

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE BILBAO

GRADU AMAIERAKO LANA

ENERGIA ELEKTRIKOAREN AUTOKONTSUMORAKO INSTALAKUNTZA FOTOVOLTAIKO BATEN ANALISIA BAKIOKO ISOLATUTAKO ETXEBIZITZA BATEAN

Ikaslea	<i>Aspuru Iñarritu, Mikel</i>
Data	<i>ekainak 15, 2018</i>
Zuzendaria	<i>Mazón Sainz-Maza, Javier Planas Fullaondo, Estefanía</i>
Ikasturtea	<i>2017 / 2018</i>

GRADU AMAIERAKO LANAREN OINARRIZKO DATUAK

- Ikaslea: Mikel Aspuru Iñarritu
- Irakaslea: Javier Mazón Sáinz-Maza, Estefanía Planas Fullaondo
- Saila: Ingeniaritza Elektrikoa

- Lanaren Izenburua: Energia elektrikoaren autokontsumorako instalakuntza fotovoltaiko baten analisisa Bakioko isolatutako etxebizitza batean.
- Laburpena: Proiektu honen helburua Bakion kokatutako etxebizitza isolatu baten energia elektrikoaren beharrezanetan oinarrituz hauek asetzeko gaitasuna izango duen instalazio fotovoltaiko isolatu bat diseinatzea da.

- Título: Análisis de una instalación fotovoltaica para autoconsumo eléctrico en una vivienda unifamiliar aislada en Bakio.
- Resumen: El objetivo de este proyecto es diseñar una instalación fotovoltaica aislada capaz de responder a las necesidades de consumo eléctrico de una vivienda aislada situada en Bakio.

- Title: Analysis of a photovoltaic system for the electric self-consumption of an isolated house in Bakio.
- Abstract: The aim of this project is to design an isolated photovoltaic system that would be able to provide the necessary electric energy to an isolated house in Bakio.

AURKIBIDEA

1. SARRERA	6
2. TESTUINGURUA.....	7
3. HELBURUA ETA IRISPENA.....	9
4. PROIEKTUAREN ONURAK	10
5. ALTERNATIBEN ANALISIA.....	12
6. SOLUZIOAREN AZALPENA.....	15
7. METODOLOGIA	21
8. LANAREN DESKRIBAPENA. GANTT	33
9. AURREKONTUA	35
10. ONDORIOAK.....	38
11. BIBLIOGRAFIA.....	39
12 ERANSKINAK.....	40

IRUDIEN ZERRENDA

1 Irudia: Bakio, kokapen geografikoa	7
2 Irudia: Eraikina.....	8
3 Irudia: Instalazio fotovoltaiko isolatuaren eskema	8
4 Irudia: CO2 emisioen eta sorkuntza iturri berriztagarrien bilakaera	10
5. Irudia: Eguzki erradiazioaren atlasa (AEMET).....	13
6. Irudia: Neguko eta udako beharrianak.....	15
7. Irudia: Neguko eta udako beharrianen konparaketa	15
8. Irudia: Irradiazioaren balioen bilakaera urtean zehar.....	16
9. Irudia: SumSol MS-150P moduluen planoak.....	17
10. Irudia: C instalazio mota, horma gainean	20
11. Irudia: Modulu fotovoltaikoen kokapena	20
12. Irudia: Urteko irradiazioa Bilbon (EUMETSAT).....	23
13. Irudia: Moduluen kokapenerako parametroak: inklinazioa eta orientazioa.....	23
14. Irudia: Eguneko irradiazioa eta Eguzki Gailur Orduen baliokidetasuna	25
15. Irudia: Moduluen kokapenerako aukerak	30
16. Irudia: Moduluen inklinaziorako balioak.....	31
17. Irudia: Moduluen arteko distantzia	31
18. Irudia: Gastuak	36

TAULEN ZERRENDA

1. Taula: SumSol MS-150P moduluaren ezaugarri elektrikoak	16
2. Taula: SumSol MS-150P moduluaren ezaugarri orokorrak	17
3. Taula: Classic OPzS Solar 550 bateriaren ezaugarriak.....	17
4. Taula: Jasotze eremuaren eta metatze sistemaren egiaztapenak.....	18
5. Taula: Maximizador Victor Blue Solar MPPT Erreguladorearen ezaugarriak.....	18
6. Taula: Phoenix Alderanzgailuaren ezaugarriak	19
7. Taula: Kableatuaren ezaugarriak	20
8. Taula: Erabiltzailearen beharrianak.....	21
9. Taula: Erabiltzailearen beharrianen unitate aldaketa	21
10. Taula: Galeren ezaugarritzea.....	22
11. Taula: Neguko eta udako energia eskaera.....	22
12. Taula: Inklinazio optimoa 1. Irizpidea jarraituz.....	24
13. Taula: Moduluen potentziaren araberako tentsio gomendioak	25
14. Taula: Beharrezko modulu kopuruaren kalkulua neguan eta udan	26
15. Taula: Metatze sistemaren izan beharrezko kapazitatea neguan eta udan	26
16. Taula: Beharrezko bateria kopurua neguan eta udan.....	27
17. Taula: Egiaztapenen kalkulua bateria kopuru ezberdinekin.....	27
18. Taula: Neguko egiaztapenen kalkulua ezarritako bateria kopuruarekin.....	27
19. Taula: Erreguladorearen sarrerako intentsitatea	28
20. Taula: Erreguladorearen modelo ezberdinen ezaugarriak.....	28
21. Taula: Alderanzgailu modelo ezberdinen ezaugarriak	29
22. Taula: Alderanzgailu modelo ezberdinen errendimenduaren konparaketa	29
23. Taula: Barne Orduak.....	35
24. Taula: Gastuak	35
25. Taula: Kostu totala	36
26. Taula: Urteko kontsumoaren gastua 1	37
27. Taula: Urteko konstumoaren gastua 2	37

1. SARRERA

Dokumentu honetan energia elektrikoaren autokontsumorako instalakuntza fotovoltaiko isolatu baten analisisa aurkezten da Bakioko etxebizitza baterako,

Lehenbizi, testuingurua kokatu eta proiektuaren helburua eta irismena azaltzen dira.

Ondoren, proiektuaren onurak aurkezten dira eta alternatiba ezberdinak aztertzen dira, sistema fotovoltaikoaren ordeztu daitezkeenak zein fotovoltaikoen baitan egon daitezkeen aukerak.

Jarrion proiektuaren soluzioa azaltzen da burututako kalkuluak aurkeztuz. Honen emaitzak barne biltzen du sistemaren elementuek bete beharreko ezaugarriak eta hauen hautaketa.

Ondoren, proiektua egikaritzeko planifikazioa azaltzen da Gantt Diagramaren bitartez eta bideragarritasun ekonomikoa aztertzen da.

Azkenik, proiektuaren ondorio nagusiak eta erabilitako informazio iturriak aurkezten dira

2. TESTUINGURUA

Bakio Bizkaiko iparraldean kokaturiko udalerrria da eta honen sarreran dago kokatuta aztertzen den etxebizitza. Energia elektrikoaren autokontsumorako beharrezko instalazioa proposatzeaz gain eraikinaren beharrian energetikoen azterketan sakontzeko aukera emango du, kontsumoaren berrikuspen bat egitea ahalbidetuko duena.

Bakio itsas-mailan kokatuta dago eta bere koordenatuak ondokoak dira: latitudea $43^{\circ} 25' 17''$ I eta longitudea $2^{\circ} 48' 51''$ M.



1 Irudia: Bakio, kokapen geografikoa

Aipatu beharra dago eraikina gaur egun espazio politiko eta kultural bezala erabiltzen dela Bakioko herritarrek kudeaturik. Beraz honen erabilera ez da ohiko etxebizitza bat bezain uniforme, asteburuetan burutzen delarik aktibitateen zatirik handiena. Urtaroen arabeko erabilera ere aldakorra da; izan ere, udan zehar asteko ordu gehiago zabaltzen da gainerako urtaroetan baino.

Eraikinak bi solairu ditu, behean 150m^2 -ko gela handi bat eta komunak eta goian 25m^2 -ko bost gela. Beharrian energetikoei dagokienez argia, berotze sistema, hozkailua, izozkailua eta musika ekipoak dira nagusiki asetu beharrekoak. Gaur egun etxebizitzaren energia iturri elektriko bakarra sare elektrikoa da.

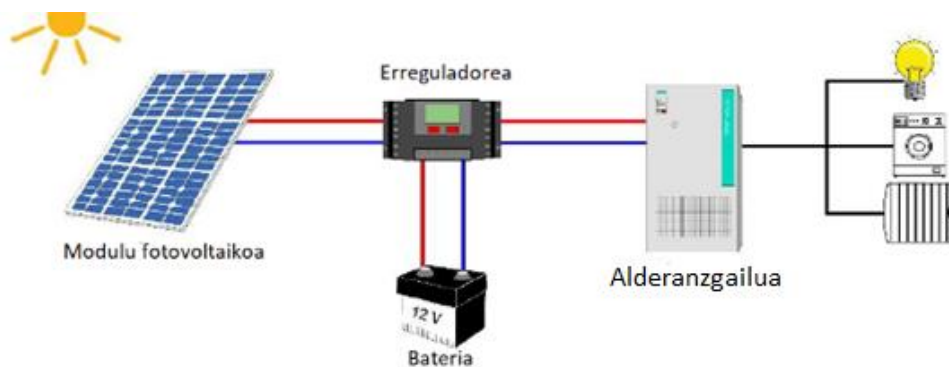


2 Irudia: Eraikina

Eraikina berotzeko gailu elektrikoak erabiltzen diren neurrian hauek kontsumoaren zati nabarmen bat bere gain hartzen dute. Honetan ere urtaro ezberdinen arteko aldea kontuan hartu behar da, izan ere, udan bakarrik erabiltzen da berotze sistema. Hozte sistemarik ez dago, garai beroenetan ere barruan tenperatura egokia mantentzen delako.

Instalakuntza fotovoltaikoa diseinatzeko orduan, sarera konektatutakoa ala isolatua daude aukeran. Proiektu honetan bigarrenean oinarritutako analisia burutuko da, ondoko elementuez osatua:

- Panel fotovoltaikoak: eguzki erradiazioa energia elektriko bilakatuko dutenak. Hauek fabrikatzeko silizioa erabili ohi da, silizio monokristalinoa, silizio polikristalinoa ala silizio amorfoa izan daiteke.
- Bateriak: energia metatuko dutenak, sistemak beharrianak asetzeko gaitasunik ez duenean eskariari aurre egin ahal izateko.
- Erreguladoreak: egoeraren arabera sistema panelen bidez ala baterietan metatutako energiaren bidez elikatzea kudeatzeko.
- Alderanzgailua: erreguladoretik datorren korrante zuzena korrante alferno bihurtzeko. Izan ere, zelula fotovoltaikoetan sortzen dena korrante zuzena da.
- Kableatua: sistema osatzen duten elementu ezberdinak konektatzeko ezinbestekoa.



3 Irudia: Instalazio fotovoltaiko isolatuaren eskema

3. HELBURUA ETA IRISPENA

Proiektuaren helburua da Bakioko etxebizitza batean isolatutako instalakuntza fotovoltaiko baten diseinua egitea, honek energia elektrikoaren autokontsumorako gaitasuna izan dezan.

Horretarako, lehenbizi eraikinak energia elektrikoari dagokionez dituen beharrianak aztertuko dira eta era berean hauen bilakaeraren jarraipen bat egingo da proiektuan zehar hasieran aurreikusitako kontsumoaren kalkuluen zuzentasuna egiaztatzeko. Bi azterketa burutuko dira, bata udan eta bestea gainerako urtarotetan zentratuz.

Ondoren, aukeratutako leku konkrituak eskaintzen dituen baldintzetan eskuragarri dagoen eguzki energia erabilgarriaren kalkulua burutuko da. Era berean baldintza geografikoak aztertuko dira, erliebea eta itzalen eragina besteak beste.

Aurrekoak zehaztuta, instalakuntza fotovoltaikoa osatzen duten elementuek bete beharreko ezaugarrien kalkulua egingo da, udako eta gainerako urtarotako baldintzen aurrean funtzionamendu egokia bermatzeko helburuarekin. Hauek aintzat hartuta ekipoaren aukeraketa egingo da SumSol enpresaren 2017ko apirilko produktu eskaintza erabiliz.

Azkenik, proiektuaren gauzapenerako plangintza eta kostuen ikasketa egingo da proiektuaren bideragarritasuna aztertzeko.

Aipatu behar da proiektu hau instalakuntzaren analisisira bideratuta egonda ere, honen muntaiari dagozkion eginkizunak ere aztertuko direla plangintza burutzerakoan, proiektuaren gauzapen praktikoa ahalbidetzera begira.

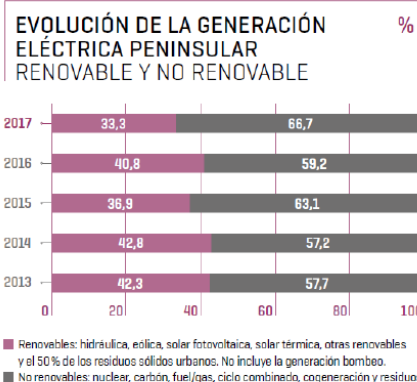
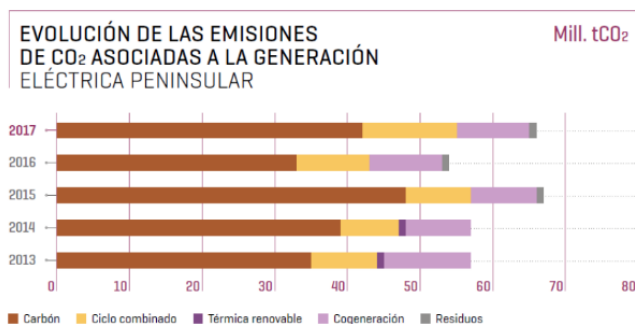
4. PROIEKTUAREN ONURAK

Onura tekniko eta ekonomikoak

- Kanpo dependetzia energetikoaren murrizpena. Petrolioak bezalako lehengaiak merkatuan prezio fluktuazioak jasaten dituzte hauen eskaintza produzitzen dituzten herrialdeen menpe dagoen neurrian. Isolatutako instalazio batek kanpoko lehengai hauekiko menpekotasuna murrizten laguntzen du.
- Sorkuntza fotovoltaikoaren erabilera sakontzea. Apustu interesgarri bezala ikusi daiteke, egun sare elektrikotik isolatutako instalazioak orokortuta ez dauden heinean horrelako proiektuen bideragarritasuna erakustek sistema isolatuen instalazioa zabaldu dadin lagundu dezakelako. Sistema isolatuetan zein sarera konektatuetan, sorkuntza fotovoltaikoan sakonduz eta garapen teknologikoa bultzatuz lortuko da gainerako sorkuntza iturrien aurrean lehiakorragoa bilakatzea.
- Alternatiba energetikoen konparaketa ahalbidetzea. Bestelako irtenbide posibleekin alderatzeak ahalbidetzen du energia iturri ezberdinen identifikazioa egitea eta hauen arteko konparaketa burutzea aplikazio konkretu bati begira bakoitzaren bideragarritasuna aztertuz.
- Garraio kostuen murrizpena. Autokontsumorako instalazioak beharrezko energia kontsumo lekuan bertan ekoizteko aukera eskaintzen du eta ondorioz garraio kostuak asko txikitzen dira.

Ingurugirorako onurak

- Energia iturri agorrezina eta ingurumen inpaktu txikikoa erabiltzea. Sare elektrikotik jasotako energiaren baitan energia berriztagarriak zein ez-berriztagarriak daude eta proiektuari esker iturri guztiz berriztagarria izatea lortuko litzateke. Honen garrantzia argia da ingurumena kontserbatze aldera, are gehiago ikusita 2017an energia berriztagarrien sorkuntza jaitsi egin dela ez-berriztagarriekiko eta CO₂ emisioa energia elektrikoaren sorkuntzan handitu dela aurreko urtearekin alderatuz. Instalazio fotovoltaikoen ingurumen inpaktu nagusia lehengaien ekoizpen operazioetan eragiten da, zelula fotovoltaikoak eratzeko silizioa eskuratzeko besteak beste.



4 Irudia: CO₂ emisioen eta sorkuntza iturri berriztagarrien bilakaera

Onura sozialak

- Autonomian sakontzea. Diseinatuko den instalakuntza energia elektrikoaren autokontsumorako izatea eta isolatua izatea, hau da, sare elektrikoari konektatu gabekoa proiektuaren onura nagusiak islatzen dituzte. Aipatu bezala, instalakuntzak asetuko duen etxebizitza Bakioko herritarrek era autonomoan kudeatutako eraikina da eta beraz honi lotutako erabaki oro herritarrek beraiek hartzen dute, kanpo injerentziarik gabe. Isolatutako instalakuntzak ahalbidetuko luke sare elektrikoarekiko menpekotasunik ez izatea eta beraz proiektuaren autonomian sakontzea.
- Kontsumo elektrikoaren kontzientziazioa ematea. Proiektuak beharrian energetikoen ikasketa bat eskatzen duenez, honen bidez eraikinak duen kontsumoa aztertu ahalko da honen berriak bat egin ahal izateko. Kontsumitzen denaren ezagutza sakonagoa izateak lagundu dezake kontsumo hau era kontziente eta eraginkorragoan burutu dadin sustatzen.

5. ALTERNATIBEN ANALISIA

Helburua proiektuan aztertzen den eraikinarentzat energia-elektrikoari lotutako beharrianak asetzea izanda, aztertuko dira hau lortzeko egon daitezkeen aukera ezberdinak. Alternatibak aztertzeko orduan, kontuan hartu dira fotovoltaikoaz gain generadore elektrikoak eta energia berriztagarrien bestelako instalakuntzak (hidraulikoa eta eolikoa).

5.1 Generadore elektrikoak

Potentzia handiko generadore bat erosita, etxebizitzaren kontsumoari aurre egin ahalko litzaioke eta helburu gisa aipatu den sare elektrikoarekiko autonomia bermatu.

Hala ere, hasierako inbertsioa txikiagoa eskatzen duen arren, generadorearen erregaia gasa, diesela ala gasolina izanik honek epe luzerako kostu handiagoa ekarri ahalko luke. Era berean, lehengai hauek merkatuan daukaten prezioaren menpe jardungo luke instalakuntzak.

Gainera, ingurumenean eragindako kutsadura kontuan hartu beharreko faktorea da, bai igorritako gasengatik zein kutsadura akustikoagatik, azken hau diesela erabiltzen duten generadoreetan batez ere. Guzti honen ondorioz, hauen erabilera alboratuko da.

5.2 Sorkuntza hidraulikoa

Instalatutako potentzia 10MW baino nabarmen txikiagoa denez, zentral mini-hidrauliko baten aplikazioa aztertu daiteke, etxebizitza energia iturri berriztagarri batez elikatzea ahalbidetuko lukeen irtenbidea. Kasu honetan, eraikinetik gertu dagoen Estepona-Zarraga ibaia izango litzateke eskuragarriena. Hala ere, alternatiba honek eskatzen duen inbertsioa handiegia litzateke eta ez da baldintzarik ikusten ibai honen ibilbidean zentral bat eraikitzeke.

5.3 Sorkuntza eolikoa

Energia eolikoari dagokionez, kasu honetan ere energia berriztagarrien erabilera ahalbidetuko lukeela kontuan hartuz, eraikinean edo honen inguruan ez dago baldintza aproposik bere aprobetxamendurako. Kostaldea eta mendiak dituen herri bat izateak aukerak zabalduko lituzke, itsasoan zein altuera handiagoko puntuetan sorkuntza handiagoa egon daitekeelako.

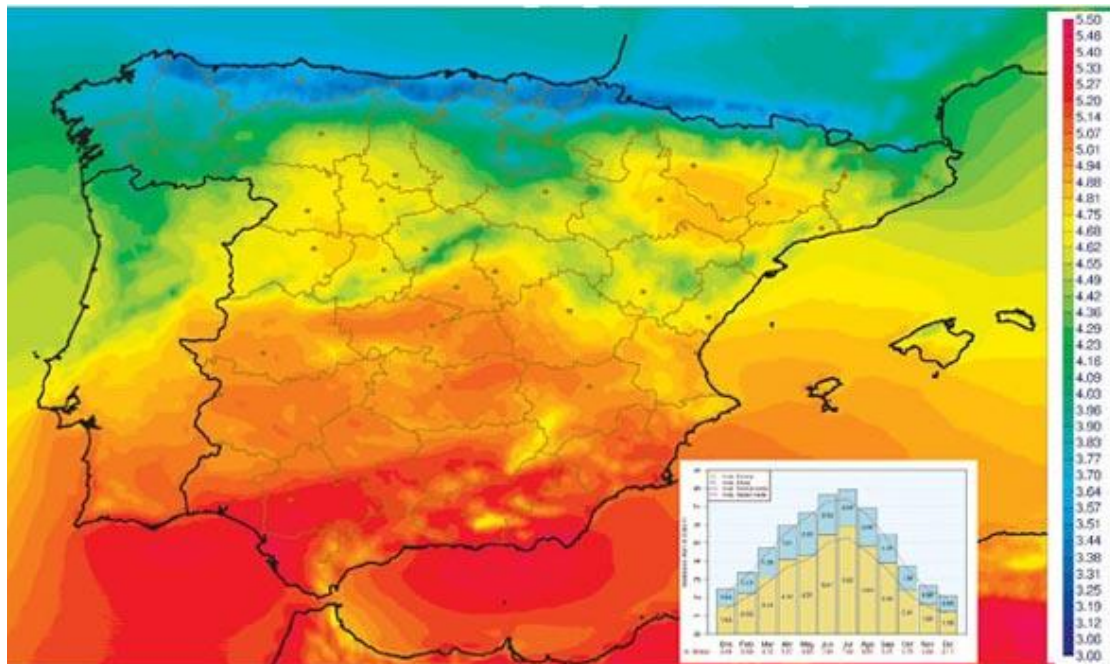
Hala ere, honek eskatuko luke kontsumo puntutik aldentzea eta ondorioz galera eta garraio kostuak asko handituko lirateke. Faktore hau eta beharrezko inbertsioa handiegia litzatekela kontuan hartuta aukera hau ere baztertzen da.

5.4 Sorkuntza fotovoltaikoa

Kasu honetan eguzki-erradiazioa jasotzen da zelula fotovoltaikoen bidez eta hauetan korrante zuzena sortzen da. Eguzki-erradiazioaren datuak aztertuta, ikusi daiteke zehaztutako kokapenean penintsulako erradiazio balio baxuenen artean daudela.

Espainiako erradiazio baliorik txikienak Asturiasen, Kantabrian, Galiziako iparraldean eta EAEn erregistratzen dira, bereziki azken bi hauetan abenduko eta otsaileko hilabeteetan zehar.

Hala ere, etxebizitzaren kontsumoa oso handia ez denez bideragarria izan daiteke. Aurretik esan bezala, erradiazio honek urtean zehar dituen balio ezberdinak aztertu beharko dira eraikinaren kontsumoak garai ezberdinetan dituen balioei egokitzen den sistema diseinatzeko.



5. Irudia: Eguzki erradiazioaren atlas (AEMET)

5.4.1 Sistema isolatua ala sarera konektatua

Sistema fotovoltaikoa sarera konektatutakoa ala isolatua izan daiteke

Instalakuntza isolatuari dagokionez, azaldu den bezala sortutako energia elektrikoa baterietan akumulatu daiteke eta momentu oro paneletan sortutako energia ala baterietan pilatutakoa erabiltzen da kontsumo zentroa elikatzeke. Honek ezartzen duen muga da sistemak berak sortu edo metatutako energia dela iturri bakarra.

Sarera konektatutako sistemetan da paneletan ekoiztutako energia metatzen. Kasu honetan sarera elektrikora konektatuta dagoen neurrian, paneletan ekoiztutako energia kontsumo zentroaren beharizanak asetzeko nahikoa ez denean saretik xurgatuko du energia elektrikoa. Aldiz, paneletan ekoiztutako energia kontsumo beharra baino handiagoa denean, energia soberakin hau sarera igortzeko aukera ematen du.

Beraz, sarera konektatutako sistemak malgutasun handiagoa eman dezake, baina sarearekiko autonomia eta guztiz berriztagarria izatea nahi den instalakuntza bat diseinatu nahi denez isolatua izatea erabaki da.

5.4.2 Zelula fotovoltaikoen materiala

Modulu fotovoltaikoak aukeratzeko orduan kontuan hartu behar da hauek osatzen dituzten zelula fotovoltaikoen materiala, honen arabera izango baita sistemaren errendimendua.

- Silizio monokristalinoa: %16-18 bitarteko errendimendua.
- Silizio polikristalinoa: %10-14 bitarteko errendimendua.
- Silizio amorfoa: %2-7 bitarteko errendimendua.

Bestelako materialekin ekoiztutako zelulak esperimentazio eta garatze fasean daude emaitza interesgarriekin, kadmio telururoa (CdTe) adibidez, eta beraz etorkizunean hauen orokortzea eman daiteke.

5.4.3 Erreguladore motak: PWM eta MPPT

Erreguladoreak eraikina korrante alternoarekin elikatu eta bateriak kargatzen ditu, baina hautatutako teknologiaren arabera sistemaren eraginkortasuna aldatuko da.

PWM erreguladoreak bateriaren tentsioa detektatu eta honen baitan egiten du lan. Honek esan nahi du panelek emandako tentsioak balio zehatz bat gainditzean bateriak ez direla kargatuko hauen narriadura ekiditeko eta ondorioz, panelak ezingo dira bere errendimendu maximoan erabili.

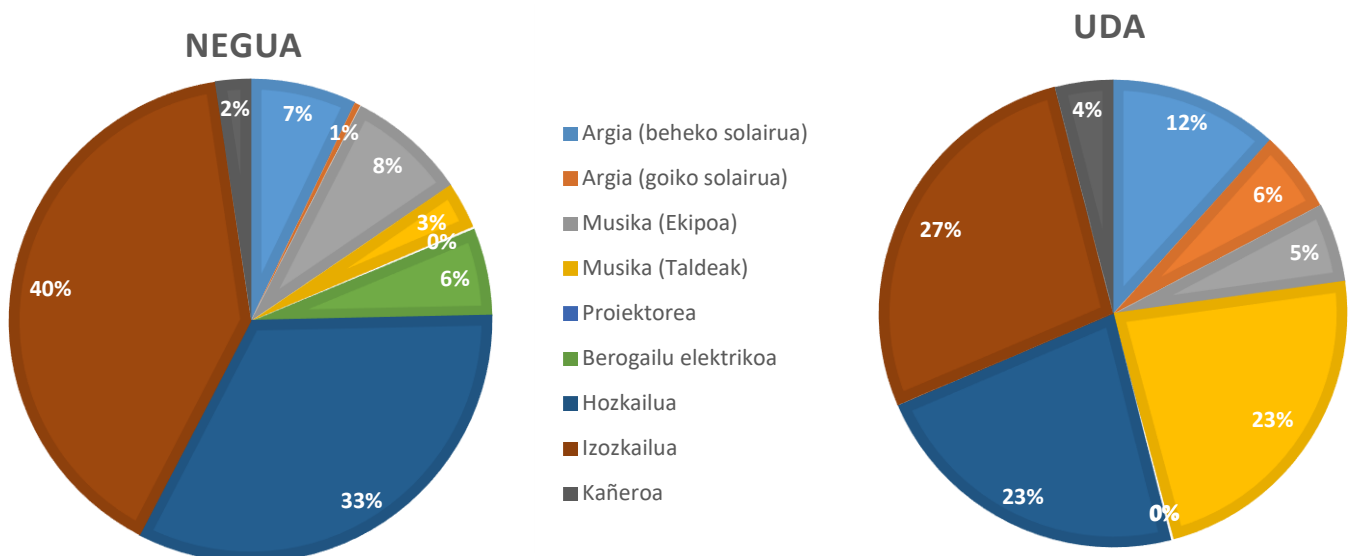
MPPT erreguladorearen bitartez, tentsioaren balioa edozein izanda panelen sorkuntza osoa aprobeixatu daiteke eta beraz uneoro panelaren potentzia maximo erabilgarriarekin lan egin daiteke. PWM erreguladorea baino garestiagoak izanda ere, errendimendua %30 handiagoa izatea ahalbidetzen du eta ondorioz azken hau erabiltzea erabaki da.

6. SOLUZIOAREN AZALPENEA

6.1 Erabiltzailearen beharrianen zehaztapena

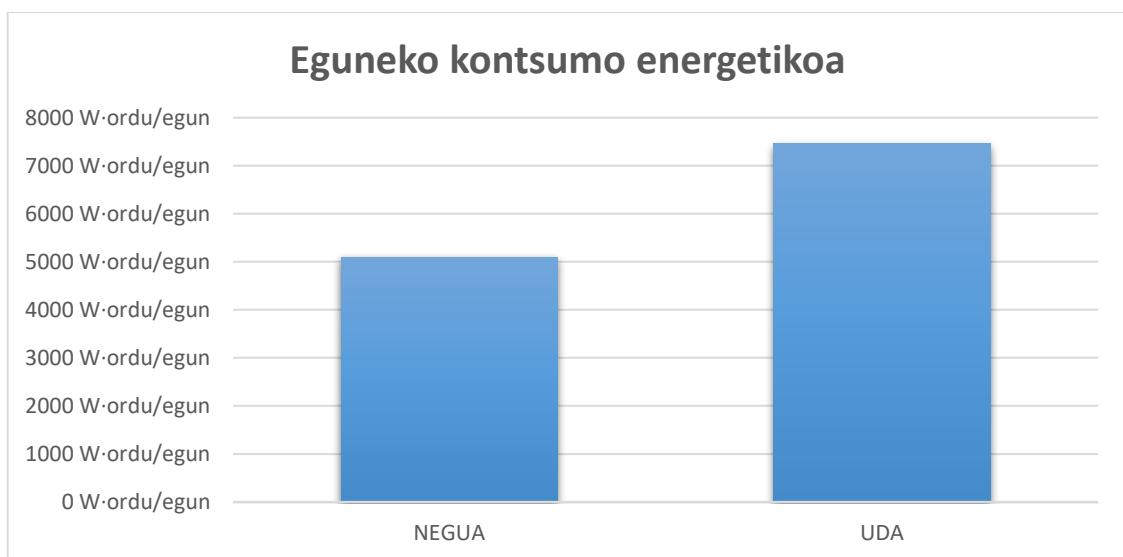
Lehenbizi, erabiltzailearen beharrianen kalkulua burutu da, eraikineko gailuen kontsumoa kuantifikatuz eta neguko eta udako egoerak alderatuz.

Kontsumo energetikoan gailu bakoitzaren paperari erreparatuz, nabarmenena hozkailu eta izozkailuen eragina da, potentzia txikieneko gailuen artean egonda ere etengabe daudelako martxan. Udan musika taldeen ekipoak eragindako kontsumo zatiak ere nabarmen egiten du gora.



6. Irudia: Neguko eta udako beharrianak

Bi urtaroen eguneko kontsumo energetiko osoari dagokionez, udako handipena negukoarekin alderatuz %46,15ekoa da.

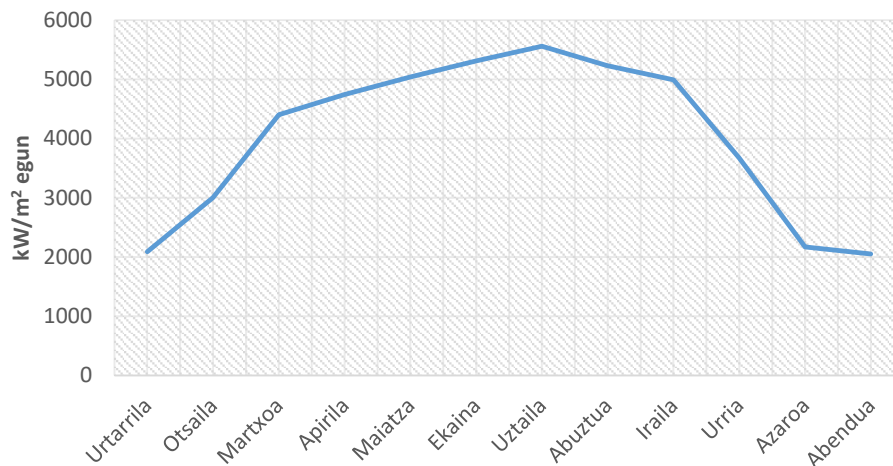


7. Irudia: Neguko eta udako beharrianen konparaketa

6.2 Eguzki energia erabilgarriaren zehaztapena

Eraikinaren kokapenean irradiazioaren balioak urtean zehar duen bilakaera aztertuta neguko eta udako egoerarako balio bana ezarri da kalkuluak burutzeko.

Irradiazioa inklinazio optimodun planoan



8. Irudia: Irradiazioaren balioen bilakaera urtean zehar

$$E_{\text{negua}} = 1,14 \text{ kW/m}^2 \text{ egun}$$

$$E_{\text{uda}} = 5,23 \text{ kW/m}^2 \text{ egun}$$

Panelen kokapenari dagokionez, urte osoan jarduteko instalazio finkoa izanik, orientazioa hegoalderantz izatea eta inklinazioa 33°koa litzateke optimoa. Hala ere, inklinazioari dagokionez moduluentzako egiturak mugatuta inklinazioa 30°koa izango da (begiratu 7.2 atala).

Azkenik, itzalen eragina zehatz mehatz kuantifikatzea zaila da, baina eguzkiak irudikatzen duen kurba eta inguruko oztopoen eragin posiblea aztertuz aurreikusi da itzalen ondoriozko galerak %10ekoak izango direla (begiratu 7.2 atala)

6.3 Jasotze eremuaren dimentsionamendua

Sistemaren egonkortasuna bermatzeko eta neguko zein udako egoerarako funtzionamendu egokia bermatzea bilatuz, 150 Wp-ko moduluak erabiltzea zehaztu da.

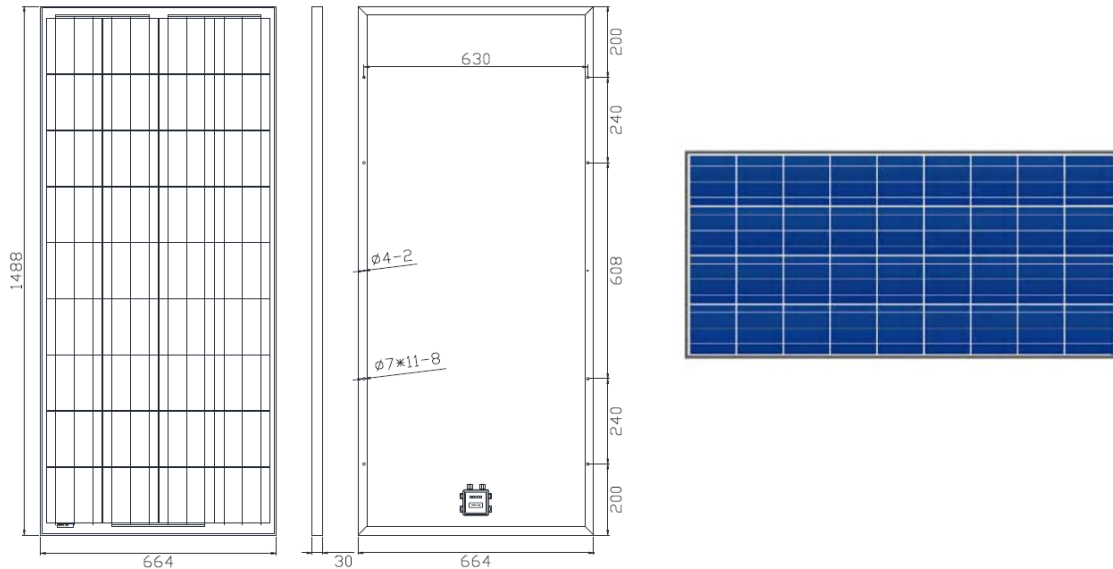
SumSol MS-150P	Ezaugarri elektrikoak
P_{pico}	150 Wp
$V_{\text{nominal_panel}}$	12 V
$I_{\text{zirkuitulabur_panel}}$	8,93 A
$I_{\text{MPP_panel}}$	8,38 A

1. Taula: SumSol MS-150P moduluaren ezaugarri elektrikoak

I_{MPP_panel}: Potentzia maximoko puntuko korrontea.

Ezaugarri orokorrak	
Tamaina	1.488 x 664 x 30 mm
Zelula mota	Silizio polikristalinoa
Prezioa	200 €

2. Taula: SumSol MS-150P moduluaren ezaugarri orokorrak



9. Irudia: SumSol MS-150P moduluaren planoak

Hautatutako motarekin, beharrezko energia ekoizteko neguko egoeran modulu bakarreko 23 adar paralelo beharko lirateke, udan aldiz 18. Bi egoerei erantzungo dien instalaziorako, 24 modulu ezartzea erabaki da, 6 moduluko 4 taldetan banatuta (begiratu 7.3 atala).

6.4 Metatze sistemaren dimentsionamendua

Sistemaren egonkortasuna bermatuz eta neguko zein udako garaiei era egokian erantzuteko bateria ezberdinekin kalkuluak burutu ondoren, Classic OPzS Solar 550 bateriak erabiltzea erabaki da.

AE054010	
C _{nominal_bateria}	540 Ah
V _{nominal_bateria}	2 V
Tamaina	126 x 208 x 520 mm
Prezioa	230,77 €

3. Taula: Classic OPzS Solar 550 bateriaren ezaugarriak



Modelo honekin, eguzki ekarpenik gabe instalazioak 3 eguneko autonomia beharko duela aurreikusiz, neguan baterien 6 adar beharko lirarteke paraleloan eta hauetako bakoitzean 6 bateria seriean. Udan, adar bakoitzean 6 bateria seriean ere izanik, paraleloan hauetako 8 adar eskatzen ditu sistemak eskaerari erantzuteko. Ondorioz, bi egoeretan funtzionamendu egokia bermatzeko 6 bateriako 8 adar paralelo ezarri dira metaketa sistema gisa (begiratu 7.4 atala)

Azkenik, jasotze eremua eta metatze sistema definituta hauen bateragarritasuna egiaztatu da hiru egiaztapenen bidez (begiratu 7.4 atala):

1. Egiaztapena: metaketa kapazitatea ez da panelen sistemako zirkuitu-laburreko korrantea baino 25 aldiz handiagoa izan behar IDAEn gomendioen arabera.
2. Egiaztapena: baterien karga korranteak metaketa kapazitatearen %10-15 baino txikiagoa izan behar du.
3. Egiaztapena: eguneko deskargak sistemaren metaketa kapazitatearen %10-15 ez gainditzea gomendatzen da.

Urte osorako sistema 24 modulu fotovoltaiko (denak paraleloan) eta 48 bateriaz (6 bateriako 8 adar paraleloan) osatuta egonda egiaztapenen balioak eskakizunen barruan daude. Modulu fotovoltaikoak 6ko 4 taldetan banatzea zehaztu denez, talde bakoitzean 12 bateria egongo dira konektatuta.

Aipatu behar da udan eguneko deskarga gomendatutako muga baliotik hurbil dagoela (%15), beraz garai honetan zehar kontsumoa gertutik jarraitzea komeni da.

	Negua	Uda
1. Egiaztapena	20,1567749	20,156775
2. Egiaztapena	4,66%	4,66%
3. Egiaztapena	9,83%	14,37%

4. Taula: Jasotze eremuaren eta metatze sistemaren egiaztapenak

6.5 Erreguladorearen aukeraketa

Erreguladoreari dagokionez, MPPT motakoa izatea erabaki da. Nahiz eta garestiagoa izan PWM-arekin alderatuz paneli errendimendu gehiago ateratzea ahalbidetzen du, panelen potentzia maximoko puntuan lan egiteko gaitasuna ematen duelako ahal den denbora tarte handiengan zehar.

Maximizador Victron Blue Solar MPPT 150/70	
Tentsioa	12/24/48 V
Karga korrantea	70 A
Prezioa	550,00 €



5. Taula: Maximizador Victor Blue Solar MPPT Erreguladorearen ezaugarriak

Aurretik aipatu bezala, modulu fotovoltaikoak eta bateriak 4 taldetan banatu dira, bakoitzean 6 panel eta 12 bateria konektatuz. Erreguladoreei dagokienez 4 erabiliko dira eta ondorioz, talde bakoitzari erreguladore bat dagokio. Sistema horrela banatuta bermatzen da erreguladore mota honek sistemaren intentsitate balio maximoak jasan ditzakeela sarreran eta irteeran (begiratu 7.5 atala).

6.6 Alderanzgailuaren aukeraketa

Zelula fotovoltaikoetan sortutako tentsioa korrante zuzeneko da eta eraikineko gailuek korrante alternoa behar dutenez, alderanzgailu bat behar du sistemak korrante zuzena korrante alterno bihurtzeko. Era berean, eragiketa honetan tentsioa eta intentsitatea moldatzen dira eraikinaren beharrezan egokitzeko.

Proiekturako 4 Phoenix Alderanzgailu erabiliko dira eta beraz hauetako bakoitza 6 modulu fotovoltaiko, 12 bateria eta erreguladore bateko talde bati konektatuta egongo da (begiratu 7.6 atala).

Phoenix Alderanzgailua	
Sarrerako tentsioa (KZ)	12 V
Irteerako tentsioa (KA)	230 V
Irteerako Potentzia (25°C)	1.600 W
Frekuentzia	50 Hz
Prezioa	872 €

6. Taula: Phoenix Alderanzgailuaren ezaugarriak



Modelo honek, alderanzgailu eragiketa betetzeaz gain babes funtzioa eskaintzen du mota hauetako arazoak azaltzen direnean:

- Zirkuitulaburra irteeran.
- Gainkargak.
- Gehiegizko tentsioak ala azpitentsioak.
- Tenperatura altuegia.

6.7 Kableatuaren dimentsionamendua

Erabiliko den kable mota erabakitzeko orduan kontuan hartu dira bertan eman daitezkeen tentsio galerak eta azaldu daitezkeen intentsitate maximoak. Izan ere, intentsitate altuek tenperatura igoera nabarmena eragin dezakete kablean. Tenperatura igoerak sute eta zirkuitulaburreko arriskua areagotzea dakar, kablearen narriadurarekin batera.

Faktore hauek eta instalaziorako beharrezkoa den kable luzera kontuan hartuz, hautatutako kableatuaren ezaugarriak ondorengoak dira (begiratu 7.7 atala):

Materiala	Kobrea
Luzera	20 m
Instalazio mota	Kable unipolarra horma gainean (C mota)
Isolamendu mota	PVC2
Sekzioa	120 mm ²
Intentsitate maximoa	260 A

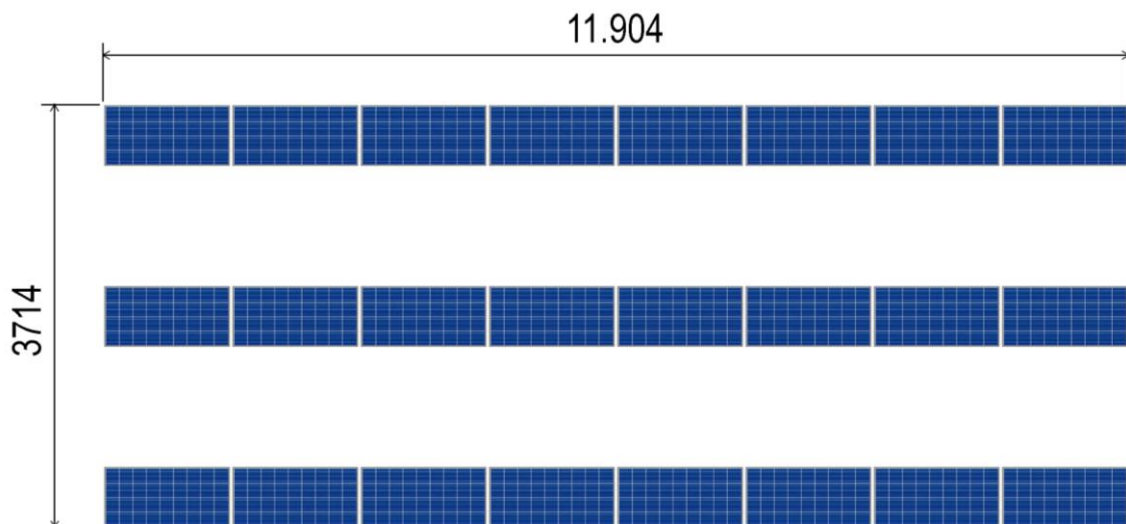
7. Taula: Kableatuaren ezaugarriak



10. Irudia: C instalazio mota, horma gainean

6.8 Moduluen kokapena

Moduluen tamaina, baldintza geografikoak eta kanpoko elementuen zein moduluen artean eragin daitezkeen itzalak kontuan hartuta erabaki da moduluak eraikinaren atzeko landan kokatzea, 8 moduluko 3 lerrotan (begiratu 7.8 atala).



11. Irudia: Modulu fotovoltaikoen kokapena

$$A_{totala} = 44,211m^2$$

7. METODOLOGIA

Jarraian, isolatutako instalakuntza fotovoltaikoaren diseinurako burututako azterketa eta kalkuluak azalduko dira.

7.1 Erabiltzailearen beharrianen zehaztapena

Eraikinaren beharrian energetikoak aztertzeko kontuan hartu behar dira honek kontsumitutako energia eta potentzia. Honetarako gailu bakoitzaren potentziari eta erabilera orduei erreparatu zaie, lehenengoa gailuen ezaugarri teknikoak identifikatuz eta bigarrena bakoitzaren erabileraren jarraipen bat eginez. Aipatu bezala, udako eta neguko azterketa bereiztuak egin dira helburua bi egoeren aurrean erantzungo duen instalakuntza lortzea izanik.

Gailu mota	Potentzia (W)	Negua (ordu/egun)	Uda (ordu/egun)	Kontsumo energetikoa (Negua)	Kontsumo energetikoa (Uda)
Argia (beheko solairua)	174 W	2,071	5	360 W·ordu/egun	870 W·ordu/egun
Argia (goiko solairua)	420 W	0,05	1	21 W·ordu/egun	420 W·ordu/egun
Musika (Ekipoa)	680 W	0,6	0,6	408 W·ordu/egun	408 W·ordu/egun
Musika (Taldeak)	4.000 W	0,04	0,429	160 W·ordu/egun	1716 W·ordu/egun
Proiektorea	50 W	0,15	0,3	7,5 W·ordu/egun	15 W·ordu/egun
Berogailu elektrikoa	1.500 W	0,2	0	300 W·ordu/egun	0 W·ordu/egun
Hozkailua	70 W	24	24	1680 W·ordu/egun	1680 W·ordu/egun
Izozkailua	85 W	24	24	2040 W·ordu/egun	2040 W·ordu/egun
Kañoeroa	200 W	0,6	1,5	120 W·ordu/egun	300 W·ordu/egun
				5097 W·ordu/egun	7449 W·ordu/egun

8. Taula: Erabiltzailearen beharrianak

Era berean, aldibereko kontsumo maximoa $P_{total-max} = 5.699W$ -koa da.

Kalkuluak burutzeko, energiaren kontsumoa Ah/egun unitatetan erabiliko da, energiaren balioak tentsioagatik zatituz, kasu honetan 12V izanik instalazioaren tentsioa.

	$E_{kontsumitua}$	$Q_{kontsumitua}$
Negua	5096,854 W·ordu/egun	424,74 A·ordu/egun
Uda	7449 W·ordu/egun	620,75 A·ordu/egun

9. Taula: Erabiltzailearen beharrianen unitate aldaketa

Eguneko energia maximoa lortzeko, galerek duten eragina txertatzeko galeren koefizientea erabili da.

$$KT = [1 - (K_b + K_c + K_r + K_v)] * \left[1 - \frac{K_a * D_{autonomia}}{P_{deskarga}} \right] = 0,686875$$

	Galerak	Balioa
K_b	Baterietan	%5
K_a	Baterien eguneroko auto-deskargan	%0,50
K_c	Alderanzgailuen efizientziagatik	%10
K_r	Erreguladoreen efizientziagatik	%5
K_v	Bestelakoak	%10

10. Taula: Galeren ezaugarritzea

Aurreikusi da sistemak 3 eguneko autonomia behar duela erradiazio gutxiko egoerei aurre egiteko ($D_{autonomia}$) eta deskarga sakontasuna %80koa dela ($P_{deskarga}$). Datu hauekin lortutako eguneko energia eskaera ondokoa da:

$$C_{max} = \frac{Q_{kontsumitua}}{KT}$$

	C_{max}
Negua	618,36 A·ordu/egun
Uda	903,73 A·ordu/egun

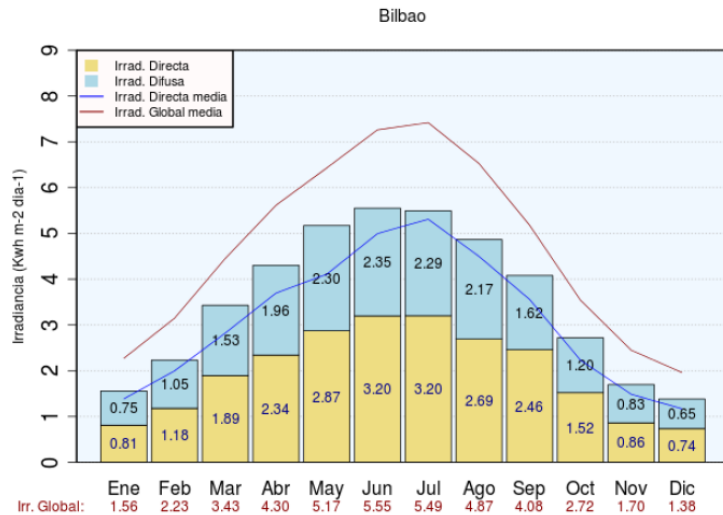
11. Taula: Neguko eta udako energia eskaera

7.2 Eguzki energia erabilgarriaren zehaztapena

Atal honen helburua da eraikinari dagokion kokapen eta baldintzetan sorkuntza elektrikorako eskuragarria den eguzki erradiazioa kalkulatzeko eta honen aprobetxamendu maximoarako panel fotovoltaikoen orientazio eta inklinazioa zehaztea.

Eguzki erradiazioa hiru motakoa izan daiteke: zuzena, difusoa edo albedoa. Erradiazio difusoa da atmosferan difusio edo islapenaren ondorioz noranzko aldaketa jasaten duena. Albedoa, aldiz, lurzoruan jasotzen den erradiazioa da.

Instalazio fotovoltaikoetan erradiazio zuzena batez ere eta difusoa hartzen dira kontuan. Iberiar penintsulan erradiazio difusoa erradiazio zuzenaren herenaren inguruko balioak aurkezten ditu orokorrean. Hala ere, salbuespenak ematen dira penintsularen iparraldeko eskualdeetan eta Kanarrietan. Hodeien presentzia handiagoa denez, erradiazio totalaren baitan erradiazio difusoa pisu handiagoa du.

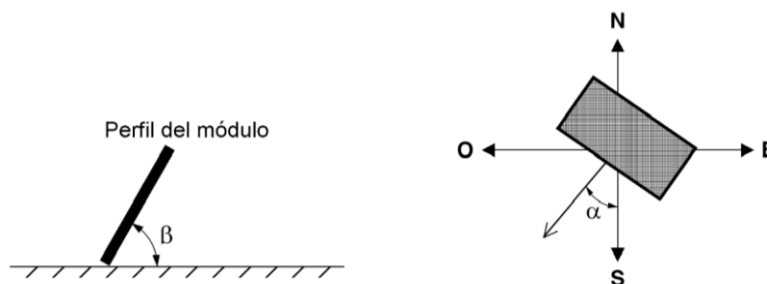


12. Irudia: Urteko irradiazioa Bilbon (EUMETSAT)

Proiektuak udako eta neguko baldintzetara egokitutako instalazioa helburutzat izanik erabiltzailearen beharrezanekin egin bezala egoera bakoitzerako erradiazio balio bat zehaztu da hilabete okerrenaren metodoan oinarrituz. Lau iturri azertu dira: EUMETSAT, Energia Dibertsifikatzeko eta Aurrezteko Institutua (IDAE), Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) eta PVsyst programa. Hauek kontsultatuta aukeratutako balioak ondorengoak izan dira, negukoa abenduko eta udakoa abuztuko hilabeteari dagokiena:

$$E_{negua} = 1,14 \frac{kW}{m^2 egun} \quad E_{uda} = 5,23 \frac{kW}{m^2 egun}$$

Posizio finkoko instalazio bat izanik, ez dago eguzkiaren kokapenaren arabeko jarraipen bat egiteko aukerarik eta ondorioz egunean zehar eguzki energia gehien metatzea ahalbidetzen duen kokapena bilatzea da helburua. Orientazioari dagokionez, ipar hemisferiorako egokiena denez eta baldintza geografikoek ahalbidetzen dutela egiaztatuta, hegoalderantz izatea zehaztu da.



13. Irudia: Moduluen kokapenerako parametroak: inklinazioa eta orientazioa

Inklinazioa aukeratzeko orduan bi irizpide ezberdin erabili dira hauen emaitzak konparatzeko, bietan kokapenaren latitudean oinarrituz, 43°koa Bakioren kasuan.

1. Irizpidea:

Diseinuaren denboraldia	β_{opt}
Abendua	$\varphi - 10$
Uztaila	$\varphi - 20$
Urtekoa	$\varphi - 10$

φ : latitudea (°)

12. Taula: Inklinazio optimoa 1. Irizpidea jarraituz

Urte osoan dabilen instalazioa izanda, $\beta_1 = 33^\circ$ litzateke.

2. Irizpidea:

$$\beta_2 = 3,7 + 0,69 \cdot \text{Latitudea} = 33,37^\circ$$

Lortutako bi emaitzak antzekoak izanda, panel fotovoltaikoentzako 33° ko inklinazioa zehaztu da..

Inklinazio faktoreak (IF) adierazten du α orientazio eta β inklinazio baterako moduluek jasotako erradiazioaren portzentajea $\alpha = 0^\circ$ (orientazioa hegoalderantz) eta $\beta = \beta_{opt}$ (inklinazio optimoa) kokapen optimoarekiko. Kasu honetan, orientazio optimoa ezarri daiteke, baina inklinazioari dagokionez eskuragarri dauden esturturek moduluak 15° , 30° ala 45° ko posizioak soilik eskaintzen dituzte. Ondorioz, $\alpha = 0^\circ$ eta $\beta = 30^\circ$ izango dira.

$$IF = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,57 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad 15^\circ < \beta < 90^\circ \text{ balioetarako}$$

$$IF = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{opt})^2] \quad 15^\circ > \beta \text{ balioetarako}$$

$$IF = 0,99892$$

7.3 Jasotze eremuaren dimentsionamendua

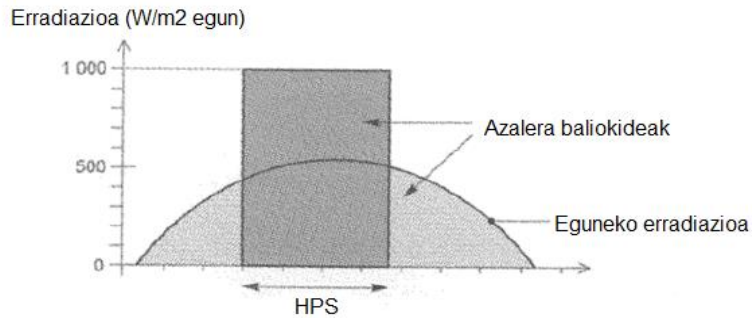
Panel fotovoltaikoen aukeraketa egiteko kontuan hartu behar dira zelula fotovoltaikoen materiala, moduluen potentzia maximoa (P_{pico}), funtzionamendu tentsioa ($V_{nominal-panel}$), egun bateko sorkuntza gaitasuna (E_{panel}) eta panelen eremuaren esturktura eta kokapena besteak beste. Jarraian azaltzen diren kalkuluak potentzia ezberdineko panelekin burutu dira emaitzarik egokienak lortu diren arte, $P_{pico} = 150Wp$ -ko moduluekin.

Modulu fotovoltaiko batek sortutako energia kalkulatzeko ondorengo formula erabili ahalko litzateke:

$$E_{panel} (W \cdot ordu) = P_{pico}(W) \cdot t(ordu)$$

Espresio hau erabiltzeko orduan azaltzen den arazoa da eguzki erradiazioa ez dela konstantea egunean zehar. Honen aurrean, modulu fotovoltaikoaren sorkuntza lortzeko

kalkulatuko da eguzki energia erabilgarria 1000 W/m²-ko erradiazio konstantearekin zenbat ordutan lortuko litzatekeen. Ordu kopuru horri Eguzki Gailur Orduak deritze, *HPS*.



14. Irudia: Eguneko erradiazioa eta Eguzki Gailur Orduen baliokidetasuna

$$E_{solar} = HPS \cdot 1000$$

Ekuazio horretatik lortutako *HPS* balioarekin modulu fotovoltaikoen sorkuntza kalkulatu daiteke $R_{dto-panel}$ parametroa sartuta galeren eraginaren adierazle bezala, %90koa kasu honetan.

$$E_{panel} (W \cdot ordu/egun) = HPS(ordu/egun) \cdot P_{pico}(W) \cdot R_{dtopanel}$$

Kalkuluetan tentsioaren menpekotasunik ez izateko, tentsio nominalagatik zatitzen da kalkulaturako eguneko sorkuntza energetikoa, kasu honetan 12V-koa dena.

$$Q_{panel} \left(\frac{A \cdot ordu}{egun} \right) = \frac{E_{panel} \left(\frac{W \cdot ordu}{egun} \right)}{V_{nominal-panel} (V)}$$

Panelen sorkuntza eta beharrian energetikoak edukita, beharrezkoa den panelen sarearen egitura zehaztu daiteke. Paraleloan adar kopurua kalkulatzeko eraikinak behar duen energia panelak sortutako energiagatik zatitzen da eta asteko erabilera egunen arabera proportzionalki aldatzen da adar kopurua. Lortutako balioa gorantza borobildu da.

$$N_{adar-paralelo} = \frac{C_{max} \cdot erabilera\ egunak}{Q_{panel} \cdot 7}$$

Seriean beharrezko adar kopurua tentsioaren arabera da, panelak seriean kokatuz instalazioan zehaztutako tentsioa lortzeko. Hautatutako panelak $P_{pico} = 150 \text{ Wp}$ -koak izanik tentsio gomendagarria (12 V) hautatu da instalaziorako.

$$N_{adar-serie} = \frac{V_{nominal-KZ}}{V_{nominal-panel}}$$

Potentzia	0-500 Wp	500 Wp - 2 kWp	2 - 10 kWp	> 10 kWp
Gomendatutako tentsioa	12 V _{KZ}	24 V _{KZ}	48 V _{KZ}	> 48 V _{KZ}

13. Taula: Moduluen potentziaren arabera tentsio gomendioak

Aipatutako kalkuluak neguko eta udako egoeretan aplikatuta, kasu bakoitzerako lortutako balioak eta beharrezko panel kopurua ondokoak dira:

	Negua	Uda
E_{solar} (W·ordu/m ² egun)	1.140	5.230
HPS (ordu/egun)	1,14	5,23
E_{panel} (W·ordu/egun)	138,36	634,76
Q_{panel} (A·ordu/egun)	11,53	52,90
Asteko erabilera egunak	3	7
$N_{\text{adar_paralelo}}$	23	18
$N_{\text{adar_serie}}$	1	1

14. Taula: Beharrezko modulu kopuruaren kalkulua neguan eta udan

Bi egoeretarako jasotze eremu nahikoa izateko, neguko adar kopurua hartu da erreferentzia gisa. Gerora moduluen taldekatzea egin ahal izateko kopurua bikoitia izatea komeni denez paraleloan 24 modulu izatea zehaztu da.

7.4 Metatze sistemaren dimentsionamendua

Bateriaz osatutako sistemak metatze funtzioa betetzen du, panelen bitartez ekoiztutako energia eskariari aurre egiteko nahikoa ez denean sistema hornitzeko. Hauen baitan aukeraketa emateko kontuan hartu behar dira eguzki ekarpenik gabeko autonomia egunak (kokapenaren meteorologiaren arabera), kapazitatea, bateria ez kaltetzeko ezarritako deskarga sakontasuna (PD) eta tenperaturaren eragina (RT).

Ekipoaren ezaugarriak definitzeko lehenengo pausu bezala, metatze sistemak izan beharreko kapazitatea kalkulatu da urtaro bakoitzerako.

$$C_{\text{metatze-sistema}} = \frac{C_{\text{max}} \cdot D_{\text{autonomia}}}{PD \cdot RT}$$

Honetarako, sistemaren autonomia $D_{\text{autonomia}} = 3$ egunekoa izatea ezarri da, IDAEk gomendatutako balioa hain zuzen.

SumSol enpresak eskaintako produktuen artean baterien ezaugarri komuna ziklo kopuru handia izanik (2.000), deskarga sakontasuna $PD = 0,8$ ezarri da. Ziklo kopuru txikiagoko baterietarako gomendagarriagoa litzateke $PD = 0,7$ balioa.

Tenperatura balio baxuek kapazitatea murrizpena dakarte eta ondorioz eraikinaren kokapenean tenperatura minimoetan funtzionamendua egokia dela bermatzeko $RT = 0,8$ ezarri da.

	$C_{\text{metatze-sistema}}$
Negua	2898,57 A·ordu
Uda	4236,24 A·ordu

15. Taula: Metatze sistemaren izan beharreko kapazitatea neguan eta udan

Metatze sistemak izan beharreko kapazitatea ezagututa, $C_{\text{nominal-bateria}} = 540$ Ah-ko kapazitatea eta $V_{\text{nominal-bateria}} = 2V$ -eko tentsio nominaleko bateria aukeratu da. Modeloa aukeratuta, paraleloan konektatu beharreko bateria kopurua metatze sistemak

izan behar duen kapazitateak zehazten du. Seriean aldiz, sistemaren tentsioak inposatzen du konektatu beharreko bateria kopurua. Lortutako balioak gorantz borobildu dira.

$$N_{bateria-paralelo} = \frac{C_{metatze-sistema}}{C_{nominal-bateria}} \quad N_{bateria-serie} = \frac{V_{nominal-kz}}{V_{nominal-bateria}}$$

	Negua	Uda
$N_{bateria-paralelo}$	6	8
$N_{bateria-serie}$	6	6

16. Taula: Beharrezko bateria kopurua neguan eta udan

Urtaro bakoitzean jasotze eremuak eta metatze sistemak bete beharreko hiru egiaztapenak aztertuz ikusi da bi kasuetan muga balioen barruan dagoela instalazioa.

1. Egiaztapena: $\frac{C_{nominal-bateria} \cdot N_{bateria-paralelo}}{N_{adar-paralelo} \cdot I_{ZLpanel}} \leq 25$

2. Egiaztapena: $\frac{N_{adar-paralelo} \cdot I_{MPppanel}}{C_{nominal-bateria} \cdot N_{bateria-paralelo}} \leq \%10 - 15$

3. Egiaztapena: $\frac{Q_{kontsumitua}}{C_{nominal-bateria} \cdot N_{bateria-paralelo}} \leq \%10 - 15$

	Negua	Uda
Bateria kopurua (paralelo x serie)	6 x 6	8 x 6
1. Egiaztapena	15,1176	20,15677
2. Egiaztapena	5,95%	4,66%
3. Egiaztapena	13,11%	14,37%

17. Taula: Egiaztapenen kalkulua bateria kopuru ezberdinekin

Panel fotovoltaikoen kalkuluak burutzerakoan egin bezala, atal honetan ere bi urtaroetara moldatzeko sistema izateko udako egoerarako beharrezko bateria kopurua hautatu da, 8 paraleloan eta 6 seriean. Honek bermatzen du bi urtaroetan metatze sistemak kapazitate nahikoa duela. Bateria kopuru honekin ere konprobatu da neguan egiaztapenek ezarritako tarteen baitan dagoela sistema.

	Negua
Bateria kopurua (paralelo x serie)	8 x 6
1. Egiaztapena	20,15677492
2. Egiaztapena	4,66%
3. Egiaztapena	9,83%

18. Taula: Neguko egiaztapenen kalkulua ezarritako bateria kopuruarekin

7.5 Erreguladorearen aukeraketa

Behin MPPT teknologia erabiltzea erabaki dela, erreguladoreak izan beharreko ezaugarriak aztertu dira ondorengo baldintzak kontuan hartuz.

- Tentsioak eremu fotovoltaikoaren berdina izan behar du.

$$V_{nominal-kz} = 12V$$

- Erreguladoreak, bere sarreran eman daitekeen korronterik handiena jasateko gaitasuna izan behar du, modulu fotovoltaikoetan sortu daitekeen korronte maximoa alegia. Korronte hau moduluetakoz zirkuitu-laburreko intentsitateari %25eko segurtasun tarte gehituz kalkulatu da. Moduluak taldetan banatu gabe erreguladore bakarrarentzako sarrerako intentsitatea handiegia litzateke eta ondorioz, 24 moduluak 4 taldetan banatzea erabaki da.

$$I_{sarrera} = N_{adar-paralelo} \cdot I_{ZLmodulo} \cdot 1,25$$

Modulu taldeak	Modulu kop/talde	$I_{sarrera}$
1	24	267,90 A
2	12	133,95 A
3	8	89,30 A
4	6	66,98 A

19. Taula: Erreguladorearen sarrerako intentsitatea

$$I_{sarrera} = 66,98A$$

- Erreguladoreak, eraikineko gailuek aldi berean jasan dezaketen intentsitate maximoa jasateko ahalmena izan behar du bere irteeran, %25eko segurtasun tartearekin ere.

$$I_{irteera} = P_{total-max} \cdot 230V \cdot 1,25 = 30,97A$$

Hiru baldintza hauek kontuan hartuta, 12V-tan lan egin dezakeen eta $I_{sarrera}$ eta $I_{irteera}$ jasan ditzakeen erreguladorea aukeratu da eta moduluak 4 taldetan banatzea erabaki denez, 4 erreguladore beharko dira.

Victron Blue Solar MPPT			
Modeloa	I_{karga}	Tentsioa	Prezioa
100/30	30 A	12/24 V	200 €
100/50	50 A	12/24 V	300 €
150/35	35 A	12/24 V	300 €
150/70	70 A	12/24/48 V	550 €
150/85	85 A	12/24/48 V	650 €

20. Taula: Erreguladorearen modelo ezberdinen ezaugarriak

7.6 Alderanzgailuaren aukeraketa

Alderanzgailuak bete beharreko baldintzei dagokienez, alde batetik, bere potentzia eraikinak aldi berean kontsumitu dezakeen potentzia totala baino handiagoa izan behar da.

$$P_{total-max} = 5.699W$$

Honetaz gain, kontutan izan behar dira sarrerako tentsioaren balioa (12V, korronte zuzena), irteerako tentsioaren balioa (230V, korronte alternoa) eta irteerako frekuentzia (50Hz).

Balio horien baitan aukeran dauden Phoenix Alderanzgailuetatik potentziari eta prezioari erreparatuz C12/2000 motakoa aukeratu da C12/1200 motakoa merkeagoa izan arren aldibereko potentzia maximoarekiko segurtasun tarte handiagoa izatea lehenetsi delako.

12V eta 50Hz-ko Phoenix Alderanzgailuak					
Modeloa	Potentzia	Prezioa	Kopuru beharrezkoa	Potentzia guztira	Kostu osoa
C12/1200	1.000 W	455 €	6	6.000 W	2.730 €
C12/1600	1.300 W	772 €	5	6.500 W	3.860 €
C12/2000	1.600 W	872 €	4	6.400 W	3.488 €
C12/3000	2.400 W	1.236 €	3	7.200 W	3.708 €

21. Taula: Alderanzgailu modelo ezberdinen ezaugarriak

Azken ezaugarri bezala errendimenduari erreparatu behar zaio. Behin modeloa aukeratuta alderanzgailuen sarrerako eta irteerako potentzien arteko erlazioa kalkulatu lortu daiteke bere balioa.

$$\eta = \frac{P_{total-max}}{P_{alderanzgailu} \cdot N_{alderanzgailu-kop}}$$

Fabrikatzaileak gomendatutako errendimendu maximoa %92koa izanik, bi aukera merkeenak berriro alderatuz ikusten da C12/1200 modeloaren kasuan muga balio hori gainditzen dela. Beraz, arrazoi honek ere C12/2000 motako alderanzgailuaren aukera berresten du.

Modeloa	Potentzia	Kopuru beharrezkoa	Potentzia guztira	Errendimendua
C12/1200	1.000 W	6	6.000 W	94,98%
C12/2000	1.600 W	4	6.400 W	89,05%

22. Taula: Alderanzgailu modelo ezberdinen errendimenduaren konparaketa

7.7 Kableatuaren dimentsionamendua

Instalaziorako kablea aukeratzeko honek izan behar duen sekzioa kalkulatu da hurrengo parametroen baitan:

- Konduktibitatea, kobrezko kablea izatea erabakita $k = 56m/\Omega mm^2$ baliokoa.
- Kableatuaren joaneko luzera, $L = 20m$.
- Eroaletik igaroko den korronea. Panel fotovoltaikoetan sortu daitekeen korronterik altuena bilatuz, paraleloan konektatuta dauden moduluen zirkuitu-laburreko intentsitateen batura erabili da. Ereku fotovoltaikoan paraleloan 6 moduluko taldeak osatzea erabaki denez, $I_{max} = I_{zirkuitulabur-panel} \cdot 6 = 53,58 A$.
- Muturren arteko tentsio erorketa. Etxebizitzetarako REBTren arabera %3koa dela kontsideratu daiteke. $U = 12 V \cdot 0,03 = 0,36 V$.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{k \cdot U} = 106,31 mm^2$$

Balio hauekin lortutako beharrezko sekzioa $106,31\text{mm}^2$ -koa da eta UNE HD 60364-5-52 arauak ekipoen aukeraketarako eskaintzen duen taulari erreparatuz, hormaren gainean kokatutako PVC2 motako kable batentzat eskuragarri dagoen hurrengo sekziorik handiena 120mm^2 -koa da.

Sekzio horretako kableak jasan dezakeen korrontea 260A -koa da, modulu fotovoltaikoek sortu dezaketen intentsitate maximoa baino nabarmen handiagoa, kalkulatu baita zirkuitu-laburreko egoeran $53,58\text{A}$ -ko intentsitatea azaldu daitekeela. Ondorioz, 120mm^2 -ko kablea egokia da instalaziorako.

7.8 Moduluen kokapena

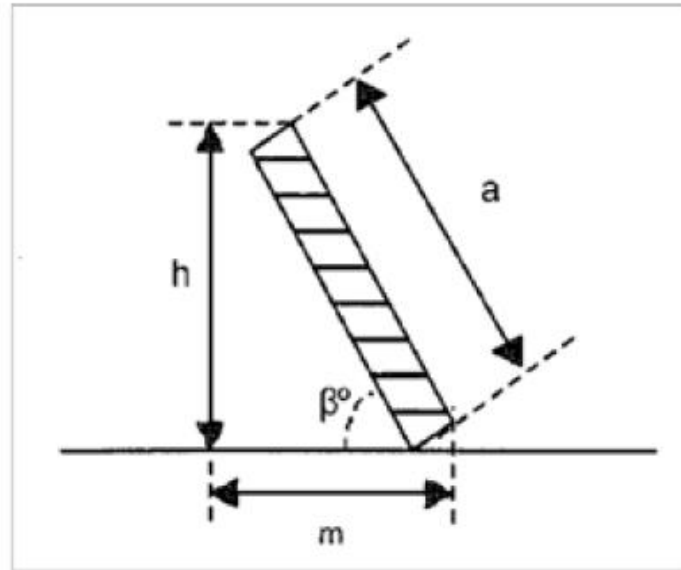
Instalazioa diseinatzeko orduan dauden baldintza geografikoak aztertuz, panel fotovoltaikoak instalatzeko bi aukera identifikatu dira. Alde batetik, eraikinaren teilatuan kokatzea eta bestetik, eraikinaren ondoko landan. Teilatuan itzalen ondoriozko galerak txikiagoak dira, baina ez du ahalbidetzen panelak hegoalderantz orientaturik kokatzea. Bi faktore horiek kontuan harturik, itzalak eta orientazioa, panelak landan kokatzea erabaki da baldintza egokiagoak aurkezten dituela ondorioztaturik.



- Teilatua. Baztertutakoa
- Landa. Aukeratutakoa

15. Irudia: Moduluen kokapenerako aukerak

Lekua aukeratuta, modulu bakoitzaren kokapena ondorengoa litzateke zehaztutako inklinazioari jarraituz. Hautatutako modeloaren zabalera ($a = 664\text{mm}$) eta ezarritako orientazioa ($\beta = 33^\circ$) jakinda moduluek izango duten altuera kalkulatu daiteke.

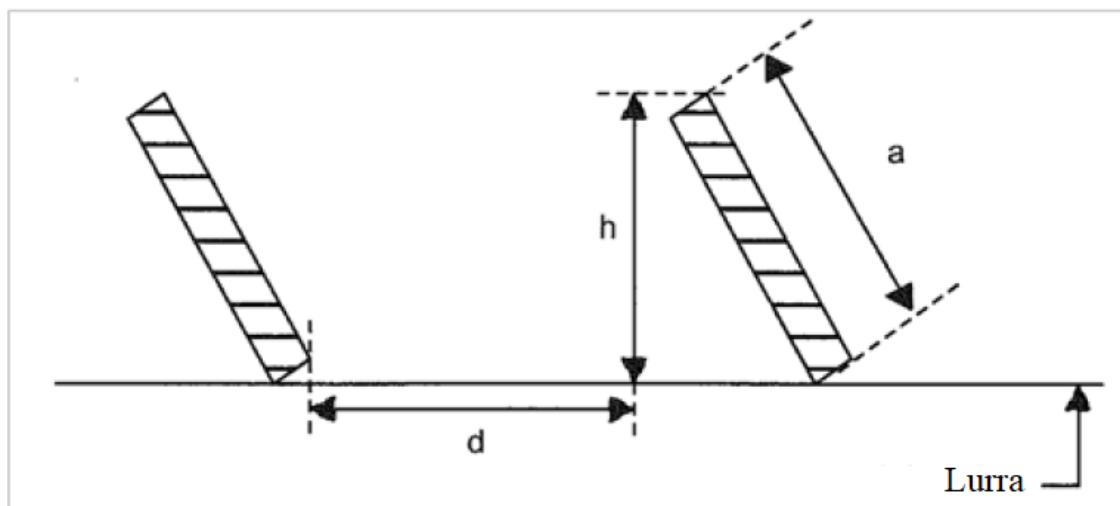


16. Irudia: Moduluen inklinazioarako balioak

$$h = a \cdot \sin(\beta) = 332 \text{ mm}$$

$$m = a \cdot \cos(\beta) = 556,88 \text{ mm}$$

Bakoitzaren altuera ezagututa, moduluen arteko itzalen eragina murriztea bilatuz hauen artean utzi beharreko distantzia (d) zehaztu da, kokapen geografikoaren latitudea kontuan hartuz.



17. Irudia: Moduluen arteko distantzia

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitudea})} = 1.021,79 \text{ mm}$$

Distantzia honetara kokaturik, 8 moduluk 3 hilera osaturik ondoko azalera beteko luke jasotze eremuak:

$$A_{totala} = (8 \cdot 1,488) \cdot (3 \cdot 0,55688 + 2 \cdot 1,02179) = 11,904 \text{ m} \cdot 3,714 \text{ m} = 44,211 \text{ m}^2$$

8. LANAREN DESKRIBAPENA. GANTT

Proiektuaren planifikaziorako ondorengo faseak bereizi dira.

1. Hasierako azterketa. Lehenbizi proiektuaren helburu den eraikina aukeratu da eta jarraian honen azterketa bat burutu da. Kokapen geografikoak eskaintzen dituen baldintza geografikoak aztertu dira irradiazioaren balioak ezagutzeko eta moduluen kokapenerako aukerak identifikatzeko.

Ondoren, eraikinaren beharizan energetikoen ikasketa burutu da gailu bakoitzaren kontsumoa eta erabilera orduak aztertuz. Horrela eraikinaren neguko eta udako eskakizun energetikoak lortu dira.

2. Instalazioaren zehaztapena. Atal honetan instalazioak behar dituen modulu fotovoltaikoak, bateriak, erreguladoreak, alderanzgailuak eta kableatua aukeratu dira, bakoitzak bete beharreko baldintzak identifikatu ondoren.

3. Proiektuaren elaborazioa. Aurreko atalarekin amaitu baino lehen, kableatua eta moduluen kokapena zehaztea faltan, proiektuaren dokumentu idatzia garatzen hasi da. Honekin batera proiektuaren bideragarritasun ekonomikoaren ikasketa egin da.

4. Muntaia. Azkenik, proiektuan fase gehigarri bat txertatu da, erabakitako instalazio fotovoltaikoaren elementuak eskuratzea eta instalatzea barne bilduko lituzkeena.

Id	Moi/Nombre de tarea	Duración	Gantt chart
1	Hasierako azterketa	10 dias	018 08 13 18 23 28 mayo 2018 03 08 13 18 23 28 junio 2018 02 07 12 17 22 27 julio 2018 12 17 22 27 ago 01
2	Eguzki energia erabilgarria zehaztu	3 dias	
3	Beharrian energetikoak zehaztu	7 dias	
4	Instalazioaren zehaztapena	20 dias	
5	Jasotze eremuaren dimentsionamendua	5 dias	
6	Metatze sistemaren dimentsionamendua	3 dias	
7	Erreguladorearen aukeraketa	1 dia	
8	Alderantzgailuaren aukeraketa	2 dias	
9	Ekipoaren berrikuspena	7 dias	
10	Kableatuaren dimentsionamendua	1 dia	
11	Moduluaren kokapenaren zehaztapena	1 dia	
12	Proiektuaren dokumentua garatu	25 dias	
13	Bideragarritasun ekonomikoa aztertu	3 dias	
14	Dokumentua idatzi	25 dias	
15	Instalazioaren muntaita	23 dias	
16	Ekipoa lortu	10 dias	
17	Ekipoaren muntaita	10 dias	
18	Frogak eta martxan jartzea	3 dias	

<p>Tarea</p> <p>Division</p> <p>Hito</p> <p>Resumen</p> <p>Resumen del proyecto</p> <p>Tarea inactiva</p> <p>Hito inactivo</p>	
--	--

Proyecto: GRAL
 Fecha: mar 12/06/18

9. AURREKONTUA

Proiektuaren bideragarritasun ekonomikoa aztertzeko aurrekontua burutu da. Honen baitan bost atal nagusi bereizi dira:

- Barne orduak: proiektua garatzeko beharrezkoak diren langileen lan orduak. Ingeniariaren eta proiektu zuzendariaren lana proiektuaren diseinu fasean zentratuko lirateke. Beharginena aldiz, instalazioaren muntaia fasean.
- Gastuak: proiekturako erabiltzen den materiala. Hemen instalazio fotovoltaikoak eskatzen dituen ekipoak sartzen dira, proiektuaren garapenean zehar ondorioztatu direnak. Kableatuaren prezioa katalogoan eskuragarri ez zegoenez, enpresa ezberdinak kontsultatu ondoren ikusi da 1-10 €/m tartean egon zitekeela eta ondorioz prezio posiblerik handiena hartzea erabaki da kalkuluetarako .
- Kostu ez-zuzenak: proiektuaren ekoizpenarekin zuzenki erlazionatuta ez dauden gastuak, azaldu daitezkeen bestelako kostuak. Kasu honetan kostu zuzenen ehuneko bezala adierazi dira.
- Ezusteak: aurreikusi gabeko gastuei aurre egin ahal izateko zehazten den ehunekoa.

Proiektuaren aurrekontuan ez da amortizaziorik sartu. Alde batetik, eskuratu beharreko ekipo guztiak ez du proiektuaz haratago erabilerarik izango eta beraz gastu bezala izendatu da. Bestetik, instalazioa isolatua denez gauzatzeko orduan ez dago lizentziarik ordaindu beharrik.

BARNE ORDUAK	Ordu kopurua	Orduko kostua	Kostu totala
Ingeniaria	200	30,00 €	6.000,00 €
Proiektu zuzendaria	20	40,00 €	800,00 €
Beharginak	300	20,00 €	6.000,00 €
			12.800,00 €

23. Taula: Barne Orduak

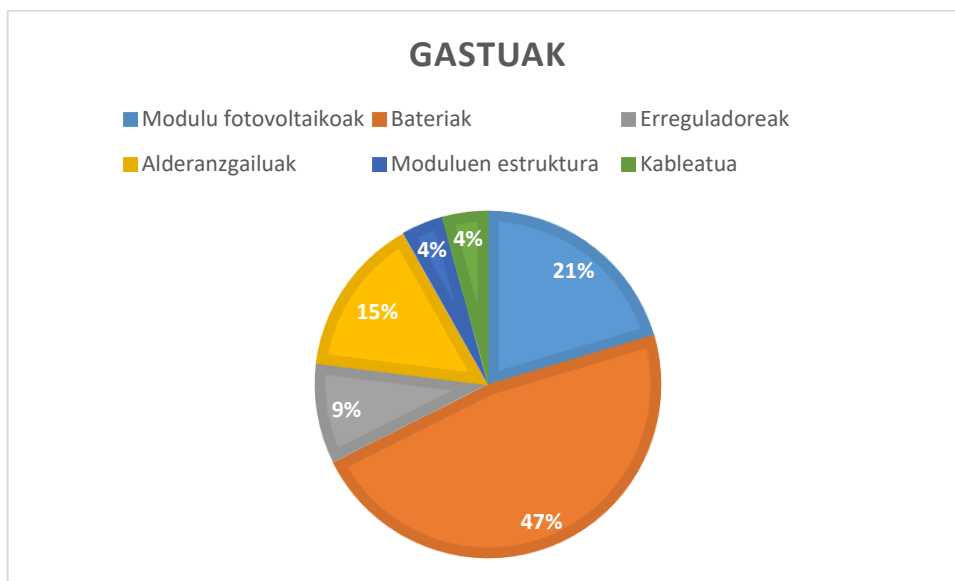
GASTUAK	Kopurua	Prezioa	Kostu totala
Modulu fotovoltaikoak	24	200,00 €	4.800,00 €
Bateriak	48	231,00 €	11.088,00 €
Erreguladoreak	4	550,00 €	2.200,00 €
Alderanzgailuak	4	872,00 €	3.488,00 €
Moduluen estruktura	6 (4 mod bakoitzean)	153,78 €	922,68 €
Kableatua	100 m	10,00 €/m	1.000,00 €
			23.498,68 €

24. Taula: Gastuak

KOSTU ZUZENAK	36.298,68 €
Kostu ez-zuzenak (%7)	2.540,91 €
Azpitotala 1	38.839,59 €
Ezusteak (%8)	3.107,17 €
KOSTU TOTALA	41.946,75 €

25. Taula: Kostu totala

Ikus daiteke proiektuaren kostuaren zati nagusia instalazioaren ekipoaren gastuak eskatzen duela. Honen baitan, bateriak dira gasturik handiena eragiten dutenak.



18. Irudia: Gastuak

Instalazioaren inplementazioaren kostua jakinda, honen aurretik kontratatutako potentziaren eta urteko kontsumoaren ondoriozko gastuak ezagututa aurreikusi daiteke ekonomikoki zenbat aurrezteko aukera eman dezakeen eta inbertitutakoa zenbat urteren buruan berreskuratuko litzatekeen.

Kalkuluak, Iberdrola enpresarekin sinatutako kuota finkoko zerbitzuan oinarritzen dira, zeinetan kontratatutako potentziaren prezioa $0,115187 \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{egun}}$ den eta kontsumoarena, aldiz, $0,12 \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{ordu}}$.

$$\begin{aligned} \text{Kontratatutako potentziaren gastua: } & 9,2 \text{ kW} \cdot 365 \text{ egun} \cdot 0,115187 \frac{\text{€}}{\text{kW} \cdot \text{egun}} \\ & = 386,8 \text{ €} \end{aligned}$$

Urteko kontsumoa kalkulatzeko estimatu da, neguko kontsumoarekin alderatuz, udazkenekoa %20 handiagoa dela eta udaberrikoa %35 handiagoa.

	Kontsumoa (W·ordu/egun)	Prezioa (€/kW·ordu)	Aurreztu	Urtaro osoan
Neguan	5.096,85	0,12	0,61 €/egun	55,05 €
Udazkena	6.116,22	0,12	0,73 €/egun	66,06 €
Udan	7.449,00	0,12	0,89 €/egun	80,45 €
Udaberria	6.880,75	0,12	0,83 €/egun	74,31 €
			Urte osoan	275,86 €

26. Taula: Urteko kontsumoaren gastua 1

Azkenik, kontratatutako potentziaren eta urteko kontsumoaren kostuaren baturari zerga elektrikoa eta BEZa gehitu zaizkio.

Azpitotala 1	662,66 €
Zerga elektrikoa (%5,113)	33,88 €
Azpitotala 2	696,54 €
BEZ (%21)	146,27 €
TOTALA	842,82 €

27. Taula: Urteko konstumoaren gastua 2

Lortutako datuen arabera 50 urteren buruan berreskuratuko litzateke egindako inbertsioa. Hala ere, urtero instalazioaren mantenturako kostua eta elementuen bititza erabilgarria gainditu ahala hauek ordezkatu beharra dagoela kontuan hartuta urtero gastu bat egoteak epe hori luzatuko luke.

$$\frac{41.946,75\text{€}}{\frac{842,82\text{€}}{\text{urte}}} = 49,7698 \text{ urte}$$

10. ONDORIOAK

Proiektua amaituta atera diren ondorio nagusiak ondorengoak dira:

- Teknikoki bideragarria da. Hasieratik azaldu den oztopoa udako eta neguko egoeren arteko ezberdintasuna izan da. Honek eskatu du eguzki energia erabilgarri eta kontsumo ezberdineko bi egoeretarako instalazio bat lortzea. Kalkuluei esker hautatutako ekipoen bidez instalazioaren funtzionamendua bi urtarotetan era egokian bermatu daitekeela ikusi da.

- Inbertsio handia eskatzen du. Proiektuaren kostua handia da eraikin bakarrerako instalakuntza dela kontuan hartuta. Hau murrizteko era bat litzateke sarera konektatutako instalazio bat diseinatzea isolatuaren orde, aurrekontuaren zatirik handiena osatzen duten bateriak aurreztuko liratekeelako. Aldiz, isolatutako instalazioarekin aurrera jarraitzea erabakiko balitz posible litzateke epe luzera inbertsioa berreskuratzea urtero aurrezteko aukera ematen duena kontuan hartuta.

Era berean, energia berriztagarriek etorkizunera begira paper erabakigarria jokatzeko duten heinean hauek garatu ahala ekonomikoki lehiakorragoak bilakatuko direla aurreikusi daiteke.

- Ingurumen inpaktuaren murrizpena. Energia berriztagarrien indargune nagusiari helduz, instalazio fotovoltaikoen hedapenak gas kutsakorren emisioa jaitea ahalbidetzen du. Esan bezala, instalazioaren inpaktu adierazgarriena moduluetarako materialaren ekoizpenean eta garraioan eman daiteke. Energia sorkuntzan, aldiz, ez du eraginik sortzen.

11. BIBLIOGRAFIA

Instalazio fotovoltaikoaren zehaztapenerako jarraitutako urratsak ondorengo dokumentuan azaldutakoak dira:

- “Dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados”, Javier Mazón

Erradiazio datuak lortzeko ondoko iturriak kontsultatu dira:

- “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT” – AEMET
- Energía solar térmica – IDAE
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS):
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>
- PVsyst Photovoltaic Software: <http://www.pvsyst.com/en/>

Ekipoaren aukeraketarako katalogoa:

- SumSol enpresa: <http://sumsol.es/index.html>

Kontratutako potentziaren eta kontsumo elektrikoaren datuak:

- <https://tarifasgasluz.com/faq/iberdrola/tarifas/basico>

12 ERANSKINAK

12.1 LEGEDIA

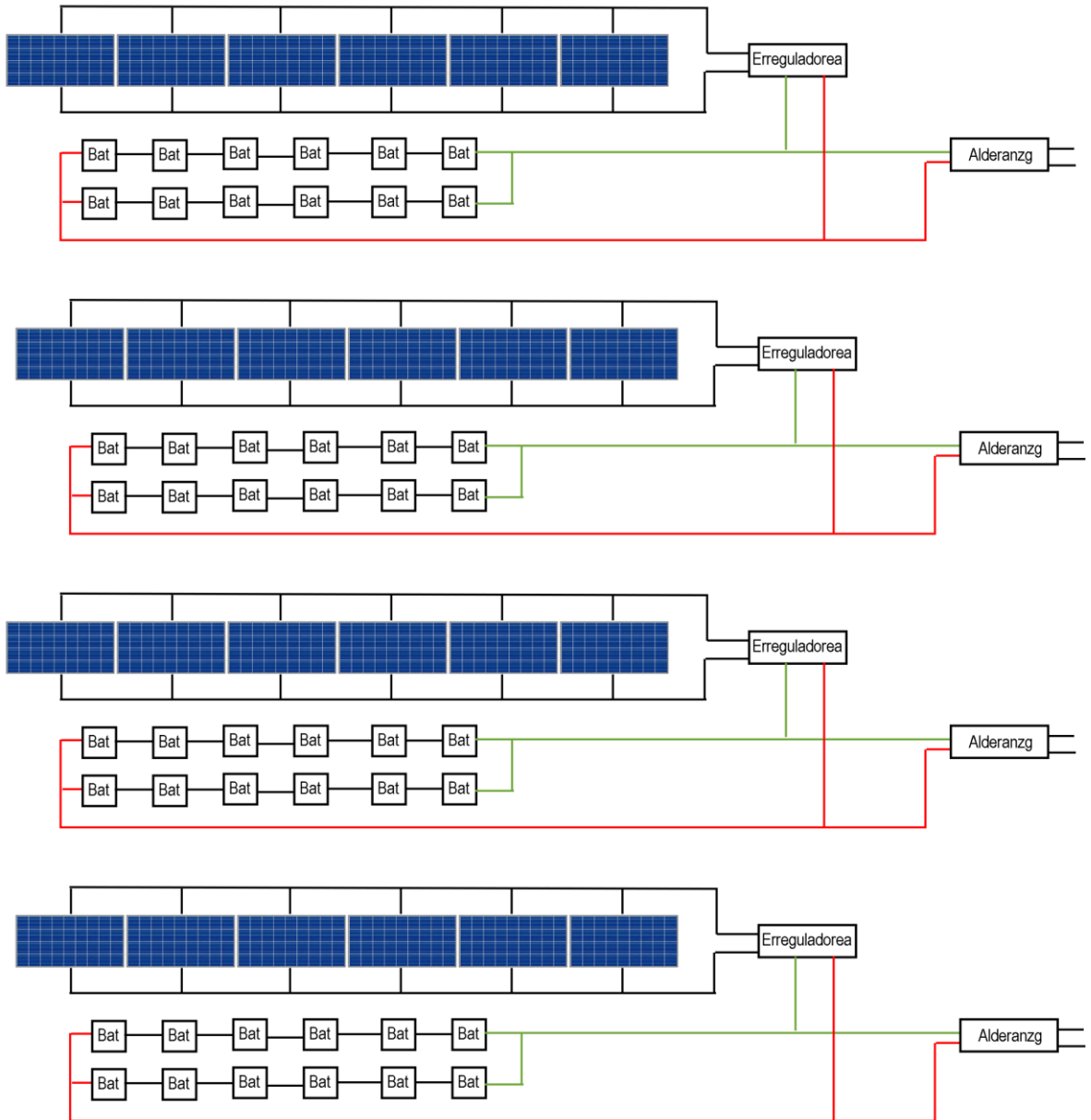
Autokontsumo fotovoltaikoari dagokionez, 2015eko urrian hau erregulatzeko Errege Dekretu Legegilea onartu zen, ED 900/2015. Honek, instalazio hauen sarerako hornikuntza eta kontsumorako baldintza administratibo, tekniko eta ekonomikoak erregulatzeko dituzte.

Honen arabera, bi eratako instalazioak bereizten dira, lehenengoak 100kW-tik beherako kontratatutako potentzia dutenak batzen dituelarik eta bigarrenak instalazio handiak. Isolatutako instalazio fotovoltaikoek ez dute eraginik jasaten eta beraz tasa berririk ordaintzeaz aske geratzen dira.

Honetaz gain kontuan hartzeko dekretuak:

- ED 13/2012. Sistema elektrikoan kostuen murrizketarako neurriak.
- ED 1699/2011. Potentzia txikiko energia elektrikoaren sorkuntzarako instalazioen sarerako konexioa erregulatzeko da.
- ED 1110/2007. Sistema elektrikoaren neurketa puntuen Arautegi bateratua onartzen da.
- ED 842/2002. Behe tentsiorako araudi elektroteknikoa.
- ED 1955/2000. Energia elektrikoaren garraio, banaketa, komertzializazio, hornikuntza eta baimen prozesuak erregulatzeko dira.

12.2 PLANOA



12.3 EMAITZAK

Beharriaren zehaztapena	
Udako kontsumoa	7449 W·ordu/egun
Neguko kontsumoa	5096,854 W·ordu/egun
Aldibereko potentzia	5.699 W
$Q_{\text{kontsumitua}}$ (Negua)	424,74 A·ordu/egun
$Q_{\text{kontsumitua}}$ (Uda)	620,75 A·ordu/egun
Kb	5%
Ka	0,50%
Kc	10%
Kr	5%
Kv	10%
Dautonomia	3 egun
Pdeskarga	80%
KT	0,686875
Cmax (Negua)	618,36 A·ordu/egun
Cmax (Uda)	903,73 A·ordu/egun

Eguzki energia erabilgarriaren zehaztapena	
Inklinazioa	30°
Itzalen galerak	10,00 %
Inklinazio Faktorea	0,99892
Erradiazioa (Negua)	1,14 kW·ordu/m ² -egun
Erradiazioa (Uda)	5,23 kW·ordu/m ² -egun
HPS (Negua)	1,14 ordu/egun
HPS (Uda)	5,23 ordu/egun

Jasotze eremuaren dimentsionamendua	
$V_{\text{nominal_KZ}}$	12 V
$V_{\text{nominal_panel}}$	12 V
P_{pico}	150 Wp
$I_{\text{zirkuitulabur_panel}}$	8,93 A
$I_{\text{MPP_panel}}$	8,38 A
$R_{\text{dto_panel}}$	90%
Erabilera egunak/aste (Negua)	3
Erabilera egunak/aste (Uda)	7
$N_{\text{adar-paralelo-NEGUA}}$	22,98454233
$N_{\text{adar-paralelo-UDA}}$	17,06641483
$N_{\text{adar-paralelo}}$	24
$N_{\text{adar-serie}}$	1

Metatze sistemaren dimentsionamendua	
Deskarga sakokntasuna (PD)	0,8
Temperatura eragina (RT)	0,8
$C_{\text{metatze-sistema}}$ (Negua)	2898,57 Ah
$C_{\text{metatze-sistema}}$ (Uda)	4236,24 Ah
$C_{\text{nominal-bateria}}$	540 Ah
$V_{\text{nominal-bateria}}$	2 V
$N_{\text{bateria-paralelo-NEGUA}}$	5,367731187
$N_{\text{bateria-paralelo-UDA}}$	7,844884238
$N_{\text{bateria-paralelo}}$	8
$N_{\text{bateria-serie}}$	6

Erreguladorearen aukeraketa	
Tentsioa	12 V
I_{sarrera}	66,98 A
I_{irteera}	30,97 A
I_{karga}	70,00 A
Erreguladore kopurua	4

Alderanzgailuaren aukeraketa	
$P_{\text{total-max}}$	5699 W
Sarrerako tentsioa	12 V
Irteerako tentsioa	230 V
$P_{\text{alderanzgailu}}$	1600 W
Alderanzgailu kop	4
Potentzia guztira	6400 W
Errendimendua	89,05 %

Kableatuaren dimentsionamendua	
Konduktibitatea ($\text{m}/\Omega\text{mm}^2$)	56
Luzera	20 m
I_{max}	53,58 A
Tentsio erorketa	0,36 V
Sekzioa	120 mm^2

Moduluen kokapena	
Moduluen arteko distantzia (d)	1021,790547
Moduluek beharrezko azalera	44,211456 m^2