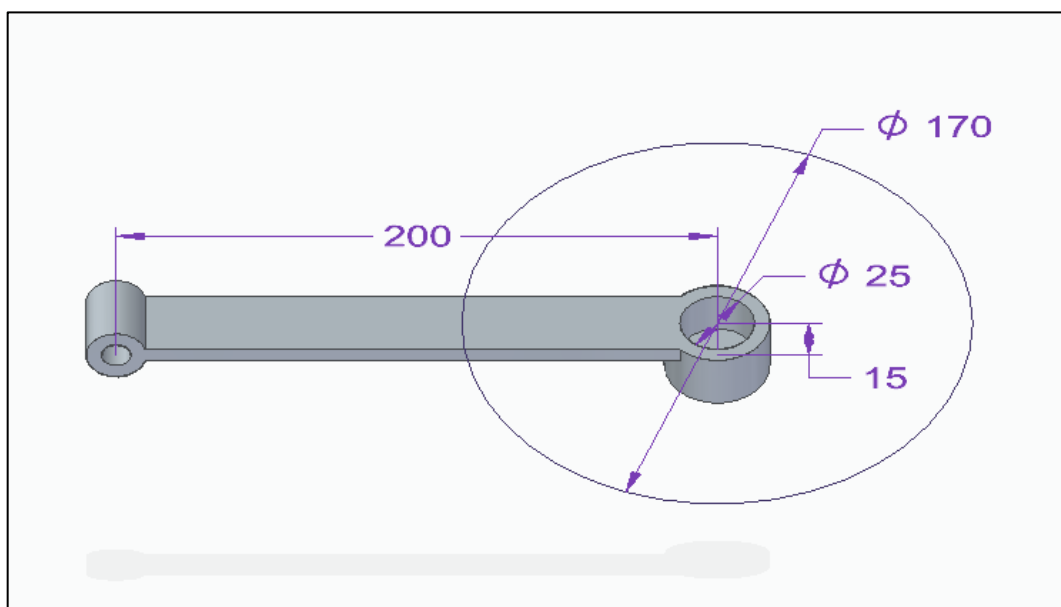
Aipatu beharra dago, piezarentzat ez dela egite planorik egin. Pieza adizio bidez fabrikatukoenez, beharrezko datu guztiak 3D modeloan zehaztu dira, hau baita inprimagailuak jasoko duena. Hala ere, datozen ataletan, lortutako azken diseinuarekin batera honen dimentsio garrantzitsuenak ere adierazi egingo dira, irakurleak irudi orientatzaile bat izan dezan.

### 6.3.1. Atal mugikorra

Balantzinaren atal mugikorra besoak eta helizeak babesteko egiturak osatzen dute. Diseinua balantzinaren besoarekin hasi da, hau balantzinaren funtsa denez, atal erabakigarriena izango delako. Besoaren diseinu onargarri bat lortzean ekingo zaio helizeen babesarenari, eta hau ere lortzen denean, atal mugikorraren forma guztiz definituta egongo da.

Besoaren beraren ezaugarri garrantzitsuenetako bat bere simetria izango da, bere ardatzarekiko guztiz simetrikoa izan beharko baita. Hau lortzeko modu errazena, besoaren alde bat diseinatu eta Solid Edge programak duen gorputz simetrikoak eraikitzeko erreminta baliatuz izango da. Beraz, beso erdiaren diseinua egingo da soilik.

Besoaren diseinuarekin hasteko, dimentsionaketa lan erraz bat egin zen. Honekin, balantzinaren besoak izan beharko zituen dimentsio garrantzitsuenen gutxi gorabeherako zehaztapen bat burutzea zen. Dimentsio hauek, besteak beste, ardatzaren puntutik besoaren muturrerako luzera eta helizeen eta hauen motorren dimentsioak izan ziren.



6.4. Irudia: Dimentsionaketarako ereduak

Dimentsionaketa eredia deitu zaion hau oinarri hartuta garatu dira hurrengo diseinuak.

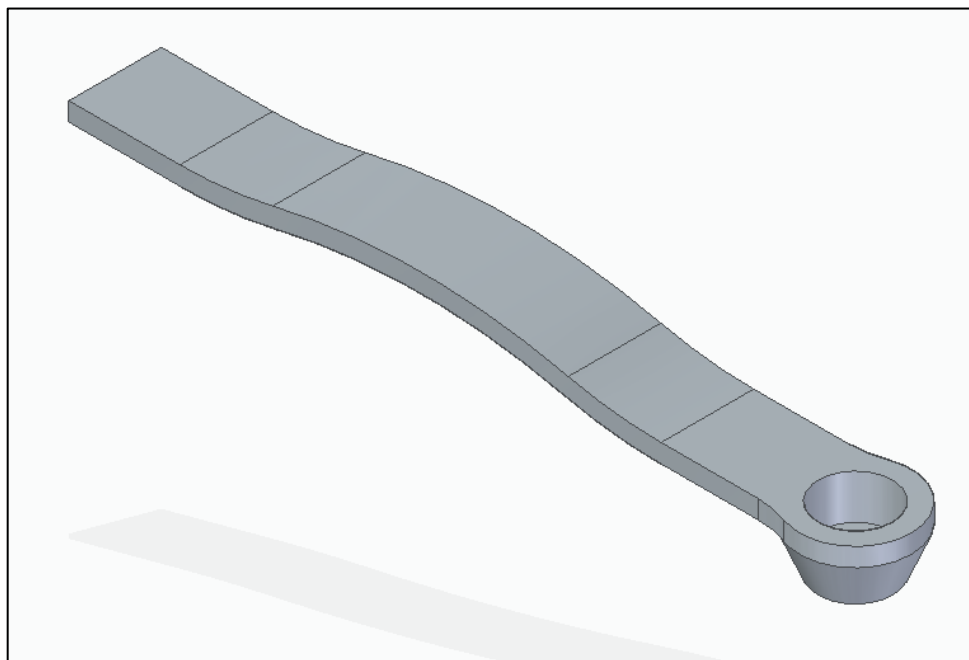
Baita, kontuan hartu behar da datozen diseinu ideietan, hasieran behintzat, ardatza oraindik ez zaiela gehitu. Diseinu guztietan besoaren erdia soilik marraztu denez, ardatzaren plano irudian besoa hasten den plano izango dela kontsideratuko da, plano horrekiko eraikiko baita, hain zuzen ere, gorputzaren simetria.

### 1. Besoaren diseinuaren lehen aukera:

Lehen aukera honetan, grabitate zentroa ardatzean edo hau baino beherago kokatu nahi izan da, horretarako besoari forma kurbatua emanez. Izan ere, 5.2.1. Oreka puntuan azaldu den bezala, grabitate zentroarentzat komenigarriena den kokapena euste puntuan izango da, ordeka egoera indiferentea lor dezan.

Motorra ondo eutsita joan dadin, besoa sartuta kokatuko da. Honek, ordeka, grabitate zentroa asko jaitziko luke. Jaitsera horri aurka egiteko, besoa altxatzea pentsatu da, lehenago azaldu den bezala, gorakako kurbatura emanez. Honela, grabitate zentroa ardatzeraino helduko ez bada ere, asko gerturatuko litzateke bertara.

Lortu den lehen diseinu hau hurrengo irudian ikus daiteke:



6.5. Irudia: Besoaren diseinuaren lehen aukera

Hala ere, diseinuan ez dira bi faktore garrantzitsu bat kontuan hartu:

- ▲ Helizetik PWM-ra eta sensorera doazen kableek bide ahalik eta zuzenena egin behar dute, baina kurbaturak kableen bidea ere okertu egingo luke. Besoak, baldintza hau ez du baldintza hau betetzen.

- ▲ Gainera, ez zaie helizeen motorren bateriei lekurik egin, eta kurbaturaren eraginez, ez zaie nahikoa leku geratzen

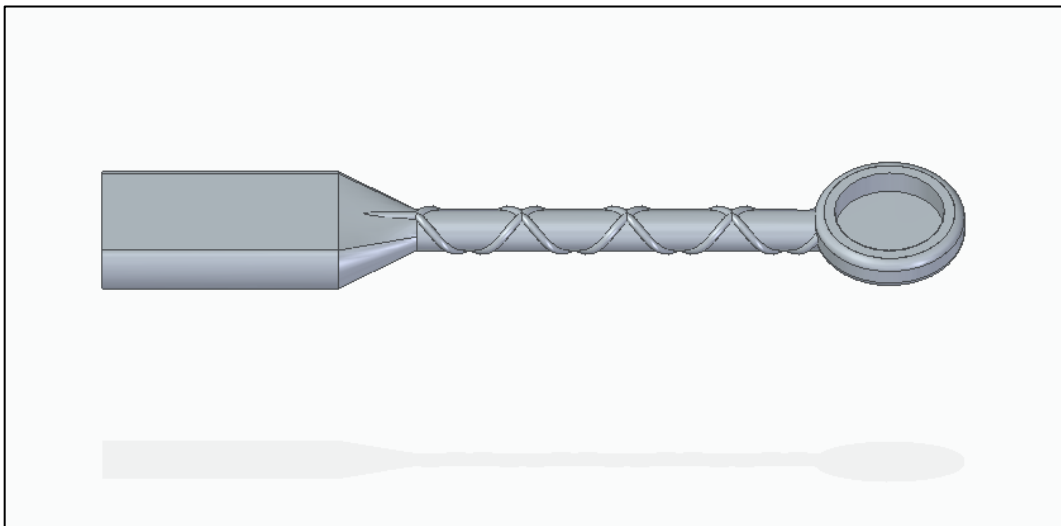
Ondorioz, diseinu ideia hau atzera bota da.

## 2. Besoaren diseinuaren bigarren aukera:

Diseinuaren garapenari beste norabide batetik heldu zaio jarraian. Oraingoan, beso zuzen batekin. Izan ere, grabitate zentroaren motorragatiko jaitsiera helizeak babesteko egiturarekin orekatzea pentsatu da, eta besoa zuzen mantentzea.

Aurreko diseinutik beste hobekuntza bat ere badakar: baterientzako lekua utzi da. Diseinu honetan, hain zuzen ere, baterien kokapena kontuan hartu da, eta gainera, materiala aurreztu nahi izan da kableak soilik daramatzen zatia estutuz.

Lortu den hurrengo diseinuak itxura hau izan du:



6.6. Irudia: Besoaren diseinuaren bigarren aukera

Modelo honetan, kontrol elementuen kokapena zein izango den begi-bistakoa da: helizeen motorren bateriak ardatzaren ondo-ondoan egongo dira, eta hauetatik motorrera doazen kableak hodi mehean zehar igaroz iritsiko dira. Gainera, hemendik aurrera egituraren estetikaren ezaugarri nagusietako bat izango diren forma helikoidalak ere gehitu zaizkio dagoeneko hodiari.

Beraz, aurreko diseinuak zituen bi desabantailak konpondu direla esan daiteke:

- ▲ Kableek egin behar duten bidea zuzena da motorretik bateria eta sentsorera.
- ▲ Bateriei lekua egin zaie, ardatzetik gertuago ezin.

Besoaren diseinu honek eskakizun guztiak betetzen dituela ikusita, hurrengo osagaiaren diseinuari ekin zaio, helizeak babesteko egiturarenari, hain zuzen ere.

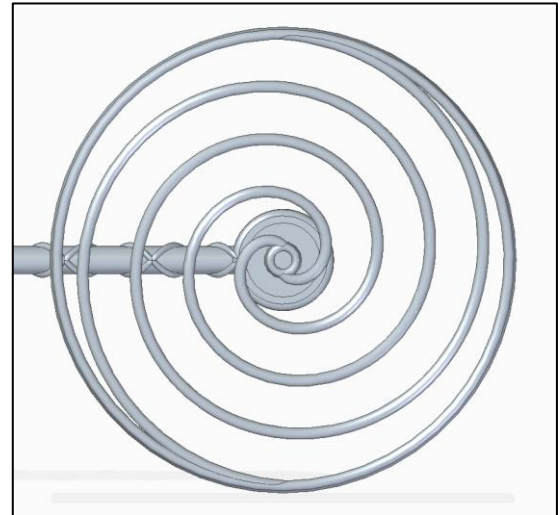
## 3. Helizeen babes egituraren lehen diseinua:

Babes-egituraren diseinurako, hauek gainera estaliko dituen txapel moduko egitura bat eraikitzea pentsatu da. Egiturak, beraz, helizeak gainera eta albotik estaliko ditu. Besoaren estetikaren bideari jarraituz, forma helikoidalak baliatu nahi izan dira hemen ere. Hauek izan dira, hain zuzen ere, babesgarriaren gaineko plataforma osatu dutenak, horrela, helizeek sortzen duten aerodinamika ez apurtzeko eskakizuna betetzeko.

Horrela, lortu den diseinua hurrengo irudietan ikusten dena izan da:



*6.8. Irudia: Helizeen babesgarriaren lehen diseinua*



*6.7. Irudia: Helizeen babesgarriaren lehen diseinuaren goitiko bista*

Atal mugikorraren diseinua ia bukatuta dagoela dirudien arren, hobekuntza pare bat planteatu zaizkio, bat besoari eta beste bat babesgarriari.

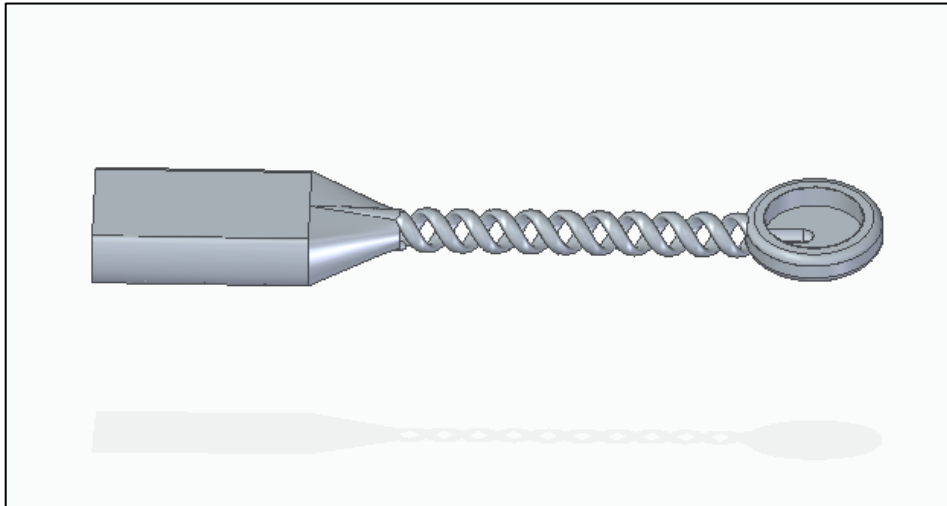
Kontuan izan behar da, baita ere, helizeak babesteko egitura oraindik ez dela lotu besora. Lotura hau diseinuaren amaierarako utzi da, batetik, diseinu honi aldaketak egin behar bazaizkio enbarazu egin dezakelako, eta honen diseinua oso sinplea izango delako.

#### **4. Azken aldaketak:**

Lehenik, besoaren hodiari proposatu zaion hobekuntza garatu da. Hodi hau, hasiera batean, itxia izateko diseinatu da, bertatik doazen kableak ezkutatzeko. Hala ere, hodia irekia egitea proposatu da, eta egituraren atal hau kurba helikoidalek soilik eutsi dezaten. Aldaketa hau, ikusten denez, aldaketa estetiko soilik da.

Lortu den emaitza hurrengo izan da:

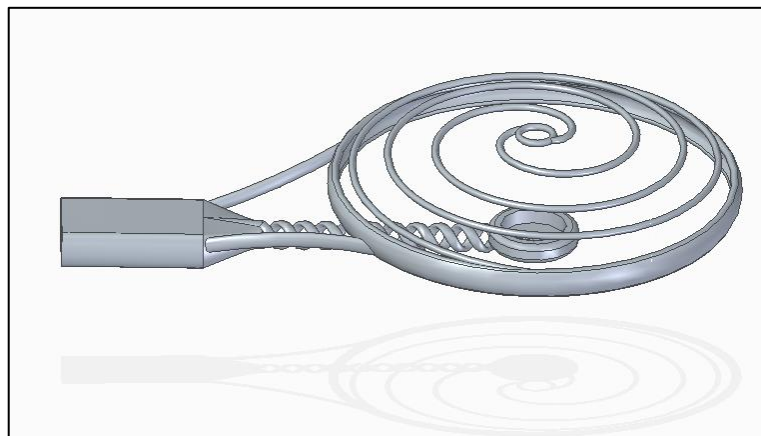




**6.9. Irudia: Besoaren diseinuaren hobekuntza**

Egin diren proposamenetako bigarrena, berriz, babesgarriaren gaineko atalari buruzkoa izan da, forma helikoidaleko atala. Hau, lau izatea baino egokiagoa izango zela pentsatu baita honi kurbatura txiki bat ematea, altuera handiagoa izan dezan. Izan ere, nahiz eta helizeak ondo sartzen diren bertan, honen motorraren altuera ere zaindu beharra dago, askotan helizeen maila baino gorago gera daitekeelako. Gainera, helizeak eta motorra aldatu egingo direneko aukera ere kontuan hartu behar da, eta unibertsaltasun hau lortzeko ere errazagoa izango litzateke txapelak forma kurboa izango balu.

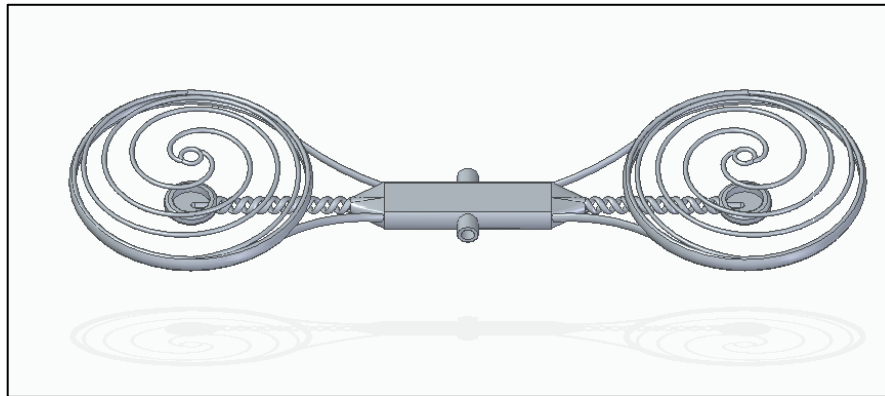
Ondorioz, babesgarriari forma berria eman zaio, eta datorren irudian ikusi daitekeen bezala geratu da



**6.10. Irudia: Helizeen babesgarriaren diseinu hobetua eta lotura**

Irudian ikus daitekeenez, dagoeneko lotu zaio helizeen babesgarria besoari. Babesgarria, besoaren buruari lotu beharrean honen ardatz aldeko oinarriari lotu zaio. Honen arrazoi nagusia hodiaren forma da, izan ere, kurba helikoidalarekin soilik eustea erabaki denean hau ahuldu egin da eta jasan dezakeen pisua txikiagoa da. Beraz, badaezpada ere, babesgarria burura lotuz besoa apurtzeko arriskua ekidin nahi izan da.

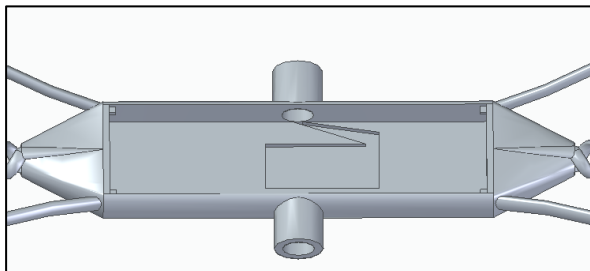
Jarraian, egiturari ardatza gehitu zaio, eta simetria baliatuz besoaren beste erdia sortu zaio:



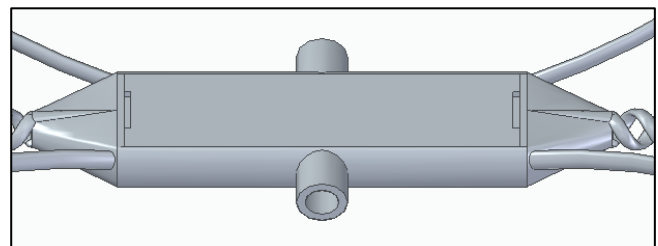
**6.11. Irudia: Balantzinararen atal mugikorra, bukatu gabe**

Amaitzeko, azken hiru xehetasunak gehitu zaizkio:

- ▲ Batetik, sentsorea kokatzeko zuloa egin zaio bi baterien azpian.
- ▲ Bestetik, bi PWM-ak doazen besoaren zatia irekitzea posible izateko, hau moztu eta tapa bat gehitu zaio. Tapa hau sinpleki pausatuta geratuko da, horretarako zuloari ertzetan gehitu zaizkion laukiei esker. Gainera, tapa ateratzea errazteko, eskuentzat heldulekuak ere gehitu zaizkio.

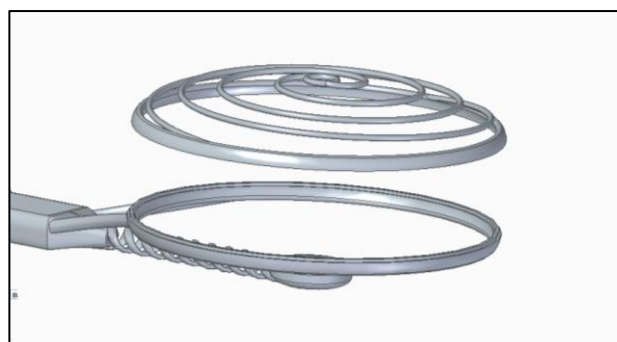


**6.12. Irudia: Besoa irekita eta azelerometroaren kokapena**



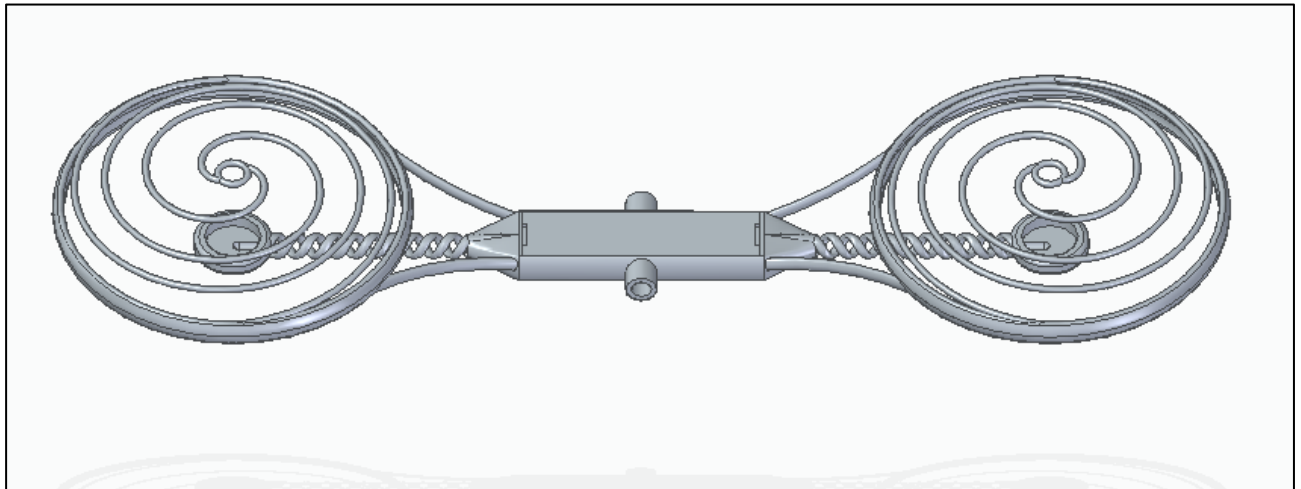
**6.13. Irudia: Besoa itxita**

- ▲ Eta azkenik, hegoak babestekoak moldatu behar izan dira, helizeak edo hauen motorra aldatzea errazteko. Honetarako, hauen eraztuna erditik moztu da, eta "ar-eme" moduan moldatu dira.



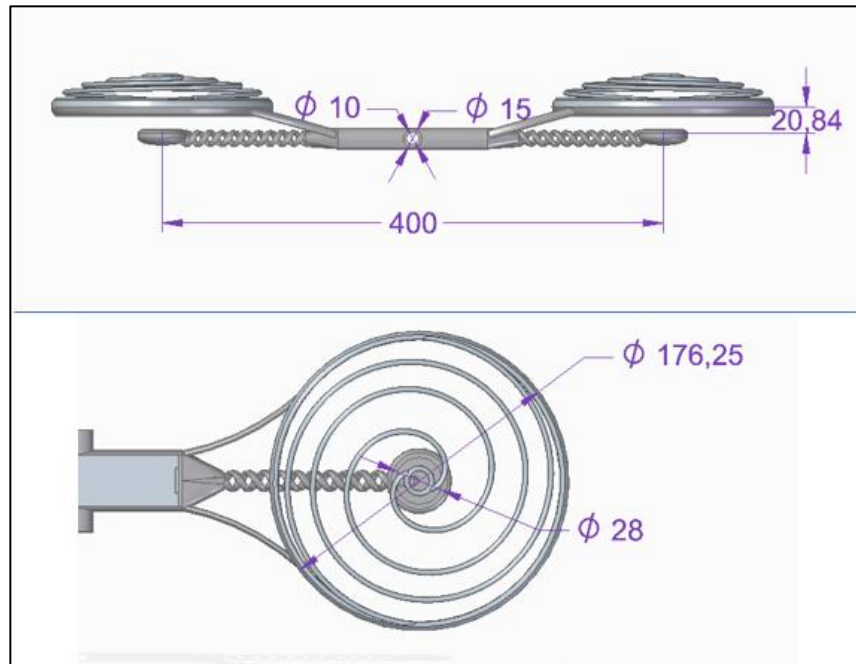
**6.14. Irudia: Babesgarriak moztuta**

Bukatzeko, atal mugikor osoa:



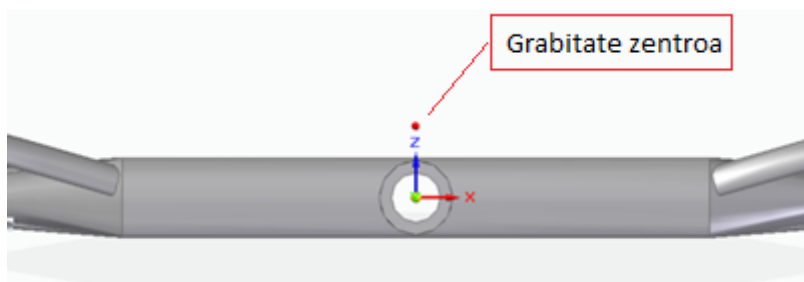
6.15. Irudia: Atal mugikor osoa

Dimentsio nagusiak hurrengo irudietan ikus daitezke:



6.16. Irudia: Atal mugikorraren dimentsioak

Amaitzeko, bere grabitate zentroaren kokapena ere kalkulatu da. Honetarako, koordenatu sistema atal mugikorraren ardatzaren erdiko puntuan jarri da.



6.17. Irudia: Atal mugikorraren grabitate zentroa

Grabitate zentroa:

X: -0,09 mm

Y: 0,02 mm

Z: 14,51 mm

Ikusten denez, grabitate zentroa ez da guztiz nahi zen tokian atera. Hala ere, desbideraketa oso txikia izan da, beraz, onargarritzat hartu da.

### 6.3.2. Atal finkoa

Atal finkoaren diseinua, euskarriarekin hasi da. Izan ere, honen gainerako elementuak euskarriaren formaren menpe egongo dira. Beraz, euskarriaren diseinua nola garatu den azaldu da lehenik, eta ondoren gainerako osagaiena.

Euskarriaren helburua, izenak dioen bezala, balantzina eustea izango da. Eskakizunei begira, nabaria da iraulketa ekiditearenak eragin bereziki handia izango duela bere diseinuan, hau bere erronka nagusitzat ere hartu daitekeelarik.

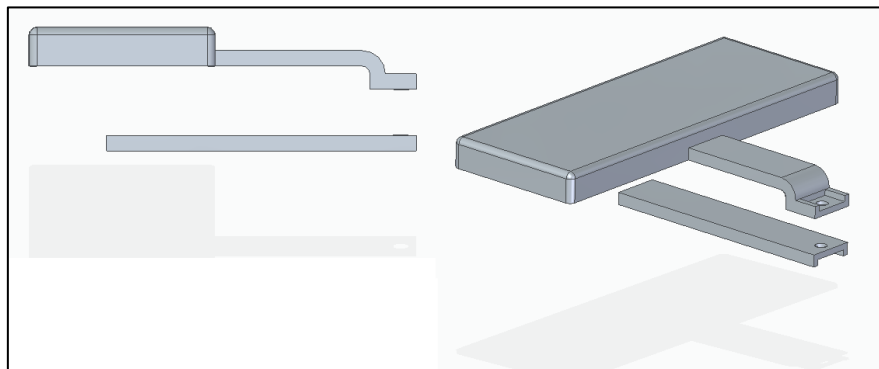
#### 1. Euskarriaren lehenengo ideiak:

Iraultketa ekiditeko egon den lehenengo ideia euskarriak balantzina mahaiari oratzea izan da. Oratze sistema garatzeko, euste erreminta ezberdinak aztertu dira, hauen mekanismoen antzekoak baliatzeko asmoz. Hemendik, ondoren azalduko diren bi alternatiba planteatu dira.

Lehenengo alternatibaren ideia tornuzil batetik eratorria da. Tornuzil baten mekanismoa imitatuz, mahaiari eutsiko dion euskarri bat sortu da.



6.19. Irudia: Tornuzil bat [11]

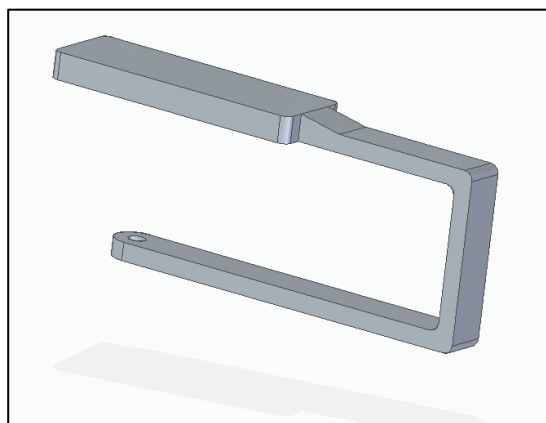


6.18. Irudia: Euskarriaren lehen aukera

Bigarren alternatiba antzeko beste euste erreminta baten mekanismoan inspiratuta diseinatu da, kasu honetan, G torloju prentsa baten mekanismoan. Kasu honetan, lortu den euskarriaren itxura hurrengoa izan da:



6.21. Irudia: G torloju prentsa [12]



6.20. Irudia: Euskarriaren bigarren aukera

Bi aukera hauetatik atera diren ondorio on eta txarrak hurrengoak izan dira:

- ▲ Balantzaren iraulketa ekidingo dute, biek ala biek.
- ▲ Unibertsaltasun falta: mahai lodiera jakin batzuetarako bakarrik izango lirateke baliagarriak. Hau desabantaila handia litzateke, unibertsitatean balantzia ez baita laborategi bakarrean erabiliko, eta mahaiak ez dira berdinak izango ziurrenik. Gainera, honen garraioa ere zaildu egingen du beti lotzen eta askatzen ibili behar izanak.

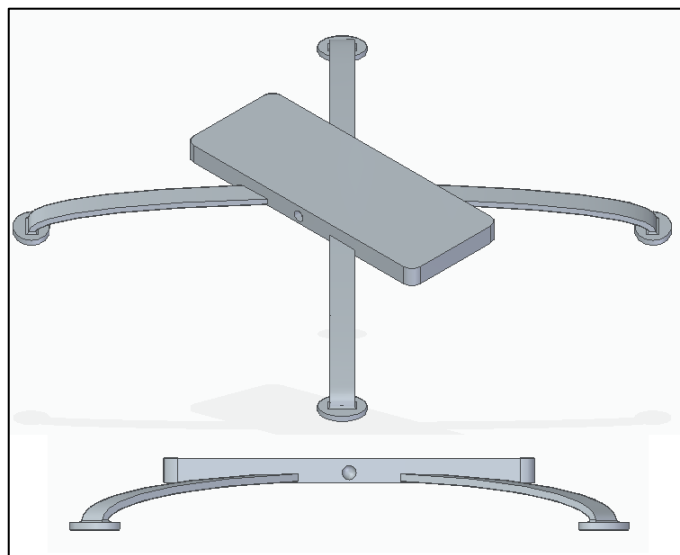
Beraz, beste alternatiba batzuk aztertzeraz jo behar izan da.

## 2. Euskarriaren bigarren diseinua:

Mahaiari eusteko ideia baztertuta, mahaietan sinpleki pausatuta geratuko den euskarri baten ideiarekin egin da lan oraingoan.

Sinpleki pausatuta dagoen egitura bat irauli ez dadin, honen inertzia handia izan behar da. Inertzia handia lortzeko bi irtenbide daude: batetik, pisua handitu dakioke, eta bestetik, egituraren zabalerako dimentsioak. Kasu honetan, bigarren aukera da komenigarriena, horrela pisua handitzean erabiliko litzatekeen soberako material kopurua ekiditeko. Mahaietan sinpleki pausatuko den euskarri zabal bat garatzeko bidea jorratu da, beraz.

Modu honetan, aurkeztu den hurrengo aukeran, inertzia handia lortzeko helburua euskarriari hanka luzeak gehituz egin da. Hankak jartzeko, egitura altxatu egin da apur bat, datorren irudietan ikusten den bezala.



6.22. Irudia: Euskarriaren hirugarren diseinua

Diseinua egokia izan daiteke:

- ▲ Unibertsala da, edozein mahai edo lur laurentzako egokia.
- ▲ Inertzia handia du balantzia ez iraultzeko.

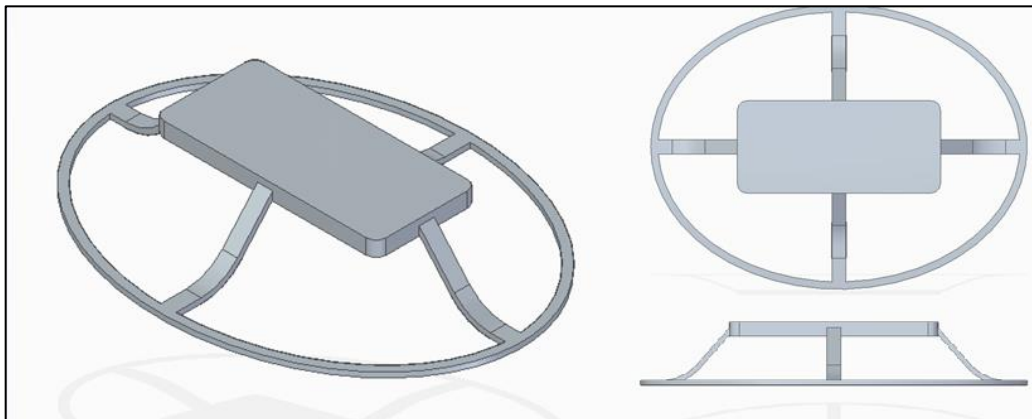
Hala ere, kontuan hartu ez den faktore garrantzitsu bat ere egon da diseinu honetan:

- ⤴ Ez da kontuan hartu kontrol sistemaren plaka integratuta eraman behar duela. Honen kokapena zehazten hastean ikusi da nahiko zaila dela plakari inklinazio egokia ematea hankek duten forma dela eta.

Ondorioz, honetan oinarrituta egongo den baina honen desabantaila gainduko duen beste diseinu bat garatzeari ekin zaio.

### 3. Euskarriaren azken diseinua:

Aipatutako desabantaila gainditzeko, hanken itxura aldatu beharra ikusi da. Horrela, lortu den hurrengo diseinua hau izan da:

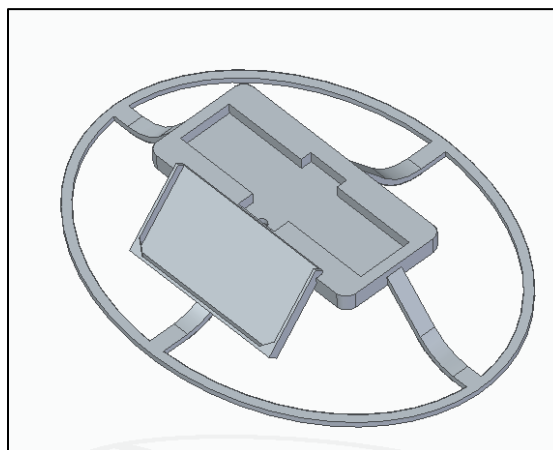


6.23. Irudia: Euskarriaren laugarren diseinua

Oraingoan, hankek inklinazio zorrotzagoa izan dute plakaren kokapen arazoa konpontzeko. Horretaz gain, inertzia handitzeko, euskarria pausatzen den gainazalari kanpo eraztun bat gehitu zaio. Horrela, euskarriak bete behar dituen eskakizunak bete dira:

- ⤴ Iraulketa ekiditen lagunduko du, duen inertiari esker.

Hurrengo pausua plakaren pausagunea gehitzea izan da, jakina. Horrela, plaka kokatzeko egitura, hanken inklinazioa aprobeztatuz, hanketako batean pausatuta diseinatu da, hurrengo irudian ikusten den bezala:



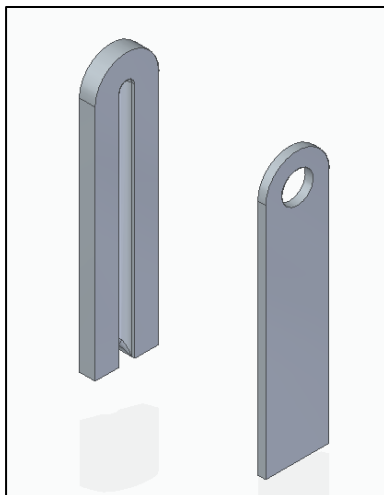
6.24. Irudia: Euskarria bukatuta

Jarraian, zati finkoaren gainerako osagaiak gehitzera jo da. Balantzinaren besoaren ardatza eutsiko duten bi hanka diseinatu dira, bakoitza alde banatarako.

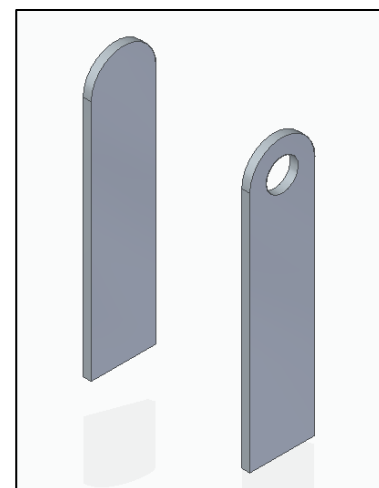
Hanken diseinuaren garapena nahiko zuzena izan da, hauek balantzin osoaren zatirik sinpleenetakoak baitira. Hala ere, kontuan hartu beharreko bi xehetasun garrantzitsu egon dira hanken neurrietan.

Alde batetik, ardatzaren zuloaren diametroa pentsatu behar izan da. Hau, balantzinaren besoaren ardatzaren diametroaren eta jarriko diren errodamenduenaren menpekoa izango da. Bestetik, hanken altuera ere nahiko handia izan behar da helizearen besoaren muturrek lurra edo mahaia ez dutela jotzen bermatzeko, funtzionamenduan, hauek inklinatzen denean.

Alde bakoitzeko hankei bigarren hanka bana gehitu zaie. Plakaren aurkako aldeko bigarren hankaren helburua besoaren mugimendu horizontalak oztopatzeko tope baten funtzioa betetzea izango da, besterik gabe. Aldiz, plakaren aldeko bigarren hankaren helburua, balantzinaren besotik datozen kableen pasabidea izatea izango da.



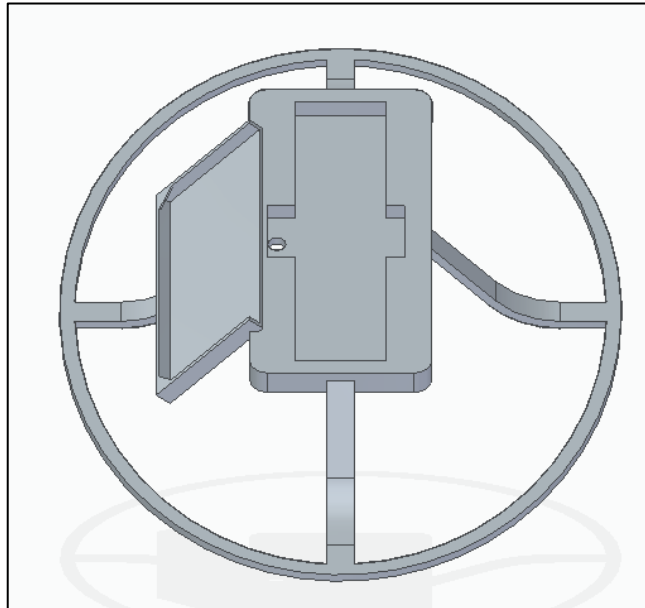
6.26. Irudia: Besoaren hankak: kableak doazen aldeko bi hankak



6.25. Irudia: Besoaren hankak: kablerik ez doan aldeko bi hankak

Nabaria denez, 6.26. Irudian agertzen den hanka bikotea da kableak joango diren aldekoa, horregatik du bigarrenak ardatzaren altueratik beheraino doakion hutsunea. Aldiz, 6.25. Irudian agertzen den hanka bikotean zehar ez da kablerik igaroko. Hala ere, bikote honetako bigarren hankak badu zeregin bat: ardatza hutsa denez, zuloa estali beharra dago eta honek egingo du.

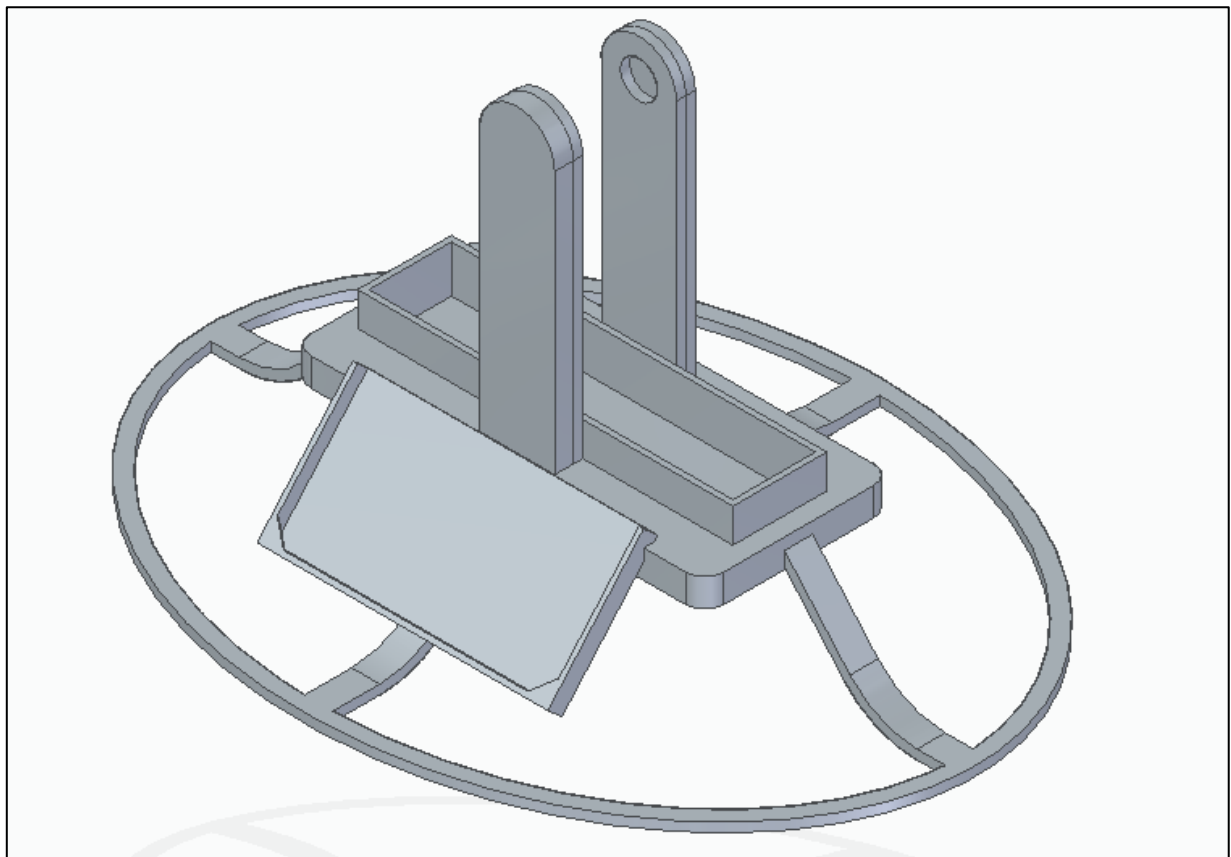
Hankez gain, euskarrian kutxatxo bat ere gehituko da, kontrolaren bateria kokatzeko. Kutxatxoak, aldi berean, aipatu berri diren hankak eutsiko ditu, hauek perpendikular mantenduz. Izan ere, bai hankak eta bai kutxa, sinpleki ahokatuta doaz euskarrian, eta ez dute bestelako heltze sistematik. Ahokatze hau arrakastaz betetzeko, euskarriari, gaineko plataforman, kutxaren eta hanken formak bat etortzeko moduan dimentsionatutako zulo bat egin zaio.



6.27. Irudia: Euskarria bukatuta

Irudian ikusten denez, zulo bat ere egin zaio euskarriaren plataformari plaka dagoen aldean. Hemendik, hanketatik barrena datozen kableak pasatuko dira, euskarritik irteteko.

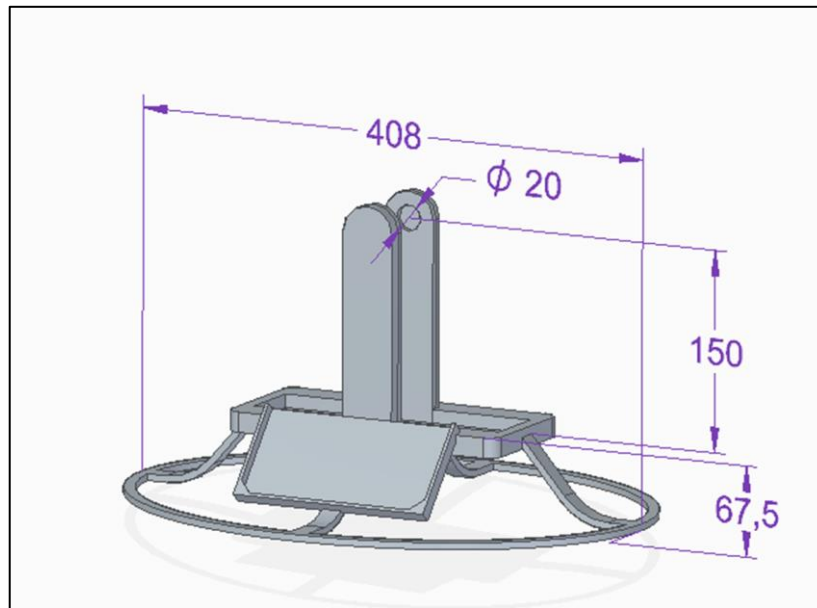
Hurrengo argazkian, atal finko osoaren muntaia erakutsi da:



6.28. Irudia: Atal finkoa bukatuta

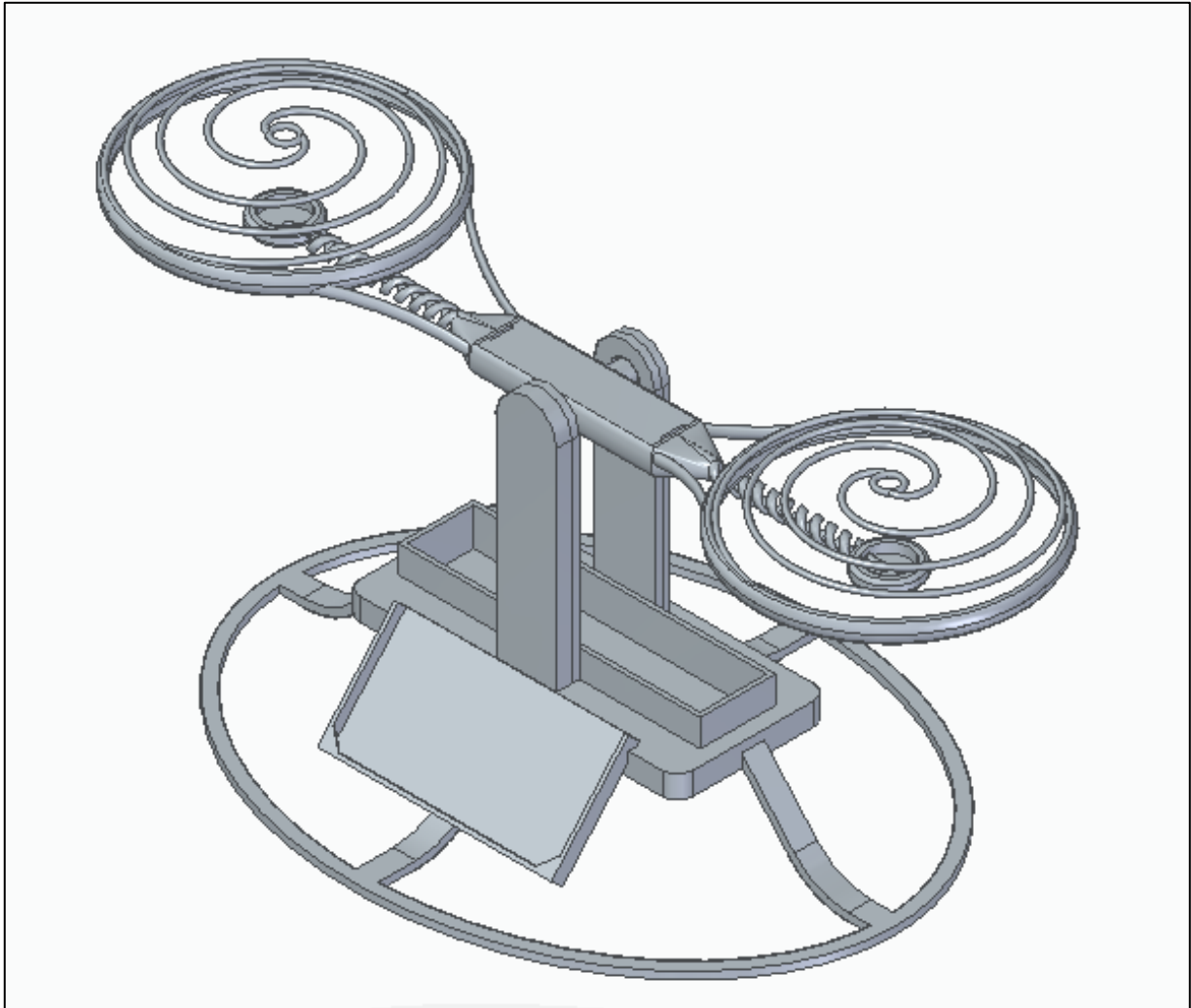


Atal finkoaren dimentsio nagusiak hurrengo irudian ikus daitezke:



6.29. Irudia: Atal finkoaren dimentsio nagusiak

Diseinuari amaiera emateko, balantzin osoaren argazkia:



*6.30. Irudia: Balantzin osoa*

Balantzin osoak izan dituen masa eta bolumena hauek izan dira, Solid Edge-n arabera:

Masa: 0,683 kg

Bolumena: 667,434 cm<sup>3</sup>

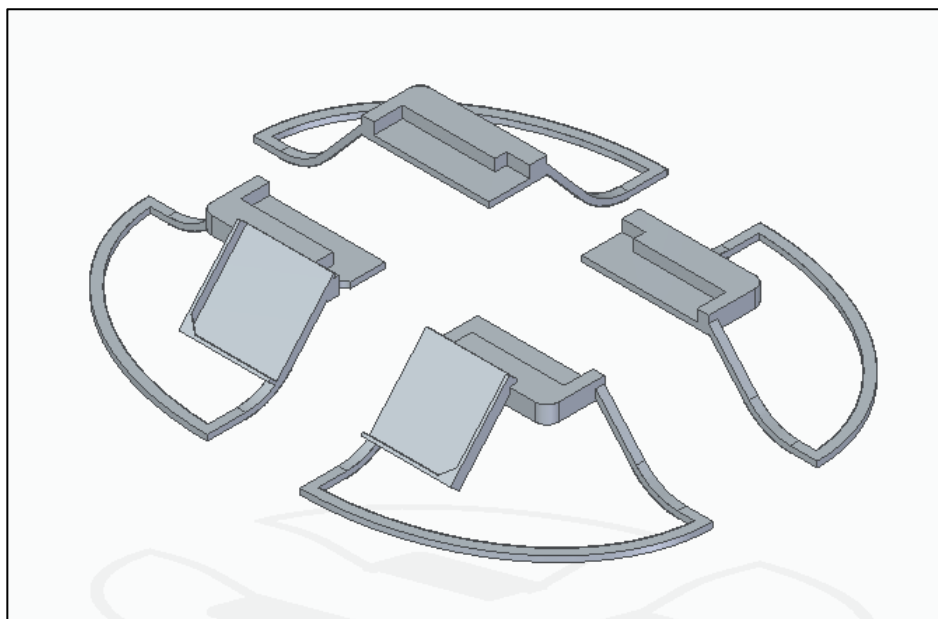
## 7. FABRIKAZIOA

3D modeloa prest izanda, hurrengo urratsa hau fabrikatzea edo, gure kasuan, inprimatzea izango da. Honetarako, badaude hainbat xehetasun zehaztu edo kontuan hartu beharko direnak.

### Dimentsionaketa

Dimension Elite modeloak inprimatu dezakeen tamaina maximoa 203 x 203 x 305 mm da. Nabaria da balantzina osorik inprimatzea ezinezkoa izango dela, beraz, pieza batzuk solte inprimatu beharko dira. Hala ere, balantzinaren ataletako batzuen dimentsioak handiegiak dira hauek osorik inprimatu ahal izateko, eta ondorioz, hauek hainbat zatitan banatu behar izan dira.

Hasteko, euskarria lau zatitan banatu behar izan da, altuera txikia duen arren, inertzia handitzeko asmoz gehitu zaion kanpoko eraztuna ez baita sartzen inprimagailuan. Honela, euskarriaren goitiko bistatik ikusten diren bi ardatz nagusiak aprobetxatuz, binaka simetrikoak diren lau zati hauek egin dira:

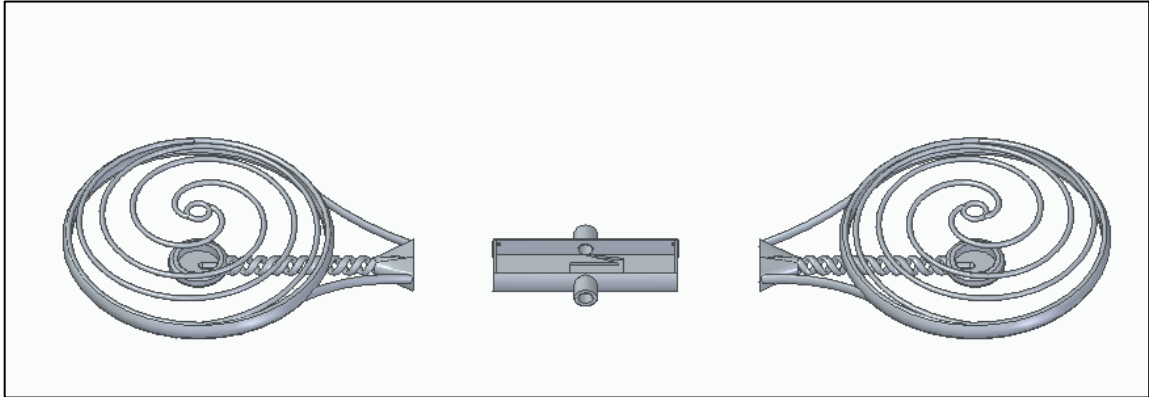


7.1. Irudia: Euskarriaren zatitzea inprimagailurako

Hauek, orientazio honetan bertan inprimatuko dira.

Atal finkoko gainerako osagarriak, hau da, bi hanka bikoteak, osorik inprimatu daitezke eta ez dira zatitu behar.

Atal mugikorrari dagokionez, honen osagai txikiak (babesgarriak eta erdiko tapa) osorik inprimatuko dira. Besoaren dimentsioak, aldiz, handiegiak dira inprimagailurako eta hiru zatitan banatu dira:



**7.2. Irudia: Atal mugikorraren zatitzea inprimagailurako**

Atal mugikorrean, irudian ikusten den erdiko zatia orientazio horretan inprimatuko bada ere, ertzetako bi zatiak bertikalki inprimatuko dira, bestela ez baitira sartzen.

Bai atal finkoko zein mugikorreko zatiak itsasgarri baten bidez lotuko dira behin inprimatuta daudela.

## 8. PLANGINTZA

### 8.1. Zereginak

#### **1. Informazio bilketa:**

**1.1. Aurrekarien definizio eta analisia:** Proiektuarekin hasi aurretik oso garrantzitsua izango da burutu behar den lanaren aurrekariak definitzea.

**1.2. 3D diseinu eta inprimaketaren ezagutza:** Proiektua bi prozesu hauen bidez garatuko denez, hauei buruzko oinarrizko ezagutza ezinbestekoa izango da proiektugilearentzat.

#### **2. Diseinua:**

**2.1. Eskakizunak zehaztea:** Diseinuak bete behar dituen eskakizunak definitu behar dira.

**2.2. Alternatibak definitzea:** Zehaztutako eskakizun bakoitza betetzeko alternatibak proposatuko dira.

**2.3. Diseinua garatzea:** Proposatu diren alternatiben artean aukeraketa egin eta 3D diseinua garatu.

**2.4. Diseinuaren zuzendu eta bukatzea:** Diseinua proiektuko zuzendariari diseinua erakutsi eta berak proposatutako zuzenketak burutu, azken diseinua lortuz.

#### **3. Fabrikazioa:**

**3.1. Inprimagailuaren eskakizun eta mugak ezagutzea:** Inprimagailuak piezari ezarriko dizkion mugak aztertu.

**3.2. Materialaren azterketa:** Fabrikaziorako erabiliko den materialaren propietateak ikertu beharko dira, eta, batez ere, hauek piezaren diseinuan izan dezaketen eraginaren jakitun.

**3.2. Diseinua moldatzea:** Inprimagailura moldatuko da 3D diseinua, honek egitura fabrikatu ahal dezan.

**3.3. 3D inprimaketa:** Inprimagailuarekin egitura fabrikatu.

**4. Azken azterketa:** Pieza esku artean izanda, hau diseinatu den 3D modeloarekin bat datorrela baieztatu beharko da.

**5. Kostuen joraketa burutzea:** Proiektuan zehar egon diren kostuak kontabilizatzea.

**6. Ondorioak ateratzea:** Proiektuan zehar atera diren ondorioak adierazi.

**7. Txostena idaztea:** Proiektuaren garapenean burutu den ataza bakoitza txostenean idaztea.

## 8.2. Mugarriak

Proiektu honen kasuan hiru mugarri ezarri dira, hauek ikaslearen eta zuzendariaren artean egingo diren bi bilera izango direlarik.

**A. Alternatibak aurkeztea:** Eskakizunak eta hauei erantzuteko alternatibak proposatzeko bilera burutuko da. Ikasleak lortu dituen diseinu posibleak aurkeztuko dizkio irakasleari, eta bien artean azken diseinuaren irudi hurbildu bat lortuko dute, ondoren ikasleak zehaztu eta egin beharko duena.

**B. Diseinua aurkeztea:** Ikasleak diseinu bat burutu duenean, hau irakaslearekin ikuskatzeko bilera egingo da. Bertan zehaztuko dira egin beharreko zuzenketak eta hobekuntzak, behar baditu, betiere.

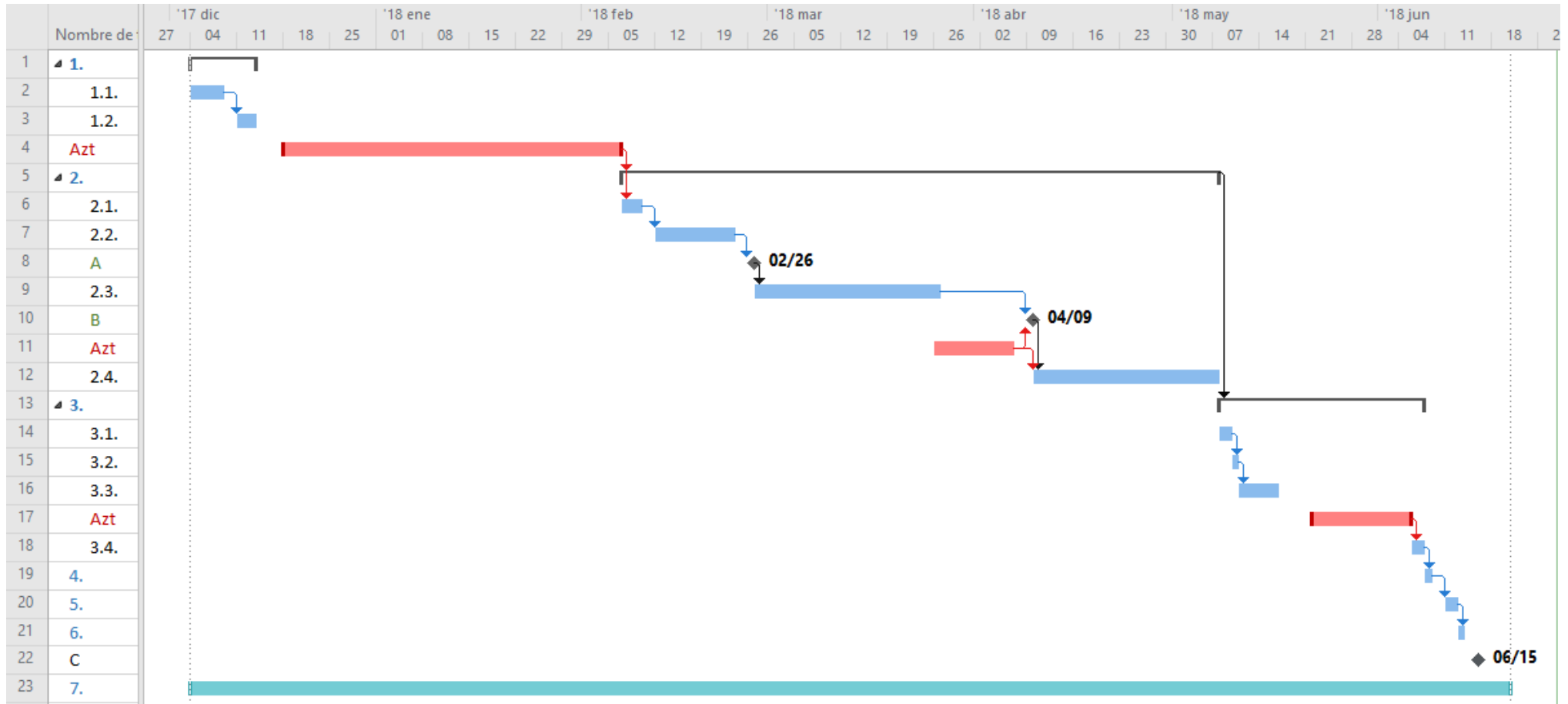
**C. Txostena zuzentzea:** Zuzendariak, ikasleak idatzi duen txostena aztertuta, honek behar dituen zuzenketak adostuko dituzte, ikasleak txostena hobetzeko.

## 8.3. Gantt diagrama

Jarraian, proiektuaren planifikazioa adierazten duen Gantt diagrama azaltzen da:

	Nombre de tarea	Duraci	Comienzo	Fin	Predecesoras
1	1. Informazio bilketa	8 días	lun 17/12/04	mié 17/12/13	
2	1.1. Aurrekarien definizio eta analisia	5 días	lun 17/12/04	vie 17/12/08	
3	1.2. 3D diseinu eta inprimaketaren ezagutza	3 días	lun 17/12/11	mié 17/12/13	2
4	Azterketa garaiko etenaldia	37 días	lun 17/12/18	mar 18/02/06	
5	2. Diseinua	64 días	mié 18/02/07	lun 18/05/07	4
6	2.1. Eskakizunak zehaztea	3 días	mié 18/02/07	vie 18/02/09	4
7	2.2. Alternatibak definitzea	10 días	lun 18/02/12	vie 18/02/23	6
8	A: Alternatibak aurkeztea	1 día	lun 18/02/26	lun 18/02/26	7
9	2.3. Diseinua garatzea	20 días	mar 18/02/27	lun 18/03/26	8
10	B: Diseinua aurkeztea	1 día	lun 18/04/09	lun 18/04/09	9;11
11	Azterketa partzialen garaiko etenaldia	10 días	lun 18/03/26	vie 18/04/06	
12	2.4. Diseinua zuzendu eta bukatzea	20 días	mar 18/04/10	lun 18/05/07	11;10
13	3. Fabrikazioa	23 días	mar 18/05/08	jue 18/06/07	5
14	3.1. Inprimagailuaren eskakizun eta mugak ezagutzea	2 días	mar 18/05/08	mié 18/05/09	
15	3.2. Materialaren azterketa	1 día	jue 18/05/10	jue 18/05/10	14
16	3.3. Diseinua moldatzea	4 días	vie 18/05/11	mié 18/05/16	15
17	Azterketa garaiko etenaldia	11 días	mar 18/05/22	mar 18/06/05	
18	3.4. 3D inprimaketa	2 días	mié 18/06/06	jue 18/06/07	17
19	4. Azken azterketa	1 día	vie 18/06/08	vie 18/06/08	18
20	5. Kostuen jorreketa burutzea	2 días	lun 18/06/11	mar 18/06/12	19
21	6. Ondorioak ateratzea	1 día	mié 18/06/13	mié 18/06/13	20
22	C: Txostena zuzentzea	1 día	vie 18/06/15	vie 18/06/15	
23	7. Txostena idaztea	143 días	lun 17/12/04	mié 18/06/20	

8.1. Irudia: Planifikazioaren Gantt eskema



8.2. Irudia: Planifikazioaren Gantt diagrama

## 9. AURREKONTUA

Aurrekontuaren kalkulua egiteko, ingeniariak sartutako barne-orduak, gastuak eta amortizazioak hartu dira kontuan.

9.1. Taula: Aurrekontuaren xehatzea

BARNE ORDUAK		Kostua orduko [€/h]	Orduak [h]	Guztira	
Ingeniari Juniorra		25	200	5000 €	
Laborategi teknikaria		40	10	400 €	
Zuzendaria		70	30	2100 €	
				7500 €	
AMORTIZAZIOAK		Erosketa kostua [€]	Bizitza erabilgarria [urte]	Erabilitako orduak [h]	
Solid Edge ST9 lizentzia		6000	1	80	54,79 €
Ordenagailua		1000	5	100	2,28 €
Dimension Elite		35000	8	20	239,73 €
				296,8 €	
GASTUAK					
Bulegoko materiala				20 €	
ABS materiala				50 €	
Elektrizitatea	Kostua	Erabilitako denbora	Potentzia	35,65 €	
	0,12438 €/kWh	200 h	0.42 kW		
				105,65 €	
KOSTU TOTALA				7902,45 €	
Ustekabeak (%2)				158,05 €	



---

<b>BEZ (%21)</b>	<b>1659,5 €</b>
<b>PREZIOA</b>	<b>9720 €</b>

Proiektuaren garapenean zehar agertu daitezkeen ezustekoak ere hartu dira kontuan aurrekontuan, hauek, kostu totalaren %2 bezala kontabilizatu dira. Guztizko prezioa kalkulatzeko BEZa ere gehitu zaio.

## 10. ONDORIOAK

Hasteko, 3D inprimagailuak dituen hainbat abantaila eta desabantaila ikusi dira. Alde batetik, fabrikazio metodo honek ematen duen forma askatasuna izugarria dela ikusi da. Izan ere, behar den piezaren diseinu prozesuan zehar ez zaio itxurari mugarik jarri, eta aldiz material kentze bidezko prozesu batez fabrikatu behar balitzateke, garatu diren formetako batzuk aldatu eta sinplifikatu egin beharko liratezke.

Hala ere, inprimagailuaren tamainak suposatu duen desabantaila eta lan gehigarria ere aipatu beharra dago. Izan ere, erabilgarri dagoen inprimagailuaren dimentsioak direla eta, sortu den diseinua hainbat zatitan egin behar izan da, eta hauek ondoren kolaz itsatsi. Hau, jakina, inprimagailu handiago batekin konpondu ahalko litzateken arazoa da, honela diseinu osoa inprimatu ahalko baikenuke honen osagaiak banatu gabe ere. Berritoki ere, material kenketa bidezko fabrikazioarekiko duen abantaila bat azaldu da: objektuaren pieza ezberdinak ez direla banaka inprimatu behar, aldiz, muntaia eginda sor baitezake 3D inprimagailuak.

Bestalde, ikusi denez, proiektuan, honi ezarri zaizkion helburu guztiak bete dira: balantzin sistemaren egituraren diseinu bat burutu da, ezarri zaizkion eskakizun guztiak bete dituen. Egia da grabitate zentruari ezarri zaion eskakizuna ez dela guztiz bete, baina, honek izan duen desbiderapena oso txikia izan denez, onargarritzat hartu da.

Hala eta guztiz ere, proiektua hasieran ezarritako epean betetzea lortu da, baita emaitza onak lortzea ere.

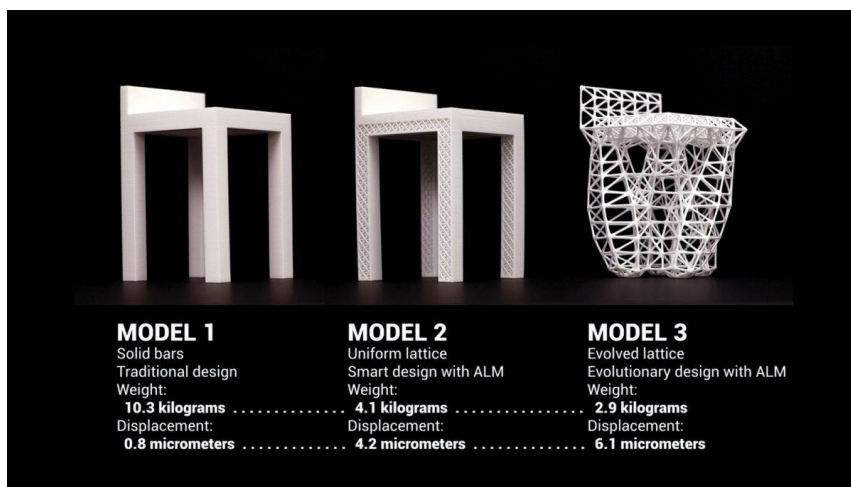
## 11. ETORKIZUNeko LANA

Irismenean azaldu den bezala, proiektu hau balantzaren egitura fisikoa lortu denean amaituko da. Dena dela, proiektu honi jarraipena eman diezaioketen hainbat bi bide jorratu daitezke. Alde batetik, balantzinak duen kontrol elektrikoa hobetu daiteke.

Beste alde batetik, egitura fisikoaren diseinua hobetu daiteke. Horretarako, gaur egun nahiko berria den baina azkar garatzen ari den teknologia bat erabiltzea proposatzen da: *Generative Design* edo diseinu sortzailea. Teknologia honek, naturaren ikuspegi ebolutiboa imitatzen du diseinatzen. Honetarako, teknologia honen erabiltzaileak, diseinu generatiboko software batean 3D modelo bat sartuko du, materialari, fabrikazio prozesuari eta abarri buruzko informazioarekin batera, eta honek diseinu alternatibo bat eskainiko dio.

Diseinatzeneko modu berri honek hiru abantaila nagusi ditu beste 3D softwareen aurrean: batetik, diseinu aukera askoz zabalagoa eskaintzen duela; bestetik, 3D software batean eskuz marraztea ia ezinezkoa izango litzatekeen formak egin ditzakela; eta azkenik, materialaren erabilera optimizatzen duela.

Diseinu sortzaileko teknologiarekin, honelako itxurako piezak lortzen dira:



11.1. Irudia: Diseinu sortzailearekin optimizatutako pieza [19]

Besteak beste, proiektu honetarako erabili den 3D diseinurako softwareak (Solid Edge ST9) berak ere, teknologia hau barneratu du ST10 hurrengo bertsioan. Hortaz, datorren ikasturtean bertan erabili ahalko zukeen beste ikasle baten teknologia hau bere GrAL-erako, aukera bezala.

# BIBLIOGRAFIA

- [1] *What is 3D printing?* (2018). <https://3dprinting.com/what-is-3d-printing/> sartutako data 2018/06/20
- [2] *3D inprimaketa* (2017). [https://eu.wikipedia.org/wiki/3D\\_inprimaketa](https://eu.wikipedia.org/wiki/3D_inprimaketa) sartutako data 2018/06/20
- [3] *3D modeling* (2018). [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado\\_3D](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelado_3D) sartutako data 2018/06/20
- [4] *Computer-aided Design* (2018). [https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o\\_asistido\\_por\\_computadora](https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_asistido_por_computadora) sartutako data 2018/06/20
- [5] Adimen Lehiakorra (2015eko ekaina). *Introducción a la fabricación aditiva*. <http://www.adimenlehiakorra.eus/documents/29934/35016/Introduccion+a+la+fabricacion+aditiva/e0cc22a2-46c4-4f0f-bd00-05ce95d574e9> sartutako data 2018/06/20
- [6] <http://www.hardcopyworld.com/ngine/3dprinter/index.php/archives/48>
- [7] Nick Lievendag (2017ko martxoa). *HP 3D Structured Light Scanner Pro S3 (DAVID SLS-3) Review*. <https://3dscanexpert.com/hp-3d-scanner-pro-s3-david-sls-3-review/#respond> sartutako data 2018/06/20
- [8] Yolanda Redrup (2015eko abuztua). *3D printing set to aid surgeons as ASX-listed 3D Medical signs global partnership*. <http://www.afr.com/technology/3d-printing-set-to-aid-surgeons-as-asxlisted-3d-medical-signs-global-partnership-20150824-gj68zc> sartutako data 2018/06/20
- [9] Quanser laboratories (2018). *Quanser AERO*. <https://www.quanser.com/products/quanser-aero/> sartutako data 2018/06/20
- [10] Abrahán Carballo (2014). *Interacciones y fuerzas*. <http://slideplayer.es/slide/27858/> sartutako data 2018/06/20
- [11] <http://kedr-k.ru/tornillo-de-banco-150-mm/>
- [12] <http://mantoind4b07.blogspot.com/2015/02/prensa-se-compone-de-dos-mordazas.html>
- [13] *Acrylonitrile butadiene styrene* (2018). [https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile\\_butadiene\\_styrene](https://en.wikipedia.org/wiki/Acrylonitrile_butadiene_styrene) sartutako data 2018/06/20
- [14] *Sinergia* (2018). <https://eu.wikipedia.org/wiki/Sinergia> sartutako data 2018/06/20
- [15] <https://ctmprojectsblog.wordpress.com/2014/09/23/3d-printed-digital-camo-filament/>

- [16] <https://3dfizzr.wordpress.com/2013/07/15/3d-printing-plastics-pla-vs-abs-in-practice/>
- [17] *What is ABS plastic?* (2016 azaroa). <https://www.iosp.org/what-is-abs-plastic/> sartutako data 2018/06/20
- [18] Autodesk. *Generative Design*. <https://www.autodesk.com/solutions/generative-design> sartutako data 2018/06/20
- [19] <https://futurism.com/generative-design-could-radically-transform-the-look-of-our-world/>