



**BILBOKO INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO
UNIBERTSITATE ESKOLA**



INGENIARITZA ELEKTRIKOKO GRADUA :

GRADU AMAIERAKO LANA

2014 / 2015

*IMAN IRAUNKORREKO FLUXU AXIALEKO SORGAILU
BATEN DISEINU, KALKULU ETA ERAIKUNTZA*

LABURPENA

IKASLEAREN DATUAK

IZENA: JOSEBA

ABIZENAK: LLANO HERNAIZ

SIN.:

DATA: 2015-09-04

ZUZENDARIAREN DATUAK

IZEN ABIZENAK:

ZALOA AGINAKO ARRI

JOSEBA SAINZ DE MURIETA MANGADO

SAILA:

INGENIARITZA ELEKTRIKOA

SISTEMEN INGENIARITZA ETA AUTOMATIKA

SIN.:

DATA: 2015-09-04

GRADU AMAIERAKO LANA INGENIARITZA
ELEKTRIKOKO GRADUAN

IMAN IRAUNKORREKO FLUXU
AXIALEKO SORGAILU BATEN
DISEINU, KALKULU ETA
ERAIKUNTZA

LABURPENA

Egilea: Joseba Llano Hernaiz

Euskal Herrian, 2015eko irailaren 2an

Zuzendariak: Zaloa Aginako Arri eta Joseba Sainz de Murieta Mangado

Gaien Aurkibidea

1	PROIEKTUAREN HELBURUA	1
2	PROIEKTUAREN IRISMENA	1
3	PROIEKTUAREN DESKRIBAPENA	2
4	HAIZEAREN EZAUGARRIAK	2
	4.1 HAIZEAREN POTENTZIALA	2
	4.2 SAVONIUS TURBINA	3
	4.3 TURBINAREN PARAMETROAK	3
5	SORGAILU ELEKTRIKOA	4
	5.1 Iman iraunkorreko sorgailua (PMG)	4
6	HARTUTAKO ERABAKIA	5
7	KALKULUAK	6
	7.1 HAIZEAREN DATUAK	6
	7.2 BEHARREZKO POTENTZIA	6
	7.3 TURBINAREN DIMENTSIOEN ESTIMAZIOA	6
	7.4 TURBINAREN ABIADURA	7
	7.5 POLO KOPURUA ETA MAIZTASUNA	7
	7.6 IMANAK	7
	7.7 HARILA KOPURUA	7
	7.8 BEHARREZKO POTENTZIALA	7
	7.9 INTENTSITATE MAXIMOA	8
	7.10 HARI EROALEA	8
	7.11 HARILAK	8
	7.12 ESTATOREA	8
	7.13 INDUZITUTAKO INDAR ELEKTROERAGILEA ETA IRTEERAKO POTENTZIALA (n_{konet})	9
8	SORGAILUAREN AZKEN DIMENTSIOAK	11
9	PROTOTIPOAREN MUNTAIA	12
10	SAIAKUNTZA	16
11	PLANOAK	18

1 PROIEKTUAREN HELBURUA

Lan hau, e-Betez izeneko egitasmo zabalago baten parte da, eta konkretuki *e-Betez eolikoa*. Egitasmo horrek, dispositibo elektronik txikiak kargatzeko sistema eoliko baten atal guztiak diseinatzea eta eraikitzea du helburu nagusia: haize turbina, sorgailu elektrikoa, artezketa-erregulazio sistema, eta energiaren fluxua bistaratzeko sistema.

Lan honen helburu nagusia, aurreko egitasmoaren barruan kokatuta, haizearen energia erabiliz **dispositibo elektronik txikiak kargatzeko potentzia baxuko sorgailu elektrik baten diseinu, kalkulu eta eraikitzea da**. Hasierako beharretatik abiatuta, eta proiektua kokatuta egongo den tokiko haizearen abiadura eta turbinaren dimentsio zehatzak kontuan hartuz, sorgailu elektrikoa eraikitzeke posibilitate ezberdinak ikertu eta aukerarik egokiena hautatzea. Sistemaren diseinua haize abiadura txikian elektrizitatea sortzeko ahalmena duen sorgailura bideratuko da, era horretan transmisio mekanikoa ekidinez.

Aurrekoaren ondoren, diseinuan egindako kalkuluetatik abiatuta, prototipo funtzionala eraikiko da: eraikitzeke irtenbide desberdinak aztertu, material egokienak aukeratu eta prozesu konstruktibo egokiena jorratu. Bukatzeko, laborategian saiakuntza probak egingo ditugu teoriarik lortutako datuak eta errealitateko datuen arteko kontrastea egin ahal izateko.

Lanaren jardura, ikerkuntza-erakuntza binomioan kokatuta egongo da. Prozesu teknologikoaren fase desberdinei jarraituz, hasierako arazoaren planteamendutik abiatzen da, ondoren informazio iturri ezberdinak erabiliz ikerkuntza lana burutu. Jarraian, balizko irtenbide guztiak aztertu ondoren, bat hautatu eta honen diseinua egin. Bukatzeko prototipoa eraiki eta honen ebaluazioa egingez ondorioak atera.

Beste helburu espezifiko batzuk ere baditu lan honek:

- ▷ Energia eredu eta energia elektrikoaren ekoizpenaren inguruko ikerketa lana egitea, potentzia baxuko sistemetan zentratuz batez ere (mikroeolikoa).
- ▷ Open Source filosofiaren barruan lan egitea: ezagutza irekia elkarkidetzan.
- ▷ Sorgailu elektrikoaren eraikuntzan ikertu, dauden aukera ezberdinak aztertu.
- ▷ Une honetan aerosorgailuen eraikuntzan DIY filosofiaren barruan dauden aukerak aztertu, teknologia maila baxuko irtenbideei erreparatu.
- ▷ Energia berriztagarrien aldeko kontzientziazio eta sentsibilizazio lana egitea, energia elektrikoa sortzea teknologikoki sinplea izatearen ideia zabalduz eta elektrizitatea sortzea guztion eskura egon daitekeela, eskala txikiko auto-produkzioaren ideia zabalduz.
- ▷ Proiektuari izaera pedagogiko (didaktikoa) ematea, geletan energia eolikoaren ikasketetan erabili ahal izateko.

2 PROIEKTUAREN IRISMENA

Hasiera batetik, lan honen izaera iman iraunkorreko aerosorgailuaren ikerketa eta azterketa teoriko zein praktikoa egitea izan da, bukaeran prototipoa eraikiz. Beraz, ez da bilatu ohiko aerosorgailu komertzial baten diseinuaren proiektu osoa egitea. Honegatik hain zuzen ere, dokumentu honek, egindako lanaren proiektuaren txosten teknikoa izateko borondatea duen arren, ez du betetzen ohiko proiektu teknikoaren araudi osoa, txostenaren formatuari dagokionean batez ere.

Lan honetan ez dira jorratuko indar-pareen kalkulu edo analisi mekanikorik. Zati hori, e-Betez eolikoa taldeko beste partaide batzuk egingo dute. Sorgailuaren erregulazio sistema ere ez da ikertuko lan honetan.

3 PROIEKTUAREN DESKRIBAPENA

Proiektu honek fase desberdinak ditu:

- ▷ Energia eolikoaren inguruko ikerketa burutu: hasieran haizearen propietateak zeintzuk diren aztertu eta haizearen potentziala kalkulatzeko formulak zehaztu dira. Ondoren, proiektuaren kokapenaren arabera haize baldintzak aztertu dira, honetarako dauden datu meteorologikoak baloratu dira eta haizearen potentzialaren aurreikuspen bat egin da, bere konexio abiadura eta abiadura nominala zehaztuz.
- ▷ Turbinaren dimentsioen aurreikuspena: beharrezko potentzia elektrikoaren arabera, eta haizeak daraman energia jakinda, Savonius turbinaren dimentsioen aurreikuspen bat egin da.
- ▷ Dispositibo elektronikoen txikiak kargatzeko sistemak dituzten beharrak aztertu dira, eta sistemaren potentzia baterako diseinatu da.
- ▷ Sorgailu elektrikoaren inguruko ikerketa egin da ondoren, energia elektrikoa sortzeko dauden aukera ezberdinak aztertu dira. Azkenik, hartutako irtenbidea iman iraunkorreko sorgailua egitea izan da, eta honen justifikazioa azaldu da.
- ▷ Iman iraunkorreko sorgailuen osagai elektriko eta magnetikoak aztertu dira, eta ondoren, parametro guztien kalkuluak egin: abiadura nominala, polo kopurua, maiztasuna, harila kopurua eta dimentsioak, iman kopurua eta dimentsioak, hari eroalea, tentsio eta intentsitate kalkuluak.
- ▷ Jarraian, pieza ezberdinak diseinatu eta eraiki egin dira, kalkuluetan lortutako dimentsioen arabera.
- ▷ Bukatzeko, prototipoaren eraikuntza eta muntaia egin da. Prototipoa eraikita, zenbait doiketa egin ondoren, laborategiko saiakuntzak eta kalkulu teorikoekin konparaketa egin da.
- ▷ Bukatzeko, aurrera eramandako prozesu guzti honen ondorioak eta aurrera begirako lan ildoak landu dira.

4 HAIZEAREN EZAUGARRIAK

4.1 HAIZEAREN POTENTZIALA

Haizearen potentzia eskuragarria, harrigarria badirudi ere, frogatu daiteke C_p (potentzia-koefizientea)-k ezin duela 0,59 balioa gainditu. Beste hitz batzuetan, gehienez haize-energiaren % 59 beregana dezake, energia mekaniko moduan, turbina ideal batek. Goi muga horri Betz-en muga deritzo.

Haize-sorgailu batek haize-energiatik lor dezakeen energia zinetikoa mugatuta dago. Izan ere, haizea, haize-sorgailua zeharkatu ondoren, ezin daiteke zero abiadurarekin aterata eta, aldentzean, hurbiltzean zuen energiaren parte bat berekin darama. Albert Betz zientzialari

alemaniarrak haize-sorgailu batek haizetik lor dezakeen energia maximoa energia zinetiko guztiaren 16/27 (% 59) dela frogatu zuen. Errotorearen diametroa (D) kontuan hartuta, haize-sorgailu baten bidez lor daitekeen haize-potentzia maximoa horrela kalkulatzen da:

$$P = 0,29.D^2.V^3 \quad (0.1)$$

P = Aire masaren potentzia (W)

D = Turbinaren diametroa (m)

ρ = Airearen dentsitatea (Kg/m^3), normalean 1,255 Kg/cm^3

v = Airearen abiadura (m/s)

4.2 SAVONIUS TURBINA

Turbina hauek fabrikazio prozesu sinplea eta kostu baxua dute, aldiz, oinarrizko diseinuak ez dira oso eraginkorrak. Oinarrizko diseinuen kasuan errendimendua %15 inguruan kokatzen da. Normalean potentzia txikia behar den kasuetarako erabiltzen dira, abio indar-pare handia behar du martxan jartzeko. Turbulentziekin ere portaera hobeago erakusten du eta berez frenatzen da, edo ez du abiadura handiegirik hartzen.

Bere formagatik duen arazo nagusia besoetako batean jasotzen duen haizearen kontrako indarra da. Besoen kokapenaren ondorioz, biraketa mugimenduan oszilazio agertzen zaio, eta honek bere errendimendua asko mugatzen du eta ez dio uzten abiadura muga tarte handiagotan lan egiten. Errotorea martxan dagoenean beti dago beso bat haizearen norabide eta norantzaren kontra kokatzen dena eta beste besoa alde. Honek herrestatze indarra sortzen du beso bakoitzean kontrako norabidean.

Savonius klasikoak duen errendimendua hobetzeko asmoz, diseinu garapen ezberdinak egin dira. Era honetan, ardatz berean desfasatutako savonius errotore sistema ezberdinak konbinatzen direnean errendimendua hobetzen da, biratze indar-parea egonkorragoa ematen duelako.

4.3 TURBINAREN PARAMETROAK

Turbinen arteko konparaketa zehatzago egin ahal izateko parametro batzuk definitu behar dira lehendabizi: **abiadura espezifikoa (λ) eta potentzia koefizientea, (C_p)**

C_p potentzia-koefizientea: Dimentsiorik gabeko zenbakia da, eta zera adierazten du haizeak turbinari eskaintzen dion energia guztiaren zein frakzio (hainbesteko bateko) eskuratzeko gai den turbina. Turbinaren eraginkortasunaren adierazle bat da, hortaz. Betz zientzilaria demonstratu zuen bezala, harrigarria badirudi ere, froga daiteke C_p -k ezin duela 0,59 balioa gainditu. Beste hitz batzuetan, gehienez haize-energiaren % 59 beregana dezake, energia mekaniko moduan, turbina ideal batek. Goi muga horri Betzen muga deritzo.

λ abiadura espezifikoa (TSR), haizearen abiadura eta besoetako puntetan dagoen abiadura periferikoa arteko erlazioa da.

Errotorearen abiadurari erreparatzen badiogu:

Makina motelak : abiadura espezifikoa (TSR) 2 baino txikiagoa denean.

Makina azkarrak: abiadura espezifikoa (TSR) 4 baino handiagoa denean.

Honek zera adierazten du besoetako periferiak duen abiadura TSR aldiz handiagoa dela haizearen abiadurarekin konparatuta.

Turbina desberdinen C_p et TSR parametroak konparatzen baditugu, aerosorgailuen eraginkortasuna taula batean aztertu dezakegu.

5 SORGAILU ELEKTRIKOA

Sorgailua makina elektriko birakaria da, eta bi osagai nagusi ditu: zirkuitu magnetikoa eta zirkuitu elektrikoa. Haren funtzionamenduaren funtsa indukzio elektromagnetikoa da: eroale batek eremu magnetiko bat zeharkatzen duenean edo eroalearen inguruko fluxu magnetikoaren intentsitatea aldatzen denean, eroalean indar elektroeragile bat induzitzen da, hau da, eroalearen muturren artean potentzial-diferentzia bat agertzen da. Sorgailuan ekoizten den energia elektrikoa kanpoko zirkuitu batera ateratzen da, zuzenean erabili edo metatu ahal izateko.

5.1 Iman iraunkorreko sorgailua (PMG)

Iman iraunkorreko sorgailua, sorgailu sinkrono bat da, normalean errotorean dagoen kitzikapen harilkatuaren orde, iman iraunkorren sistema jartzen da, honek kitzikapen eremu magnetiko iraunkorra ematen duelarik. Bere funtzionamenduak alde handia dauka ohiko sorgailu sinkrono baten funtzionamenduarekin alderatuz.

Ohiko sorgailu sinkrono batean irteerako tentsioa kitzikapen tentsioaren bidez kontrolatzen da, aldiz iman iraunkorren sorgailuetan kitzikapen eremua konstantea da, beraz, karga konektatzen zaionen sorgailuaren irteerako tentsioa jaitsi egiten da, eta ezin erregulatu. Normalean tentsio jaitsierak garrantzirik ez duenean edo irteeran erregulazio sistema elektronikoa duten kasuetan erabiltzen da. Elektronikak tentsio tarte aldakora, tentsio konstantea bihur dezake. Irteerako tentsioa iman, harilkatu eta biraketa abiaduraren menpe dago.

Sorgailu hauen alde onak:

- ▷ Oso sinpleak dira, bere fabrikazio prozesua eta muntaia merkeagoa da iman iraunkorra erabilia.
- ▷ Eskuilak erabiltzen ez dutenez ez dute mantenu behar.
- ▷ Mekanikoki sendoagoak dira, kitzikapen sistemarik ez dutelako.
- ▷ Kitzikapena kenduta, energiaren %20a aurreztu daiteke

Erabiltzen diren imanak ferromagnetikoak edo neodimiozkoak izan daitezke, azken hauek ahalmen magnetiko handiagoa dutenez gehiago erabiltzen ari dira azken urteetan. Kasu batzutan, eta estatoreko harilkatuetan burdinezko nukleoak erabiltzen badira, eremu magnetikoen ondorioz indar-parea errotorean sortzen da eta horrek aerosorgailuari abiadura txikitzen jartzen dio.

Sorgailu hauek sortzen duten tentsioa ia sinusoidal da, imanak daramatzan errotoreari ematen zaion irtenbide konstruktiboa eta iman kopuruari esker. Irteerako seinalearen maila armonikoa moldatu daiteke iman kopurua eta kokapenaren bitartez.

Iman iraunkorreko sorgailu batean imanak mugitzen dira harilkatuen aurretik, normalean mugimendu birakarian, eta biratze abiadura batean. Biraketa ardatzaren arabera, bi motatako sorgailuak daude:

- ▷ **Fluxu erradialekoa:** biraketa ardatza imanen eremu magnetikoaren fluxuarekiko perpendikularra bada. Imanak bere ardatzaren inguruan biraka dagoen zilindro baten alboko aldean jartzen dira, ukitzaile. Imanen eremu magnetikoaren fluxua biraketa ardatzarekiko perpendikularra da, beraz, erradioaren norabidean doaz.
- ▷ **Fluxu axialekoa:** biraketa ardatza imanen eremu magnetikoaren fluxuarekiko paraleloa bada. Imanak, diskoren zentrotik pasatzen den ardatz baten inguruan biratzen duen burdinezko disko baten gainean kokatzen dira, itsatsita. Imanek N espira dituen harila multzo baten aurretik biratzen dute. Estatoreko harilen konexioaren arabera tentsioa monofasikoa edo fase anitzekoa izango da. Beraz sorgailu hauetan imanen eremu magnetikoaren fluxua biraketa ardatzarekiko paraleloak dira, axiala.

Eraikuntza prozesuari erreparatzen badiogu, askoz konplexuagoak dira erradialak, nahiz eta funtzionamenduan eraginkorragoak izan. Honegatik, gure kasuan fluxu axialeko sorgailua eraikitzea erabaki da.

6 HARTUTAKO ERABAKIA

Lehenago ikusi denez, iman iraunkorreko sorgailuek abantailak dituzte indukzio-sorgailuekin konparatuta: eraikuntza prozesua sinpleagoa da, material eta teknika ere ez dira konplexuak, iman iraunkorrekoek eraginkortasun handiagoa dute eta tamaina (pisua) txikiagoa. Horregatik, lan honetan iman iraunkorreko sorgailua egitea erabaki da.

Eta iman iraunkorren artean, fluxu erradiala eta axialekoak daude. Fluxu erradialeko sorgailuen kasuan eraikuntza prozesua askoz zailagoa suertatzen da, besteekin konparatuta. Beraz azkenik F. axialekoa egitea erabaki da.

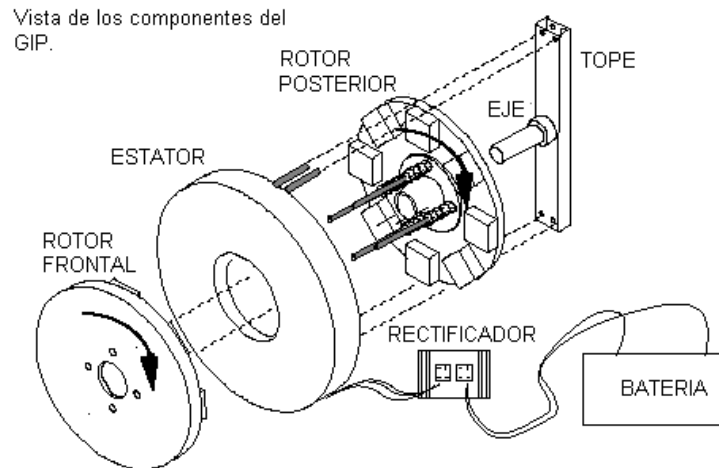
Iman iraunkorreko fluxu axialeko sorgailuen onurak honakoak dira:

- ▷ Biraketa abiadura baxua (polo eta harila kopuruaren arabera laneko abiadura egokitu daiteke).
- ▷ Iman iraunkorrak direnez, ez da kitzikapen sistema sortu behar.
- ▷ Sorgailu tradizionalak baino pisu txikiagoa dauka, beraz, potentzia/pisua erlazio handia dauka, errendimendu maila berdinerako.
- ▷ Eraikuntza prozesu eta erabilitako material sinpleak erabiltzen ditu, oso egokia DIY filosofiaren arabera egiteko.
- ▷ Potentzia egokitu daiteke harila eta imanen disko kopurua egokituz.

Gure kasuan, fluxu axialeko sorgailuen tipologia guztien artean, errotore bikoitzekoa aukeratu da: imanak dituen bi burdinezko errotore, eta harilak finko dauden estatorea erdian dela. Bi errotoreak ardatz bati lotuta daude eta elkarrekin biratzen dute ($0.1 \cdot$ irudia).

Bi errotoreko konfigurazio honek abantaila dauka estatorean sortzen den indarra handiagoa delako, gainera, topologia honek dispertsio induktantzia minimizatzen du. Haurrekoaz gain, artekarik gabeko estatorea erabiltzerakoan, artekako indar-parea bera eta honek sortutako dardara desagertzea lortzen da. Beste aldetik harilek burdinezko nukleorik erabiltzen ez dutenez histeresi eta Foucault-en korronteen galerak murrizten ditu.

Iman iraunkorrek burdinezko errotoreen gainazalaren gainean kokatuta daude, harilaren aldean, kopuru berean. Aurrez aurreko imanek kontrako polaritatean orientatuta daude. Era honetan fluxua iman baten ipar polotik bestearen hegora pasatzen da estatoreko harilak zeharkatuz, ardatza biraka ari den bitartean.



Irudia 0.1: Iman iraunkorreko fluxu axialeko sorgailu baten zatiak.

Azkenik, harilen borretan tentsio elektrikoa indutzen da, eta harilen konexioaren arabera tentsio balio ezberdinak lortuko dira.

7 KALKULUAK

7.1 HAIZEAREN DATUAK

Gure kasuan kontuan hartzen bada gure kokapeneko parametroak, erabiliko ditugun haziaren abiadura datuak hauek izango dira

- ▷ $v_{konet} = 4 \text{ m/s}$ = Haizearen abiadura honetan sorgailuak zehaztutako boltajea ematen hasiko da (v_{cut-in}).
- ▷ $v_{nom} = 10 \text{ m/s}$ = Haizearen abiadura honetan sorgailuak potentzia maximoa emango du (v_{nom}).

7.2 BEHARREZKO POTENTZIA

Proiektu honetarako finkatuko ditugun tentsio eta potentziak honako hauek dira, artezketa eta erregulazio sistemaren ondoren:

- ▷ Bateria tentsioa = $V_{konet} = 6 \text{ VDC}$
- ▷ Bateria tentsioa = $V_{konet} = 6 \text{ VDC}$
- ▷ $P_{nom} = 15 \text{ W}$

7.3 TURBINAREN DIMENTSIONEN ESTIMAZIOA

Savonius diseinu klasiko baten kasuan

- ▷ Diametroa = 0,3 m

- ▷ Altuera= 0,52 m
- ▷ Azalera= 0,156 m²

7.4 TURBINAREN ABIADURA

Bi abiadura desberdinduko ditugu:

- ▷ n_{konet} = konektatzeko abiadura, sorgailua zehaztutako boltajea ematen hasiko da = 178,254 rpm
- ▷ n_{nom} = abiadura nominala, sorgailuak bere potentzia maximoa emango du = 381,972 rpm

7.5 POLO KOPURUA ETA MAIZTASUNA

- ▷ $p = 12$ polo, 6 polo-parea

7.6 IMANAK

- ▷ Modeloa: Q-20-20-02-N
- ▷ Materiala: NdFeB
- ▷ Dimentsioak : 20 x 20 x 05 mm
- ▷ Gradua: N42
- ▷ $Br = 12900-13200$ Gauss
- ▷ Iman kopurua= 12 x 2=24
- ▷ Imanen arteko desfasea errotorean= $360/12 = 30^\circ$

7.7 HARILA KOPURUA

- ▷ Haril kopurua= 18
- ▷ Harilen arteko desfasea errotorean= $360/18 = 20^\circ$
- ▷ Fase bereko harilen arteko desfasea= $360/(12/2) = 60^\circ$

7.8 BEHARREZKO POTENTZIALA

- ▷ $V_{bat} = 6$ VDC, baterian beharko den tentsioa, artezketa eta erregulazio sistemaren ondoren.
- ▷ $V_{rectif} = 1,4$ V, sistema elektronikoan ematen den tentsio-galtzea.
- ▷ $V_{linea-RMS} = 7,4$ V, aerosorgailuaren borneetan beharko den tentsioaren balio efikaza, hau lineako tentsioa izango litzateke sistema trifasikoan.
- ▷ $V_{fase-RMS} = 4,27$ V,

7.9 INTENTSITATE MAXIMOA

$$\triangleright I_{\text{linea-nom}} = I_{\text{fase-nom}} = 0,87 \text{ A}$$

7.10 HARI EROALEA

- $\triangleright D = 0.5 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Sekzioa} = 0.1963 \text{ mm}^2$
- $\triangleright \text{Gradua} = 1$
- $\triangleright \text{Kanpoko diametroa} = 0,534 \text{ mm (isolatzailearekin)}$
- $\triangleright \text{Intentsitate maximoa} = 1,178 \text{ A}$
- $\triangleright \text{Erresistentzia} = 0,08706 \ \Omega / \text{m}$
- $\triangleright \text{Pisua} = 1,7455 \text{ Kg/Km}$

7.11 HARILAK

- $\triangleright \text{Haril kopurua} = 18$
- $\triangleright \text{Espira kopurua} = 200$
- $\triangleright \text{Hariaren } D = 0,5 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Hariaren } S = 0,196 \text{ mm}^2$
- $\triangleright \text{Hariaren } D \text{ (isolamenduarekin)} = 0,534 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Hariaren } S \text{ (isolamenduarekin)} = 0.224 \text{ mm}^2$
- $\triangleright \text{Betetze faktorea} = 0,75$
- $\triangleright \text{Harilaren zeharkako sekzio} = S_h$
- $\triangleright \text{Harilaren sekzioa} = 59,72 \text{ mm}^2 = 8 \text{ mm} \times 7,47 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Harilaren tamaina} = 34,93 \text{ mm} \times 34,93 \text{ mm} = 35 \times 35 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Harilaren lodiera} = 8 \text{ mm}$

7.12 ESTATOREA

- $\triangleright \text{Errotoreko diskoen lodiera} = 3 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Errotoreko diskoen arteko distantzia} = 20 \text{ mm}$
- $\triangleright \text{Imanen gainazalen arteko distantzia} = 13 \text{ mm}$

7.13 INDUZITUTAKO INDAR ELEKTROERAGILEA ETA IRTEERAKO POTENTZIALA (n_{konet})

$$\triangleright \varepsilon_{espira} = 0,016124 V$$

$$\triangleright \varepsilon_{harila} = 3,22 V$$

$$\triangleright \varepsilon_{fasea} = 9,67 V$$

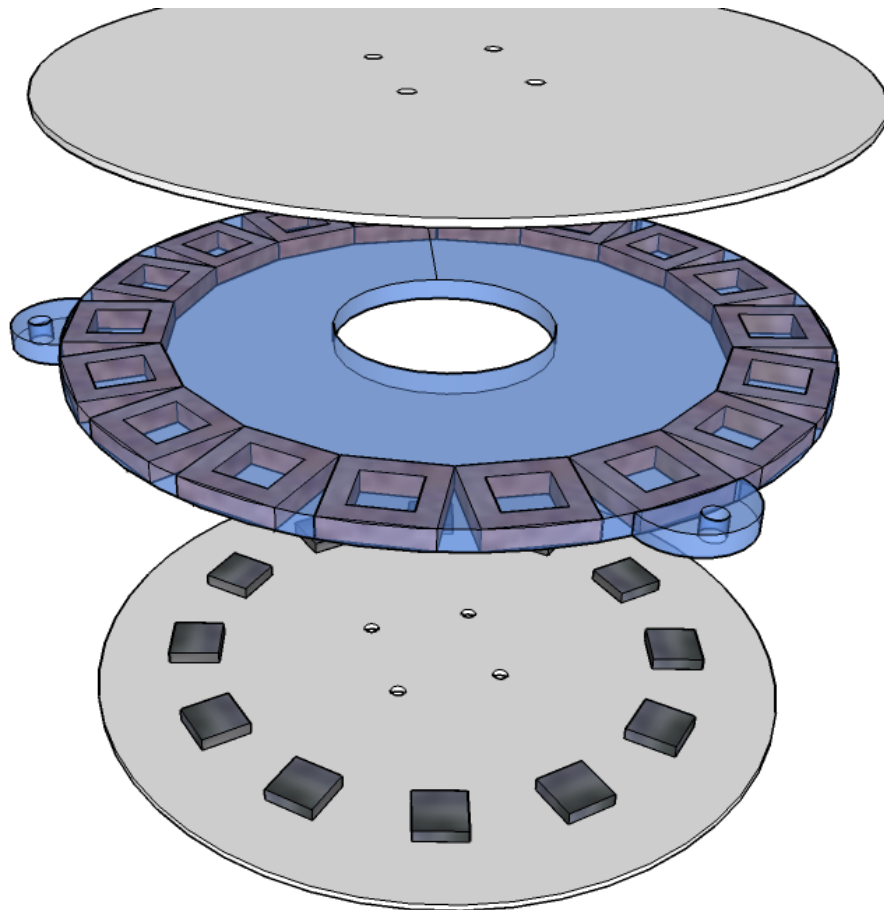
$$\triangleright \varepsilon_{linea} = 16,75 V$$

Ikusten denez, 200 espirako konfigurazioarekin lortutako tentsioak altuagoak dira teorian behar direnak baino ($V_{linea-konet}=7,4 V$ eta $V_{linea-nom}=15,86 V$), baino kontuan hartu behar da balio kalkulu guztiak sorgailua kargarik gabe dagoenean eginda daudela, hutsean hain zuzen ere. Karga bati konektatuta dagoenean balio hauek murriztu egingo direla indar kontra elektroeragilearen ondorioz.

8 SORGAILUAREN AZKEN DIMENTSIOAK

	BALIOA
Polo / Iman Kopurua errotoreko	12
Imanaren Luzera A (mm)	20 mm
Imanaren Zabalera B (mm)	20 mm
Imanaren Lodiera L (mm)	5 mm
Imanaren B_r (T)	1, 32 T
Iman-harilaren erdigunera dist. (mm)	7 mm
Indukzioa harilean B_x (T)	0,400 T
Fase kopurua	3
Harila kopurua faseko	6
Harila kopurua guztira	18
Espira kopurua harileko	200
Hari eroalearen sekzioa (Cu)	0,5 mm
Harilaren Luzera	35 mm
Harilaren Zabalera	35 mm
Harilaren Lodiera	8 mm
Hariaren Sekzioa S	59,7 mm²
Harilaren besoaren zabalera	7,5 mm
Korronte dentsitate maximoa	6 (A/mm²)
Eroalearen luzera harileko (b.b.)	109,861 mm
Erresistentzia harileko	1,91 Ω
Erresistentzia faseko	2,87 Ω
Estatorearen kanpoko diametroa	136 mm
Estatorearen barne diametroa	99 mm
Estatorearen Lodiera	8 mm
Errotorearen kanpo diametroa	126,5 mm
Errotorearen barne diametroa	106,5 mm
Errotorearen lodiera	3-1,5 mm
Diskoen arteko distantzia	20 mm
Imanen arteko distantzia	13 mm
Burdintartekoa (Iman-harila)	2,5 mm
Harilean induzitutako IEE ($n_{\text{cut-in}}$)	3,22 V
Harilean induzitutako IEE (n_{nom})	6,91 V
Vfase-nom	9,67 V
Vlinea-nom	16,75 V

Taula 0.1: Sorgailuaren azken dimentsioak

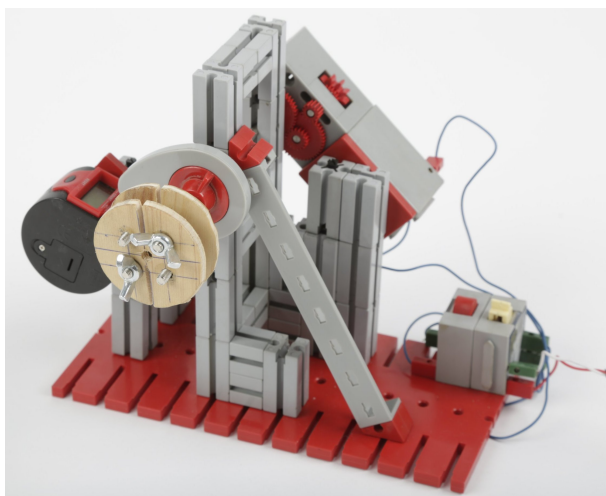


Irudia 0.2: Disko eta estatorearen kokapena

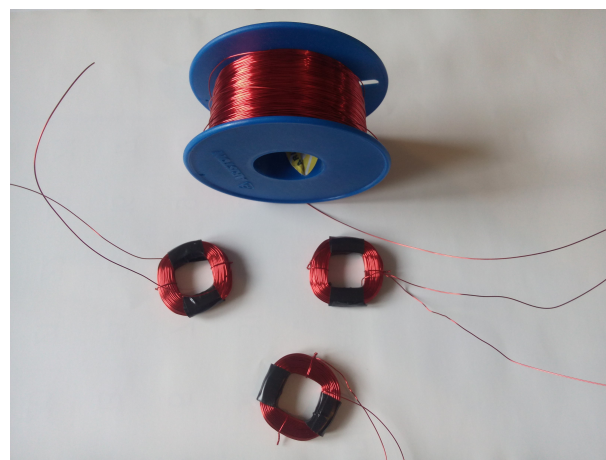
9 PROTOTIPOAREN MUNTAIA

Muntaiaren prozesua honako pausuak izan ditu

- ▷ Imanak itsatsi
- ▷ Harilak estatorean kokatu
- ▷ Harilen konexioa egin
- ▷ Borneak konektatu
- ▷ Errotoreak eta estatorea ardatzean sartu
- ▷ Euskarrian finkatu
- ▷ Azken doikuntzak egin.

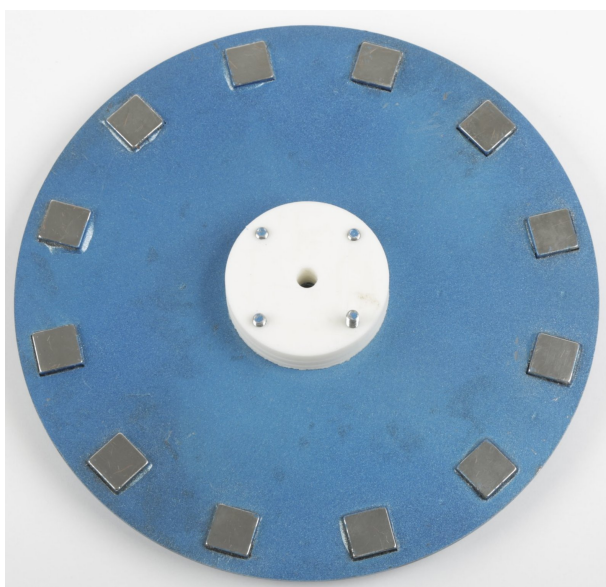


(a)

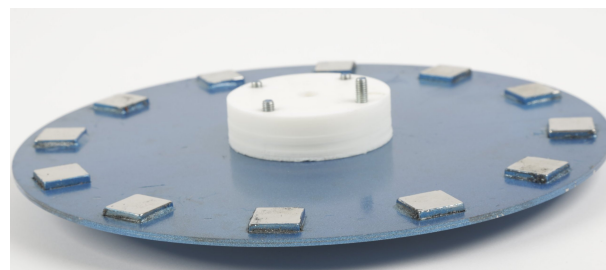


(b)

Irudia 0.3: Harilkatzeko makina

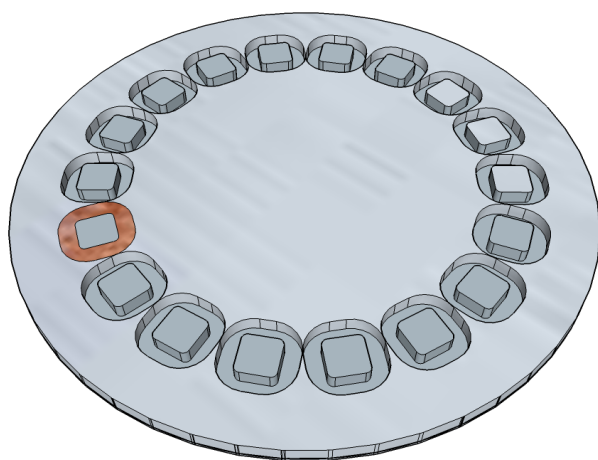


(a)

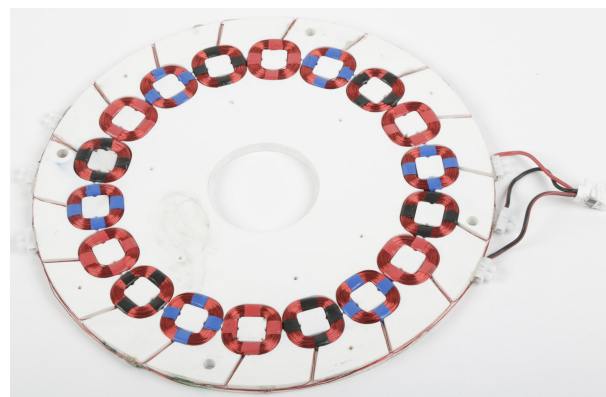


(b)

Irudia 0.4: Errotoreko diskoa imanekin

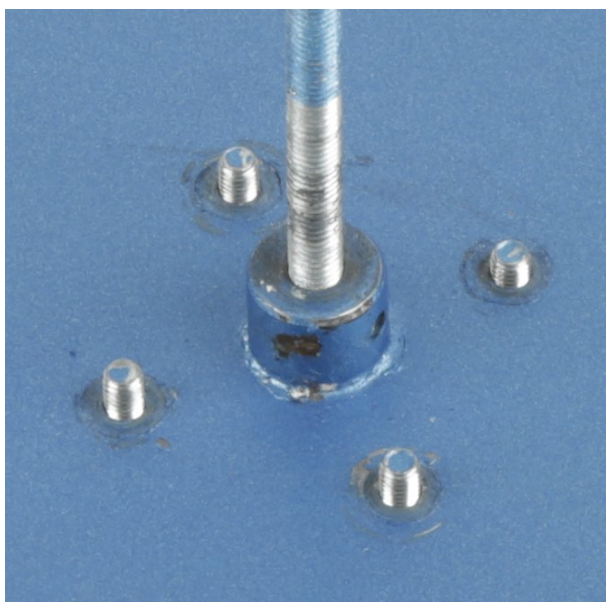


(a)



(b)

Irudia 0.5: Estatorearen diseinua eta eraikitakoaren argazkia

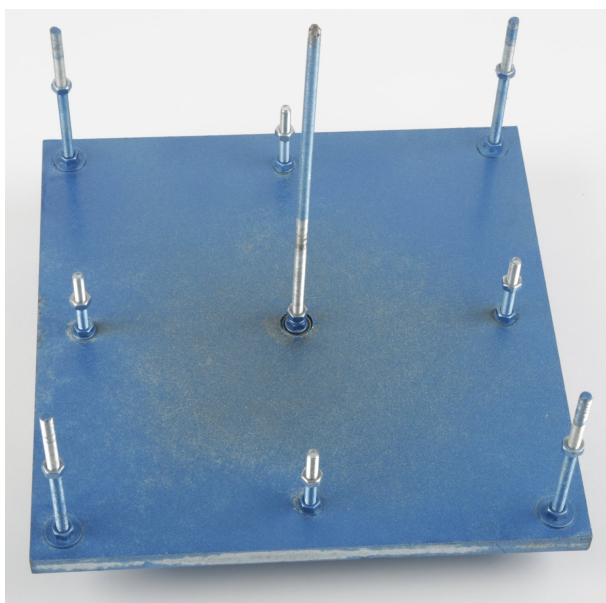


(a)

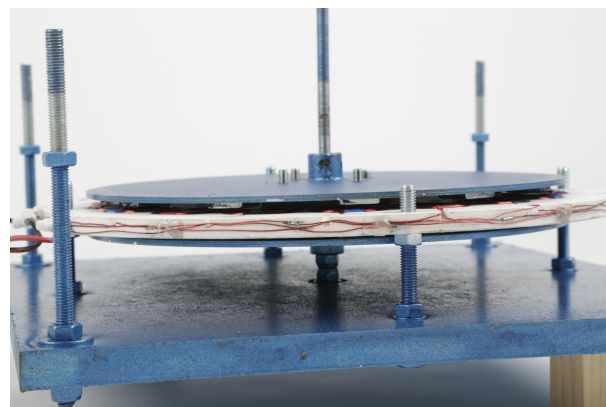


(b)

Irudia 0.6: Ardatza eta errodamenduak.

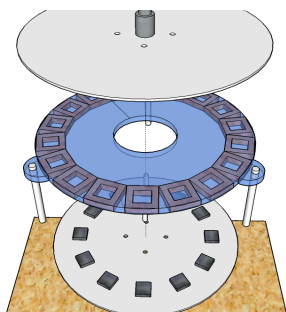


(a)

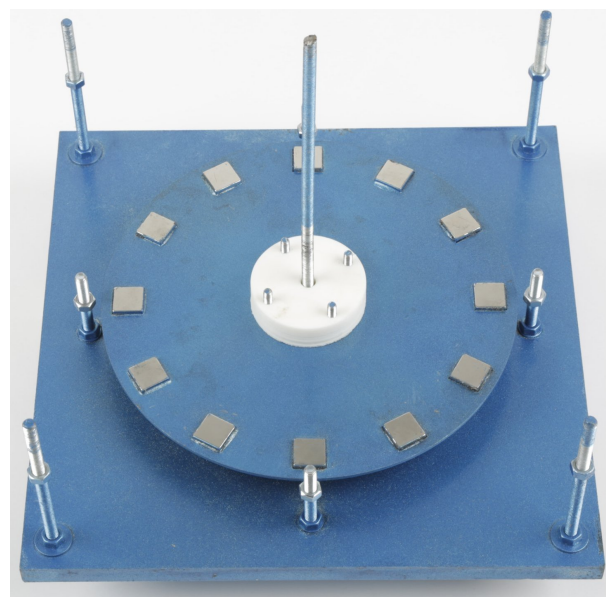


(b)

Irudia 0.7: Euskarria ziri harilkatuen bitartez

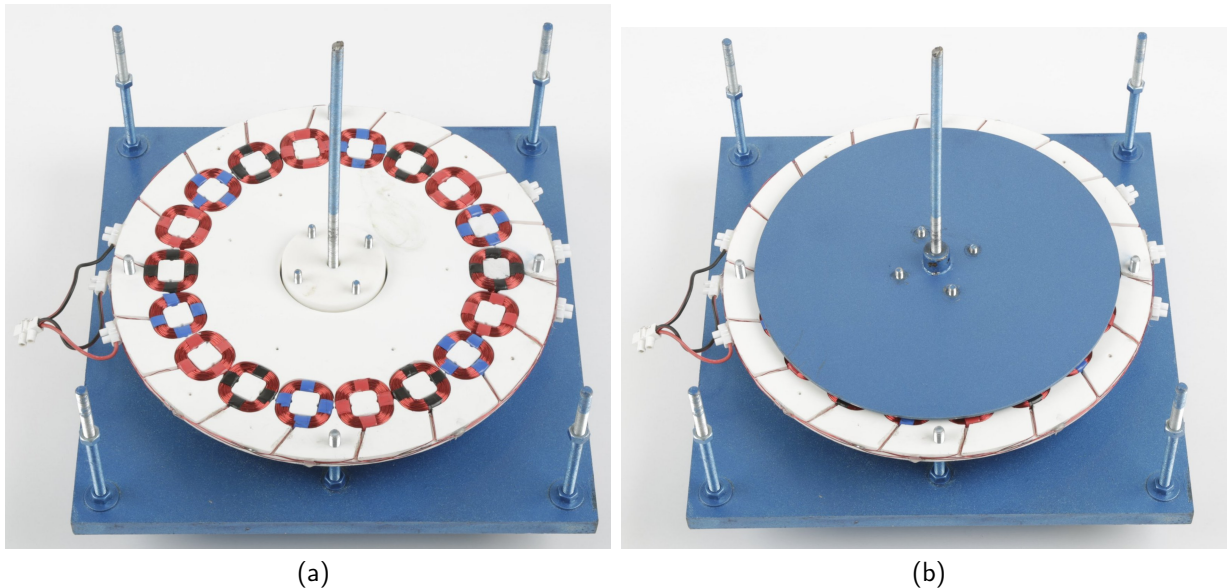


(a)



(b)

Irudia 0.8: Muntaia II



Irudia 0.9: Muntaia II

10 SAIKUNTZA

Prototipoa bukatua eta doitu egon denean, laborategian saiakuntza proba sinplea egin da. Honen bitartez, teorikoki egindako kalkuluak eta ondoren, sorgailua martxa errealean lortzen diren balioak antzekoak diren edo ez konprobatu nahi da. Lortzen diren emaitzekin analisisa egin ondoren, ondorioak atera daitezke diseinua hobetzeko edo kalkuluetan izandako akatsak zuzentzeko.

Saiakuntza proba egiteko, sorgailua laborategiko motore batekin lotu da ardatz finko baten bitartez. Motorearen parametroak kontrolatu daitezke kontsola batetik, era honetan abiadura poliki igotzen da eta sorgailuan emandako tentsio balioak jasotzen dira. Proba sorgailuari karga konektatu gabe eginda daude *huts*ean. Sorgailuari karga konektatuz gero, beste balio batzuk agertuko ziren.

Irteerako tentsioa polimetroa eta osziloskopioaren bitartez neurtzen dira. Jasotako balioak ondorengo 0.2. taulan agertzen dira. osziloskopioaren bitartez konprobatzen da irteerako seinalearen forma ia sinusoidala dela.

Beste alde batetik, sorgailuaren parametroak finkatuta, abiadura desberdinetan indusitzen den iee bitartez, sorgailuaren irteerako tentsioaren balio teorikoak kalkulatu ditzakegu. Horretarako ϵ indar elektroeragilea kalkulatzeko erabiltzen den formularen, abiadura balio ezberdinak txertatuz da eta beste parametroak konstante mantentzen direla. Lortzen diren balio teorikoak honako hauek izan dira (0.3. taula)

Grafiko batean kokatzen baditugu balio hauek konparaketa egiteko ikus dezakegu kalkulu teorikoan lortutako balioak eta neurtutako balio errealak oso antzekoak direla. Ondoko 0.10. grafikoan ikus daiteke alde txikia dagoela.

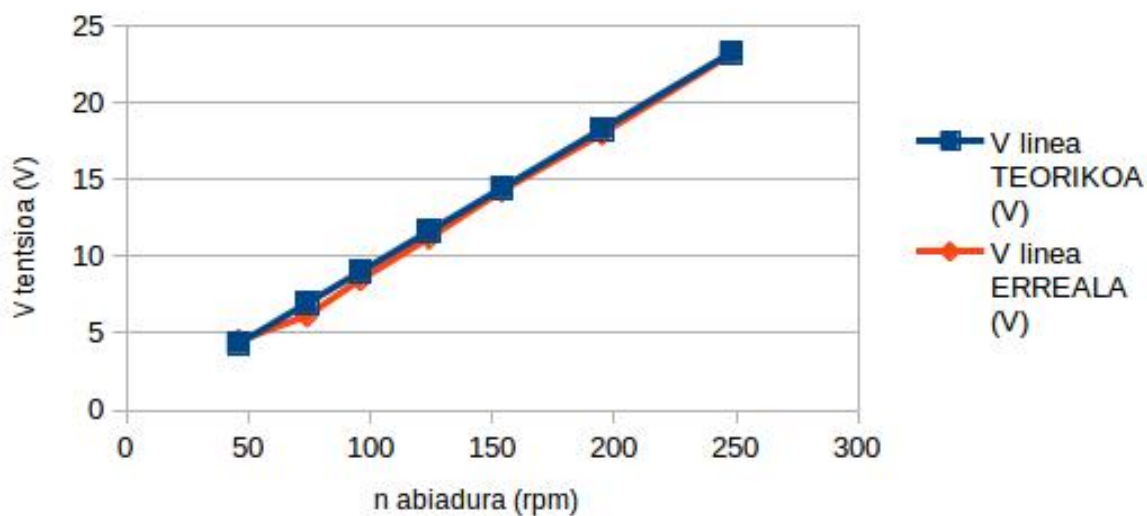
Taula 0.2: Irteerako tentsioaren balio errealak

abiadura n (rpm)	Irteerako tentsioa V_{fase} (V)	Irteerako tentsioa V_{linea} (V)
46	2,4	4,5
74	4	6,14
96	5	8,5
124	6,5	11,2
154	8,1	14,3
195	10,4	18
248	13,2	23,2

Taula 0.3: Irteerako tentsioaren balio teorikoak

abiadura n (rpm)	Irteerako tentsioa V_{fase} (V)	Irteerako tentsioa V_{linea} (V)
46	2,5	4,3
74	4,0	7,0
96	5,2	9,0
124	6,7	11,7
154	8,4	14,5
195	10,6	18,3
248	13,5	23,3

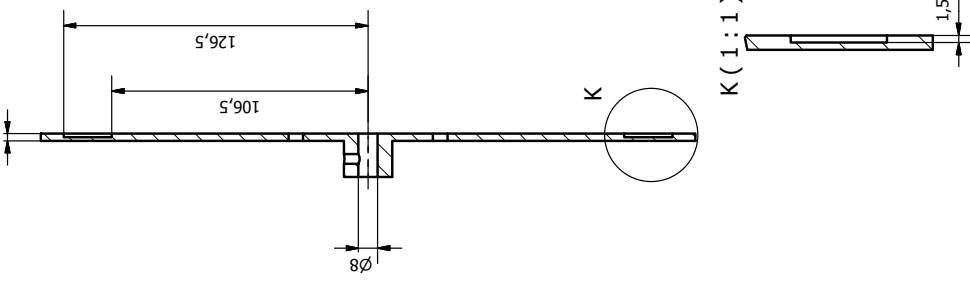
IRTEERAKO TENTSIOAREN KONPARAKETA (kargarik gabe)



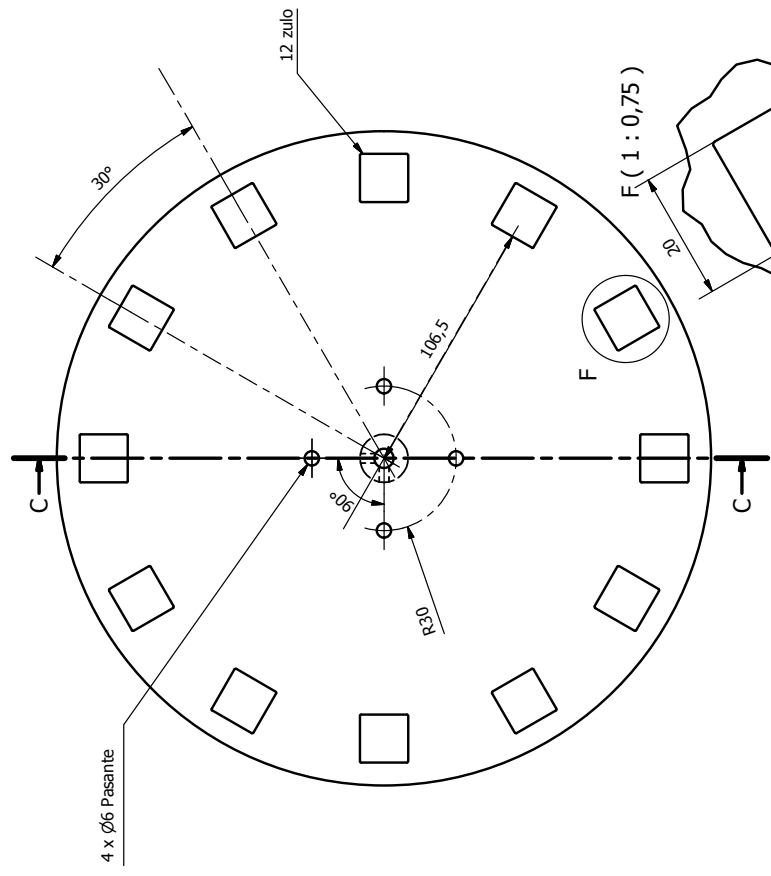
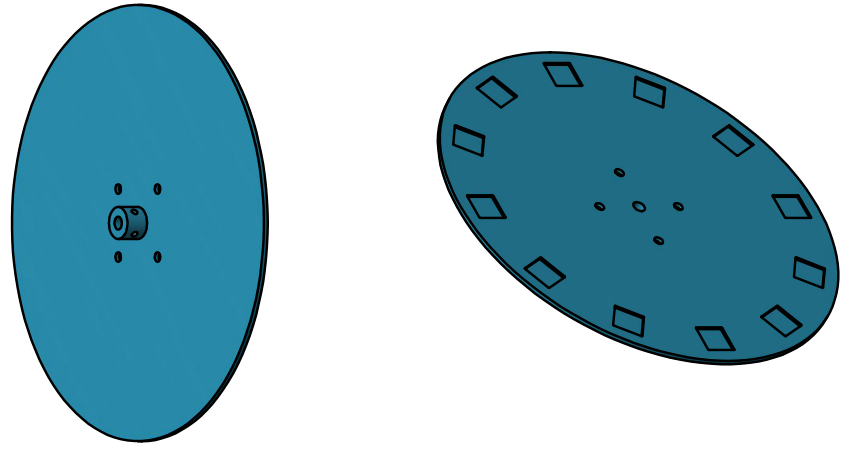
Irudia 0.10: Balio teoriko eta errealen arteko konparaketa

11 PLANOAK

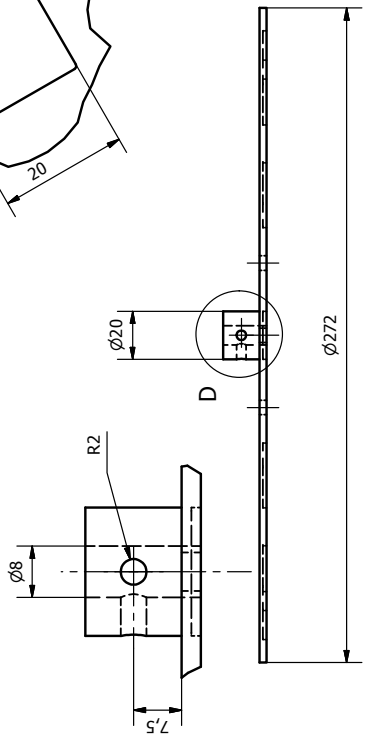
C-C (1:2)



PERSPEKTIBA (1:3)

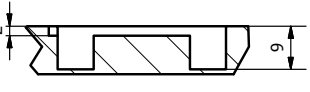


D (1:0,75)

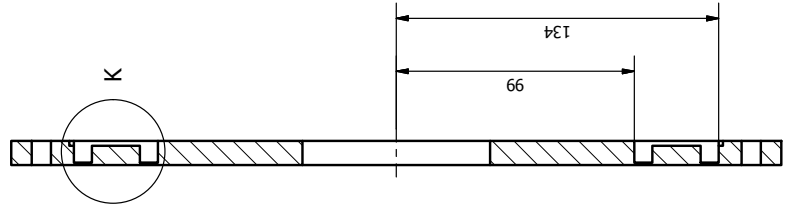


Marraztua:	2015-09-04	Izena	Joseba Llano	EUSKAL HERRIKO UNIBERTSITATEA BILEKO INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKORAKO UNIBERTSITATE ESKOLA	
	2015-09-04	Zaltoa	Aginako		
Gainbegiratua:	Eskala 1:2			ERROTOREKO DISKOKA	
Data Kartografikoak			IMAN IRAUNKORREKO FLUXU AXIALEKO AEROSORGAILU BATEN DISEINUA		
			Plano Zkia. : 1		
			Plano Kop. : 7		

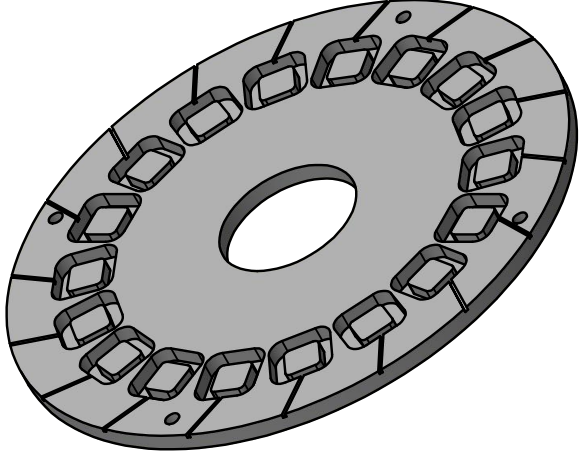
K (1:1)



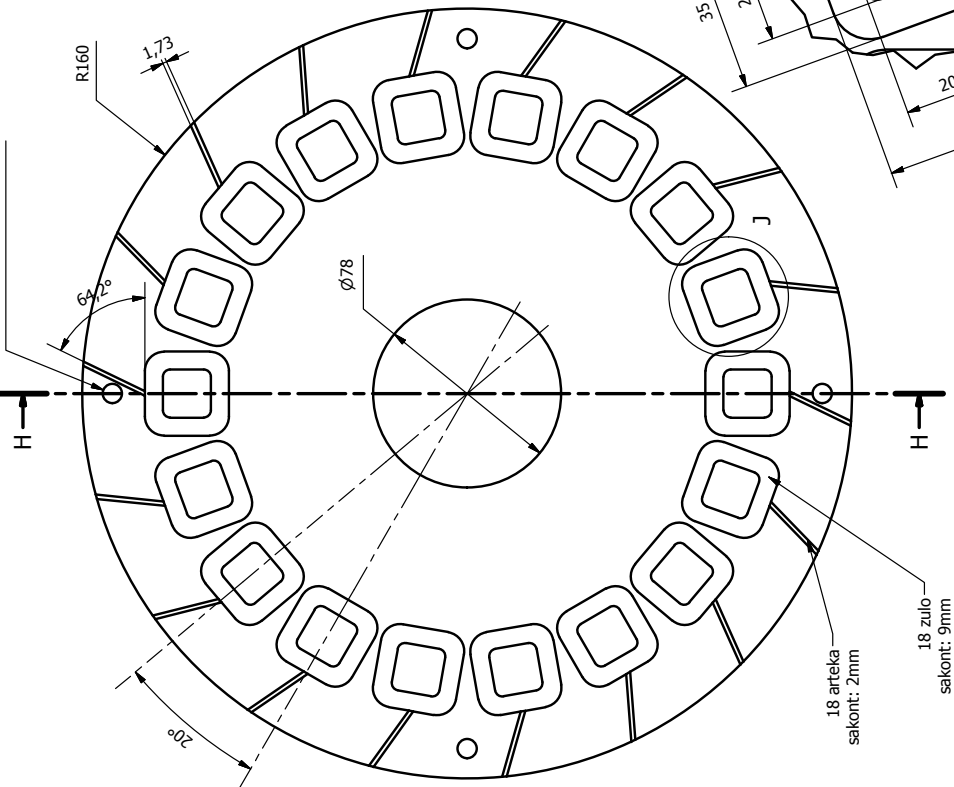
HH (1:2)



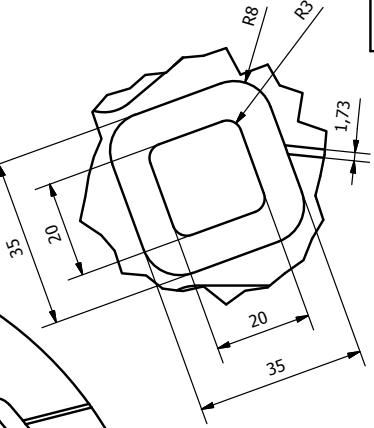
PERSPEKTIBA (1:2,5)



4 x $\phi 8$ pasante



J (1:1)



18 arteka sakont: 2mm
18 zulo sakont: 9mm

Marraztua:	2015-09-04	Izena	Joseba Liama
	Gainbegirafua:	2015-09-04	Zalaa Aginako
Eskala	1:2	PLASTIKOZKO ESTATOREA	
Data Kartografikoak		IMAN IRAUNKORREKO FLUXU AXIALEKO AEROSORGAILU BATEN DISEINUA	
		Plano Zkia. :	3
		Plano Kop. :	7

