

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA GRADU AMAIERAKO LANA

AEROSORGAILU BATEN TRANSMISIOAREN DISEINU MEKANIKOA

2. DOKUMENTUA – MEMORIA

Ikaslea: Escribano Garro, Jon

Zuzendaria: Abasolo Bilbao, Mikel

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbon, 2018ko ekainak 29

2. DOKUMENTUA: MEMORIA

2.1. PROIEKTUAREN HELBURUA	5
2.2. PROIEKTUAREN HEDADURA	5
2.3. ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK.....	6
2.3.1. ARAUDIAK	6
2.3.2. BIBLIOGRAFIA	6
2.4. DEFINIZIO ETA LABURDURAK.....	7
2.5. DISEINURAKO BALDINTZAK.....	9
2.6. AURREKARIAK	9
2.6.1. ENERGIA EOLIKOAREN GARAPENA.....	9
2.6.2. INGURUMEN ERAGINA	11
2.6.3. HAIZEA	11
2.6.4. AEROSORGAILUAREN KOKAPENA	14
2.6.5. AEROSORGAILUAREN FUNTZIONAMENDUA.....	16
2.6.6. AEROSORGAILUAREN OSAGAIK	17
2.6.6.1. TRANSMISIOAREN KANPO DAUDEN AEROSORGAILUAREN OSAGAIK.....	18
2.6.6.1.1. ABATZA	18
2.6.6.1.2. SUDURRA	19
2.6.6.1.3. GONDOLA	19
2.6.6.1.4. BANKADA.....	21
2.6.6.1.5. ANEMOMETROA	21
2.6.6.1.6. HAIZE-ORRATZA	22
2.6.6.1.7. SORGAILU ELEKTRIKOA.....	23
2.7. EBATZIEN AZTERLANA	24
2.7.1. AEROSORGAILU MOTAK	24
2.7.2. TRANSMISIOAREN BARNE DAUDEN AEROSORGAILUAREN OSAGAIK.....	28
2.7.2.1. PALAK	28
2.7.2.2. ABIADURA TXIKIKO ARDATZA	30
2.7.2.3. KUTXA BIDERKATZAILEA	33
2.7.2.4. ABIADURA HANDIKO ARDATZA.....	35
2.7.2.5. BALAZTA	35

2.7.2.6. ORIENTAZIO SISTEMA.....	36
2.7.2.7. PALEN PAUSU ALDAKETARAKO SISTEMA	37
2.8. HARTUTAKO ERABAKIA.....	37
2.8.1. AEROSORGAILU MOTA	37
2.8.2. PALAK.....	38
2.8.3. ABIADURA TXIKIKO ARDATZA.....	38
2.8.4. KUTXA BIDERKATZAILEA	39
2.8.4.1 LEHEN ETAPA	40
2.8.4.2 BIGARREN ETAPA	42
2.8.4.3 HIRUGARREN ETAPA	43
2.8.4.4 ETAPEN ARTEKO ARDATZAK.....	44
2.8.5. ABIADURA HANDIKO ARDATZA.....	47
2.8.6. BALAZTA.....	49
2.8.7. ORIENTAZIO SISTEMA	49
2.8.8. PALEN PAUSU ALDAKETARAKO SISTEMA.....	50
2.10. PLANIFIKAZIOA.....	51
2.11. PROIEKTUAREN KOSTUA.....	51

2.1. PROIEKTUAREN HELBURUA

Azken urteotan, energia berriztagarrien erabilera sustatzen ari da gizakiak eragindako klima aldaketaren efektuak moteltzeko asmoz. Energia eolikoa da energia berriztagarrien artean garrantzitsu eta aurreratuenetakoa.

Parke eolikoaren ezarpenak beste energia-iturri kutsatzaile batzuen erabilera, petrolioa bezala, txikiagotzen saiatzeko dela medio, proiektu honen helburua ardatz tripala horizontaleko haize-sorgailu eolikoko transmisioaren diseinu mekanikoa da, Oiz mendian (Bizkaian) kokatutako haize-parke baterako. Diseinatuko den aerosorgailua izango da Oiz mendiko udal mugakideetarako energia sortzearen haize-parke arduraduneko aerosorgailu askoetako bat.

1. irudian ardatz horizontaleko aerosorgailu tripala bat ikus daiteke:



1. irudia. Ardatz horizontaleko hiru paladun aerosorgailua.

2.2. PROIEKTUAREN HEDADURA

Proiektuaren helburua eta aerosorgailuaren transmisioaren diseinu eta kalkulua izango da. Transmisioa, transmisioaren irteeran jarritako sorgailu elektrikoraino haizeak sortutako parea transmititzearen arduraduneko elementu mekanikoen taldea da. Transmisioa eratzen duten elementuak abiadura baxuko ardatza, abiadura handiko ardatza, kutxa biderkatzailea, balazta, errodamenduak eta eratzun edo txabetak bezalako beste bigarren mailako elementuak dira.

Bestalde, gondolaren biraketaren arduraduna den errodamendua (orientazio errodamendua) eta palen errodamendua diseinatuko dira ere. Orientazio-errodamendua, haizearen norabidea palen biraketarekin eratzen duten planora ahalik eta perpendikularrena izan dadila, gondola orientatzeko arduraduna da.

Proiektua ez da bideratuko aerosorgailuko palen diseinuan, eta beraz, normalean erabilitako pala-profil bat aukeratuko da. Horregatik, transmisioaren kalkuluak potentziatik eta ezarritako kokapenean (Oiz mendia) urteko haizearen batzbesteko abiaduratik aurrera lortuko dira. Diseinu mekanikoko proiektua denez gero, kalkulu elektriko ezta ere elektronikorik ere ez da egingo. Sistemaren parte diren elementu elektriko eta elektronikoak soilik aipatuko dira.

2.3. ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK

2.3.1. ARAUDIAK

- UNE-157001-2002: "Proiektua burutzeko irizpide orokorrak".
- UNE-EN-61400-1-2011: Aerosorgailuak. 1 zatia: Diseinu-baldintzak.
- UNE-EN-61400-1 2007: Aerosorgailuak. 2 zatia: Aerosorgailu txikientzako diseinu-baldintzak.
- Txabeta-dimentsioetarako DIN 6885 araudia.
- Erretentzio-eraztunetarako DIN 471 araudia.

2.3.2. BIBLIOGRAFIA

Proiektu honen burutze zuzenerako liburu eta katalogo ezberdinak erabili dira.

Liburuak:

- Mikel Abasolo Bilbao, Santiago Navalpotro Cuenca, Edurne Iriondo Plaza: "Diseño de maquinas". UPV-EHU 2015.
- Miguel Villarrubia: "La ingeniería de la energía eólica". 1ª Edición, Barcelona 2012.
- Miguel Villarrubia: "Energía eólica". Madrid, 2004.
- Javier María Méndez Muñiz y Luis Manuel Rodríguez Rodríguez: "Energía eólica". Madrid 2012.
- J.L. Rodríguez Amenedo, J.C. Burgos Díaz y S. Arnalte Gómez: "Sistemas eólicos de producción de energía eólica". Madrid 2003.
- Richard Budynas, Keith Nisbett: "Diseño de ingeniería mecánica de Shigley". 2012.

Katalogoak:

- SKF enpresaren errodamenduak.
- TIMKEN enpresaren errodamenduak.
- BENERI enpresaren erretentzio eraztunak.
- OPAC enpresaren txabetak.
- ROTHE ERDE enpresaren errodamendu handiak.
- GRUPO ALMESA enpresaren profil tubularrak.
- SVENDBORG BRAKES enpresaren disko-balaztak.

Web orrialdeak:

- www.atlaseolico.idae.es
- <https://www.evwind.com>
- www.erenovable.com
- www.timken.com
- www.skf.com
- www.opac.net

- www.beneri.com
- www.svendborg-brakes.com
- www.accion.com
- www.almesa.com
- www.roteisa.es

Erabilitako programak:

- Autodesk Inventor Professional.
- Autodesk AutoCAD.
- Microsoft Office Word 2007.
- Microsoft Office Excel 2007.
- Microsoft Office PowerPoint 2007.

2.4. DEFINIZIO ETA LABURDURAK

- F_r : Indar erradiala
- F_a : Arraste indarra
- F_{sust} : Euste indarra
- N : Indar axiala
- m_k : Iraulketa momentua
- m_f : Momentu makurtzailea
- m_t : Momentu tortsorea
- CS : Seguratasun koefizientea
- P : Potentzia
- P_{max} : Gehienezko potentzia ateragarria
- P_e : Potentzia erabilgarria
- T : Momentu tortsorea
- M : Momentu tortsorea
- A : Errotorearen ekorketa azalera
- R : Errotorearen erradioa
- v : Haizearen abiadura
- u : Errotoreko palaren muturreko abiadura lineala
- m : Airearen masa
- E : Airearen masaren energia zinetikoa
- ΔT : Denbora tartea
- n : Errotorearen biraketa abiadura
- ρ : Airearen dentsitatea
- λ : Abiadura espezifikoa
- Ω : Errotorearen biraketa abiadura
- C_m : Momentu koefizientea
- C_p : Potentzia koefizientea

- Q_d : Diseinuko par tortsorea
- σ : Tentsio normala
- τ : Tentsio ebakitzaila
- σ_{yp} : Isurpen tentsioa
- τ_{yp} : Isurpen tentsio ebakitzaila
- I : Inertzia momentua
- I_{LN} : Lerro neutroarekiko inertzia momentua
- J : Inertzia momento polarra
- w_c : Biraketa abiadura kritikoa
- g : Grabitatea
- y_i : Deflexio gezia
- i : Transmisio erlazioa
- i_a : Itxurazko transmisio erlazioa
- z : Engranaiaren hortz kopurua
- m_n : Engranaiaren modulu nominala
- k_{adm} : Presio onargarria
- Ψ : Gidaketa faktorea
- α : Presio angelua
- Y : Lewis-en forma faktorea
- b : Engranaiaren zabalera
- V_y : Indar ebakitzaila
- Q : Momentu estatikoa
- A_0 : Azalera itxia
- y_{GZ} : Grabitate zentrurainoko distantzia
- L_{10} : Errodamenduaren bizitza nominala
- L : Milioi bira
- R : Errodamenduaren fidagarritasuna
- R_{grupo} : Errodamendu-taldearen fidagarritasuna
- F_{ae} : Kanpoko indar axiala
- C : Errodamenduaren karga ahalmena
- μ : Marruskadura koefizientea
- F_{past} : Balazta-pastiletan eragindako indarra
- T_j : Tortsore jardulea
- T_{roz} : Marruskadura tortsorea
- M_B : Balaztatze momentua
- D_0 : Diskoaren kanpoko diametroa
- a : Erabilitako balazta kopurua
- F_B : Beharrezko balaztatze indarra
- f_{stat} : Karga estatikoaren handitze faktorea
- f_L : Bizitza erabilgarriaren handitze faktorea

2.5. DISEINURAKO BALDINTZAK

Aerosorgailuaren transmisioaren diseinu baldintzak bezeroak ezarritakoak dira, gainerako parametro diseinugileagatik hautagarriak izanez. Baldintzak hurrengoak dira:

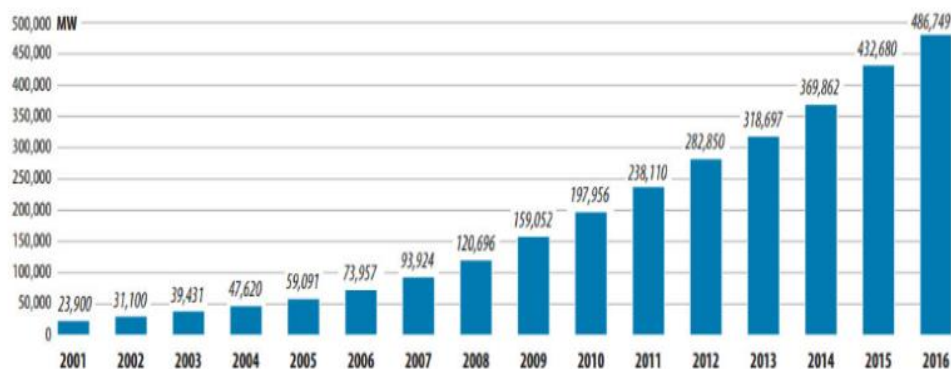
- Potentzia nominala: 1MW
- Abiadura nominala: 9,5 m/s
- Abiarazte abiadura: 3 m/s
- Gehienezko abiadura: 25 m/s
- Irteerako ardatzaren abiadura: 1500 r.p.m.

2.6. AURREKARIAK

2.6.1. ENERGIA EOLIKOAREN GARAPENA

Petrolio bezala energia-iturri ez berriztagarrien erabilerak eragindako ingurumen arazoengatik, energia-iturri berriztagarriak urteen igaropenarekin garatzen joan dira. Gaur egun energia-iturri berriztagarrietako eta garapen handiagoko garrantzi handienarekiko bat da energia eolikoa.

Munduan instalatutako energia eolikoa hazten joan da, gaur egun 486,7 GW baino gehiagotan kokatu arte, Wind Energy Council Global-en datuen (GWEC-aren) arabera.

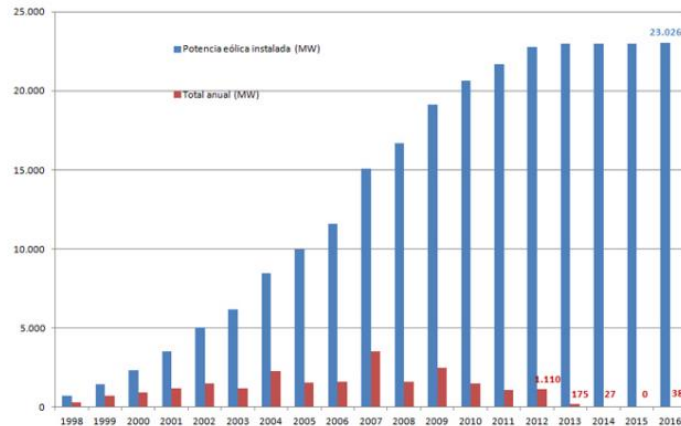


1. grafikoa. 2001-2016 arteko potentzia eoliko instalatua mundu mailan.

2016aren amaieran bost herri instalatutako edukieran 20.000 MW baino gehiago zituzten: Txina (168.690 MW), AEBak (82.184 MW), Alemania (50.018 MW), India (28.700 MW) eta Espainia (23.026 MW).

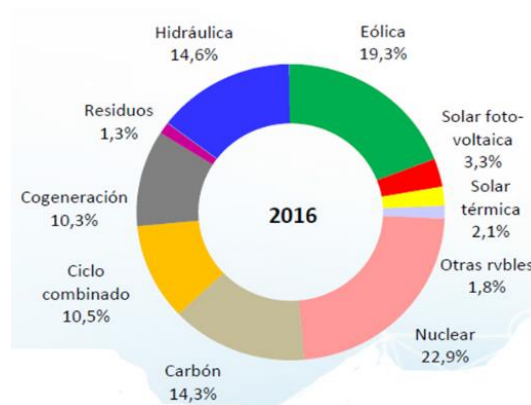
Etorkizuna zaila da hainbat eskualdetan. 2017ean Europako legeriak urte ona aurrez ikustea eragiten du eta 2020rako bere helburuek egonkortasun-gradua bermatzen dute; AEB Kanadako produktibitatean eta igorak itxaroten dira. Txina gotorlekuarekin jarraituko du instalazioetako gehikuntza arinarekin eta Amerika Latindarreko eta Afrikako merkatu gorakorrek hazten jarrai dezatela espero da. Ziurgabetasun politikoa eta gobernu-aldaketak atzeraldia eragin lezakeen aukera bakarra da.

23.026 MW-ekin, Espainia laugarren lekuan kokatzen da instalatutako potentzia eolikoari dagokionez. Haize-parkeen instalazioa igieran izan zen diru-laguntza-politikagatik 2007an bere maximo historikora heldu arte. Herriaren arazo ekonomikoek diru-laguntza horien jaistea eragin dute, 2014an energia eolikoaz diharduenean txarrenak izanez, instalazio berriko jaistea, berriz, eraginez.



2. grafikoa. 1998-tik 2016-ra instalatutako potentzia elektrikoaren garapena.

2015eko urtarrilaren 29ko 19:27-tan 17.553 MW ekoiztu egin ziran, bat-bateko ekoizpeneko maximo historikoa izanez, aurrekoa baino % 2,9 handiagoa. Hau herrian dauden sei zentral nuklear potentzia sorkuntza bikoitzeko baino gehiagoren baliokide da. Gainera, egun horretan, orduko maximoa produzitu zen 17.436 MWh-ekin. Eolikoa bigarren teknologia izan zen 2016ko ekoizpen elektrikoan, 48.562 GWh-eko ekoizpen batekin eta eskari elektrikoaren % 19,34ren estaldurarekin.



3. grafikoa. 2016 urteko energia elektrikoaren eskaria.

Etorkizunari dagokionez, instalatutako potentzia eolikoaren gehikuntza itxaroten da, Espainiako gobernuak eolikoaren aldetik ekoizpen elektriko handiagoa behar duela aitortu duenez gero eta enkanteak iragarri dituen gero, baina aurreko modeloaren segurtasun-gabezia juridikoak enpresak inbertsioarekin uzurtasun handiko jarreran aurki daitezela eragin du.

Eraikuntzen ikuspuntutik, etorkizunak “offshore” kokapenetara begiratzen du, harekin haize-parke bat eraikitzeko beharrezko espazio handien arazoa saihesten delako. Gainera ingurumen-gatazkak saihesten dituzte eta haize-erregimen garaiago eta erregularrak aprobetxatzen dira, horregatik Europako iparreko herri askotan eraikuntza-mota honengatik kokatzen ari dira jadanik.

2.6.2. INGURUMEN ERAGINA

Energia eolikoaren erabilera energia ekoizpeneko era iraunkorrenetako bat da beste baliabide kutsatzaile batzuen aukera bezala. Dena dela, garrantzitsua da dimentsio handiko haize-sorgailu askok eratutako haize-parkeetatik eragindako inpaktua ingurumenaren gainean nabarmentzea.

Ingurumenaren gaineko bi inpaktu mota bereiz daitezke: faunaren gaineko inpaktua eta ikuste eta soinu inpaktua.

Faunaren gaineko inpaktua

Energia elektrikoaren ekoizpenerako gunen naturaleko aerosorgailuen ezarpenegatik, adibidez mendi-guneetan, gunen horretako faunari eragin diezaioke. Batez ere hegaztiak dira pala handiek edo beren birak sortutako presio-aldaketeengatik eraginenak. Faunaren gaineko inpaktua gaur egun oso aztertuta eta dokumentatuta dago hari aldi bakoitzean garrantzi gehiago emanez.

Ikuste eta soinu inpaktua

Ikuste eta soinu inpaktua kezka garrantzitsuenetako bat da. Zarata airean palen biragatik eta zati mekanikoengatik sortzen da. Zarata hau txikiago edo handiagoa izango da aerosorgailuaren diseinuaren mendean egonez.

Gaur egun, zaratak gutxitu ahal izateko era desberdinak ikertzen ari dira. Haien artean, zarata hobeto xurgatzen duten materialen erabilera paletan.

Ikuste inpaktua, bestalde, populazioarentzat kezketako beste bat da. Ikuspuntu desberdinak aurki ditzakete, zona berriztagarriko berdegune aspektua eta paisaiaren suntsiketa itxura diren bezala.

2.6.3. HAIZEA

Lurrak 174 petavatioko eguzki-erradiazioa jasotzen du eta gutxi gorabehera % 30 espaziora itzultzen da, gainerakoa hodeiek, ozeanoek eta lurreko masek xurgatzen duten bitartean. Eguzki-erradiazioaren xurgatze honek lurreko masaren beroketa bat eragiten du. Aipaturiko beroketa ez da homogenea azalera guztian, baizik eta 0º latitudeko atalak beroagoak aurkitzen dira gainerako munduko atalekoak baino.

Tenperatura-desberdintasun honek haizea ekuatoretik poloetara igo dadila eta hozten denean berriro ere jaits dadila eragiten du, airea presio altuko eremuetatik presio baxuko

eremuetarantz mugitzen delako. Lurraren errotazio mugimenduak haizeak latitude altu eta ertainetan isóbaren paraleloa den norabidean jo dezala sortzen du, erlojuko orratzen aurkako zentzuan gune ziklonikoetan eta zuzeneko zentzuan antiziklonikoetan. Hego hemisferioan norabideak aipatutako aurkakoak dira.

Gainera, ura eta lurra abiadura desberdinetara berotzen direla kontuan hartu behar da, lurra egunean zehar itsasoa baino bizkorrago berotzen da itsasoko aire sarrerari laguntzen dion presio erlatibo baxua eraginez. Gauean zehar aurkako fenomenoak gertatzen da.

Temperaturaren aldaketa hauek guztiak eta beraz presiokoak dira aire-korronteak sortzen dituztenak, garrantzi handiko izanez bere ulermena eta ezagupena haize-parke baterako kokapenik onena aukeratzeko orduan.

Haizeari putz egiten duen norabideak haizearen norabidea izendatzen du, haize-orratzak emanda. Haizearen abiadura anemometroaz neurtzen da eta "Beaufort-en eskala" deitutako eskala bere abiaduraren funtzioan sailkatzen du.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vitrea, sin romper	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa Ligera)	Pequeñas olas, crestas rompientes.	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arrastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quiebran las copas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes. Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible caminar con normalidad. Se empiezan a dañar las construcciones. Arrastre de vehículos.
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones. Daños mayores en objetos a la intemperie.
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas. Voladura de personas y de otros muchos objetos.
12	+ 118	+64	Temporal huracanado (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón

1. taula. Beaufort-en eskala.

Sailkapen honek haizearen balioak ezartzen ditu lurreko azalaren gainean, baina haizearen abiadurak altuerarekin handitzen duenez, hurrengo zuzenketa faktorea aplikatu behar da:

$$(V/V_0) = (H/H_0)^\alpha$$

Non:

V = Haizearen abiadura H altuerarako.

H = Errotorearen altuera.

V_0 = Haizearen erreferentziako abiadura.

H_0 = Erreferentzia-altuera (10 metro normalean).

α = Aerosorgailuaren inguruko lurraren zimurtasuna.

Azaldu denez gero, haizeak bere kokapenaren arabera aldatuko da zein itsasoaren ondoan, mendian edo hegal batean egon. Honi lurreko zimurtasuna gehitu behar izango zaio, haizea bai norabidean bai abiaduran bereizteko, eta hau haize-sorgailuaren ekoizpen-denboraren errendimenduan ikusiko da. Horregatik kokapenaren bideragarritasun-azterlan ona garrantzi handia izango du haize-parkearen kokapen posible baterako.

Errotorearen gaineko haizearen indarrak

Aerosorgailu eolikoek haizeak sortutako energia zinetikoaren bitartez funtzionatzen dute, zeinek bi indar-mota palen gainean sortzen dituen. Indar horiek arraste-indarra eta euste-indarra dira.

Arraste-indarra transmisioaren sarrera ardatzeko indar axialaren eragilea da, hots, bultzada-indarra. Bestalde euste-indarra, tortsoera transmisioaren sarrerako unean sortzen duen indarra da. Haizearen abiadura zenbat eta handiagoa izan handiagoak izango dira aipaturiko indarrak.

Aipaturiko indarrak hurrengo adierazpenen bitartez kalkula daitezke, C_D eta C_L arrasteko eta eusteko koefizienteak izanez eta w haizearen abiadura erlatiboaren modulua (m/s) palari dagokionez:

$$F_L = C_L \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot w^2 \right)$$

$$F_D = C_D \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot w^2 \right)$$

Errotorea eratzten duten palen eraso angeluaren arabera, palen gaineko haizearen indarrak aldatu egiten dira.

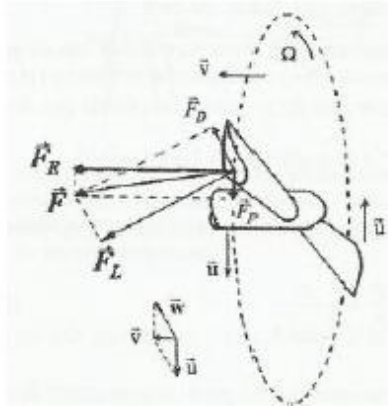
Baldintza hauetan, profila galera aerodinamikoa deitutako fenomenoan sar daiteke.

Errotorearen gaineko aire fluxuaren eragina

Aire-fluxu zehatz bat eta palaren gaineko abiadurak kontuan hartuz, abiadura erlatiboa eta arraste abiadura zehazten dira aipatutako fluxuaren abiadura absolutuaren arabera. Hots, aire-fluxua V abiadura absolutura profilerara heltzen da, bestalde, profileko sekzio zehatz bat u abiadura batera mugitzen da ($u = \Omega \cdot R$ izanez) haizeak w abiadura erlatiboa duenagatik aipatutako sekzioari dagokionez.

Aire-fluxu honek F indar totala sortzen du aipatutako sekzioaren gainean, erresistentzia indarraren (F_D) eta euste indarraren arteko (F_L) batuketa dena. Euste-indarra sekzioarekiko perpendikularra da eta erresistentzia indarra fluxuaren abiadura erlatiboaren paraleloa da berriz.

Bestalde, F indar totala, V abiadura absolutuaren norabideren eta errotoreko errotazio planoaren ardatzetan deskonposatzen bada, ardatz-indarra edo bultzada indarra (F_{AXIAL}) eta pareko indarra (F_{PAR}) lortzen dira, lehen aipatutakoak. 2 irudian aipatutakoa ikus daiteke:



2. irudia. Arraste eta sustentapeneko indarrak

Kasu honetan, transmisioaren diseinua egiteko ez da abiatu aipaturiko indarren kalkulutik. Zuzenki kalkulatu du momentu tortsoarea hasieratik.

2.6.4. AEROSORGAILUAREN KOKAPENA

Aerosorgailu eolikoaren kokapena ezinbesteko faktorea da, lekuaren arabera haizearen abiadura ezberdina egongo delako. Normalean, aerosorgailu mota hau kokatzeko orduan hilabete askoko aurre-ikerketak egiten dira, urte batera iritsiz ere. Behar den inbertsio itzelagatik oso datu zehatzak eskatzen dira. Kasu honetan, proiektua ez da bideratzen kokapenaren ikerketan, aipatu denez gero, beharrezkoak izango zirelako hilabete askotako ikerketa lanak desiratutako lekuaren klimatologia ezagutzeko. Horregatik, haizearen batazbesteko abiadura garaiegia ez duen kokapen bat aukeratu da. Aukeratutako lekua Oiz mendia (Bizkaia) da. Hurrengo 3.irudian satellite argazkian ikus daiteke:



3. irudia. Oiz mediko satelite argazkia.

Urtean zeharreko haizearen batzbesteko abiadura 80 metroko altuera batera (errotorearen altuerara) 4.irudian ikus daiteke:



4. irudia. Haizearen batzbesteko abiadura 80 metroko altuerara.

Haizearen batzbesteko abiadura hurrengo da:

- $V_{media} = 9,5$ (m/s)

2.6.5. AEROSORGAILUAREN FUNTZIONAMENDUA

Aerosorgailuak haizearen energia zinetikoa energia mekanikoa eraginkortasunarekin bihurtzeko gai diren sistemak dira.

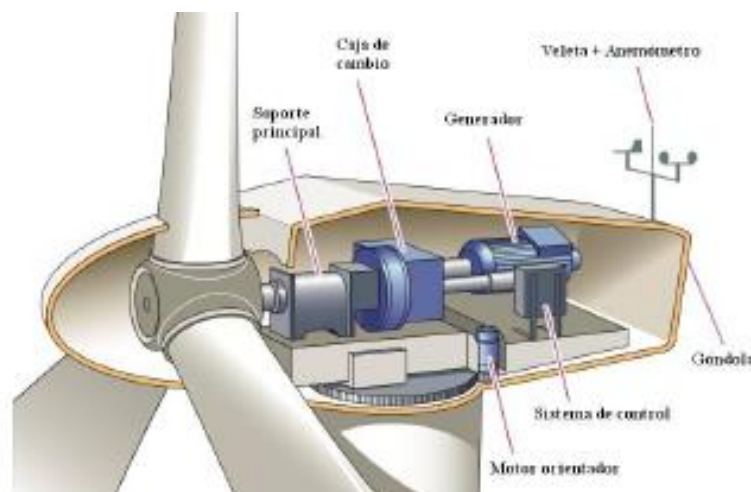
Palaren profil aerodinamikoak haize korrontearen lerroa desbideratzen du, palaren aurpegi batean bestean baino presio gehiago sortuz. Profilaren gainazal aerodinamikoan aplikaturiko presio diferentzia honek indar bat sortzen du. Indar hau biraketa ardatzaren distantzia batetara aplikatzen denez momentu bat sortzen du, palak errotoarearen ardatzarekin bat eginda biratuz.

Abiadura txikiko ardatzak momentu tortsoa transmititzen dio kutxa biderkatzaileari, zeinek sarrerako biraketa abiadura handitzen duen bere engranai etapa desberdinen bitartez, transmisioaren irteerara jarritako sorgailu elektrikoaren biraketa abiadurara nominala lortu arte. Kutxa biderkatzailearen irteerara, abiadura handiko ardatza aurkitzen da, zein sorgailu elektrikoari parea transmititzeko arduraduna izango da, elektrizitatea sortuz.

Energia eolikoaren erabilera hobetzeko asmoz, aerosorgailuak palen pausuren angelua aldatzen duen mekanismo bat du ere. Palen angelu aldaketaren mekanismoari esker palen angelua egokitu daiteke haizearen abiadura bakoitzeko, haize energia erabilgarriaren zati optimoa lortuz era kontrolatuan.

Horregatik pausu aldakorreko teknologiak energia eolika topera aprobetxatzeaz gain, makinaren gaineko karga txikitzen ditu eta pala guztia balazta aerodinamiko gisa erabiltzen du.

Aerosorgailuak garatutako potentzia hainbat faktoreren mendean egongo da. Faktore horiek errotoarearen ekorketa area, haizearen abiadura eta airearen dentsitatea dira.



5. irudia. Aerosorgailuaren osagaiak.

2.6.6. AEROSORGAILUAREN OSAGIAK

Aerosorgailu bat eratzen duten osagai nagusiak bi ataletan banatu daitezke proiektu honen helburuaren arabera. Atal horreek hurrengoak dira:

- Transmisioaren kanpo dauden aerosorgailuaren osagaiak.
- Transmisioaren barne dauden aerosorgailuaren osagaiak.

Kasu honetan, proiektuaren helburua aerosorgailuaren transmisioaren diseinua eta kalkulua da, horregatik, transmisioa osatzen duten elementu mekanikoak soilik diseinatuko dira.

Transmisioaren kanpo dauden osagaiak hurrengo 2.6.6.1 atalean aipatu eta era laburrean azalduko dira.

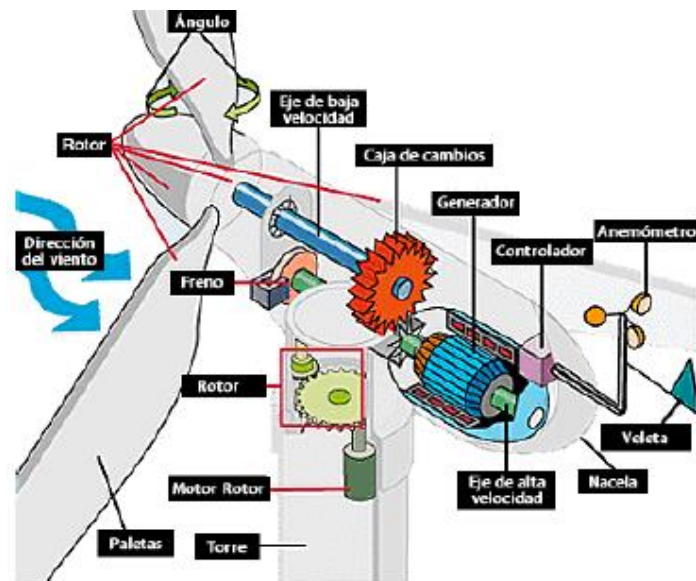
Transmisioaren kanpo dauden aerosorgailuaren osagaiak hurrengoak dira:

- Abatza.
- Sudurra.
- Gondola.
- Bankada.
- Anemometroa.
- Haize orratza.
- Sorgailu elektrikoa.

Transmisioaren barne dauden osagaiak hurrengo 2.7.2 atalean era sakonean azaldu eta aukera ezberdinen azterlana egingo da.

Transmisioaren kanpo dauden aerosorgailuaren osagaiak hurrengoak dira:

- Palak.
- Abiadura baxuko ardatza.
- Kutxa biderkatzailea.
- Abiadura handiko ardatza.
- Balazta.
- Orientazio sistema.
- Palen pausu aldaketarako sistema.



6. irudia. Aerosorgailuaren osagaiak.

2.6.6.1. TRANSMISIOAREN KANPO DAUDEN AEROSORGAILUAREN OSAGAIK

2.6.6.1.1. ABATZA

Abatza palak eta errotazio sistema elkartzen dituen elementua da. Bi abatztipo bereiz daitezke: abatzturruna eta abatzbaskulagarria.

- Abatzturruna: palak abatzerara torlojutzen dira eta abatza biraketa ardatzera elkartzen da era zurrunean. Lotura honen eraginez, palak haizearen karga guztiak transmititzen dizkiote zuzenean transmisioari. Normalean, abatzturra hiru paladun aerosorgailuetan erabiltzen da, errotorea dinamikoki orekatuagoa izatea lortzeko.
- Abatzbaskulagarria: mota hau abatzean gertatzen diren kargak txikiagotzeko erabiltzen da. Abatza euskarri batean zehar konektatzen da askatasun pixka batekin transmisioan. Abatzturra erabili bi palako haize-sorgailuetan ohi da, kargen oreka handiagoa lortzeko asmoz.

Jada aipatu denez gero, hiru palako errotoreetan abatzturruna erabiltzen da. Elementu hau egitura metaliko hutsak eratuta dago. 7. irudian posiblea da hiru paladun errotore bateko abatzturruna ikustea:



7. irudia. Abatz zurruna.

Abatzeko materiala erresistentzia altuko altzairu bat izan ohi da karga handiak jasan behar dituen gero. Kasu honetan, proiektua hiru paladun aerosorgailu batena denez, abatz zurruna erabiltzea aukeratu da.

2.6.6.1.2. SUDURRA

Sudurra forma konikoko estalki metalikoa da, haizeari aurre egin eta desbideratzen duena. Bere itxura aerodinamikoak turbulentiak galarazteko diseinatua izan da. 8. irudian elementu hau aurkezten da:



8. irudia. Aerosorgailuaren sudurra.

2.6.6.1.3. GONDOLA

Gondola aerosorgailuaren potentzia trena eratzen duten elementuek kokatzen diren kutxa da. Gondola barruan, zehazki, abiadura baxuko ardatza, kutxa biderkatzailea, abiadura handiko ardatza, balazta eta sorgailu elektrikoa aurkitzen dira. Gondolaren funtzioa potentzia trena eguraldiaren gertakariengandik babestea da, eta transmisioak sortutako zarata txikiagotzea ere.

Dorrearen goialdean kokatzen da eta altzairuzko edo beira zuntzeko egitura batekin eratuta dago. Gondolak dorrearen inguruan bira dezake motor elektriko eta pinoi batek eragindako barruko hortzdun errodamendu batekin eratutako orientazio sistemaren bitartez. Orientazio sistema beharrezkoa da errotorea orientatzeko, palen biraketa haizearekiko eratzten duen plano perpendicularra izan dadin.

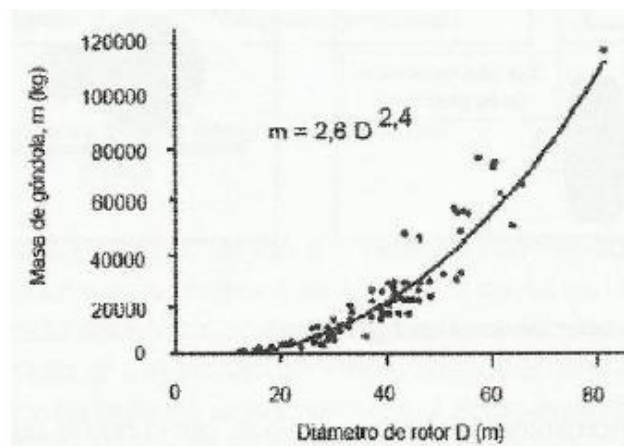
Gondolarako sarbidea eskailera baten bitartez egiten da dorrearen barnealdetik. Ikusi 9. irudia:



9. irudia. Aerosorgailuaren gondola.

Gondolaren atzealdean anemometroa eta haize orratza jartzen dira datu eolikoak neurketetarako.

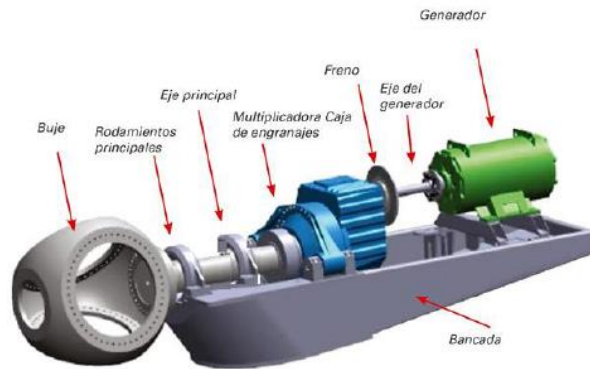
Esperimentalki lortutako grafiko baten bitartez, gondolaren gutxi gorabeherako masa lor daiteke. 4. grafikoan ikus daiteke:



4. grafikoa. Gondolaren masa errotorearen diametroaren arabera.

2.6.6.1.4. BANKADA

Aerosorgailuaren bankada transmisioa jartzen den egitura metalikoa da. Egitura honetan abiadura baxuko ardatzeko, abiadura handiko ardatzeko eta bitarteko ardatzetako euskarri kojinetek elkartuta doaz. Bestalde, sistemaren geldialdiaren arduraduna den diskozko balazta kokatzeko erabiltzen da ere. Ikusi 10. irudia.



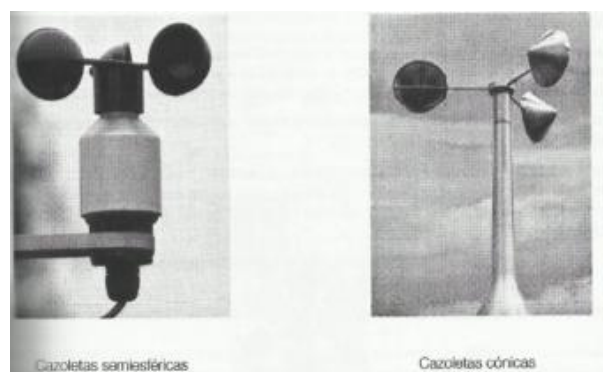
10. irudia. Aerosorgailuaren elementuak bankadan kokatuak.

2.6.6.1.5. ANEMOMETROA

Haizearen abiadura neurtzeko balio du. Normalean 10 metroko altuera batera neurtzen da, lurzorua eragina saihesteko. Balioen batez bestekoa 10 minutuz behin egin ohi dute. Erabilpen printzipioaren arabera, anemometro mota desberdinak daude:

- Baliabide mekanikoengatiko neurketa: errotaziozkoak.
- Hari bero baten hoztearen bitartezkoak.
- Presio ezberdintasunagatiko neurketa: Pitot-eko tutu anemometroa.
- Ultrasoinuagatiko, laserreko edo Doppler efektuko neurketa.

Aipatutako mota guztietatik ohikoena eta erabiliena errotaziozkoa da. Anemometro mota hau bi eratakoa izan daiteke, almetxa erakoa edo helize erakoa. Ikusi 11. irudia:



11. irudia. Almetxa erako anemometroak.

Anemometro bien artetik erabiliagoko almetxa erakoa da, zehazki hiru almetxakoa. Almetxa hauek esferaerdi edo kono itxurakoak izan daitezke.

Aipaturiko almetxak era simetrikoan banatuta daude ardatz bertikal baten inguruan. Elementu honek haizearen osagai horizontala neurtzeko abantaila du.

Helize erako anemometroa, ordea, haizearen abiadura norabide zehatz baterako beha denean erabiltzen da. Normalean elementu hau haize orratz batera lotuta erabiltzen da. Almetxakoak baino azkarragoak dira, baina haize-orratzak sortutako dardarak jasateko desabantaila dute. 12. irudian anemometro mota hau ikus daiteke:



12. irudia. Helize motako anemometroa.

2.6.6.1.6. HAIZE-ORRATZA

Haizearen norabidea neurtzearen elementu arduraduna da. Anemometroaren ondoan jartzen da eta multzo osoa dorrearen gainean kokatzen da. Haizeagatiko norabide aldaketak daudenean era askean bira dezakeen ardatz bertikalaren gainean prestatutako gailu bat da.

Normalean, haizea aldagaia dela bai abiaduran bai norabidean jakinez, batez bestekoa egiten da denbora zakin batean zehar, adibidez 10 minutu. Ikusi 13. irudia:



13. irudia. Haize-orratza.

2.6.6.1.7. SORGAILU ELEKTRIKOA

Energia elektrikoa aerosorgailuko gondola barruan transmisioaren amaieran jarritako sorgailu elektrikoari esker lortzen da. abiadura handiko ardatzak momentu tortsoa transmititzen du sorgailu elektrikorako txabeten bitartez elkartutako pinioi sistemaren bitartez. Sorgailu elektrikoak 1000 eta 1500 rpm bitarteko biraketa abiadura nominalak izan ohi ditu, abiadura handiko ardatzaren biraketa abiadura handitzeko kutxa biderkatzailea beharrezkoa izango denagatik.

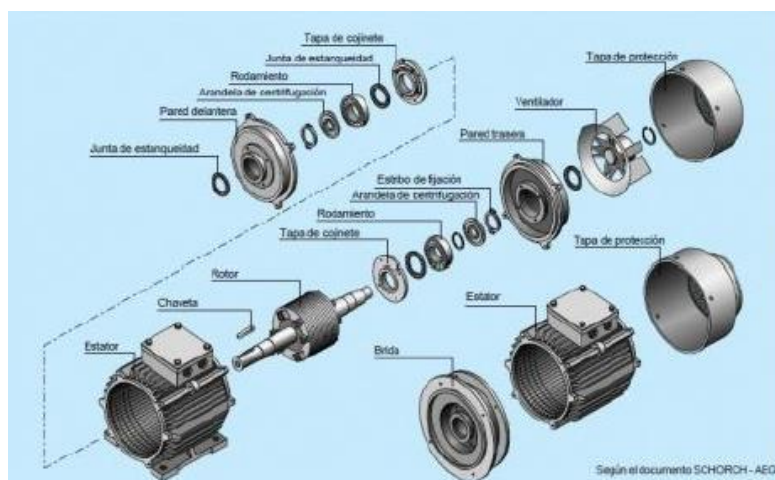
Ekoizpen eolikoan hurrengo sorgailu motak erabiltzen dira:

- 1) Sorgailu asinkronoa: sorgailu mota honen barruan beste bi azpimota aurkitzen dira, urtxintxa-kaiolako errotorearekin sorgailu asinkronoa eta elikadura bikoitzeko errotore harildun sorgailu asinkronoa hain zuzen ere.
- 2) Sorgailu sinkrono multipoloduna.

Imandun sorgailu sinkronoak eta harildutako bi aldiz elikatutako errotorekin sorgailu asinkronoak abiadura aldagarriko errotorekin aerosorgailuetan erabiltzen dira. Bestalde, urtxintxa kaiolako errotorekin sorgailu asinkronoak abiadura konstanteko errotoretan erabiltzen dira. Elektrizitatea tentsio alferno trifasikoan sortzen da eta normalean behe-tentsioan (oro har 690 V).

- Urtxintxa kaiolako sorgailu asinkronoa:

Haize-sorgailuetan, jada lehen aipatu den bezala, transmisioaren ardatz nagusiaren eta sorgailu elektrikoaren artean abiadura-desberdintasunak daude, eta horregatik beharrezkoa da kutxa biderkatzailearen erabilera. Urtxintxa-kaiola errotoreak abiadura konstantearekin funtzionatu behar du % 1en aldaketa onartzeko abantaila izanez. Bestalde, sare elektrikoarengan energia errektiboa behar izateko desabantaila du, hura saihesteko kondensadore-bateriak darabiltenagatik. Sorgailu mota honetako modelo batzuegan bi polo-pareetako joko erabiltzen dira haizearen abiadurak hobeto aprobetxatzeko. Ikusi 14. irudia:



14. irudia. Urtxintxa kaiolako sorgailu asinkronoa.

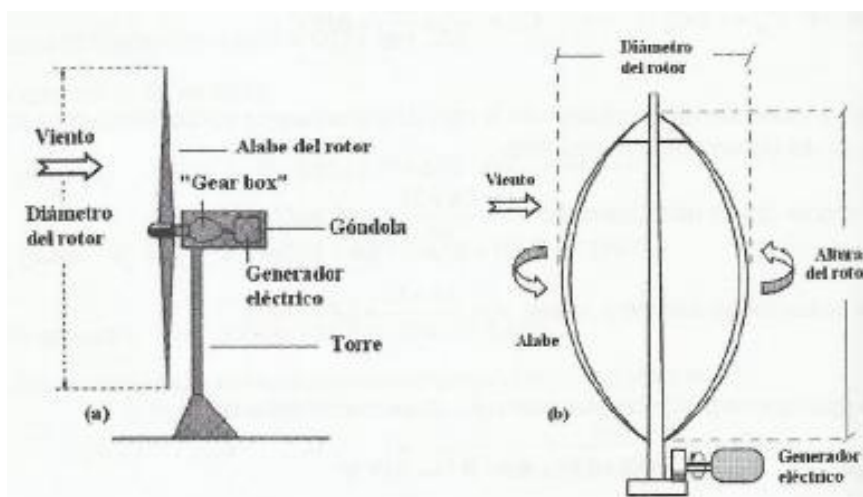
2.7. EBATZIEN AZTERLANA

2.7.1. AEROSORGAILU MOTAK

Normalean haize-sorgailuak bi erataria sailkatu ohi dira: funtzionamendu printzipioagatik edo bere biraketa ardatzeko antolamenduagatik.

1. Funtzionamendu printzipioagatik bi mota bereiz daitezke:
 - Arraste indarrean (drag) oinarrituta: aerosorgailu mota honek abiadura espezifikoa txikia eta abio pare handi bat ditu. Mota honen barruan ardatz bertikaleko aerosorgailuek Savonius motakoa eta ardatz horizontaleko aeromotor multipalak aurkitzen dira.
 - Euste indarrean (lift) oinarrituta: aerosorgailu mota honek abiadura espezifikoa handiagoa eta abio pare txikiago bat ditu. Mota honen ezaugarri handienetako bat errotoreko palek ekortutako azalera unitateagatik energia-ekoizpen handiagoa lortzea da. Aerosorgailu mota honen barnean ardatz horizontaleko helize tipokoak eta ardatz bertikaleko Darrieus tipokoak aurkitzen dira.
2. Biraketa ardatzeko antolamenduagatik bi mota bereiz daitezke:
 - Ardatz bertikaleko aerosorgailuak: bere biraketa-ardatza haizearen norabidearekiko perpendikularra da. Aerosorgailu mota hau gutxi erabiltzen da eta ezagunenak Savonius izenekoak dira. VAWT izena (Wind Turbine Bertikal Axisa) hartzen dute.
 - Ardatz horizontaleko aerosorgailuak: biraketa ardatza haizearen norabidearekiko paraleloa da. Mota hau energia elektrikoaren ekoizpenerako erabiliena da. Aerosorgailu mota hau HAWT bezala ezagutzen da (Wind Turbine Horizontal Axisa).

15. irudian bi aerosorgailu, HAWT bat eta VAWT bat, ikus daitezke:



15. irudia. HAWT eta VAWT motako aerosorgailuak.

Ardatz bertikaleko aerosorgailuak: VAWT.

Aerosorgailu mota hau arrazoi tekniko eta ekonomikoengatik oso gutxi erabiltzen da. Aerosorgailu mota honen abantailarik handiena haizea aprobetxatzeko inolako orientazio-sistematik ez dutela behar da, energia elektrikoaren ekoizpenerako. Bestalde, aurkezten duten abantaila potentzia-trena, sorgailu elektrikoa eta kontrol sistemak lurzoruko mailan dutela da.

Mota honen barnean, ohikoenak hurrengoak dira:

1 - Aldaketa zikliko eragineko errotorea: Darrieus Errotorea.

Ardatz bertikaleko aeroturbina mota honeek Darrieus-en izena hartzen dute, 1931. urtean G.J.M.Darrieus deitutako ingeniari amerikarrak egindako patenteagatik. Profil ganbilbikoko bi edo gehiago elkartutako palak bata bestearekin elkartuta daude, ardatzeko biraketa honela produzituz. Aerosorgailu mota honen errendimendua eta abiadura ardatz horizontalekoekin konparatu daitezke, desabantaila batzuegatik bereiziz.

Desabantailetakoa bat abio pareko gabezia da, biraketa hasteko motor bat behar duenagatik. Bestalde, egitura egonkortzeko elementu laguntzaileen beharra beste desabantaila bat da. Desabantaila mota hauek izan eta guztiz, aerosorgailu mota honen 625 kW-eko eta 34 m-ko diametroko prototipoak garatzera heldu zituen. 16. irudian tipo honetako aerosorgailu bat ikus daiteke:



16. irudia. Darrieus motako aerosorgailua

2 - Arraste diferentzialeko errotorea: Savonius errotorea.

Aerosorgailu mota hau S.J. Savonius-ek garatu zuen Finlandian. Darabiltzan palen tipoa bereizgarri du. Sortzaile batek moztutako zilindro bateko erdiek eratutako eta lateralki mugitutako bi pala dira. Palen kurbadurari esker, haien kontra biratzen dutenean haizearen erresistentzia txikiagoa izatea lortzen du haien alde egiten dutenean baino.

Darrieus errotoaren aurka, erroto-mota honek abio pare du. Desabantiletako bat bere errendimendu baxua eta bere biraketa abiadura baxua da. Horregatik bere aplikazioak pistoi-ponpatzeetara murrizten dira.

Arrasteagatik funtzionatzen duen errotoea izaterakoan, euste erroto bat baino haizearen indar asko gutxiago ateratzen du. Bestalde, haizearen norabiderako orientaziorik behar ez izateko abantaila eskaintzen du, turbulenzia hobeto jasaten ditu eta abio pare oso txikia du. Turbina ekonomikoenetakoa eta erabiltzeko erraza da. normalean Eraginkortasunak kostua baino garrantzi txikiagoa duenean erabiltzen da. 5 kW-eko prototipoak garatzera heldu dira. 17. irudian tipo honetako erroto bat ikus daiteke:



17. irudia. Savonius motako aerosorgailua.

Ardatz horizontaleko aerosorgailuak: HAWT.

Biraketa-ardatza horizontala duten eta zeinen abantailak eraginkortasuna eta edozein lekutara moldatzeko ahalmena diren errotoak dira.

Biraketa ardatza dorrearen goialdean aurkitzen da eta paletako txandakatze plano haizearen norabide erasotzailera ahalik eta perpendikularrena izateko moduan orientatzen da.

Ardatz horizontaleko aerosorgailuen barruan bi mota bereizten dira:

1) Multipala errotoak: Aeroturbina motelak.

Multipala errotoak 6 eta 24 arteko pala-kopuru bat eta 3 eta 10 metro bitartekoko diametroko errotoea izatea bereizgarri dute. Erroto mota honek abio pare os handia du oso bere sendotasun handiagatik, eta horregatik bere biraketa abiadura txikia da. Arrazoi horregatik ez dira erabiltzen energia elektrikoaren ekoizpenerako.

Palen muturreko abiadura lineala haize erasotzailearen abiaduraren orden bereko da. Horregatik bere aplikazio gutxienetako bat ur-ponpatzea da. 18.irudian multipala erroto bat ikus daiteke:



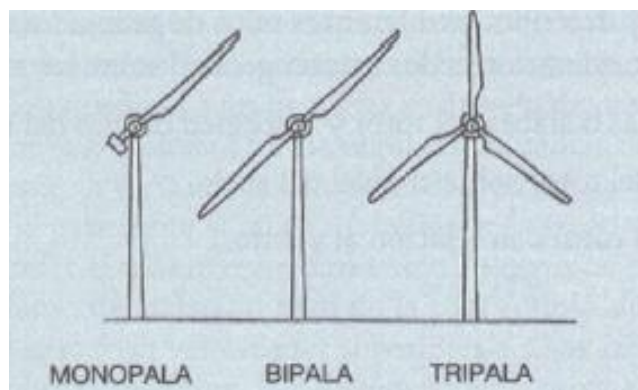
18. irudia. Multipala errotoreko aerosorgailua.

2) Helize erako errotoreak: Aeroturbina azkarrak.

Errotore mota honeek errotore multipalak baino abiadura handiagoa biratzen dute. Palen muturretako abiadura lineala haize erasotzailearen abiadura baino 6 eta 14 aldiz baino handiagoa da. Arrazoi honengatik, turbina mota hau energia elektrikoaren ekoizpenerako onena da. Bere beste abantaila handietako bat, abio pare txiki bat dutela da, hain zuzen ere 3 eta 5 m/s bitartekoa.

Normalean pala kopuruagatik sailkatzen dira eta beraz hiru tipo bereiz daitezke: monopala, bipala eta tripala.

Tiporik eraginkorrena eta, horregatik erabiliena, tripala da. 19.irudian sailkapena ikus daiteke:

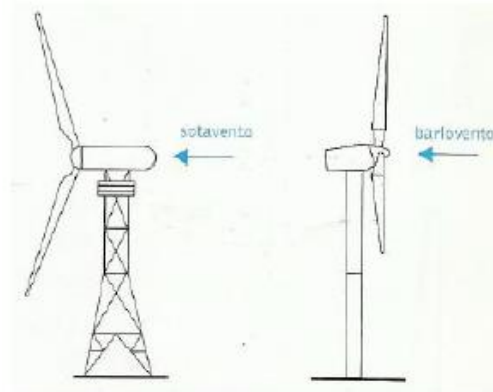


19. irudia. Errotore monopala, bipala eta tripaladun aerosorgailuak.

Haizearen abiadura aurrean errotoreko antolamenduaren arabera helize motako aerosorgailuak sailkatzeko beste modu bat da. Bi posizio ezberdin, haizealdera edo haizebera, bereiz daitezke.

Haizealderako antolamenduarekin, aerosorgailuek, orientazio-sistema aktiboa behar dute haizearen abiadurak zuzenki eragiten duelako errotorearen gainean eta dorrearen gainean gero. Aitzitik, haizeberako posizioarekin, haize-sorgailuek orientazio-sistema pasiboa darabilte. Sistema hau, palak okertzean biraketa mugimenduak kono bat deskribatzean oinarritzen da.

Aerosorgailu bat ikus daiteke haizealde posizioan eta beste bat haizeberakoan 20. irudian:



20. irudia. Haizealderako eta haizeberako aerosorgailuaren posizioak.

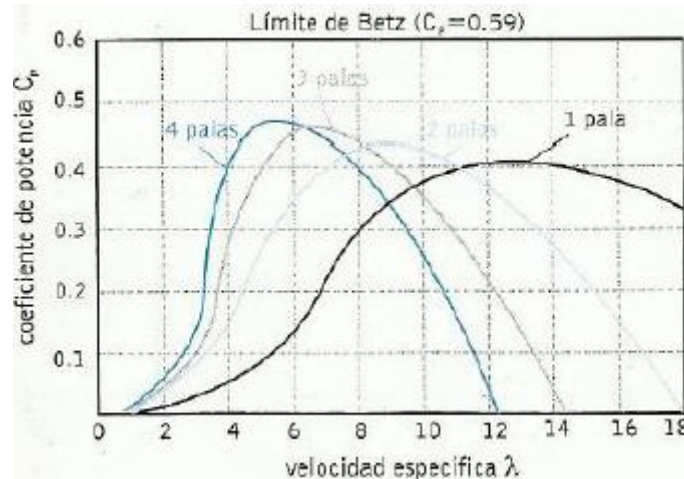
Nahiz eta haizealderako aerosorgailuek orientazio-sistema aktiboa behar izan, haizeberako posizioarekin karga aerodinamiko handietara menderatuta daudenez, erabilienak dira lehenengoak. Haizealdera, palak ez du haizerik jasotzen, honela, dorreko eraginpeko eremutik pasatzerakoan ez du pare aerodinamikorik transmititzen. Karga aerodinamiko hauek potentzia-gorabeherak eragiten dituzte eta nekearen eragileak dira, saihestea komeni denagatik.

2.7.2. TRANSMISIOAREN BARNE DAUDEN AEROSORGAILUAREN OSAGAIAK

2.7.2.1. PALAK

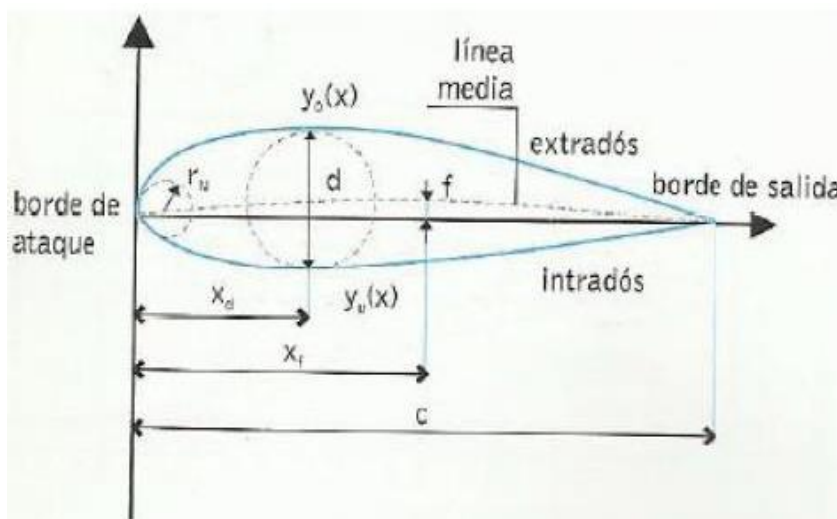
Palak aerosorgailuaren elementu garrantzitsuenetako bat dira, haizearen energia zinetikoa hartzeaz arduratzen direlako. Horregatik erabiliko den profil mota diseinu parametro garrantzitsuenetako bat da funtzionamendu hobezina lortzeko. Palak haizearen mugimendu lineala biraketa mugimenduan bihurtzen dute, transmisioaren sarrera ardatzera transmitituz. Jada lehen aipatu denez gero, palako biraketak eratutako planoak haizearen abiadurara ahalik eta perpendikularrena izan behar du.

Pala kopurua beste faktore erabakigarri bat da. Pala-kopuruaren arabera potentzia koefizientea desberdina izango delako. 1 eta 2 pala bitarteko erabilerak potentzia koefizientearen % 10ren gehikuntza ekartzen du, 2 eta 3 pala bitarteko erabilera % 4 eta 3 eta 4 pala bitarteko erabilera % 1en gehikuntza. Arrazoi horregatik pala-kopururik eraginkorrena hiru palakoa da, lau pala erabiltzearen gehikuntza oso txikia delako. 5. grafikoan aipatutakoa ikus daiteke:



5. grafikoa. Pala kopuruaren araberako potentzia koefizientea.

Aerosorgailuetan profil erabilienak, normalean, sektore aeronautikoan erabiltzen diren berak dira: NACA 44 XX eta NACA 230 XX seriea. Hurrengo 21. irudian NACA profil baten parametro geometrikoak ikus daitezke.



21. irudia. NACA profilaren parametro geometrikoak.

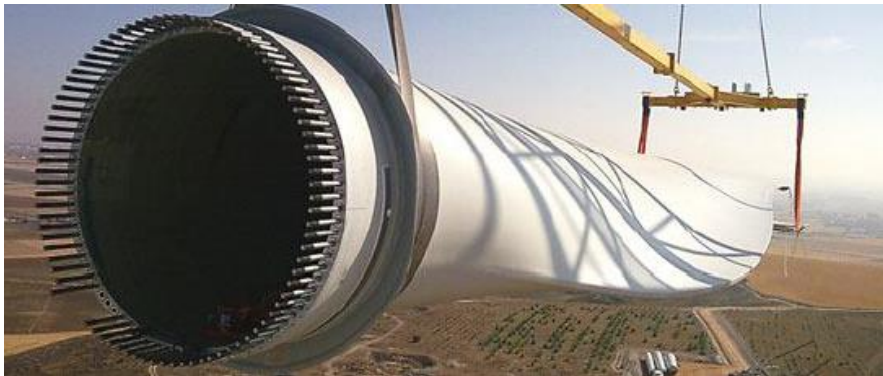
Lau zifrako NACA profilak: lehen zifrak batzbesteko lerroaren gezi maximoa adierazten du %tan sokari (f/c) dagokionez, bigarrena eraso ertzari (x_f) buruz magnitude honen distantzia eta azken bi zifrak sokari (d/c) buruzko lodiera maximoa adierazten dute.

Normalean aerosorgailuetako paletan erabilitako materiala material konposatua da. Gaur egun, material konposatu erabiliena beira-zuntza da poliester erretxinarekin (GRP). Abantaila

handiak ditu, bere egiturazko erresistentzia handia eta nekearen aurkako erresistentzia. Bestalde, ez du fabrikazio-prozesu konplexurik eskatzen eta bere zabalkuntza koefiziente baxuagatik eta bere eroankortasun txikiagatik interesgarriak dira tximisten kontrako babeserako.

Beste material berriago batzuk karbono zuntzekin (CFRP) konposatutako materialak dira. Bere kostu handia du desabantaila bezala, horregatik bere erabilera sektore aeronautikora mugatuta dago.

22. irudian pala bat muntaketaren unean ikus daiteke:



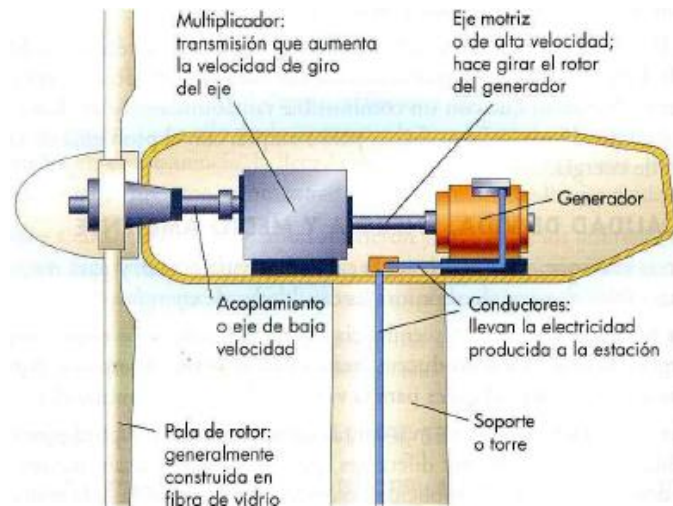
22. irudia. Aerosorgailuaren pala.

Palak saiakera desberdinen mendean jartzen dira, guztien artean hurrengoak nabarmentzen direnak :

- Saiakera elastikoa: pala balio handiko karga baten mendean jartzen da denbora jakin batean zehar (10 edo 15 segundo) bi norabidetan tolestuz.
- Saiakera dinamikoa: pala bera maiztasun naturala duen maiztasun berdineko oszilazioetara menderatzen da. Honela, palak deformazioak eta haustura txikiak jasan ditzake. Hauek galga extentsiometrikoen eta infragorri-kameren bitartez kontrolatzen dira.
- Haustura saiakera: Saiakera mota hau prototipo edo material berriez egiten da. Haustura eragiten duen karga ematen duen saiakera estatikoa egiten da, geroago aztertzeke asmoz.

2.7.2.2. ABIADURA TXIKIKO ARDATZA

Abiadura baxuko ardatza aerosorgailuko potentzia trenaren ardatz nagusia da. Bere muturretako batean errotorea konektatuta dago eta beste muturrean, kutxa biderkatzaileko lehen etaparen planeta eramailera. Paletan sortutako momentu tortsorea jasotzen du. Ikusi 23. irudia:

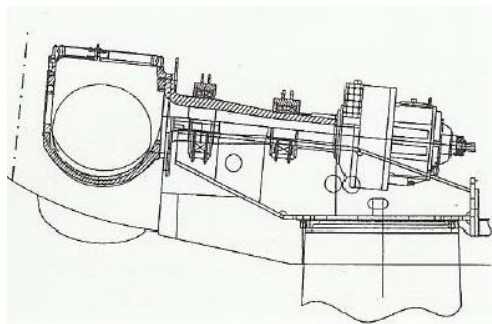


23. irudia. Transmisioaren abiadura txikiko ardatza.

Ardatzeko antolamenduak aukera desberdinak izan ditzake:

1) Banandutako euskarridun ardatza

Antolamendu mota honetan, ardatza dorrearen gainean muntatuta doan bankadan edo egituran finkatuta dauden bi euskarriren gainean muntatzen da. Errotoreko kargak dorrera transmititzen dira, aipatutako bankada edo egituraren bidez. Abantaila bezala, kutxa biderkatzaileak soilik errotoreko ardatzak transmititzen duen momentu tortsorea jasan behar du. Normalean estandarrak diren errodamenduak eta kutxak erabil daitezkeela beste abantaila bat da. Bere desabantaila handia, antolamendu mota honen pisu handia da. Ikusi 24. irudia:

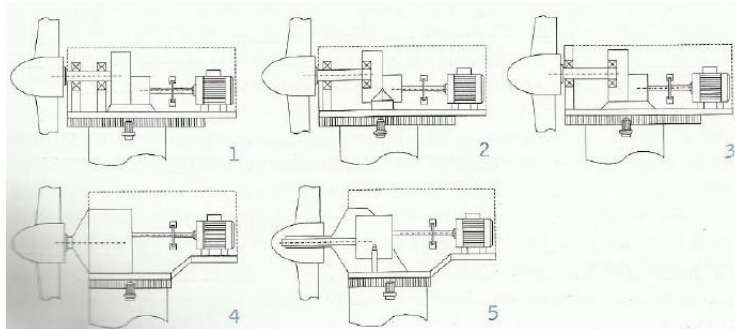


24. irudia. Errotorearen ardatza banandutako euskarriekin.

Normalean kojinetetako edo euskarrietako antolamendua bost erakoa izan daiteke:

- Banandutako euskarridun ardatz nagusia.
- Atzeko kojinetea kutxa biderkatzaile barruan.
- Kojinete nagusia gondolan eta atzekoa kutxa biderkatzailean integratua.
- Kojinete nagusia kutxa biderkatzailean integratua.
- Kojinete nagusia ardatzaren gainean.

25. irudian aipatutako antolamenduak ikus daitezke:

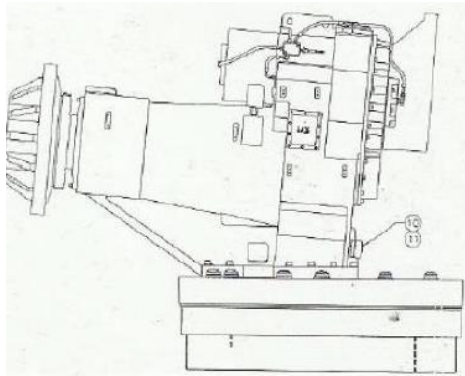


25. irudia. Euskarrien antolamendu motak.

2) Kutxa biderkatzailean integratutako ardatza

Antolamendu honetan, errotoreko ardatza kutxa biderkatzailea dagoen egituran bermatzen da guztiz. Kutxa biderkatzaile mota hau energia eolikoko aplikazio batzuetan soilik erabiltzen da, horregatik ez da oso konbentzionala.

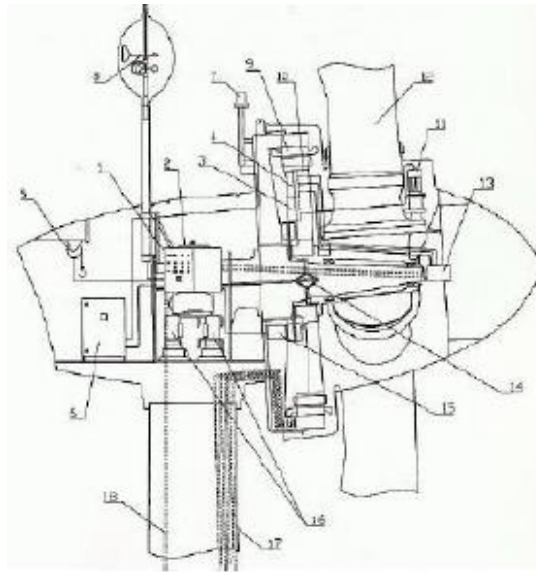
Kutxa biderkatzailearen prezioa aurkezten du desabantaila bezala, aurreko antolamendua baino garestiagoa denez gero. bankadak jasotzen dituen kargak kutxaren potentzia trenaren funtzionamendu zuzenari eragin ez diezaiotela kontuan hartzeko faktore bat da. Bestalde, transmisioaren eta dorrearen arteko lotzen duen bankada txikiagoa dela abantaila handia da. Ikusi 26. irudia:



26. irudia. Errotorearen ardatza kutxa biderkatzailean integraturik.

3) Euskarri finkora konektatutako ardatza

Aurreko antolamenduetan, abiadura baxuko ardatza momentu makurtzaile handiak jasan behar ditu, horregatik, antolamendu honek efektu hori txikiagotzea bilatzen du, eta horrela dimentsio txikiagoko ardatz nagusi bat izatea lortzea da. Mota honen diseinu batzuetan, momentu makurtzaile xurgatzea funtzio gisa duten brida batzuekin errotorea eta dorrera konektatuta dagoen ardatz euskarri finkoa elkartzen dira. Beste diseinu batzuetan, abiadura txikiko ardatzaren euskarri nagusia ere bermatu egin da gondolaren egituraren barnean. Antolamendu honek aukera asko aurkezten ditu. Ikusi 27. irudia:



27. irudia. Errotorearen ardatza euskarri finko batera elkartuta.

2.7.2.3.. KUTXA BIDERKATZAILEA

Kasu askotan, errotoreko ardatzaren eta sorgailu elektrikoaren arteko akoplamendua ezin da zuzenekoa izan, beraz, engranai kutxa bat erabiliz egiten da. Bi kasu desberdin bereiz daitezke:

- 1) Errotore motelak edo multipaladunak: birabarkiko zuhaitzaren biraketa abiadura, normalean, errotorekoa baino txikiagoa da. Horregatik, akoplamendua egiteko abiadurako kutxa erreduktorea erabiltzen da.
- 2) Bipala eta tripala errotoreak: errotore mota honetan, abiadura txikiko ardatzak biraketa abiadura oso txikia du, zehazki, palen biraketa abiadura. Bestalde, sorgailu elektrikoak 1000-1500 rpm arteko ditu biraketa abiadura nominala du, eta beraz abiaduraren igoera beharrezkoa da. Horregatik, akoplamendua abiadurako kutxa biderkatzailearen bitartez egiten da.

Kutxa biderkatzaile honek, abiadura baxuko ardatzaren biraketa abiadura handitzen dau sorgailuaren biraketa abiadura nominala lortu arte, engranai etapa desberdinen bitartez.

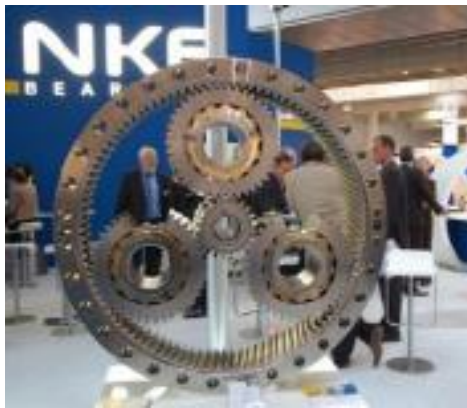
Normalean etapa desberdinez eratuta daude, eskatutako abiadura handiagotzearen arabera egonez. Kutxak momentu tortsoare garaietara menderatuta daude, diseinua aukeratzeko orduan faktore erabakigarria izanik aerosorgailuaren potentzia. Gaur egun potentzia handiko abiadura-transformazio handia errendimendu handiarekin sortzeko kutxa gaiak aurki ditzakete.

Hots, 500 kW-eko potentzia txikiagoetarako, potentzia txiki eta ertaineko aerosorgailuek ardatz paraleloko abiadura kutxak darabiltzate. Ikusi 28. irudia:



28. irudia. Ardatz finkodun kutxa biderkatzailea.

Potentzia altuetarako ordea, ardatz planetariodun abiadura kutxak erabiltzen dira. Ardatz planetariodun kutxa biderkatzaileak hauskaitzagoak dira eta pisu txikiagoa dute, beraz erabilienak dira. Ikusi 29. irudia:



29. irudia. Ardatz planetarioko kutxa biderkatzailea.

Beste kutxa biderkatzaileko mota bat, etapa planetario eta ardatz paraleloko azken bat dutenak dira. Antolamendu mota hau ardatzak lerrokatuak izatea nahi ez direnean erabiltzen da. 30. irudia ikustea:



30. irudia. Kutxa biderkatzaile mixtoa.

Engranaje helikoidalak edo hortz zuzeneko engranajeak izan daitezkeenez gero, engranaje tipoa beste faktore erabakigarri bat da.

2.7.2.4.. ABIADURA HANDIKO ARDATZA

Abiadura handiko ardatza potentzia treneko irteera ardatza da. Transmisioaren amaieran kokatutako sorgailu elektrikoari momentu tortsorea transmititzeko arduraduna da. Ardatz honen biraketa abiadurak, aipatutako sorgailuaren biraketa abiadura nominalaren bezalakoak izan behar du. Ardatzetik sorgailurako tortsorearen transmisioa koroa eta pinioi sistemaren bitartez egiten da. Biraketa abiadura garaia izaterakoan, igorri behar den tortsorea askoz txikiagoa izango da eta beraz bere diametroa ere.

Abiadura baxuko ardatzaren bezala, antolamendu desberdinak izan ditzake eta sekzio tubular edo trinkokoa izan daiteke.

2.7.2.5. BALAZTA

Aerosorgailuaren balazta mekanikoak mantenuko operazioak egiten direnean biraketa ardatza blokeatuta mantentzea funtzio gisa du. Balazta hauek hiru motatakoak izan daitezke:

1. Zintazko balaztak:

Zintaren bidezko marraskadurako balaztek zinta bat darabilte marruskadura pare bat ardatzera solidario den disko batera sartzeko, palanka baten bitartez eraginda. Pare erresistente hau ardatzaren biraketaren norabidearen kontra doa, bere balaztaketa eraginez.

2. Zapatazko balaztak:

Zapataren bidezko marraskadurako balaztek zapata bat darabilte marruskadura pare bat ardatzera solidario den disko batera sartzeko, palanka baten bitartez eraginda. Pare erresistente hau ardatzaren biraketaren norabidearen kontra doa, bere balaztaketa eraginez. Zapatazko balaztak barrukoak edo kanpokoak izan daitezke.

3. Diskozko balaztak:

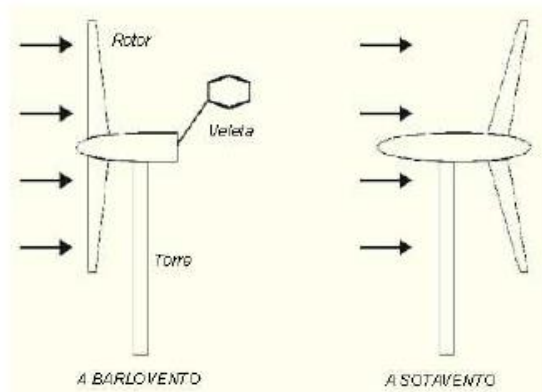
Diskoaren bidezko marraskadurako balaztek zinta bat darabilte marruskadura pare bat ardatzera solidario den disko batera sartzeko, ardatzari axialki eraginda. Pare erresistente hau ardatzaren biraketaren norabidearen kontra doa, bere balaztaketa eraginez.

Normalean, ardatz horizontaleko aerosorgailuetan diskozko balaztak erabiltzen dira.

Kasu batzuetan, balazta mekanikoak larrialdiko geldialdiak egiten direnean errotoarearen balaztaketa dinamikoan laguntzen du. Bestalde, balazta erabil daiteke balazta aerodinamikoko euskarriko gehituta potentzia handiko turbinetako batzuk eramaten duten bigarren mailako balazta bezala. Garrantzitsua da geldialdi dinamikoetako balaztaren erabilera potentzia txiki eta ertaineko aerosorgailuetan (1 MW baino txikiagoak) egiten dela soilik nabarmentzea. Potentzia handiko aerosorgailuetan, balaztak aipatutako blokeoa du soilik funtzio bezala hasieran.

2.7.2.6. ORIENTAZIO SISTEMA

Orientatze sistema errotorea eta gondola haizearen norabide perpendikularrera biratzeaz arduratzen da. Dorrearen eta gondolaren arteko lotura sistema da eta dimentsio handiko errodamenduzko sisteman datza. Errodamenduak barne horzdun edo kanpo horzdunak dira, normalean barnekoak erabiliz, izan ere, modu honetan motorrak barnean kokatzen baitira babestuago egonez. Biraketa sistema garrantzitsua da haizearen norabidean jartzeko izan ere bi sistema daude haizearen norabidea nondik jotzen duen arabera.



31. irudia. Palen orientatze motak

Haizealdeko sistemak, sistema aktiboak erabiltzen dituzte, hau da, motor elektrikoak erabiltzen ditu errotorearen mugimendua egiteko, batzuetan bi motorrekoak bat ezkerrean eta bestea eskuinera biratzeko. Motor hauek pinazia aktibatzen du eta honek engranaje koroa mugitzen du zeinek gondolarekin modu zurrunean lotuta dago. Normalean sistemak haizealdera jartzen dira neke kargak murrizten baitira.



32. irudia. Barne horzdun dimentsio handiko errodamendua.

2.7.2.7. PALEN PAUSU ALDAKETARAKO SISTEMA

Errotorearen potentzia erregulatzeko, biraketa abiadura kontrolatzeko eta errotorea geldiarazteko balio du. Sistema honek errotorea gelditzeko gai da errotorea haizearen akzio eremutik kanpo kokatuz. Potentzia handiko aerosorgailuentzako sistema hauek hiru motatakoak izan daitezke:

1. Pausuzko angelu ardatzaren kontrol aktiboa:
Erregulazioa palek bere ardatzaren inguruan bira dezaketelako esker lortzen da. Honela, haizearen eraso angelua aldatzen da eta horrela, palen gainean jokatzen duen indar aerodinamikoa aldatzen da. Kontrola independentea da pala bakoitzean eta sistema mekanikoaren bitartez lortzen da.
2. Galera aerodinamikoaren kontrol pasiboa:
Pala finkaturik dago errotoreko abatzarekin era zurrunean elkartuta. Aerosorgailu eredu batzuetan bere muturrean biraketa baimentzen da balazta aerodinamiko lez jokatzeko. Potentziaren erregulazioa lortzeko, bereziki diseinatutako pala-profila erabiltzen da, haizearen abiadura handitzen den momentu berean galera aerodinamiko handitzeko.
3. Galera aerodinamikoagatiko kontrol aktiboa:
Aurreko bi funtzionamendu sistemak partekatzen dituen sistema da. Palak 10° angelu maximoa bira dezake haren beraren gainean profila estutzeko, eta behin haizearen abiadurak abiadura nominala gainditzen duenez gero, pala-pausoak galera aerodinamiko bortxatzea lortuz txikiagotzen du.

2.8. HARTUTAKO ERABAKIA

2.8.1. AEROSORGAILU MOTA

Ardatz horizontaleko hiru paladun aerosorgailu bat haizealderako antolamenduaz aukeratu da energia elektriko-ekoizpenerako bere abantaila handiengatik. Hauek dira abantailak:

- Palen puntako abiadura lineala haize intzidentearen abiadura baino 5 eta 14 aldiz bitarteko handiagoa da.
- Abio momentu pare oso txikia du, 3 - 5 m/s. bitartekoa.
- Haizealderako orientazioa: palak ez du haizerik jasotzen dorreko eraginpeko eremutik pasatzerakoan, honela pare aerodinamikorik ez da transmititzen eta turbulentsiak saihesten dira.

2.8.2. PALAK

Kasu honetan, proiektua ez da palen diseinura bideratzen, eta beraz, antzeko ezaugarriko aerosorgailuetan normalean erabilitako profil bat aukeratu da. NACA 4415 profila aukeratu da, beira-zuntzeko poliester erretxinarekin egindakoa.

Ezaugarri geometrikoak hurrengoak dira:

- Erasoko ertzaren %40-an kokatutako kordari buruzko gezi maximo erlatiboaren %4
- %12-ko lodiera erlatiboa

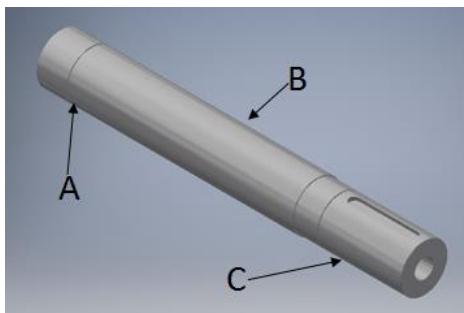
2.8.3. ABIADURA TXIKIKO ARDATZA

Sail tubularreko ardatz bat aukeratu da egiturara finkaturik doazen bi euskarrikin.

Abiadura txikiko ardatza nekera dimentsionatu da ASME kodearen adierazpena erabiliz. Honen ondoren, deflexioen arabeko konprobaketa egin da errodamenduen bateragarritasuna egiaztatzeko. Azkenik bibrazioen arabeko konprobaketa egin da, ardatza erresonantzian sartzeko arriskurik ez dagoela egiaztatuz. Ardatzaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.5 atala.

Aukeratutako ardatza 1700 mm-ko luzeera totala izango du, hiru tarteetan banaturik:

- A tarteak:
 - Luzeera: 400 mm
 - Kanpo diametroa: 228,6 mm
 - Barne diametroa: 89 mm
- B tarteak:
 - Luzeera: 800 mm
 - Kanpo diametroa: 229 mm
 - Barne diametroa: 89 mm
- C tarteak:
 - Luzeera: 500 mm
 - Kanpo diametroa: 220 mm
 - Barne diametroa: 89 mm



33. irudia. Abiadura txikiko ardatza.

Errodamenduak:

Errodamenduen arteko distantzia 800 mm-koa izango da, errotoretik lehen errodamendura 400 mm egonez. Hurrengo errodamenduak aukeratu dira:

- Bi ilaratako arrabol konikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 1010 KN
 - Barne diametroa: 228,6 mm
- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 1820 KN
 - Barne diametroa: 220 mm

Erretentzio eraztunak:

Erretentzio eraztunak errodamenduak finkatzeko jarri egin dira. Errodamendu bakoitzeko erretentzio eraztun bat jarri egin da:

228,6 mm-ko diametroko sekzioan DIN 471 erretentzio eraztun normalizaturik existitzen ez denez, 230 mm-ko bat jarri da.

220 mm-ko diametroko sekzioa existitu egiten da neurri horretako DIN 471 erretentzio eraztuna.

Txabetak:

DIN 6885-A bi txabeta paralelo 180ºtara jarri dira ardatzak planeta eramailearekin bat egiten duen muturrean. Txabetak 320x50x28 mm-koak izango dira.

2.8.4. KUTXA BIDERKATZAILEA

Aukeratutako biderkatzailea mixtoa izango da, ardatz geldoaren abiadura aldatu eta sorgailuak behar duen abiaduran transformatzen duena .

Kasu honetan biderkatzailea 3 etapakoa izango da, lehenengo etapa planetario edo hepizikloidala izango da engranaje koroa finkoa duena, planeta eta eguzki engranajeak mugimenduan izango dutenak eta hortz guztiak, hortz zuzenak direlarik. Bigarren etapa, aldiz, ardatz paralelo eta finkodun etapa izango da, engranai zuzenekin. Azkenik, hirugarren etapa, bigarren etaparen eredu berdina jarraituko du, engranai zuzeneko ardatz finkodun eta finkoduna izanik.

Kutxa biderkatzaileran sarreran 15 rpm-ko abiadura zirkularra egongo da, eta irteeran abiadura hau 1500 rpm-koa izango da, transmisio erlazio totala 1000-koa izanik.

Lehen etaparen transmisio erlazioa 4-koa izango da, bigarren etapakoa 5-koa eta hirugarren etapakoa 5-koa; azkenean abiadura zirkularra 1000 biderrez handitzea lortuz. Transmisio erlazioaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.1 atala.

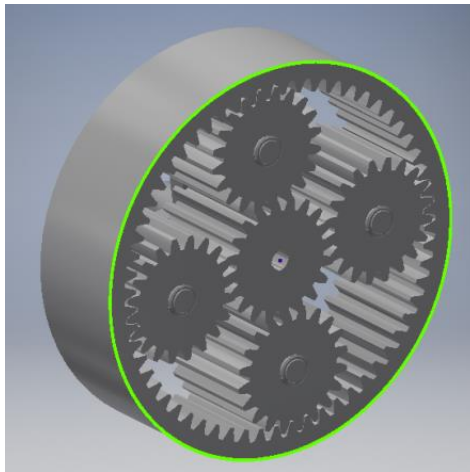
2.8.4.1 LEHEN ETAPA

Lehen etapa hau etapa planetarioa izango da.

Etapa honen barnean hurrengo elementuak egongo dira:

Engranaiak:

Lehen etapa hau lau planeta engranaiz, eguzki engranai batez eta eraztun engranai batez osotua dago. Engranai bakoitzaren hortz kopurua zehaztu da eta modulua kalkulatu egin da. Modulua kalkulua makurduaren irizpidearen arabera eta gainazaleko akatsen gain aztertu da. Lehen etapako engranaien dimentsionaketaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.2 atala.



34. irudia. Lehen etapako engranaiak.

Hurrengo taulan lehen etapako engranaien datu orokorrak ikusi daitezke:

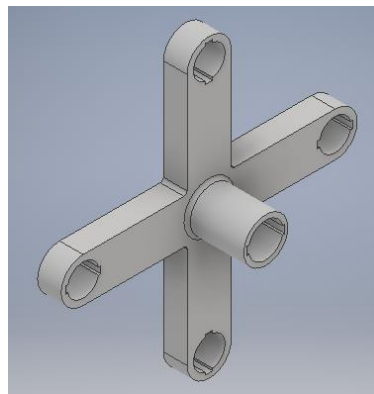
	Modulua (mm)	Hortz kopurua	Diametro primitiboa (mm)	Barne diametroa (mm)	Kanpo diametroa (mm)	Zabalera (mm)	Eraso angelua
Planeta engranaiak	40	20	800	700	880	800	20°
Eguzki engranaia	40	20	800	700	880	800	20°
Eraztun engranaia	40	60	2400	2300	2480	800	20°

2. taula. Lehen etapako engranaien datu orokorrak.

Planeta eramailea:

Planeta eramailea ardatz geldoarekin konektatuko da txabeten bidez eta ardatz geldoaren biraketa transmitituko dio planeta engranaiei. Beste aurpegian, lau beso izango ditu 90ºra haien muturreako zuloetan ardatz planetarioak kokatzeko.

Planeta eramailearen dimentsio gehienak engranaien dimentsiopean baldintzatuta egongo dira. Dimentsiorik kritikoena planeta eramailearen lodieera izango da, jasandako indarrak lortuz, ebakidurara eta zapalketara kalkulatu da. Dimentsio hau 150 mm-koa izango da. Planeta eramailearen dimentsionaketaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.7 atala.



35. irudia. Planeta eramailea.

Ardatz planetarioak

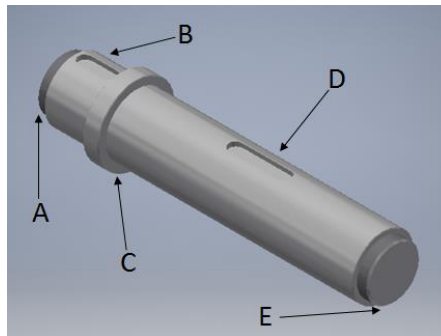
Ardatz planetarioak planeta eramailea eta planeta engranaiak elkartu egiten dauzan ardatza da. Sail zirkularreko ardatz aukeratu da.

Ardatz planetarioak ebakidurara dimentsionatu dira. Ardatzaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.6 atala.

Aukeratutako ardatza 1070 mm-ko luzeera totala izango du, bost tarteetan banaturik:

- A tarteak:
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M170x3
- B tarteak:
 - Luzeera: 150 mm
 - Kanpo diametroa: 200 mm
- C tarteak:
 - Luzeera: 50 mm
 - Kanpo diametroa: 250 mm

- D tartea:
 - Luzeera: 800 mm
 - Kanpo diametroa: 200 mm
- E tartea:
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M170x3



36. irudia. Ardatz planetarioa.

Txabetak:

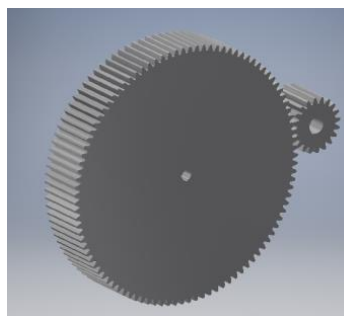
DIN 6885-A bi txabeta paralelo 180ºtara jarri dira ardatzak planeta eramailearekin bat egiten duen muturrean. Txabetak 125x45x25 mm-koak izango dira.

DIN 6885-A txabeta paralelo bakarra jarri da ardatzak planeta engranaiekin bat egiten duen muturrean. Txabeta 200x45x25 mm-koa izango da.

2.8.4.2 BIGARREN ETAPA

Engranaiak:

Bigarren etapa hau engranai gidari batez eta engranai gidatu batez osotua dago. Engranai bakoitzaren hortz kopurua zehaztu da eta modulua kalkulatu egin da. Moduluen kalkulua makurduaren irizpidearen arabera eta gainazaleko akatsen gain aztertu da. Lehen etapako engranaien dimentsionaketaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.3 atala.



37. irudia. Bigarren etapako engranaiak.

Hurrengo taulan bigarren etapako engranaien datu orokorrak ikusi daitezke:

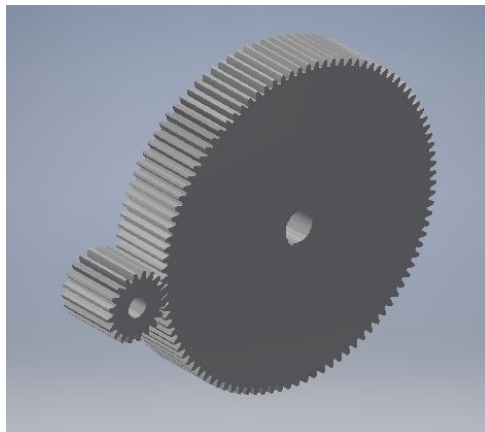
	Modulua (mm)	Hortz kopurua	Diametro primitiboa (mm)	Barne diametroa (mm)	Kanpo diametroa (mm)	Zabalera (mm)	Eraso angelua
Engranai gidaria	32	100	3200	3120	3264	640	20°
Engranai gidatua	32	20	640	560	704	640	20°

3. taula. Bigarren etapako engranaien datu orokorrak.

2.8.4.3 HIRUGARREN ETAPA

Hirugarren etapa hau engranai gidari batez eta engranai gidatu batez osotua dago. Engranai bakoitzaren hortz kopurua zehaztu da eta modulua kalkulatu egin da. Moduluaren kalkulua makurduraren irizpidearen arabera eta gainazaleko akatsen gain aztertu da. Lehen etapako engranaien dimentsionaketaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.4 atala.

Engranaiak:



38. irudia. Hirugarren etapako engranaiak.

Hurrengo taulan hirugarren etapako engranaien datu orokorrak ikusi daitezke:

	Modulua (mm)	Hortz kopurua	Diametro primitiboa (mm)	Barne diametroa (mm)	Kanpo diametroa (mm)	Zabalera (mm)	Eraso angelua
Engranai gidaria	20	100	2000	1950	2040	400	20°
Engranai gidatua	20	20	400	350	440	400	20°

4. taula. Hirugarren etapako engranaien datu orokorrak.

2.8.4.4 ETAPEN ARTEKO ARDATZAK

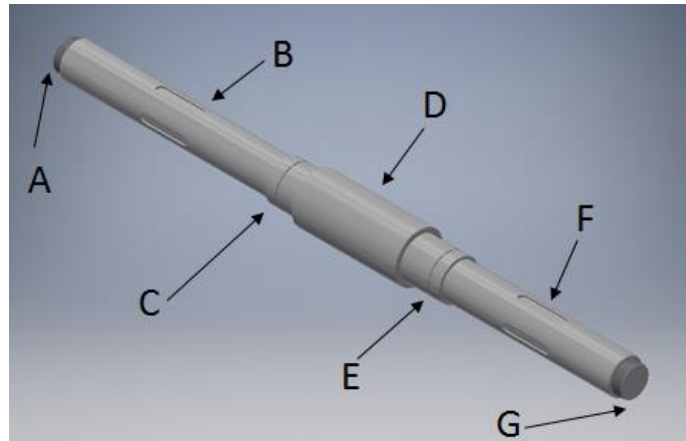
LEHEN BITARTEKO ARDATZA

Lehen bitarteko ardatza lehen eta bigarren etapak elkartu egiten dauzan ardatza da. Sail zirkularreko ardatz bat bi euskarrikin aukeratu da.

Lehen bitarteko ardatza nekera dimentsionatu da ASME kodearen adierazpena erabiliz. Honen ondoren, deflexioen arabera konprobaketa egin da errodamenduen bateragarritasuna egiaztatzeko. Azkenik bibrazioen arabera konprobaketa egin da, ardatza erresonantzian sartzeko arriskurik ez dagoela egiaztatuz. Ardatzaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. Dokumentuko 3.6.5 atala.

Aukeratutako ardatza 2179,3 mm-ko luzeera totala izango du, sei tarteetan banaturik:

- A tarteak
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M110x2
- B tarteak:
 - Luzeera: 800 mm
 - Kanpo diametroa: 130 mm
- C tarteak:
 - Luzeera: 117,15 mm
 - Kanpo diametroa: 150 mm
- D tarteak:
 - Luzeera: 400 mm
 - Kanpo diametroa: 185 mm
- E tarteak:
 - Luzeera: 152,15 mm
 - Kanpo diametroa: 150 mm
- F tarteak:
 - Luzeera: 640 mm
 - Kanpo diametroa: 130 mm
- G tarteak:
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M110x2



39. irudia. Lehen bitarteko ardatza.

Errodamenduak

Errodamenduen arteko distantzia 400 mm-koa izango da. Hurrengo errodamenduak aukeratu dira:

- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 752 KN
 - Barne diametroa: 150 mm
- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 1330 KN
 - Barne diametroa: 150 mm

Erretentzio eraztunak:

Erretentzio eraztunak errodamenduak finkatzeko jarri egin dira. Errodamendu bakoitzeko erretentzio eraztun bat jarri egin da. Kasu honetan bi errodamenduak 150 mm-ko diametroko sekzioan jarrita daudenez, eta neurri horretako DIN 471 erretentzio eraztun bi aukeratu dira.

Txabetak:

DIN 6885-A lau txabeta paralelo 90°-tara jarri dira ardatzaren bi muturretan. Txabetak 180x32x11 mm-koa izango da.

BIGARREN BITARTEKO ARDATZA

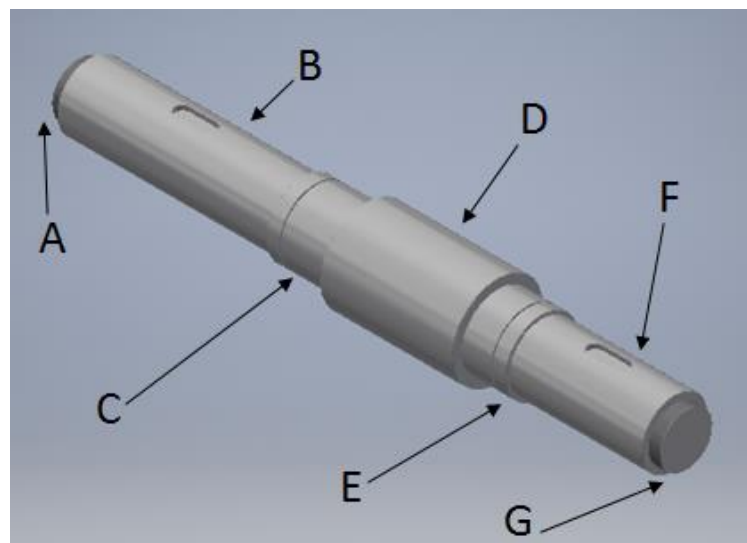
Bigarren bitarteko ardatza bigarren eta hirugarren etapak elkartu egiten dauzan ardatza da. Sail zirkularreko ardatz bat bi euskarrikin aukeratu da.

Bigarren bitarteko ardatza nekera dimentsionatu da ASME kodearen adierazpena erabiliz. Honen ondoren, deflexioen arabera konprobaketa egin da errodamenduen bateragarritasuna egiaztatzeko. Azkenik bibrazioen arabera konprobaketa egin da, ardatza

erresonantzia sartzeko arriskurik ez dagoela egiaztatuz. Ardatzaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.6.5 atala.

Aukeratutako ardatza 1833,3 mm-ko luzeera totala izango du, zazpi tartetan banaturik:

- A tartea:
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M160x3
- B tartea:
 - Luzeera: 640 mm
 - Kanpo diametroa: 200 mm
- C tartea:
 - Luzeera: 190,15 mm
 - Kanpo diametroa: 220 mm
- D tartea:
 - Luzeera: 400 mm
 - Kanpo diametroa: 275 mm
- E tartea:
 - Luzeera: 133,15 mm
 - Kanpo diametroa: 220 mm
- F tartea:
 - Luzeera: 400 mm
 - Kanpo diametroa: 200 mm
- G tartea:
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M160x3



40. irudia. Bigarren bitarteko ardatza.

Errodamenduak:

Errodamenduen arteko distantzia 400 mm-koa izango da. Hurrengo errodamenduak aukeratu dira:

- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 1650 KN
 - Barne diametroa: 220 mm
- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 2550 KN
 - Barne diametroa: 220 mm

Erretentzio eraztunak:

Erretentzio eraztunak errodamenduak finkatzeko jarri egin dira. Errodamendu bakoitzeko erretentzio eraztun bat jarri egin da. Kasu honetan bi errodamenduak 220 mm-ko diametroko sekzioan jarrita daudenez, eta neurri horretako DIN 471 erretentzio eraztun bi aukeratu dira.

Txabetak:

DIN 6885-A txabeta paralelo bakarra jarri da ardatzaren bi muturretan. Txabetak 125x45x25 mm-koa izango dira.

2.8.5. ABIADURA HANDIKO ARDATZA

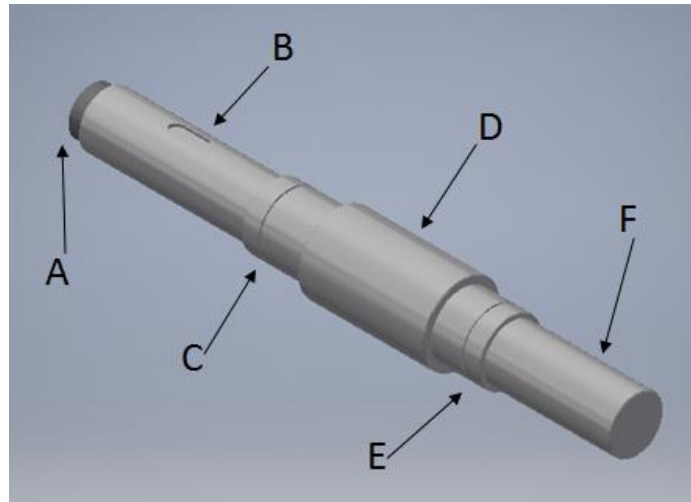
Sail zirkularreko ardatz bat bi euskarrikin aukeratu da.

Abiadura handiko ardatza nekera dimentsionatu da ASME kodearen adierazpena erabiliz. Honen ondoren, deflexioen arabeko konprobaketa egin da errodamenduen bateragarritasuna egiaztatzeko. Azkenik bibrazioen arabeko konprobaketa egin da, ardatza erresonantzian sartzeko arriskurik ez dagoela egiaztatuz. Ardatzaren kalkuluak nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.8 atala.

Aukeratutako ardatza 1304,3 mm-ko luzeera totala izango du, sei tarteetan banaturik:

- A tarteak:
 - Luzeera: 35 mm
 - Kanpo diametroa: M110x2
- B tarteak:
 - Luzeera: 400 mm
 - Kanpo diametroa: 130 mm
- C tarteak:
 - Luzeera: 152,15 mm
 - Kanpo diametroa: 150 mm

- D tartea:
 - Luzeera: 300 mm
 - Kanpo diametroa: 185 mm
- E tartea:
 - Luzeera: 117,15 mm
 - Kanpo diametroa: 150 mm
- F tartea:
 - Luzeera: 300 mm
 - Kanpo diametroa: 130 mm



41. irudia. Abiadura handiko ardatza.

Errodamenduak:

Errodamenduen arteko distantzia 300 mm-koa izango da. Hurrengo errodamenduak aukeratu dira:

- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 752 KN
 - Barne diametroa: 150 mm
- Ilara bakarreko arrabol zilindrikodun errodamendua:
 - Karga ahalmena: 1330 KN
 - Barne diametroa: 150 mm

Erretentzio eraztunak:

Erretentzio eraztunak errodamenduak finkatzeko jarri egin dira. Errodamendu bakoitzeko erretentzio eraztun bat jarri egin da. Kasu honetan bi errodamenduak 150 mm-ko diametroko sekzioan jarririta daudenez, eta neurri horretako DIN 471 erretentzio eraztun bi aukeratu dira.

Txabetak:

DIN 6885-A txabeta paralelo bakarra jarri da ardatzak hirugarren etapako engranai gidatuarekin bat egiten duen muturrean. Txabetak 90x32x11 mm-koa izango dira.

2.8.6. BALAZTA

Kasu honetan, abiadura handiko ardatzean kokatutako eragite hidraulikoko diskozko balazta bat aukeratu da. Balazta hau bankadari lotuta jarriko da.

Svendborg Brakes enpresaren balazta komertzial bat aukeratu da. Balaztaren aukeraketa jatorrizko hornitzailearen katalogoko adierazpenak jarraituz egin da. Kalkulu hauek nola burutu diren ikusteko begiratu 3. dokumentuko 3.7 atala.

Hurrengo ezaugarriko balazta aukeratu da:

- Balaztaketa ahalmena: 32.000 N
- Diskoaren kanpo diametroa: 710 mm
- Diskoaren lodiera: 30 mm



42. irudia. Svendborg Brake balazta.

2.8.7. ORIENTAZIO SISTEMA

Aukeratutako orientazio sistema, dimentsio handiko errodamendua izango da barneko hortzak dituen. Errodamendu hau Rothe Erde katalogotik aterata dago KD600 serieko 062.40.1500.000.19.1504 erreferentziaduna (aukeraketa nola burutu den ikusteko, begiratu 3. dokumentuko 3.9 atala) Sistema honek bankada mugiaraziko du palak haizearen norabidean jartzeko.



43. irudia. Barne hortzdun dimentsio handiko errodamendua.

2.8.8. PALEN PAUSU ALDAKETARAKO SISTEMA

Kasu honetan, pausuzko angelu ardakorraren kontrol aktiboko sistema aukeratu da, antzeko ezaugarriko aerosorgailuek sistema hau darabiltenez gero. Sistema mekanikoko mota honetan, palek barruko hortzdun errodamenduak darabiltzate abatzarekin elkartuta.

Gondolako biraketa errodamenduan bezala, estatikara kalkulatzen dira. Errodamendua hauen aukeraketarako ROTHE ERDE enpresaren katalogoa erabiliko da (aukeraketa nola burutu den ikusteko, begiratu 3. Dokumentuko 3.10 atala). 44. irudian palen barruko hortzdun errodamendu bat ikus daiteke abatzeko bere posizioan:



44. irudia. Palen barne hortzdun errodamendua.

2.10. PLANIFIKAZIOA

Atal honetan proiektuaren helburua gauzatzeko beharrezkoak izan diren denborazko ezaugarriak zehazten dira. Horren bidez modu grafikoan fase edo ekintza bakoitzaren iraupena denboran zehar aztertzen da, bere iraupena eta epeak kontsideratuz.

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10	W11	W12	W13	W14	W15	W16	W17	W18	W19	W20	W21	W22	W23	W24	W25	W26	W27	
PROIEKTUAREN HASIERA	█	█																										
PRODUKTUAREN DISEINUA			█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
PIEZEN FABRIKAZIOA																												
OSAGAI KOMETZIALEN HARRERA																												
MUNTAIA																												
KALITATE KONTROLA																												
ONARPEN FORGA																												
AMAIERA																												

6. grafikoa. Proiektuaren Gantt diagrama

2.11. PROIEKTUAREN KOSTUA

Aurrekontuan oinarriturik (6. dokumentua), proiektuaren kostu totala hurrengoa da:

AURREKONTU OSOA.....83.236,81 €

Aurrekontu osoaren balioa da:

LAUROGEITA HIRU MILA BERREHUN ETA HOGEITA HAMASEI KOMA LAUROGEITA BAT EURO.

Bilbon, 2018ko Ekainaren 28an

Ingeniari Tekniko Mekanikoa

Jon Escribano Garro

Sinatua:

