

INGENIARITZA ELEKTRIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***MIKROSARE ELEKTRIKO ADIMENDUN BATEN
DISEINUA LEIOAKO CAMPUSEAN***

Ikaslea: Setien, Fernandez, Jon

Zuzendaria: Oñederra, Leyaristi, Oier

Kurtsoa: 2019-2020

Data: 2020/02/10

INGENIARITZA ELEKTRIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

***MIKROSARE ELEKTRIKO ADIMENDUN BATEN
DISEINUA LEIOAKO CAMPUSEAN***

2. DOKUMENTUA - MEMORIA

Ikaslea: Setien, Fernandez, Jon

Zuzendaria: Oñederra, Leyaristi, Oier

Kurtsoa: 2019-2020

Data: 2020/02/10

AURKIBIDEA

1	HITZ-LABURDURAK	7
2	SARRERA	8
3	TESTUINGURUA	9
3.1	Sektore elektrikoaren erronkak.....	9
3.2	Ekoizpen banatua	10
3.3	Sorkuntza berriztagarriaren izaera deszentralizatua eta bere inpaktua sarearen erregulazioan	12
3.4	Mugikortasun elektrikoak	14
3.5	Energia elektrikoaren biltegiatze-sistemak	15
3.6	Sare adimentsuak	17
3.6.1	Zer dira Sare adimentsuak?	17
3.7	Mikrosare elektrikoak.....	19
3.7.1	Zer dira mikrosare elektrikoak?	19
3.7.2	Mikrosare elektrikoaren egitura	20
3.7.3	Mikrosarearen kontroladoreak.....	22
3.7.4	Operazio moduak.....	23
3.7.5	Kontrol motak	23
4	HELBURUAK	25
5	ONURAK.....	26
5.1	Onura teknikoak	26
5.2	Onura sozialak	26
5.3	Onura ekonomikoak	26
6	PROIEKTUAREN HEDADURA	27
7	BEZEROAREN BALDINTZAK	28
8	HARTUTAKO EBATZIA	29
8.1	Mikrosare elektriko adimendunaren diseinua	29
8.1.1	Ezaugarri nagusiak	29
8.1.2	Mikrosare elektriko adimendunaren egitura.....	31
8.1.3	Modbus protokoloa	32
8.1.4	RS485 interfazea	32
8.1.5	Elementu nagusiak.....	32
8.1.5.1	Schneider Electric-en Conext produktu familia	33
8.1.5.2	Conext CL-60E MPPT bihurgailua	33
8.1.5.3	Conext gateway	34
8.1.5.4	Conext XW+ 8548E bihurgailu/kargagailua	35
8.1.5.5	Conext Combox	36
8.1.5.6	Conext Battery Monitor.....	36
8.1.5.7	Ibilgailu elektrikoaren karga puntuak	37
8.1.5.8	Conext Insight 2 programa	38
8.1.5.9	Kontagailu adimendunak.....	38
8.1.6	Funtzionamendu moduak	39
8.2	Parke fotovoltaikoaren diseinua.....	41
8.2.1	Kokapenaren datuak	41
8.2.2	Diseinu irizpideak.....	42
8.2.3	Modulu fotovoltaikoaren aukeraketa	42
8.2.4	Bihurgailuaren aukeraketa.....	45
8.2.5	Moduluen fotovoltaikoaren antolamendua.....	45
8.3	Biltegiatze instalazioen diseinua	46

8.3.1	Ibilgailu elektrikoen azterketa	46
8.3.2	Metatze teknologiaren alternatiben analisisa	46
8.3.2.1	Berun-azido	46
8.3.2.2	Litio-ioizko bateriak	47
8.3.3	Hartutako ebazpidea.....	47
8.3.4	Hartutako ebazpidea.....	48
8.4	Kableatua.....	50
8.4.1	Korronte zuzeneko kableatua.....	50
8.4.2	Korronte alternoko kableatua.....	51
8.4.3	Lur azpira igarotzeko hodia.....	52
8.5	Sarerako konexioa	53
8.6	Babes elementuak	55
8.6.1	Koadro elektrikoak.....	56
8.6.2	Babesak korronte zuzenean.....	56
8.6.2.1	Bihurgailuen babes elementuak.....	56
8.6.2.2	Korronte zuzeneko koadroaren babesak.....	57
8.6.3	Babesak korronte alternoan	58
8.6.3.1	Babesak gainkarga eta zirkuitulaburren aurka	58
8.6.3.2	Babesak kontaktu zuzenen eta ez-zuzenen aurka.....	58
8.6.3.3	Gaintentsio deskargagailua	59
8.6.4	Bateria bankuaren eta bihurgailu kargagailuaren arteko babesak.....	59
8.6.5	Babesak sare elektrikoarekin akoplamendu puntuan	59
9	PLANGINTZA	61
9.1	Gantten diagrama.....	62
9.2	Baliabideen diagrama	63
10	AURREKONTUA	64
11	SIMULAZIOA HOMER PRO PROGRAMAREKIN	65
11.1	Zer da HOMER Pro?.....	65
11.2	Instalazioak definitzea	66
11.2.1	Kokapena	66
11.2.2	Karga profila definitzea	66
11.2.3	Sarearekiko elkarrekintza	67
11.2.4	Modulu fotovoltaikoa.....	67
11.2.5	Bihurgailua.....	69
11.2.6	Haize-sorgailua	69
11.2.7	Bateria bankua	70
11.2.8	Eguzki-baliabidea	71
11.2.9	Haize-baliabidea	72
11.2.10	Tenperatura baliabidea	72
11.2.11	Mikrosarearen eskema.....	73
11.3	Lortutako emaitzak	74
11.3.1	Konfigurazio bideragarrienak	74
11.3.2	Analisi ekonomikoa	74
11.3.3	Energia ekoizpena hilabeteko	75
11.3.4	Sare elektrikoarekin elkarrekintza.....	76
11.3.5	Baterien karga egoeraren kudeaketa	76
12	ONDORIOAK	78
13	ERREFERENTZIAK.....	79

IRUDIEN AURKIBIDEA

1. Irudia.	Espainiako sistema elektrikoaren potentzia instalatua	10
2. Irudia.	Ekoizpen banatuko sistema elektriko baten eskema	11
3. Irudia.	Euskadin matrikulatutako ibilgailu elektrikoaren %	15
4. Irudia.	Karga puntu publikoen ratioa ibilgailu elektrikoaren kopuruarekiko	15
5. Irudia.	Ragoneren diagrama	17
6. Irudia.	Mikrosare elektriko baten egitura	21
7. Irudia.	Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatearen estalkia	29
8. Irudia.	Campuseko galeriak	30
9. Irudia.	Mikrosare elektriko adimenduaren eskema	31
10. Irudia.	Modbus protokoloaren funtzionamendu eskema	32
11. Irudia.	RJ45 konektorearen pinak.....	34
12. Irudia.	Irudia. RS485 interfazearen konexioak	34
13. Irudia.	Conext Gateway tresna	35
14. Irudia.	Conext Combox	36
15. Irudia.	Conext Battery Monitor	36
16. Irudia.	ZIV 5CTE kontagailu adimentsua.....	38
17. Irudia.	ZIV 5CTE kontagailu adimendunaren konexio eskema	39
18. Irudia.	Conext XW+ 8548E bihurtgailuaren barne zirkuitua	40
19. Irudia.	GKZ fakultatearen kokapena.....	41
20. Irudia.	Ziklo kopurua eta deskarga sakontasuna	48
21. Irudia.	TOPSOLAR PV ZZ-F (AS) kablea.....	51
22. Irudia.	POWERHARD F RVFV-K kablea	52
23. Irudia.	Conext CL-60E bihurtgailuaren fusibleak	56
24. Irudia.	Conext CL-60E bihurtgailuaren gaintentsio deskargagailuak	57
25. Irudia.	Fase banatzaile konexio-borna	58
26. Irudia.	1 kV baino gehiagoko sarera konektatutako instalazio ekoizleen babesen eskema	60
27. Irudia.	Gantten diagrama	62
28. Irudia.	Baliabideen diagrama.....	63
29. Irudia.	Mikrosare elektriko adimenduaren kokalekua	66
30. Irudia.	Karga profila	67
31. Irudia.	Sare elektrikoarekin elkarrekintza parametroak.....	67
32. Irudia.	Modulu fotovoltaikoaren potentzia eta prezia	68
33. Irudia.	Modulu fotovoltaikoaren posizionamendu datuak.....	68
34. Irudia.	Modulu fotovoltaikoaren ezaugarriak	69
35. Irudia.	Conext CL-66E bihurtgailuaren ezaugarriak	69
36. Irudia.	Sorgailu eolikoaren ezaugarriak	70
37. Irudia.	Bateria bankuaren ezaugarriak	71
38. Irudia.	Eguzki baliabidearen datuak	71
39. Irudia.	Haize baliabidearen datuak.....	72
40. Irudia.	Tenperatura baliabidearen datuak	72
41. Irudia.	Mikrosarearen eskema.....	73
42. Irudia.	Sistema bideragarrienak	74
43. Irudia.	Metatutako diru fluxu izendatuaren bilakaera	75
44. Irudia.	Energia ekoizpenaren estimazioa	75
45. Irudia.	Baterien karga egoeraren kudeaketa.....	77

TAULEN AURKIBIDEA

I. Taula.	Ekoizpen banatuen erabilitako sorgailuak	12
II. Taula.	Energiaren biltegitratze sistema ezberdinen ezaugarriak.....	16
III. Taula.	Sare klasikoaren eta etorkizuneko sarearen egituren ezaugarri nagusiak	18
IV. Taula.	Potentziaren araberako mikrosareen sailkapena	20
V. Taula.	Mikrosare elektriko adimenduen ezaugarriak.....	29
VI. Taula.	Conext CL-60E bihurtailuaren ezaugarriak	33
VII. Taula.	Conext XW+ 8548E bihurtailuaren ezaugarriak.....	35
VIII. Taula.	Ingerev City Ground elementuaren ezaugarriak.....	37
IX. Taula.	ZIV 5CTE kontagailu adimendunaren ezaugarriak	38
X. Taula.	Gizarte Zientzien eta Komunikazioen fakultatearen estalkiaren datuak.....	41
XI. Taula.	Modulu fotovoltaikoen arteko konparaketa.....	44
XII. Taula.	Parke fotovoltaikoaren konfigurazioa.....	45
XIII. Taula.	Ibilgailu elektrikoaren datuak.....	46
XIV. Taula.	Bauer 11 Solar 2400 bateriaren ezaugarriak.....	49
XV. Taula.	Korronte zuzeneko kableatuaren sekzioak	50
XVI. Taula.	TOPSOLAR PV ZZ-F (AS) kablearen ezaugarriak	51
XVII. Taula.	Korronte alternoko kableatuaren ezaugarriak.....	52
XVIII. Taula.	POWERHARD F RVF-K kablearen ezaugarriak	52
XIX. Taula.	GKZFren transformazio zentroko transformadoreen ezaugarriak.....	53
XX. Taula.	Koadro elektrikoaren ezaugarriak	56
XXI. Taula.	CITEL DS50PVS tentsio deskargagailuaren ezaugarriak	57
XXII. Taula.	Plangintza	61
XXIII. Taula.	Gauzatze Materialaren Aurrekontua	64
XXIV. Taula.	Kontratuen Aurrekontua.....	64
XXV. Taula.	Aurrekontu Totala	64
XXVI. Taula.	Aukeratutako sistemaren ezaugarriak	74
XXVII. Taula.	Sareari saldu-erositako energia.....	76

1 HITZ-LABURDURAK

AGC	<i>Automatic Generation Control</i> , Ekoizpenaren kontrol automatikoa.
BEV	<i>Battery Electric Vehicles</i> , Bateriadun ibilgailu elektrikoa.
BT	Behe Tentsio.
BTS	Bateria Tenperatura Sentsorea.
DG	<i>Distributed Generation</i> , Ekoizpen banatua.
DOD	<i>Depth of Discharge</i> , Deskarga-sakonera.
DR	<i>Demand Response</i> , Eskaerarekiko erantzuna.
EAE	Euskal Autonomia Erkidegoa.
GKZF	Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatea.
ICT	<i>Information and Communication Technology</i> , Informazio eta komunikazioen teknologiak.
JTO	Jarraibide Tekniko Osagarria.
KA	Korronte Alternoa.
KZ	Korronte Zuzena.
ME	Mikrosare Elektrikoa.
MGCC	<i>MicroGrid Center Controller</i> , Mikrosarearen kontrolagailu zentrala.
MPPT	Maximum Power Point Tracking, Potentzia maximoko puntuaren jarraipena.
NOC	Normal Operating Conditions, Operazio baldintza normalak.
PCC	<i>Point of Common Couple</i> , Akoplamendu Puntu Komuna.
PEV	<i>Plug-in Electric Vehicle</i> , Ibilgailu elektriko entxufagarria.
PHEV	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i> , Ibilgailu elektriko hibrido entxufagarria.
PR	Performance Ratio, Errendimendu energetikoa.
SG	<i>Smart Grid</i> , Sare adimentsua.
SP	<i>Smart PIKAe</i> , Leku adimentsua.
STC	Standard Test Conditions, Neurketak baldintza estandarretan.

2 SARRERA

Gradu Amaierako Lan honetan, “Mikrosare Elektriko Adimendun baten Diseinua Leioako Campusean” izena duena, ibilgailu elektrikoaren karga puntuak hornituko dituen mikrosare elektriko adimendun bat diseinatuko da. Horretarako jatorri berriztagarriko energia fotovoltaikoa ekoiztuko du, aldi berean energiaren biltegitratze instalazio baten laguntza izango duela.

Dokumentu honetan proiektu honen diseinurako beharrezkoak diren argibideak eta zehaztasunak aurkeztuko dira. Lehenik eta behin, lanaren testuingurua landu da proiektuaren motibazioa eta geroago erabiliko diren hainbat kontzeptu azaltzeko asmoarekin. Ondoren, proiektuaren helburuak zerrendatu dira. Eta jarraitzeko, instalazio hau gauzatzeagatik lortzen diren onura tekniko, sozial eta ekonomikoak aurkeztu dira.

Hasieran egindako argibideen ostean, lanaren mamia garatu da. Hasteko bezeroak ezarritako espezifikazio teknikoak adierazi dira. Geroago, alternatibaren analisia jorratu da soluzio eraginkorrena topatzeko xedearekin. Hurrengo, hartutako ebazkia garatu eta azaldu da, bertan mikrosarea osatzen duten instalazio ezberdinen diseinua zehaztuz eta hauek osotzen duten elementuen deskribapen sakona gauzatuz. Diseinatu diren instalazioak mikrosarea orokorrean, parke fotovoltaikoa, biltegitratze sistema, kableatua, sarerako konexioa eta beharrezkoak diren babes elektrikoak dira. Honekin jarraituz, lanaren plangintza garatu da Gantt diagrama eta baliabideen diagrama erabiliz. Diseinuarekin amaitzeko, Aurrekontu Totala ere gehitu da.

Bestalde, *HOMER Pro* programa erabilia energia fotovoltaikoa eta eolikoa konbinatzen dituen mikrosare elektriko adimendun baten diseinua, simulazioak eta honen analisi ekonomikoa gauzatu da.

Azkenik, proiektuaren ondorio garrantzitsuenak adierazi dira eta erreferentzietan informazio iturrien zerrenda egin da.

3 TESTUINGURUA

Energia seguru, iraunkor eta lehiakor bat lortzeko helburuarekin, Europar Batasunak 2020 estrategia deritzon akordioaren alde apustu egin zuen eredu energetiko berri bat ezartzearen. Hainbat argibideren arabera, Europak hazkunde ekonomiko errekurtsuen kontsumotatik bereizketa bultzatu nahi du eta lehentasuna eman efizientzia eta aurrezte energetikoari. Akordioaren dokumentuak [1] ildo honetatik jarraituz, Europaren deskarbonizazioa, ibilgailu elektrikoak sustatzea, energia alternatiboen erabilera eta abar ezarri nahi du. Horrenbestez, bere helburuak lortzeko, Europar Batasuna honako bi proiektu hauetan inbertitu beharko litzuke bere indarrak:

1. Izaera deszentralizatua duten teknologia berriztagarrien integrazio hobeago bat lortzeko, biltegitarte elektrikoak ahalbidetzen duten unitateak instalatu tentsio maila guztietan. Baita ibilgailu elektrikoak erabiltzen dituztenak ere.
2. Energia berriztagarriak, efizientzia energetikoa, sare adimentsuak eta negozio energetiko berrien abantailak erabili hirietako kontsumitzaileak energia ekoizteko behe tentsioan.

Teknologia hauek guztiak kudeatzea ez da batere erraza gaur egungo sare elektrikoak dituen gailuekin. Horregatik, *Smart Griden* teknologiak darabilten mikrosareak dira aukera bideragarri eta iraunkor bat. Hauek, sare nagusiaren barruan dauden azpisare txiki batzuk bezala defini daitezke, zeinek aurrean aipatutako elementuak modu adimentsu baten kudeatzen dituzten komunikazio eta informazioen teknologien bidez. Beraz, hainbat mikrosare harremanetan jarritz, gaur egungo sare elektrikoak sare adimentsu (*Smart Grid*) bat bilakatuko litzateke. Eta hori da, hain zuzen ere, etorkizun batean eskuratu behar den jomuga: lehenengo Europa mailan eta gero mundu mailan sare adimentsu erraldoi bat ezartzea energiaren kudeaketa optimo bat lortzeko.

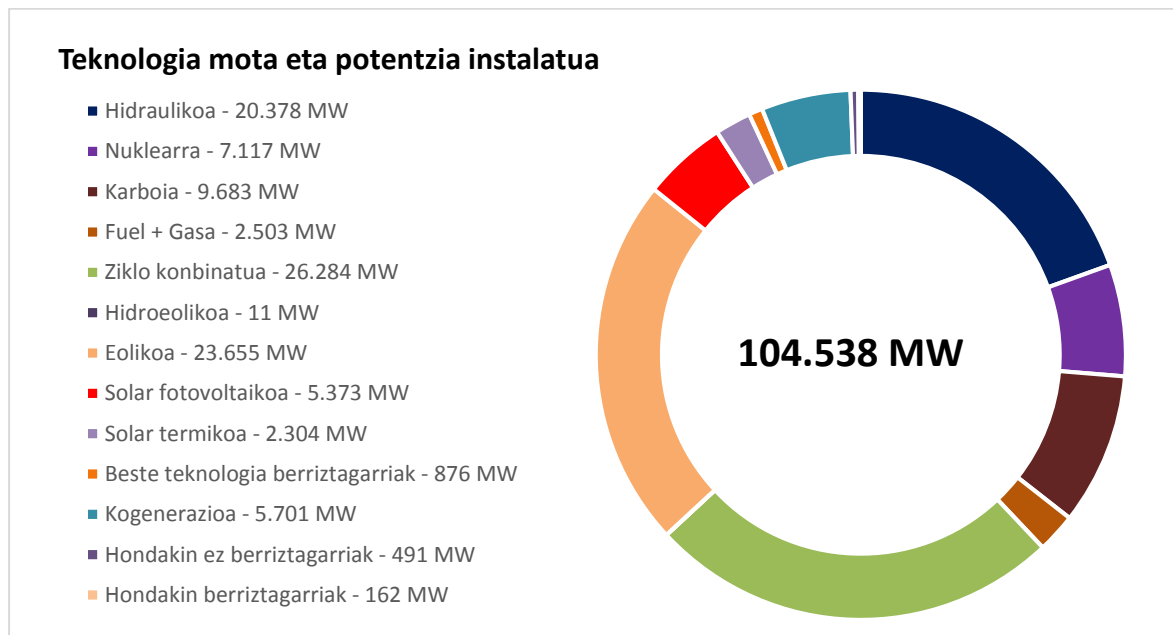
Honela, atal honetan proiektu hau ulertzeko eta bertan jorratzen diren kontzeptuak modu sakon batean azaldu eta azpimarratuko dira.

3.1 Sektore elektrikoaren erronkak

Potentzia sistema elektrikoak, energia elektrikoak sortu, garraiatu eta banatzen duten instalazioak barneratzen dituen sistema bezala definitzen da. Hori dela eta, bere barnean hiru azpisistema ezberdintzen dira: zentral ekoizleak, energia elektrikoaren sorkuntzaz arduratuko direnak; garraio sarea, ekoiztutako energia elektrikoak distantzia handietara garraiatzeaz arduratuko den azpisistema goi tentsioan; eta banaketa sareak, behin kontsumo puntuetatik hurbil garraiatua izan den energia elektrikoak kontsumitzaile ezberdinen artean banatzeaz arduratuko den azpisistema, tentsio ertainean eta behe tentsioan.

Potentzia sistema elektrikoak gizakiak sortutako sistemarik konplexuenetakoak dira, mota askotako sorgailuak eta kargak berari konektatzen dira eta hauek denbora errealean kudeatu beharra daude momentuko eskari energetikoaren arabera.

Gaur eguneko gizartea, bizi kalitatearen hobekuntza dela eta, energia elektrikoaren eskaria handiagotzen joan da. 2018. urtean Espainiak 269.808 GWh-ko kontsumo elektrikoak izan zuen, hau da, % 0,4ko igoera aurreko urtearekin alderatuta. Espainiako herrialdearen energia ekoizpen azpisistema gaitzimentsionatuta egonik, (eskari energetiko maximoaren estaldura indizea 1,53koa zen 2014. urtean) bere potentzia instalatua 104.538 MW da eta energiaren jatorriari dagokionez honako azpitalde hauetan banatzen da energiaren jatorriaren arabera (1. Irudia).



1. Irudia. Espainiako sistema elektrikoaren potentzia instalatua

Iturria: [2].

Hortaz, Espainiak duen jatorri berriztagarriko potentzia instalatua guztira 52.759 MW dira eta honako teknologia hauek osatzen dute: hidraulikoa, hidroelikia, eolikoa, eguzki-fotovoltaikoa, eguzki-termikoa, beste teknologia berriztagarriak eta hondakin berriztagarriak.

Honekin lotua, berotegi efektuko gasen murrizketa kontutan izan behar da. Orain dela denbora gutxi (2012an) ospatutako Pariseko Hitzarmenean, Europaren deskarbonizazio prozesua lortzeko jarraibideak adostu ziren. Bertan erabaki zen akordiorik nagusia 2050. urterako CO₂ gasen isurpena, 1990 urtekoekin konparatuta, % 80 eta % 95 bitartean gutxitzea izan zen. Guztizko deskarbonizaziora ailegatu ahal izateko, gauzatutako ikerketa eta azterketak adierazten dute sektore elektrikoa lehena izan behar dela bere energia ekoizpen matritzetik erregai fosilak kentzen. Honetarako, aurrerago ikusiko dugunez, ekoizpen banatu berriztagarrien integrazioak elementu nagusi moduan jokatuko du.

Aurreko guztia kontutan izanik, sektore elektrikoa erabateko berrikuntza jasan beharko du teknologia berriak sarean integratu ahal izateko. Gaur eguneko sektore elektrikoak hurrengo sistemak sarean integratzeko erronkei aurre egin beharko die:

- Ekoizpen banatua.
- Ibilgailu elektrikoak.
- Energiaren biltegitze sistemak.

3.2 Ekoizpen banatua

Ekoizpen banatua (*Distributed Generation* ingelesez, hemendik aurrera DG erabiliko da), in-situ ekoizpena, ekoizpen deszentralizatua edota ekoizpen barreiatua izenekin ere ezagutzen dena, energia elektrikoa kontsumo puntuetatik ahalik eta gertuen ekoiztean datza. Honela, energiaren garraio eta banaketatik ematen diren galerak (% 4 – % 9 inguru) ekidinez.

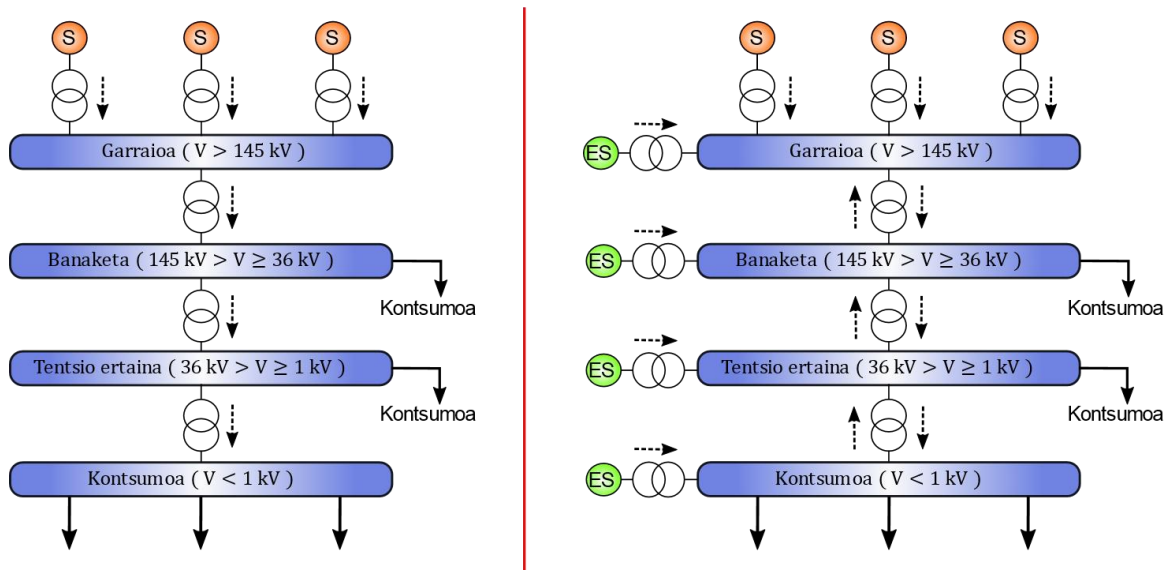
DGa erlatiboki berria den kontzeptua dirudien arren, antzina sortu zen eta agertu ziren lehenengo sare elektrikoek filosofia hau zerabilten. Izan ere, garraio linea elektrikoak oraindik ez zeudenez eraikita,

energia elektrikoaren sorkuntza kontsumo puntuetatik gertu egin beharra zegoen. Beraz, tokian tokiko zeuden baliabideak erabiltzen zituzten.

Energia berriztagarrien sarrerarekin ekoizpen banatuaren kontzeptua guztiz eraberritu da. DPCA (Distribution Power Coalition of America) erakundeak honela definitzen du: “Eskala txikiko edozein sorkuntza teknologia, sorkuntza zentralizatuak baino kontsumitzaileetatik hurbilagoko puntuetan elektrizitatea ematen dutenak eta bezeroari zuzenean, banaketa edo garraio sarera lotu daitezkeenak”. Bestalde, Nazioarteko Energiaren Agentzia (IEA, International Energy Agency) soilik onartzen du ekoizpen banatua dela “behe tentsioko banaketa sarera konektatzen den eta motore, mini eta mikroturbinak, erregaiko pilak eta energia solar fotovoltaikoarekin erlazionatzen du”.

Orain arteko sistema elektrikoetan, energia elektrikoaren ekoizpen eta kontsumo fluxua norabide bakarrekoa izan da. Hau da, energia elektrikoak zentral ekoizleetan sortu eta linea elektrikoetatik garraiatu ostean kontsumo puntuetara heltzen zen. Egitura honetan, ekoizte eta kontsumo puntuak oso ondo zehaztuta zeuden eta sistemaren kudeaketa erraza zen. Gaur egun, ostera, auto elektrikoak, energiaren biltegitratze sistemak eta energia berriztagarrien agerpenarekin sare elektrikoaren instalazioak berrikuntza baten beharra dute. Izan ere, DGa dela eta, energiaren ekoizpena behe-tentsio eta tentsio-ertainean egin daiteke, energiaren fluxua norabide biko bilakatuz. Hori dela eta, energia fluxuen irakurketa noranzko bietan egin beharra dago, erabili beharreko irakurketa elementuak bikoiztuz.

Sektore elektrikoaren ohiko egitura | Sektorearen eskema berria ES-aren presentziarekin



2. Irudia.

Ekoizpen banatuko sistema elektriko baten eskema

Iturria: [3].

Ekoizpen banatua sailkatzeko moduak anitzak dira, hala nola, instalazioaren potentziaren arabera, erabilitako teknologiaren arabera, erabilitako baliabide primarioaren arabera edota sare elektrikorak konektatzen den puntuaren arabera (tentsio ertaina edo baxuan). Proiektu honen garapenerako bi DG taldeen artean bereiziko da: energia ekoizteko baliabide berriztagarriak erabiltzen dituzten sistemak eta erregai fosilak erabiltzen dituztenak.

I. Taula. Ekoizpen banatuan erabilitako sorgailuak
 Iturria: Egileak moldatua [4].

Teknologia	Energia primarioa	Potentzia (MW)	Errendimendu elektrikoa (%)	Inbertsio kostua (€/Kw)	Egoera komertziala
Motor alternatiboa	Gas naturala Diesela Biogasa Propanoa	0,08 – 20	28 – 42 (gas naturala) 30 – 50 (diesela) 80 – 85 (kogenerazioa)	500 – 900	Merkatuan
Gasezko turbina	Gas naturala Biogasa Propanoa	0,25 – 500	25 – 60 70 – 90 (kogenerazioa)	600 – 1.400	Merkatuan
Minihidraulikoa	Ura	0,01 – 10	80 – 90	1.000 – 1.800	Merkatuan
Eolikoa	Haizea	0,005 – 5	43	1.100 – 1.700	Merkatuan
Eguzki-termikoa	Eguzkia	0,0002 – 200	13 – 21	3.500 – 8.000	Merkatuan
Fotovoltaikoa	Eguzkia	0,001 – 0,1	14	5.000 – 7.000	Merkatuan
Biomasa	Biomasa		32	1.500 – 2.500	Merkatuan
Mikroturbina	Gas naturala Diesela Biogasa Propanoa Hidrogenoa	0,025 – 0,4	25 – 30 85-raino (kogenerazioa)	900 – 2.000	Merkatuan (mugatuta)

Beraz, duda barik esan daiteke ekoizpen deszentralizatuak darabilten sare elektriko batek teknologia berriztagarriak integratzeko modurik onena dela. Tentsio-ertainean eta behe-tentsioan konektatzearen bitartez, kontsumitzaileei aukera ematen zaie teknologia mota hau erabiltzeko.

Kontsultatutako bibliografiak [5] azpimarratzen duenez, tokiko energia berriztagarriek balio erantsi bat ematen diote sistemari. Zentzu honetan, honako onura hauek dakartzate:

- Efizientzia hobetzen dute, energia distantzia luzeen garraio garesti eta ez eraginkorra saihestuz.
- Ekonomia lokala indartzen dute, beraien bitartez enplegua sortuz.
- Segurtasun energetikoa hobetzen dute sare sendoago eta erresistenteagoa eginez eta energiaren bermea hobetuz.
- Instalatuta dauden herrialde eta eskualdearen independentzia energetikoa bultzatzen dute matrize energetiko anitzen bitartez.

3.3 Sorkuntza berriztagarriaren izaera deszentralizatu eta bere inpaktu sarearen erregulazioan

Teknologia berriztagarrien integrazio ugaria sare elektrikoan, sektoreak aurre egin behar duen erronka handienetako bat da. Horregatik, sektore elektrikoaren enpresen artean adostasun batera ailegatu da sistemaren segurtasuna bermatzeko epe laburrean.

- Teknologia mota hauen inertziaren gabezia eta bere inpaktua sistemaren maiztasunaren erregulazioan.
- Bere izaera sakabanatua eta honek duen eragina sareko tentsioaren erregulazioan.
- Zirkuitulabur korrontean daukaten ekarpen baxua eta hauen eragina sareko elementuen babesean.

Arestian esan den moduan, teknologia berriztagarriko sorgailuek duten inertziaren gabezia arazo bat izan daiteke hauen bat-bateko deskonexioa ematen bada. Haizearen etetea instalazio eolikoetan edota eguzki izpiak estaltzen duten hodeien agerpena instalazio fotovoltaikoetan adibidez. Hauxe dela eta, mota honetako sorgailuek duten erabilgarritasun egoeraren arabera, sistemaren erregulazio primarioa, sekundarioa eta tertziarioa gauzatu behar dira.

Erregulazio primarioa

Erregulazio primarioak ekoizpen eta eskariaren artean sortzen diren aldiuneko desorekak automatikoki zuzentzea du helburu. Maiztasunaren aldakuntzaren aurrean, sorgailu sinkronoek duten turbinen abiadura erreguladoreek berehala eragiten dute era autonomo batean ekoiztutako potentzia aldatuz sistemaren oreka lortzeko. Oso azkar eragiten du, 2 eta 20 segundo bitartean.

Europako sistema elektrikoaren maiztasuna 47,5 Hz eta 51,5 Hz artean mugatuta dago. Arazo bat dela eta, maiztasunaren balioa tarte horretatik irteten bada, sareari akoplatutako sorgailuak deskonektatuko lirateke kalteak ekiditeko. 2019/1997 Errege Dekretuan araututa dagoen moduan, sorgailu baten deskonexio ez programatu bat gertatzean, kontutuan izan behar da maiztasunaren aldakuntza honako bi balio esanguratsu hauek ezin direla gainditu: 200 mHz erregimen iraunkorrean eta 800 mHz erregimen iragankorrean.

Erregulazio sekundarioa

Aurrean azaldu den moduan, edozein maiztasun aldakuntzaren aurrean, erregulazio primarioak ekoiztu eta kontsumitutako potentziaren arteko oreka berreskuratzen du. Baina erregulazio primarioak honako efektu kaltegarri hauen agertzea dakartza:

- Maiztasuna erreferentziako balioarekiko aldentuta geratzen da.
- Sorgailuen artean banatzen den kargaren handipena hauen estatismoen arabera zehaztuta dago. Hortaz, ez dira beteko eskualdeen artean programatuta zeuden potentzia fluxuak.

Erregulazio sekundarioa primarioa baino geldoago gauzatzen da, esan daiteke lehenengoa egonkortu denean bigarrena hasten dela martxan. Ekoizpenaren Kontrol Automatikoa (AGC, *Automatic Generation Control*) deituriko kontrol sistemak aurrean planteatutako arazo biak konpontzen ditu. Sistemak erreferentziako maiztasuna eta hasieran programatutako potentzia fluxuak berreskuratuz.

Primarioa ez bezala, erregulazio sekundarioa modu zentralizatu baten eragin behar da eta sistemako operadoreak planifikatu eta gauzatzen du. Estatu Espainiarraren kasuan REE da horren arduraduna.

Erregulazio tertziarioa

Azkeneko erregulazio honek ekoizpen-eskariaren oreka berreskuratzeko gauzatzen den hirugarren erregulazio maila da. Erregulazio primario eta sekundarioaren ondoren gauzatzen da eta potentzia fluxuak egokitzea du helburu. Gehienez, parte hartuko duten sorgailuei mezua bidaltzen denetik 15 minutuko iraupena du.

3.4 Mugikortasun elektrikoa

Mundu mailan dauden ibilgailuen gehiengoa, erregai fosilak kontsumitzen duten konbustiozko motorrak darabilte martxan ibiltzeko. Etorkizun hurbil batean hori poluzio arazo larria bihur daiteke, hiri handietan batez ere. Hori dela eta, Europaren deskarbonizazio prozesuan barne, mugikortasuna iraunkorragoa den garraio eredu batera nahitaezko trantsizio bat behar da.

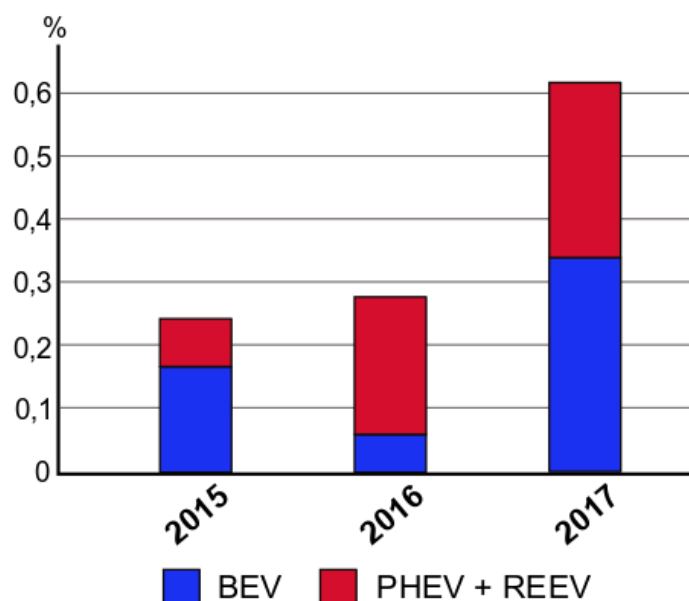
Euskal Gobernuako Garapen Ekonomiko eta Azpiegituren Departamentuak, Energiaren Euskal Erakundearekin batera Euskal Autonomia Erkidegoaren Mugikortasun Elektrikoaren Plan Integrala garatu zuten. Honek, Europako helburuekin lerrokatua, mugikortasun iraunkorra eta ibilgailu elektrikoaren erabilera sustatzea du xede. Horretarako, ezinbestekoa suertatzen da Europa mailan adostutako esparru juridiko sendoa martxan jartzea.

Proiektu honetan ibilgailu elektrikoetan soilik sakontzen den arren, mugikortasun elektrikoaren barnean garraio bide ezberdinak aurki daitezke. Aztertutako bibliografiak [6] honako ibilgailuak kontutan hartzen ditu:

- Pedalei eragiteko laguntza duen bizikleta.
- Errepidetik ibiltzen diren ibilgailu entxufagarriak: *Battery Electric Vehicles (BEV)*, *Plug-in Electric Vehicles (PHEV)* eta *Range Extended Electric Vehicles (REEV)*.
- Trenbide-garraioa: tranbiak eta trenak.
- Hiri inguruko beste garraio elektrikoak: kable bidezko garraioa eta garraio bertikala.

Hala ere, garraioaren elektrifikazioak beste elementu sustatzaile batzuk eduki ditzake. Hala nola, estatu ezberdinek bultzatutako politika fiskalak, garraio kostuen murrizketa edota mugikortasun elektrikoaren eskutik datozen beste zerbitzu berri batzuk (gidatze autonomoa, interneteko konektagarritasuna eta ibilgailuen erabilera partekatua).

Beheko 3. irudian ikusi daitekeen moduan, 2017. urtean ibilgailu elektrikoen matrikulazioak gorakada bat izan zuen Euskadin. Urte horren amaierarako ibilgailu elektrikoen parkea 1.143 unitatekoa zen. Datorren urteetan, joera gorakor hau areagotzea espero da.

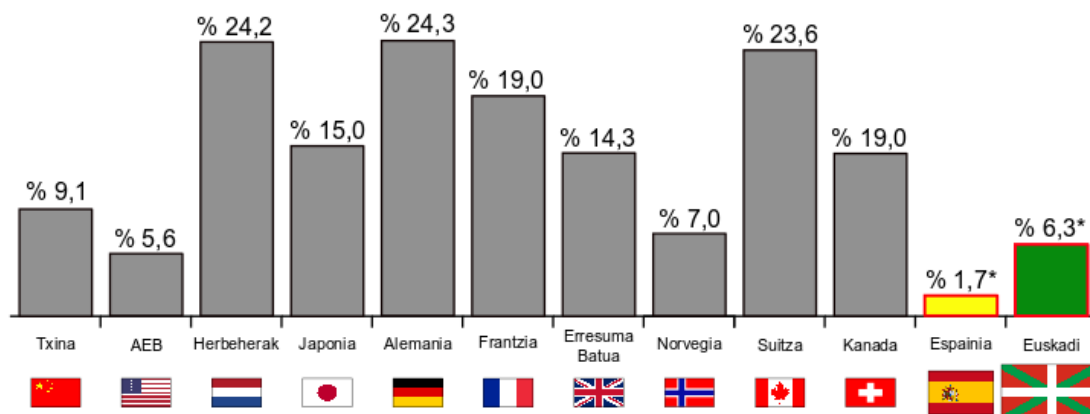


3. Irudia. Euskadin matrikulatutako ibilgailu elektrikoaren %

Iturria: [6].

Kontutan eduki beharreko beste aspektu bat teknologiaren garapena izango litzateke. Gaiari buruz kontsultatutako erreferentziak baterien garapen-egoerari buruz sakontzen du. Izan ere, gaur egun dauden bateriak ez dute bidaia luzeak egitea ahalbidetzen, modelo berrienak 400 km-ko autonomia izatera hel daitezke. Datorren urteetan gauzatuko diren baterien kapazitateen hobekuntzarekin, ibilgailu elektrikoaren autonomia 700 eta 1.000 km artera hedatzea espero da. Honetarako 120-150 kWh-ko kapazitatea duten bateriak behar dira, gaur egun dauden 50 kWh-ekin alderatuz.

Dena dela, baliteke mugikortasun elektrikoaren ezartzeko eta ibilgailu elektrikoak erostekorako orduan ager daitekeen kezkarik nabarmenena bateriak kargatzeko egitura baten gabezia izatea da. Autoen fluxua handia den hiri guneeetan bereziki, non karga-abiadurak handiak izan behar diren zirkulazioa ez oztopatzeko. Epe luzerako, ibilgailu astunentzako (kamioiak eta autobusak) karga puntuak ere instalatu behar dira (pantografoak errepideetan edota karga ultra arineko puntuak). Honekin lotuta, esan beharra dago EAEn nahiko ratio ona dagoela Espainiako batz bestekoarekin konparatuta (karga puntu publiko/ibilgailu elektriko). Hala ere, Europak zehaztutako mailetara heltzeko oraindik karga puntu askoren instalazioa beharrezkoa suertatzen da.



4. Irudia. Karga puntu publikoaren ratioa ibilgailu elektrikoaren kopuruarekiko

Iturria: [6].

Amaitzeko, EAeko karga egitura aztertu da EBko herrialdeek dutenarekin alderatuta, goiko 4. irudian argi eta garbi ikusi daitezke. Datu hauetaz atera daitekeen ondorio nabariena, Euskadik % 6,3rekin, Espainiako Estatua baino karga puntu publiko ratio gehiago daukela da. Bide onean egonda ere, oraindik tarte zabala geratzen da Europako herrialderik aurreratuen mailak berdintzeko.

3.5 Energia elektrikoaren biltegitze-sistemak

Azpiatal honetan, sektore elektrikoaren barnean zabaldua dagoen *maxima* bat berreskuratuko da. Izan ere, betidanik esan da energia elektrikoaren ezin dela maila handitan biltegitatu eta ekoizten den aldi berean kontsumitu behar dela. Baliteke azken urteetan egindako aurrerapen teknologikoekin (ekoizpen deszentralizatua, ibilgailu elektrikoak eta baterien kapazitate handipenarekin) betidanik egiazat eman den enuntziatu hori ezeztatzea edo, behintzat, dudatan jartzea.

Sektoreko enpresa guztiak aho batez aldarrikatzen dute biltegitze deszentralizatuko sistemak izango duten garrantzia ezarri nahi den eredu energetiko berrian. Hori dela eta, gaur egun, teknologia hauek ikertzeko inbertsio mailak oso handiak dira.

Gauzak honela, DGa eta biltegitratze sistemak eskutik hartuta doazen teknologiak dira. Batak bestearen onurak goratzen dituelako eta, biak batera erabilia, energia berriztagarrien integrazio hobea bat lortzen lagunduko dutelako. Ez hori bakarrik, baita eskariaren kudeaketa hobea bat lagundu ere, eskari maximoko puntuan laguntza eskainiz ekoizpen sistemai. Horren bitartez, kontsumo puntak haran orduetara mugituz eskariaren desplazamendua gauzatzen da.

Energiaren metatze-sistema asko existitzen diren arren, proiektu honetan bateria sistemetan oinarritzen direnak soilik aztertuko dira. Hauek direlako, hain zuzen ere, orain dauden teknologiarik garatuenak eta bideragarrienak. Beraz, teknologia bat edo beste hautatzea ikuspuntu tekniko-ekonomiko batetik egingo da ondoko parametro kritiko hauek kontutan izanik:

- Deskarga denbora.
- Biltegitratze kapazitatea (MWh).
- Sistemaren potentzia maximoa (MW).
- Erantzun abiadura.
- Instalazioaren bitzita erabilgarria, zikloak eta amortizazio kostua.
- Deskarga-sakonera (*Depth of Discharge, DOD*).
- Instalatze eta mantentze kostuak.
- Segurtasuna eta ingurumen-inpaktua.

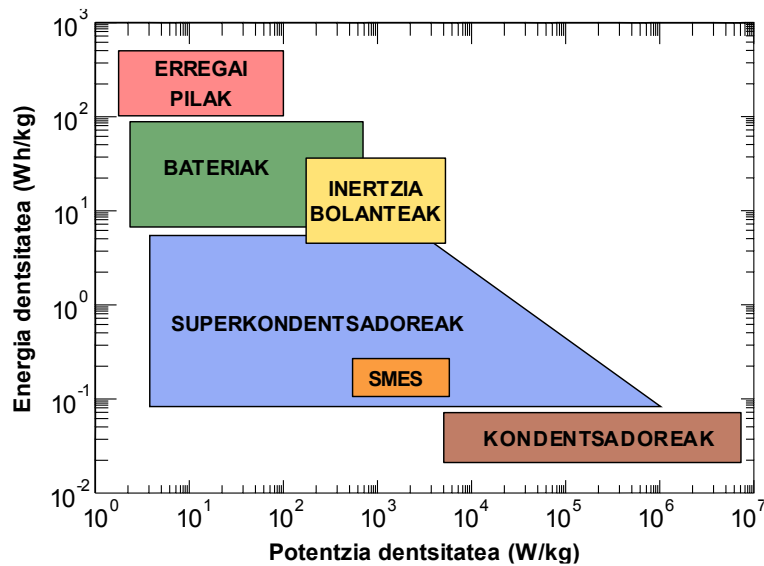
Energiaren biltegitratze sistema ezberdinek dituzten ezaugarriak eta aplikazioak II. taulan bildu dira.

II. Taula. Energiaren biltegitratze sistema ezberdinen ezaugarriak

Iturria: [7], [8].

Teknologia	Potentzia dentsitatea (W/kg)	Energia dentsitatea (Wh/kg)	Efizientzia (%)	Erantzuna	Deskarga sakontasuna (%)	Autodeskarga (%/hilabete)	Operazio zikloak	Bitzita erabilgarria (urte)
Inertzia bolanteak	-----	100	90 - 95	Oso azkarra	100	20	< 10 ⁷	20
Aire konprimatua biltegi naturaletan	-----	3,2 – 5,55	73	Azkarra	100	0	-----	-----
Berun-azido bateriak	180	30	85 - 90	Azkarra	50	2	1.200 – 1.800	5 – 15
Nikel-kadmio bateriak	> 180	50 - 80	65 - 80	Azkarra	100	10	> 2.000	> 15
Litio-ioi bateriak	500 – 2.000	80 - 150	90 - 99	Azkarra	90	5	> 1.500	< 5
Bromo-Zink bateria	----	34,4 - 54	68	Azkarra	70	10	2.500	10
Hidrogenozko pila	-----	----	90	Azkarra	85 – 90	4	Nahi beste	10-15
Super kondentsadoreak	10.000	5	85 - 98	Oso azkarra	100	14	500.000	12

Azken urteetan egiten ari diren inbertsio altuak kontutan izanda eta garraioaren elektrifikazioa dela eta, duda barik gorakadan dagoen teknologia energetikoa kontsidera daiteke.



5. Irudia. Ragoneren diagrama

Iturria: Neuk eginda.

3.6 Sare adimentsuak

Atal honetan sare adimentsuak aztertuko dira, zer diren, motak eta ezaugarri esanguratsuenak aztertuz.

3.6.1 Zer dira Sare adimentsuak?

Arestian esanenez, sare elektrikoaren ohiko izaera noranzko bakarrekoa izan da. Praktikan, sarea ekoizpen zentralak eta kontsumitzaileak konektatzen dituen errepide bat da zeinetan energia fluxua noranzko bakar batean zirkulatzen den. Errepide horrek teknologia eta egitura ezberdinak erabiltzen ditu energiaren ekoizpen eta garraioan ahal duen efizientziarik handiena ziurtatzeko. Hala ere, ekoizpen sisteman energia sortzeko erretzen den erregai fosilen heren bat bero moduan galtzen da ingurunera konbustio prozesuaren eraginez. Bestalde, energiaren % 4 eta % 9ren artean garraioan xahutzen da eta eskari puntako balioak asetzeko sistema guztiz gairadimentsionatua dago. Are gehiago, sare elektrikoak garatzen eta handitzen joan diren heinean (energia berriztagarriak, biltegitarte sistemek, ekoizpen deszentralizatua eta abar) horren kontrola erabat zaildu da, gaur egun erabiltzen den kontrol sistema zaharkitua geratuz. Gauza hauek guztiak kontutan izanik, sare elektriko klasikoak efizientzia gutxi duela frogatu da.

Azken urteetan eredu hau aldatzen joan da sistema elektrikoaren maila ezberdinetan "adimena" sartuz. Lehenengo eta behin garraioan, geroago banaketan eta azkenengoz, neurri txikiago baten, kontsumitzaileetatik gertu.

Modu honetan sortzen da *Smart Grida* edo energia elektrikoaren sare adimentsua. Hau, Informazio eta Komunikazioen Teknologia (Information and Communication Technology, hemendik aurrera IKT) eta sare elektriko klasikoaren arteko konbergentzia bat izanik. Beren bitartez, era efiziente batean, energia ekoizpena kontsumora egokitu eta energia fluxuak hobeto kudea daitezke. Beraz, kudea ezinak diren energia berriztagarriak (batez ere eolikoa eta fotovoltaikoa) era egoki batean integra daitezke sare elektrikoan sare adimentsuak eskaintzen dituzten onurei esker.

Besteak beste, sare elektriko adimentsuak eskaintzen dituen abantailen artean ondoko hauek aurki daitezke:

- Eskariaren jarraipen estua egin eta horrela ekoizpena egokitu.
- Teknologia berriztagarriak kontsumitzaileei hurbildu, behe tentsioko aldetik hauen integrazioa ahalbidetuz.
- Energia berriztagarrien hedapenaren ondorioz elektrizitatearen prezioa jaitsi.
- Komunikazio eta informazioen tresna teknologikoak garatu sare elektrikoaren inguruan negozio eredu berriak sortu ditzaten.
- Kontsumitzaileak norbere faktura hobeto ezagutu, honela gehien komeni zaion tarifa kontratatzeko aukera izango du (*Smart Customer*).

Amaitzeko, sare adimentsuen egituraren ezaugarriak antzinako sare elektrikoaren egiturak zituen ezaugarriekin konparatuko dira eta III. Taulan laburbildu. Era honetan, sareak jasan dituen aurrerapenak eta aldaketa nagusiak hobeto ikus ditzake irakurleak.

III. Taula. Sare klasikoaren eta etorkizuneko sarearen egituren ezaugarri nagusiak

Iturria: [5].

Sare klasikoaren egitura (XX. mendea)	Sare berriaren egitura (Sare adimentsua, XXI. mendea)
Elektromekanikoa	Digitala
Komunikazioa soilik norabide baten	Komunikazioak norabide bietan
Ekoizpen zentralizatua	Ekoizpen deszentralizatua
Sentsore batzuk	Sarea sentsoreen bitartez monitorizatua
Akatsak eta deskonexioak gertatzeko joera	Babes moldakorrak
Larrialdiko erabakiak gizakiak gauzatu	Sistemetan oinarritutako erabakiak
Fluxuen kontrol mugatua	Potentzia fluxuen kontrol osoa
Elektrizitatearen prezioei buruzko informazioa eskasa	Elektrizitatearen prezioei buruzko informazio osoa
Kontsumitzaile pasiboak	Kontsumitzaile aktiboak

Amaitzeko, sare adimentsuak suposatuko dituen berrikuntzak, merkatu eta negozio aukera berriak sortaraziko ditu. Etorkizun hurbil batean, garapen honek sektore elektrikoan hainbat eragile ezberdinen sorkuntzari bidea emango dio. Honako hauek garrantzitsuenak izanda:

- **Eskaerarekiko erantzuna (*Demand Response, DR*):** Eskaera maximoa modu kontrolatu batean haran orduetara mugitzea du helburu, ekoizpena eskarira doitzeko.
- **Mugikortasun elektrikoa:** Ibilgailu elektrikoaren sorrerarekin, karga egitura baten eraikitzea eta honen inguruan sortuko diren negozio modelo berriak kontutan izan behar dira.
- **Kontagailu adimenduna:** Gaur eguneko instalazio gehienetan dauden kontagailuak ordezkatu duen elementua da. Energiaren neurketa eta jarraipen estua egitea ez ezik, IKTak erabiliko ditu uneoro energia potentzia sare adimentsuari jakinarazteko. Noranzko biko komunikazioari

esker, ekoizpena behe tentsioan gauzatzen bada, energia fluxuak kontrolatu ahal izango direlarik.

- **Prosumer (*Producer + Consumer*):** Aurrekoarekin lotua, eta izenak berak adierazten duen moduan, *prosumer*, energia ekoizten eta kontsumitzen duen pertsona edo enpresa da. Honek, potentzia txikiko sorgailuen bidez (normalean instalazio fotovoltaikoak), kontsumitzen ez duen energia soberakina sarera isuriko du eta honela bere energia elektrikoaren fakturazioa murriztu. Estatu Batuetan edota Kanadan guztiz araututa dagoen arren, Espainian oraindik ez dago egoera hau arautzen duen marko judizial sendorik. Beraz, etorkizun hurbil batean autokontsumoko egoera hau arautzea espero bada ere, oraindik ziurgabetasun maila handia da.
- **Smart kontzeptua:** Gailuen automatizazioa eta ICTen onurak gizarteko beste hainbat elementuri aplikatuz, *smart* familiako hainbat gailuen sorkuntza ekarri du. Hala nola, *Smart Building, Smart Consumer, Smart City, Smart House...* Hauek guztiak *Smart PIKAe* deritzon gunearen parte izanik.

3.7 Mikrosare elektrikoak

3.7.1 Zer dira mikrosare elektrikoak?

Literatura akademikoan eta zientifikoan mikrosare elektrikoen definizio asko topa daitezke, oraindik ez baitago definizioa estandarizatu. Definizio horien artean ezberdintasun txikiak egon badaitezke ere, guztiak partekatzen duten ideia orokor bat haxe da: mikrosare bat elkarlanean ari diren sorgailu lokal eta banatuak, kargak, energiaren biltegitate unitateak eta kudeaketa eta kontrola ahalbidetzen duten elementu adimentsuetaz osatuta dagoen sistema da. Instalazioaren “burmuina” mikroprozesadore bat izango litzateke, zeinak beste elementuak beren bitartez harremanetan jartzen dituen.

Tecnalia Korporazio Teknologikoak, bere aldetik honela definitzen ditu mikrosare elektrikoak (hemendik aurrera ME): “(...) sorkuntza iturriak, biltegitate ekipoak eta elektrikoki konektaturiko kargak osatzen duten sistema; zeinak, sistema nagusiari konektatuta zein deskonektatuta lan egin dezakeen perturbazio elektrikoak egotekotan; zeinak, sistema gehigarri baten moduan sistemako operadoretik kontrolatzen den eta zeinetan ekoiztutako eta kontsumitutako energia aurreikusi eta kudeatu beharra dagoen”.

MEa sorgailu eta karga anizkunez osatuta dagoen arren, sare elektriko nagusiaren ikuspuntutik, modu ideal baten bezala jokatzeko du. Era honetan, sorgailu kontrolatu edo karga kontrolatu bat izango da, mikrosarearen kontsumoaren arabera saretik energia hartu edo ematen badu. Bere barruan integratzen diren kontroladore eta neurketa elementuak izango dira bere izaera kontrolatua emango diotenak komunikazio eta informazio teknologien bitartez.

Hainbeste definizio ezberdin egonik, MEak sailkatzeko moduak anitzak dira. Baina baliteke, instalazioak duen potentzia instalatuaren araberrako analisi bat sistema hauek hobeto ulertzen laguntzea, IV. Taulan egin den moduan.

IV. Taula. Potentziaren araberako mikrosareen sailkapena

Iturria: [5].

Sailkapen modua	Mikrosare elektrikoaren izendapena
Funtzioa	Mikrosare elektriko sinplea Mikrosare elektriko anizkoitza Elektrizitatearen merkaturatzailea den enpresaren mikrosare elektrikoa
Kapazitatea (Potentzia)	Mikrosare elektriko sinplea (2 MW) Mikrosare elektriko korporatiboa (2-5 MW) Elikadura inguruko mikrosare elektrikoa (2-5 MW) Azpiestazio inguruko mikrosare elektrikoa (20 MW) Mikrosare elektriko independentea (edozein potentzia)
Korronte mota	Korronte zuzeneko mikrosare elektrikoa Korronte alternoko mikrosare elektrikoa Korronte zuzen / Korronte alferno mikrosare hibridoa

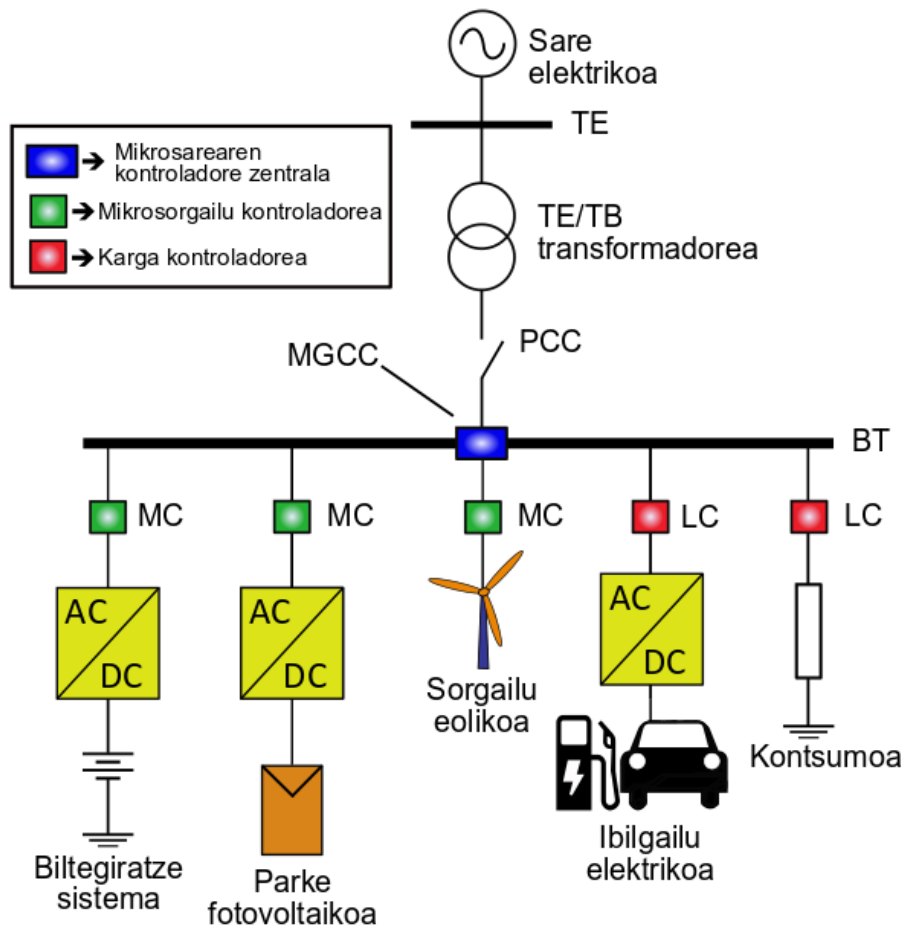
MEaren barra nagusiko (*bus*) korronte motaren arabera, elementuen konfigurazio ezberdinak daude. Eraikitzen ari diren mikrosareen gehiengoa lehendik zeuden instalazioei egokituta daudenez, ohikoena barra edo *bus* nagusia korronte alfernoan izatea da (kargak duten izaera). Modu honetan sare nagusirako akoplamendua korronte alfernoan gauzatzen da zuzenean akoplamendu puntu komunaren bitartez eta potentzia elektronikako bihurturik gabe.

Honako hauek dira MEen onurarik nabarmenenak:

- Sarera konektatuta zein honetaz isolatuta lan egin dezakete; beraz, banaketa sarearekiko menpekotasuna murrizten du.
- Energiaren hornikuntzan kalitate hobea eskaintzen dute.
- Ekoizpenaren eta kontsumoaren distantziak laburtuz, sistema osoaren efizientzia handitzen dute.
- Berotegi efektua eragiten duten gasen isurpena gutxituko lirateke.
- Sare publikoan akats bat egotekotan, mikrosareek laguntza eman diezaiokete sareari.
- Are gehiago, mikrosaretik kanpo sare nagusira zuzenean konektatuta dauden kontsumitzaileei ere onurak ekarriko litzieke. Eskari maximoko puntak lautzen lagunduz eta, honela, energiaren prezioa jaitsiz.

3.7.2 Mikrosare elektrikoaren egitura

Behin MEaren kontzeptua zer den aztertuta, hurrengo pausua honek integratzen dituen elementu ezberdinen ikerketa egitea izango litzateke. Hauen artean, mota askotako sorgailuak, kargak, biltegitarte sistemak eta abar aurki daitezke. Beheko 6. ikusi daitezke, hurrenez hurren, KAko mikrosare elektriko baten konfigurazio eskema.



6. Irudia. Mikrosare elektriko adimendun baten egitura
 Iturria: Norberak moldatua [3].

- Potentzia txikiko sorgailuak:** Eskala txikiko ekoizpen ekipu hauek, mikrosarearen barneko ikuspuntu batetik, izaera deszentralizatua edo zentralizatua izan ditzakeen sorgailuak dira. MEk duten komunikazio sistemari esker, uneoro jakin daiteke hauen ekoizpen egoera zein den eta, honen arabera, energia fluxuak kudeatu. Hori dela eta, energia berriztagarriak integratzeko instalaziorik egokienak dira, tokian tokiko baliabide berriztagarriak erabiltzen dituztelako.
- Kargak:** Honela deitzen zaio energia elektrikoaren edozein kontsumori. Kargak hornitzerako orduan lehentasunak egon daitezke, ohiko kargak eta karga kritikoen artean ezberdinduz.
- Energia elektrikoaren biltegitratze sistemak:** Sorgailu berriztagarriekin ekoiztutako energia momentuan erabili ezean, metatze sistemetara bideratuko da. Horrela, energia eskasia egotekotan (eskari maximoko puntuan) laguntza moduan aritu daiteke eta, berriz, energia ekoizpena kontsumoa baino handiagoa denean (haran orduetan) energia metatu. Aurreko 3.5 atalean aztertu den moduan, beharrianen arabera, teknologia mota ezberdinak aurki daitezke.
- Ibilgailu elektrikoaren karga puntuak:** MEek integra dezaketen beste ohiko elementu bat ibilgailu elektrikoaren karga puntuak dira. Jatorri berriztagarriko energia berdeak mugikortasun elektrikoaren sustatzeko aukera ezin hobea suertatzen da. Karga korrante zuzenean gauzatzen

denez, instalazioetan nagusia den korrante motaren arabera, bihurgailu baten beharra izan dezake.

Hauetaz beste, mikrosare guztiak oinarritzko beste gailu hauek integratzen dituzte:

- **Mikrosarearen kontroladore zentrala (*MicroGrid Center Controller, MGCC*):** Mikrosareari adimena ematen dion mikroprozesadorea da. Sorgailuen kontroladore eta kargen kontroladoreekin batera, energia kontsumoaren oreka gauzatzen du. Baina bere lana ez da soilik energiaren kudeaketara mugatzen; energiaren monitorizazioa gauzatuko du denbora errealean. Baita sarera konektatuta egotetik uharteko funtzionamendura igarotzea erabaki dezake.
- **Akoplamendu Puntu Komuna edo PCC (*Point of Common Couple*):** Mikrosareak sare elektriko nagusiarekin edukiko duen akoplamendu puntu fisikoa da, zeinak gailu elektromekaniko batek osatzen duen. Honekin seriean tentsio transformadore murriztailea dago, banaketako sareko tentsio ertaina behe-tentsiora bihurtzeko. Uharteko funtzionamenduan, PCCa irekita egongo da MGCCren aginduen arabera.
- **Potentzia-elektronikako elementuak:** Instalazioen barruan egon daitezkeen natura ezberdineko korrante bien arteko konexioa gauzatzeko erabiltzen den gailuak dira. Hauek, potentzia elektronikari oinarrituak, operazio malgutasuna eskainiko diete instalazioei.

3.7.3 Mikrosarearen kontroladoreak

Azpiatal honetan, MGCCarekin batera elkarlanean arituko diren beste kontroladoreak aztertuko dira baina kontrolaren ikuspuntutik. Horrela, mikrosare adimentsuaren funtzionamendu egoki baterako honako kontrol elementu hauek ezinbestekoak dira:

- **Mikrosarearen kontroladore zentrala (MGCC):** Mikrosarea eta banaketa sistemaren operadorearen (edo merkaturatzailearen) arteko interfaze nagusi moduan jotzen du, bien arteko informazio fluxua ahalbidetuz. Momentuko egoeraren arabera, beste kontroladoreentzako erreferentziatzko balioak ezarri dezake edo hauek bere kabuz lan egiten utzi eta bere funtzionamendua gainbegiratu. Normalean, MGCCa tentsio ertaineko/tentsio baxuko azpiestazioaren barnean instalatzen da eta hainbat software funtzionalitateetan oinarritzen da, mikrosareak aurkezten duen konplexutasun mailaren arabera funtzio gehiago edo gutxiago edukiko dituelarik.
- **Mikrosorgailu eta kargen kontroladoreak:** Energia berriztagarrien iturriak kontrolatu eta behatzeko ardura du; ekoizpen banatua, biltegitarte elektriko banatuko unitateak eta kargak adibidez. Azken hauen artean ibilgailu elektrikoak aurkitzen direlarik. Kontrolagailua, izatez, hardware independenteko gailua edota instalatutako software elementu bat izan daiteke. Zeina, kontagailu adimenduan (*Smart meter*) edo DGko interfazean instalatua egon daitekeen.

Mikrosarea sare nagusira konektatuta egonda (egoerarik ohikoena) parametroen kontrol ekintzak sareko operadoreak gauzatzeko ditu eta MGCCa sorgailu eta karga kontroladoreak menperatzeko ditu soilik. Aitzitik, sare nagusian falta bat ematean eta MGCCa saretik deskonektatzea erabaki duen egoera batean, bera izango da parametroen kontrolaz arduratuko dena.

3.7.4 Operazio moduak

Azpiatal honetan MEak eduki ditzakeen bi funtzionamendu moduak deskribatuko dira: sare nagusira konektatuta eta uharte moduan. Hasteko, arestian aipatu den bezala, mikrosarea sare nagusira konektatuta egongo da PCCaren bitartez. Bertatik potentzia aktibo (ΔP) eta erreaktiboaren (ΔQ) fluxuen igarotzea ahalbidetuko delarik. Operazio modu bat edo bestea gauzatzearen erabakia MGCCarena da, beti ere potentzia fluxuak aztertuta eta sare nagusian akatsik emango den antzemanaz.

Mikrosarearen DGak sortutako energia kargen momentuko kontsumoarekin bat badator, potentzia fluxua sarearekin nulua izango da eta (1) ekuazioaren baldintzak beteko dira. Egoera honi “operazioa potentzia aldiberekotasun egoeran” deitzen zaio.

$$\Delta P = 0 \quad \text{eta} \quad \Delta Q = 0 \quad (1)$$

Dena den, egoera ideal hau ez da ohikoena izango. Konektatutako kargak mota eta izaera askotakoak izan daitezke, denboraren gehiengoa potentzia fluxua (2) ekuazioan planteatutakoarekin bat etorriko da. Egoera honi, aitzitik, “operazioa potentzia aldiberekotasun gabeko egoeran” izena hartzen du.

$$\Delta P \neq 0 \quad \text{eta} \quad \Delta Q \neq 0 \quad (2)$$

Gauzak horrela, mikrosareak honako bi operazio modutan lan egin dezake:

- **Mikrosare elektrikoa sarera konektatuta:** Izenak berak dioen moduan, mikrosareak sare nagusiar konektatuta egongo da PCCaren bitartez. Modu honen bitartez, energia saretik hartu edo sarera isuri daiteke DGa duen ekoizpen egoeraren arabera. Modu honetan, MGCCak karga eta sorgailuen kontroladoreei erreferentziatzko balioak ezarriko die soilik.
- **Mikrosare elektrikoa uhartean (edo isolatua):** Operazio modu hau berezia izango da, banaketa sarean akats bat gertatzekotan, MGCCak hau aurreikusitako eta PCCa irekitzeko agindua emango du. Egoera honetan, MGCCak maiztasun eta erregulazio kontrol ekintza desberdinak zuzenduko ditu. Era berean, ekoizpen deszentralizatuak, energia biltegitratze sistemak eta kargak modu independente baten lan egingo dute baina beti kontroladore zentralaren gainbegiradapean.

3.7.5 Kontrol motak

Kontrol ikuspuntu batetik, MEak konplexuak diren sistemak dira, bere barnean natura askotako elementuak barneratzen baitituzte. Kontrol ekintzak gauzatzeko, kontrolagailu ezberdinek kontrol primario, sekundario eta tertziarioan oinarrituko dira. Hori dela eta, hiru funtzionamendu-modu nagusi ezberdinak daitezke.

Nagusi-menpeko modua (*master-slave*)

Eskala txikiko MEtan gehien erabiltzen den modua da. Horretan, elementu ezberdinak kudeatzen dituzten kontrolagailuek funtzio desberdinak beteko dituzte. Batetik nagusia dago, beste kontrolagailuen portaerak gobernatzeko ditu. Hau, duda barik, MGCCa izango da. Eta bestetik, mikrosorgailu eta kargen kontroladoreak daude, zeinek menpekoak izango diren eta MGCCaren eskakizunen arabera portaera bat edo beste edukiko duten.

Sarera konektatutako operazio moduan, sareak berak ezarriko dio ME-ari bere tentsioa eta maiztasuna. Hori dela eta, kontrolagailu guztiak P/Q (potentzia aktibo/erreaktibo) potentzien kontrola egiteaz arduratuko dira. Aitzitik, uharteko operazio moduan, nagusia U/f (tentsio/maiztasun) kontrola gauzatzera igaroko da sareari erreferentziatzko tentsioa eta maiztasuna ezartzeko eta, horrela, DG eta biltegitratze elektrikoko elementuak ekoiztutako potentzia entrega dezaten.

Hala ere, kontrol sistema honek desabantaila batzuk agertzen ditu, ondoren azaltzen direlarik:

- Sistema guztia koordinatzeko nagusiaren beharra dagoenez, momenturen baten nagusia huts egiten badu, mikrosare elektriko guztia jautziko litzateke.
- Nagusi-menpeko kontrol modua uharteko funtzionamendura igarotzen dela berehalako antzematea behar du. Beraz, trantsizioa arrakastatsua izateko, zeregin honetarako erabiltzen den komunikazio kanal arduratu bat beharrezkoa da.

Buruz buruko modua (*peer to peer*)

Bigarren kontrol modu hau ICT-k darabilten *plug and play* eta buruz buruko estrategietan oinarritzen da. MEaren kontroladore guztiak maila berdinean egongo dira, nagusiaren figura desagertzen delarik.

Mikrosarearen elementu guztiak potentzia aktibo eta errektiboaren kudeaketan parte hartuko dute eta, honela, sistemaren egonkortasun egoera mantendu, bai tentsioan bai maiztasunean. Kontrol modu honetan elementu guztiak *droop control* teknika darabilte. Uharteko operazio moduan, DG eta biltegiatze elektriko elementu guztiak parte hartzen dute tentsio eta maiztasunaren erregulazioan.

Droop control teknikak karga aldaketa bortitzen ondorioz sortutako bariazioak dauden elementuen artean berehalako sakabanaketa ahalbidetzen du. Era berean, kargen aldakuntzek tentsioa eta maiztasuna aldatuko dute, kontrol proportzional baten bitartez erregulatu behar direlarik.

Teknika honen bitartez, elementu ezberdinen kontrol independentea lortzen da PCCn neurtutako tentsio eta maiztasunean oinarrituta. Honekin DGaren tentsio eta maiztasunaren erregulazio automatikoa ahalbidetzen da (*plug and play*) komunikazio kanalik erabili gabe.

Modu konbinatua

Aurreko bi kontrol moduak abantaila eta desabantaila batzuk aurkezten dituzte. Mikrosare elektriko baten, natura ezberdineko elementuak daude aldi berean lan egiten. Hori dela eta, bizikidetzaren zaila egiten du MEn eskakizunak betetzen dituen kontrol estrategia bakar batean pentsatzea.

DGaren eta kargen arteko dispersio maila altua denez, kontrol modu ezberdinak hartu daitezke elementu ezberdinentzat. Hortaz, nagusi-menpeko eta buruz buruko kontrolak aldi berean eman daitezke.

4 HELBURUAK

Proiektu honen helburua azaltzeko, hiru azpiatal beteko dira: zer, zergatik eta zertarako.

Zer

Gradu Amaierako Lan honen helburua EHUren Leioako campusean sare elektrikora konektatutako mikrosare elektriko adimendun bat diseinatzea da. Informazioen eta Komunikazioen Teknologietan oinarrituta parke fotovoltaiko bat, biltegiatze elementuak eta ibilgailu elektrikoek karga puntuak harremanetan jarriko dituen energiaren kudeaketa optimoa gauzatzuz.

Zergatik

Klima aldaketak, urtaroen aurreratzea, tenperaturen igotzea eta beste hainbat gertakizun kaltegarriek agerian utzi dute gaur egun dagoen eredu energetikoa ez dela bideragarria ingurunearentzat. Energiaren ekoizpen matrizean eta konbustioko motorrek erretzen dituzten erregai fosilek gas kutsatzaileak isurtzen dituzte atmosferara, osasun eta klima arazo asko sortaraziz.

Gaur egun, gizartea gero eta kontzientziatuago dago energia berriztagarrien erabilera autokontsumorako dagoeneko errealitate bat dela. Beraz, eredu energetiko hau aldatzeko energia berriztagarrien erabilera sustatu beharra dago hauen integrazioa errazten dituzten egitura erresiliente eta moldakorren bitartez, hau da, mikrosare elektriko adimendunak.

Zertarako

Mikrosare elektriko adimendu honek energiaren kudeaketa efizientean oinarrituko da ekoiztutako energia ibilgailu elektrikoek karga puntuetara bideratzeko. Energia soberakina egotekotan, hau autokontsumorako erabiliko da. Proiektu hau egitearen arrazoiak hainbat dira:

- Campusaren eskaera energetikoa gutxitzeko.
- Jatorri berriztagarriko energia berdea ekoizteko, honen soberakinak autokontsumorako erabiliz.
- Ibilgailu elektrikoek sustatzen laguntzeko.
- Iraunkorra den eredu energetiko berria bultzatzeko.
- Agenda 2030ren helburuak betetzen laguntzeko.

5 ONURAK

Atal honetan proiektuaren garapenak dakarren onura tekniko, sozial eta ekonomikoak azaltzen dira.

5.1 Onura teknikoak

Honako hauek dira onura teknikoak:

- Energiaren biltegitratze elementuak erabiltzean, energiaren horniketa eguzkia ez dagoenean ziurtatzen da instalazioei malgutasuna eskainiz.
- Proposatutako mikrosarearen diseinua hedagarria da, jatorri eolikoko haize-sorgailuak edo beste parke fotovoltaiko bat eraiki daitezkeela honekin paraleloan energia berriztagarria ekoizteko.
- MEaren adimenari esker, akatsak arinago antzeman eta konponduko dira.
- Aurrekoarekin lotua, mikrosareak berak ohartaraziko ditu mantentze lanen beharra.

5.2 Onura sozialak

Honako hauek dira onura sozialak:

- Jatorri berriztagarriko energia berdea ekoizteak ingurunearekin harrera adiskidetsua izatea suposatzen du: garbiak dira, ez dute osasunerako arriskurik sortzen eta iraunkortasun energetikoa bultzatzen dute.
- Ibilgailu elektrikoaren erabilera sustatzen duenez, campusean dauden gasen kontzentrazioa murriztea dakar. Bertako langile eta ikasleen osasun baldintzak hobetuz.
- Instalazio guztiak pertsonen eskutik kanpo dauden azpiegiturretan integratu dira. Hortaz, campusaren diseinu urbanistikoa ez da aldatuko.

5.3 Onura ekonomikoak

Honako hauek dira onura ekonomikoak:

- Parke fotovoltaikoaren azpiegiturak instalatzea erraza, arina eta merkea da.
- MEaren operazio kostuak ia nuluak dira.
- Hasierako inbertsioa handia izanda ere, instalazioen bizitza erabilgarria amaitu baino lehen guztiz berreskuratzen da.

6 PROIEKTUAREN HEDADURA

Proiektu honetan sarera konektatutako mikrosare elektriko adimendun baten diseinua gauzatu da, parke fotovoltaiko bat, biltegitratze elementuak eta ibilgailu elektrikoen karga puntuak harremanetan jarritz.

Gizarte Zientzien eta Komunikazioen fakultateko sabaian kokatutako 2 bihurgailuk arduratuko dira parke fotovoltaikoa ekoiztutako KZko energia KAra bihurtzeaz. Bihurgailu hauen irteera KAko *bus* nagusira konektatuta daude, sarerako konexio puntua edota karga puntuak *bus* berdinerara konektatuta daudela. Bihurgailu bakoitzaren instalazioak independenteak izango dira. Geroago Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultateko transformazio zentroan bateratuko direla. Proiektu honen kasurako, parke fotovoltaikoan instalatutako 418 moduluk 154,66 kW-ko potentzia maximoa dute.

KAn dagoen *bus* nagusiko energia biltegitratze instalazioetara bideratzeko beste bihurgailu/kargagailu bat erabiliko da. Bihurgailu honen helburu nagusia bateria bankua kargatzea, GKZFko transformadorearekin konexioa egitea eta ibilgailu elektrikoen karga puntuei energia bideratzea izango da. Biltegitratze elementu moduan OPzS berun-azidozko bateriak egonkorrak erabiliko dira.

Egindako diseinua Leioako campusean dagoeneko dauden egituretara moldatzeko beharra egon da. Arrazoi honengatik, MEa osotuko duten atal ezberdinen instalazio metodoa bezeroak zehaztutako baldintzetara egokitu dira. Kasu bakoitzean dimentsionatzea, instalazio metodoa, erabilitako ekipiak eta hauen konexioak zehaztuz.

Bestetik, energiaren kudeaketa efizientea bermatu da. Horretarako, ekipoen arteko informazio trukea emateko komunikazio sarea definitu da, erabiliko diren protokoloak, interfazeak, metodoak eta ekipiak adieraziz kasu bakoitzean.

Era berean, instalazioen eta pertsonen segurtasuna bermatzeko beharrezkoak diren babes elementu guztien zehaztapena kalkulatu da.

Amaitzeko, MEa transformadorera konektatzeko babesak eta baldintzak aipatu dira.

7 BEZEROAREN BALDINTZAK

Memoriaren atal honetan kontutan hartu diren hasierako datuak eta baldintzak zehaztuko dira, zeinek, honako faktore hauetatik datoz:

- Bezeroa.
- Instalazioen kokalekua.
- Hartutako ebazpideak justifikatzen dituzten azterketa ezberdinak.
- Proiektuarekin zerikusirik ez duten baina honen diseinua baldintzatzan duten sistemak edo elementuak.

Lan honen kasurako, instalazioen bezeroa berak proiektuaren sustatzailea ere bada. EHU berak hain zuzen ere, bere propietatekoa izango den instalazio bat delako. Proiektua Campus-Bizia Lab deialdiaren barruan egin da. Deialdi horren helburua EHUk iraunkortasun alorrean dauzkan helburuak bete asmoz, martxan duen programa bati dagokio. Programa honek 2020 Agendan zehaztutako helburuak eta jarraibideak barneratzen ditu. Programaren helburua hauxe da: irakasle, ikasle eta administrazio eta zerbitzuen langileen elkarkidetzaz, EHUko iraunkortasun helburuak gauzatzeari lagunduko dieten gradu amaierako lanak egitea. Kasu honetan Leioako Campusean mikrosare elektriko adimendun baten diseinuaren proiektua.

Proiektua gauzatzeko bezeroak (EHUko arkitektura eta obretako sailak) ezarritako baldintzak honako hauek dira:

- Mikrosarearen atal ezberdinak instalatuko diren kokapenak bere propietatekoak dira. Horrenbestez, ez dago egitura ez lurrazalaren erosketa kontutan eduki beharrik aurrekontuan.
- Parke fotovoltaikoaren instalazioa Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatearen teilatuan gauzatu da.
- Energia elektrikoa metatzeko bateriak Medikuntzako Fakultate azpian dauden galerietan instalatuko dira. Hauek kanalizazio ezberdinak igarotzeko erabiltzen dira.
- Etorkizun batean diseinatutako instalazioak handiagotzeko aukera bermatzen duen diseinua lehenetsi beste aukeren artean.

Instalazio fotovoltaikoaren azterketa energetiko bat gauzatu da PVGIS eguzki-irradiazio softwarea erabilita eta parke fotovoltaikoaren kokapen zehatza kontutan izanda.

8 HARTUTAKO EBATZIA

Atal honetan mikrosarea osotzen duten instalazio ezberdinen diseinua eta hartutako ebazpideak azalduko dira.

8.1 Mikrosare elektriko adimendunaren diseinua

Atal honetan mikrosare elektriko adimenduaren diseinua gauzatu da. Bertan mikrosarearen ezaugarri nagusiak, funtzionamendu moduak, osagai nagusien deskribapena eta bere kontrol eta komunikazio metodoak azalduko dira.

8.1.1 Ezaugarri nagusiak

Lehenik eta behin, zehaztu beharra dago ME honen xedea ibilgailu elektrikoaren karga puntu batzuk hornitzea izango dela. Honetarako, jatorri berriztagarriko energia ekoiztuko duen parke fotovoltaiko bat eta energia metatuko duten bateriak instalazioak integratuko ditu beste elementuren artean. Honako hauek dira mikrosareak dituen ezaugarri nagusiak:

V. Taula. Mikrosare elektriko adimenduaren ezaugarriak

LEIOAKO CAMPUSEKO MIKROSARE ELEKTRIKOA	
Ekoizpen teknologiak	Fotovoltaikoa
Instalaturako modulu fotovoltaiko kopurua	418
Parke fotovoltaikoaren potentzia izendatua	154,66 kW
Bus nagusiaren korrante mota	Korrante alternoa (KA)
Baterien kapazitatea	77,856 kWh
Karga puntuak	2
Komunikazio protokoloa	Modbus RS485
Sarea eskuragarri	Bai

Testuinguruan aztertu den moduan, mikrosareak sailkatzeko metodoak anitzak dira. Hori dela eta, ME bakoitzak dituen diseinu eta eraikin baldintzetara egokitu beharra dago. Kasu konkretu honetan, 7 atalean bezeroak ezarritako baldintzak zerrendatu diren bezala, instalazioak campusak duen egituretara egokitu behar izan dira.

Baldintza hauek kontutan izanda, sorgailu fotovoltaikoa Gizarte Komunikazio Zientzien Fakultatearen teilatuan instalatuko da. Hona hemen kokalekuaren argazki batzuk:



7. Irudia. Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatearen estalkia

Arrazoi berdinengatik, baterien instalazioa eta sare elektrikoarekin interkonexio puntua pertsonentzat eskura ez dagoen kokapen bat hautatu behar da. Hau dela eta, campusaren kanalizazio guztiak igarotzen diren lur-azpiko galeriak leku egokia da mikrosarearen elementuak instalatzeko. 8. Irudian horren argazkia jaso da, bere neurri eta eraketa erraz uler dadin.



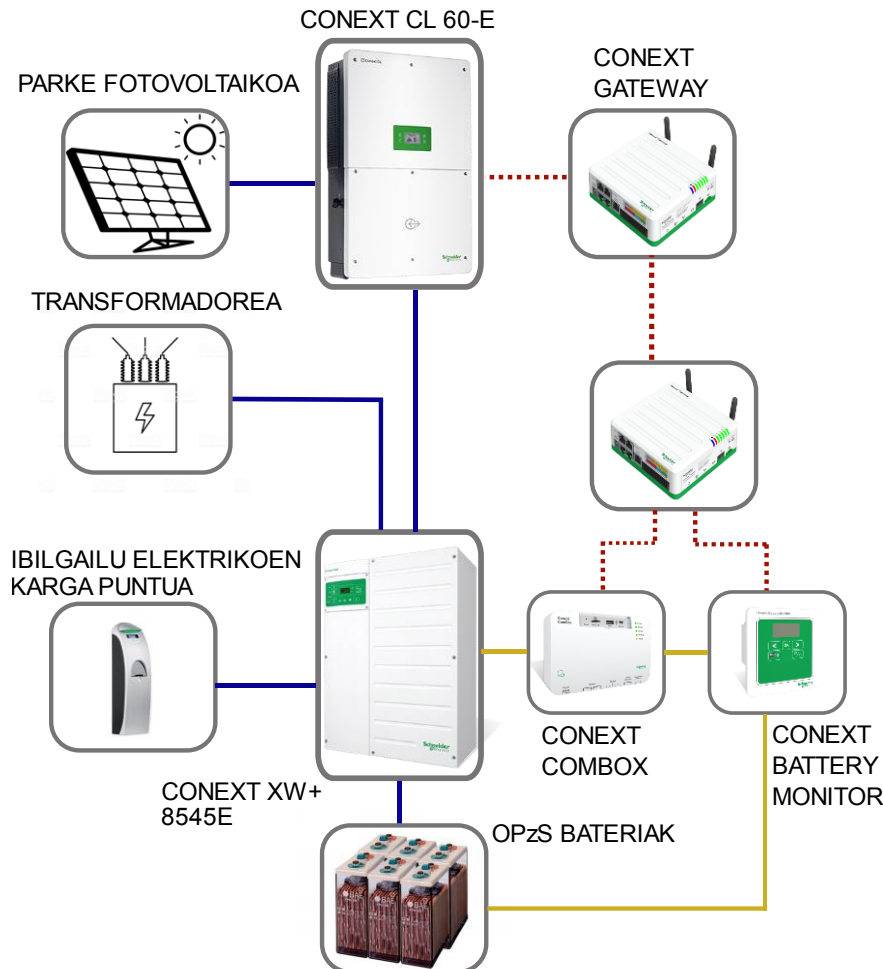
8. Irudia. Campuseko galeriak

Bertan bateriak, bihurgailu/kargagailuak eta transformazio zentroko transformadorearekin interkonexio koadroa instalatuko dira.

Amaitzeko, ibilgailu elektrikoaren karga puntuak instalatzeko autoak eskura duten puntua izan behar da. Honela, baterien kokalekua kontutan hartuta, egokiena karga puntu hauek "Via Julia" deritzon kalean instalatzea da bideragarriena. Puntu hauei buruz gehiago jakiteko, ikusi planoak gehigarriaren 2. planoan.

8.1.2 Mikrosare elektriko adimenduaren egitura

Ondoren, mikrosare elektriko adimenduaren egitura zehaztuko da. Bertan aurki daitezkeen elementuak modu grafiko eta argi batean ikusteko begiratu 9. irudia.



9. Irudia. Mikrosare elektriko adimenduaren eskema
Iturria: Neurea.

9. irudiko eskeman argi ikus daitezke mikrosarearen elementu ezberdinek duten bateragarritasuna. Alde batetik elementuen arteko energia fluxu trukea egongo litzateke, marra urdinarekin irudikatu dena. Fluxu hau, parke fotovoltaikoarekin izan ezik, noranzko bikoitzekoa izango da. Adibidez, baterien karga egoeraren arabera Conext XW+ 8548E bihurtgailu/kargagailua hauei energia bidaliko die edo hauetatik energia hartuko du.

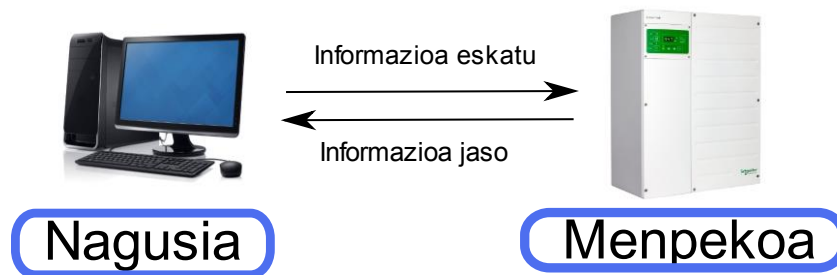
Bestetik komunikazio sarea dago, hau hori koloreko marrarekin irudikatu da. Marra honekin lotuta dauden elementuen artean zuzeneko komunikazioa egongo da. Batak besteari beharrezko duen informazioa eskatuz edo bidaliz RS485 interfazearen bitartez.

Azkenik, marra eten gorri kolorearekin ethernet sarearen bidezko komunikazioak adierazi nahi izan dira. Izan ere, mikrosare osoaren egoera Conext Insight 2 ordenagailuko softwarearen bidez gainbegiratu eta kontrolatuko da. Interneteko konexio hori gauzatzeko Conext Gateway gailua erabiliko da, honela ekipoak eta ordenagailu programaren artean konexio zuzena ahalbidetzeko.

8.1.3 Modbus protokoloa

Mikrosareari adimendun izenondoa izatea Modbus komunikazio protokoloari eta RS485 informazioen trukea ahalbidetzen duen estandarri zor dizkio.

Alde batetik Modbus protokoloa dago. Protokolo honek eskaera-erantzun funtzionamendu printzipio sinplean oinarritzen da *master-slave* erlazioak osatzeko. Testuinguruaren 3.7.5 atalean azaldu den moduan, elementuen arteko nagusi-menpeko erlazio hau binaka ematen da, gailu batek (nagusia) informazio eskaera bat egiten dio beste menpeko gailu bati eta honen erantzuna itxaron behar du.



10. Irudia.

Modbus protokoloaren funtzionamendu eskema

Iturria: Neuk eginda.

8.1.4 RS485 interfazea

Bestalde, RS485 komunikaziorako erabiltzen den interfaze estandar klasiko bat da. RS422 interfazearekiko modu analogo batean garatu zen, abiadura handietara eta distantzia luzeetara datuen transmisio seriala egiteko. Komunikazioa fisikoki egiten da, 2 edo 3 hariko kablea erabilia: hari bat datuentzako (eskaera), beste hari bat alderantzizko datuentzako (erantzuna) eta, normalean, hari neutroa.

Gaur egun komunikazio aukera modernoagoak existitzen diren arren, RS485 interfazea oso erabilia da, ingurune industrialetan batez ere non ekipa ezberdinen automatizazioa gauzatu behar den. Interfaze honek dituen abantaila nagusiak ondoko hauek dira:

- Norabide biko datuen trukea.
- Linea berdinean hartzaile askoren komunikazio-euskarria egotearen aukera. Hau da, sare bat eratzeko kapazitatea.
- Komunikazio lineen luzera handiak.
- Komunikazio truke abiadura handiak.

Proposatutako mikrosarearen disenua eta hautatutako ekipoa komunikazioen teknologia bi hauek integratzen dituzte RS485 interfazea darabilen *master-slave* sare bat eratzeko. Are gehiago, Conext Gateway gailuarekin sarea ez da zertan fisikoa izan behar. Interneteko konexioaren bitartez sarea edozein lekutik kudeatu eta monitorizatu daiteke. Momentu bakoitzean hartu beharreko erabakiak edo parametroak kanpoko ordenagailu batetik doituz.

Kasu honetan, instalazioak kudeatuko dituen ekipoa edo nagusia langile bat izango litzateke geroago azalduko den Conext Insight 2 programaz baliatuta.

8.1.5 Elementu nagusiak

Behin mikrosarearen ezaugarri nagusiak eta honek erabiliko dituen komunikazio metodoak aztertu direla, honek integratuko dituen ekipoen aukeraketa gauzatu da. Hala ere, kasu bakoitzean kontutan izan diren beste aukerak aipatu dira.

8.1.5.1 Schneider Electric-en Conext produktu familia

Mikrosarea osotuko dituzten elementuen aukeraketa gauzatzeko orduan, aukera zabal bat irekitzen zen. Izan ere, merkatuan dauden elementu anitzak konfigurazio bat edo beste gauzatzea ahalbidetzen dute. Dena den, aipatu beharra dago hartutako ebazpidea bateragarritasun arrazoientatik izan dela. Izan ere, elementuak hautatzeko baldintza hauek komunikazioa ahalbidetzen zuten metodoak edukitzea zen.

Egoera honetan, Schneider Electric markaren Conext produktu familia aztertu da. Ekipo elektriko hauek mikrosareetan erabiltzeko zuzenduta daude eta Modbus RS485 komunikazio metodoa darabilte euren artean datu trukea gauzatzeko. Conext familiako ekipo hauen erabilerarekin ziurtatzen da ekipo elektriko guztiak komunikazio protokolo berdina erabiliko dutela, onargarria den ebazpide bat osotuz.

Are gehiago, ekipo hauek egokiak dira ekoizpen sakabanatua duten instalazioetarako, proiektu honen kasuan bezala. Egindako diseinuarekin, etorkizun batean instalazioak beste sorgailu batzuekin handiagotzeko aukera bermatzen da, haize-sorgailuak edo hidrogenozko pilekin adibidez. Eolikoaren integrazioa aztertzeko simulazio batzuk egin dira HOMER Pro programaren bidez (ikusi 11 atala) eta bideragarria izan daitekeela ondorioztatu da.

8.1.5.2 Conext CL-60E MPPT bihurgailua

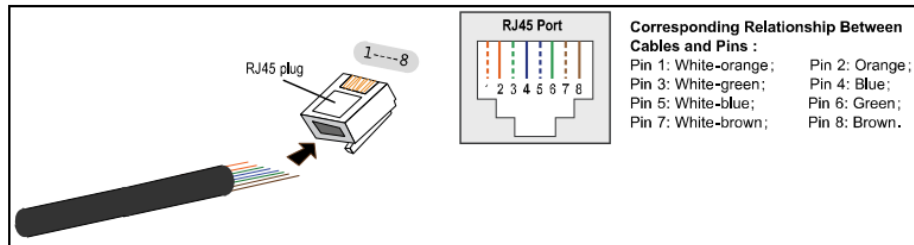
Bihurgailu hauek parke fotovoltaikoak ekoizten duen korrante zuzeneko elektrizitatea korrante alferno bihurtzearen eginkizuna gauzatu du. Honetarako, Schneider Electric markako Conext CL-60E bihurgailua hautatu da.

VI. Taula. Conext CL-60E bihurgailuaren ezaugarriak

SARRERA BALIOAK (KZ)		IRTEERA BALIOAK (KA)	
MPP tentsio tartea	570 – 850 V	Potentzia izendatua	66 kW
Tentsio maximoa	1.000 V	Korrante maximoa	96 A
Korrante maximoa	120 A	Tentsio izendatua	400 V
Zirkuitulabur korrantea	140 A	Maiztasun izendatua	50 Hz
MPPT kopurua	1	Potentzia faktorea	0,8
String sarrera kopurua	14		
DATU OROKORRAK			
Efizientzia	% 98,5	Babes maila	IP65
Hozte sistema	Aireztapen behartua	Ingurugiro tenperatura tartea	-25 °C eta 60 °C bitartean
Komunikazioak	Modbus RS485		

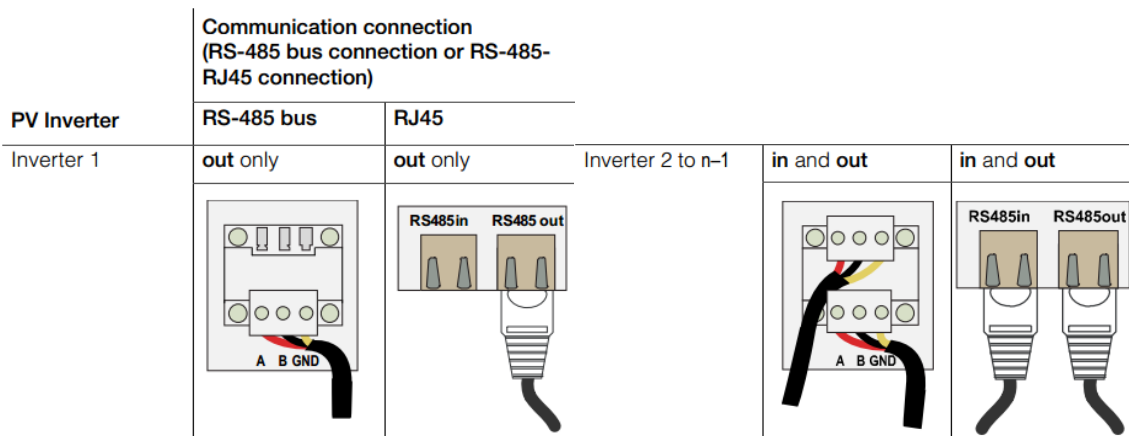
Bere ezaugarriari erreparatuz, *Maximum Power Point Tracking* edo Potentzia maximoko puntuaren jarraipen teknika (hemendik aurrera MPPT) integratzen du, ekoizten duen energiaren optimizazioa ekarriko duena. Sarrerei dagokionez, paraleloan 14 modulu adar konektatzeko gaitasuna du, guztira 66 kW-eko potentzia kudeatzeko gaitasuna ematen diona. Azpimarratzekoa da korrante zuzeneko aldean beharrezkoak diren babes elementuak berez integratzen dituela bere barnean.

Are gehiago, bihurgailu honek erregistratzen dituen datuak Internet bidez bidaltzea ahalbidetzen du Conext Gateway gailuaren konexioaren bitartez. Konexio hau RS485 konexio portua erabiliz gauzatu da, RJ45 konektorearen bitartez. Hurrengo 10. irudian ikusi daiteke komunikazio kablearen hari bakoitza konektorearen zein pin posizioari konektatu behar zaizkion.



11. Irudia. RJ45 konektorearen pinak

Conext Gateway elementuari soilik bihurgailu bat konektatu zaio. Instalatu diren beste bihurgailuak lehenengo bihurgailu honi konektatu zaizkio beheko 11. irudian agertzen den konexioa gauzatzuz. Izan ere, bihurgailu mota hauek RS485 konexiorako bi portu dituztelako: bat sarrerakoa eta bigarrena irteerakoa. Honako beheko irudian argi eta garbi ikusi daiteke konexioa:



12. Irudia. Irudia. RS485 interfazearen konexioak

Hala ere, bihurgailuaren aukeraketa egitean beste aukera posible batzuk aztertu dira parke fotovoltaikoaren bihurgailu moduan aritzeko. Aukeraketa baldintzak MPPT bihurgailua izatea eta komunikaziotarako funtzioak edukitzea ziren. Ezaugarri hauekin beste bi modelo aztertu dira: Ingeteam markaren Ingecon Sun 3Play 100TL eta Huawei markaren Sun2000-185KTL-H1. Baina, azkenean ez dira erabili, Schneiderren bihurgailuak zehazki diseinatuta daudelako komunikazio protokolo zehatzen bitartez ekoizpen banatuko mikrosareetan erabiltzeko.

8.1.5.3 Conext gateway

Conext Gateway gailuaren funtzio nagusia beste ekipoei interneteko konexioarekin hornitzea da. Esan daiteke, *router wifi* baten funtzioa betetzen duela, besteak beste. Ekipoen eta Conext Insight 2 programaren arteko komunikazioa ahalbidetuko duen elementua du.



13. Irudia. Conext Gateway tresna

Sistema osoaren egoera kudeatu eta gainbegiratzeko Conext Insight 2 ordenagailu programarekin batera erabili beharra dago. Parke fotovoltaikoan korrante zuzeneko koadroaren barnean instalatuko da DIN zokaloan. Baita sare elektrikoarekin interkonexio koadroan ere. Baditu funtzio aukera gehiago ere, hala nola PLC baterako irteera eta sarrera digitalak zein analogikoak edota alarmak eta seinaleztapen argiak pizteko errele bi.

8.1.5.4 Conext XW+ 8548E bihurgailu/kargagailua

Bihurgailu honek bateria kargagailu moduan arituko da eta hauen karga egoera kudeatuko du Conext Battery Monitor gailuaren laguntzarekin. Bihurgailu honek sistemaren funtzionamendu egoera kudeatzeaz arduratuko den gailua da. Izan ere, berak bateria bankutik jasotako datuak aztertuta erabakiko da energia fluxua nora bideratu: baterietara, sarera, saretik energia hartu karga asetzeko eta abar. Funtzionamendu aukera guzti hauek geroago argi eta garbi azalduko dira. Bihurgailu honen ezaugarriak hurrengo VII. taulan bildu dira:

VII. Taula. Conext XW+ 8548E bihurgailuaren ezaugarriak

Ezaugarri orokorrak		KZ bateria kargagailu irteera	
Irteera potentzia (25 °C)	6.800 W	Karga korrante maximoa	140 A
Gainkarga potentzia (1 min/30 min)	12.000 W / 8.500 W	Karga tentsio tartea	40 – 64 V (izendatua 48 V)
Efizientzia	% 95,8	Karga kontrola	Bi etapa, hiru etapa, boost, bezeroak berak konfiguratua
Distortsio harmoniko totala	< % 5	Bateria mota bateragarriak	Egonkorak, gel, AGM eta litio-ioi
Babes maila	IP20	Bateria bankuaren eskala	440 – 10.000 Ah
KA sarrerak (sorgailua eta sare elektrikoa)		KA irteera	
Korrante tartea	3 – 60 A	Korrantea (25 °C)	29,5 A
Tentsio izendatua (F-F)	400 V KA	Tentsioa (F-N)	230 ± %3 V KA
Transferentzia errele automatikoaren balioa / Eragite denbora	60 A / 8 ms	Maiztasuna	50,0 ± 0,1 Hz
Maiztasun tartea	45 – 55 Hz		

Gainerako ekipoak ez bezala, bihurgailu honek ez zen diseinatu lehen momentu batean RS485 interfazearekin lan egiteko. Baina komunikazioak ahalbidetzen dituen bitarteko elementu baten laguntzarekin lortuko du RS485 komunikazio sarearen barnean egokitzapen bat egitea. Horretarako,

Conext Combox elementuaz baliatuko da Xanbus konexio baten bitartez RS485 interfazeak darabilen seinaleak Xanbus protokolora egokitzeko.

Bihurgailu hau izango da banaketa sare elektrikorekin interkonexioa gauzatzeaz arduratuko den elementua. Funtzionamendu moduetan argi eta garbi ikusi ahal izango da.

8.1.5.5 Conext Combox

Conext Combox elementu ezberdinen arteko komunikazioa sortzen lagunduko duen gailua da. Modbus RS485 komunikazio sarean parte aktibo hartzen du, datuak jaso eta Conext Insight 2 programari bidalita edo beste ekipoei agindu sinpleak bidaliz.



14. Irudia. Conext Combox

Hala ere, beste hainbat funtzio gauzatzeko gai da. Jasotako datuetatik grafiko ezberdinak pantailaratu dezake, datuak bere barnean metatu eta beste ekipoen funtzio parametroak doitu besteak beste. Conext Gateway gailuak eskaintzen duen internet konexioaren bitartez Conext Insight 2 programatik jasotako aginduak exekutatu dezake. Kasu honetan bera izango da nagusi moduan arituko duen elementua programak aginduta.

Kasu konkretu honetan, Conext XW+ 8548E bihurgailuari konektatuko zaio, bihurgailu honek ez baitu RS485 interfazearekin lan egiteko funtziorik. Hori dela eta, beharrezkoa suertatzen da informazioaren trukea bitarteko elementuren batek gauzatzea. Eginkizun hau Conext Comboxak beteko du Xanbus konektoreen bitartez (Schneider Electric produktuek euren artean konektatzeko eta komunikatzeko duten protokolo partikularra).

8.1.5.6 Conext Battery Monitor

Bere izenak adierazten duen bezala, bateria monitore honek baterien funtzionamendu parametroak monitorizatzeko erabiliko da. Conext XW+ 8548 bihurgailuarekin zuzeneko elkarrekintza duenez baterien egoera kudeatzen lagunduko du. Datuak biltegitratzeko eta bistaratzeko gai izango da. Honi RJ45 konektore baten bitartez konektatuko zaio.



15. Irudia. Conext Battery Monitor

Bateria bankuaren parametroak konfiguratuz, karga eta deskarga zikloen informazioa kargagailu bihurtu bidaliko dio modu zehatz batean. Izan ere, OPzS bateriak direnez, kontutan eduki behar da hauen deskarga sakontasuna ezin dela % 50 baino handiagoa izan. Baterien bizitza erabilgarria murriztu daitekelako. BTS (Bateria Temperatura Sentsorea) konektorearekin, bateria bankuaren tenperatura neurtu ahal izango du, galkarga egoerak antzemanaz eta mantentze lan beharrezkoak adieraziz.

Conext Combox eta Conext Gateway gailuen bitartez Modbus sarean integratuko da eta internet konexioa ahalbidetuko da. Erregistratzen dituen datuak Conext Insight 2 programari bidaliz.

Laburbilduz, monitore honek baterien karga egoeraren gainbegiratzeko zuzena gauzatu du denbora errealean, baterien karga eta deskarga zikloi buruzko datuak biltegituz eta bateria bankuaren bizitza erabilgarria luzatuz.

8.1.5.7 Ibilgailu elektrikoaren karga puntuak

Ibilgailu elektrikoaren karga puntu moduan Ingeteam enpresaren INGEREV CITY® Ground CG332 karga ekipoa erabiliko da. Dituen ezaugarriak eta funtzionamendu moduak erabilera publikoko zein pribatuko aparkalekutan instalatzea ahalbidetzen du.

Karga puntu honen ezaugarriak aztertuta, proposatutako MEaren diseinuarekin bateragarria da. Izan ere, komunikatzeko RS485 interfazea darabil, datu trukea gauzatuz eta gainerako elementuekin batera lan egitea ahalbidetzen duena.

Are gehiago, beste ezaugarri interesgarri batzuk aurkezten ditu: Batetik bere barnean babes magnetotermikoa eta diferentziala du, hortaz ez du beste kanpoko babes gehigarrien beharrik. Eta bestetik energiaren neurgailu adimendua dituzte, honela modu efiziente baten kontsumitutako energia jakiteko.

Hona hemen bere ezaugarri guztiak biltzen dituen taula:

VIII. Taula. Ingerev City Ground elementuaren ezaugarriak

INGEREV CITY® Ground CG332			
Sarrerako tentsioa	Trifasikoa 400 V / 50 Hz	Babes maila mekanikoa	IK10
Korronte maximoa	32 A	Babes elektrikoak	Diferentziala (30 mA) Magnetotermikoa (C kurba)
Potentzia maximoa	32 kW	Komunikazio interfazea	RS485
Lan tenperatura tartea	-25 °C / +50 °C	Funtzio gehigarriak	Ethernet, 3G konexioa
Ingurugiro babes maila	IP55	Energiaren neurketa	MID neurgailu adimendua

Ibilgailu elektrikoaren kargatzeko energiaren fakturazioa mugikorrek aplikazio baten bitartez egin ahal izango da. Aplikazio hau ordenagailuko programa baten bidez kudeatu ahal izango da, saldatako energiaren prezioak EHUK ezarri ahal izango dituela, ikasle edo unibertsitateko langileentzat tarifa murriztu edo berezi bat finkatuz.

Amaitzeko, energiaren hornikuntzan arazorik sortzekotan, bere kabuz ordu bat lan egiteko bateria bat integratzen du.

8.1.5.8 Conext Insight 2 programa

Conext Insight 2 hodei-sarean oinarritutako plataforma adimendua da. Conext ekipoen eta instalazio osoen kudeaketa eta gainbegiratzea ahalbidetzen du, edozein puntutik eta erabilera erraz eta intuitibo batekin. Conext Combox eta bateria monitoretik jasotzen dituen datuetatik grafikoak bistaratu, baterien karga-deskarga zikloak kudeatu edota mantentze lanen beharrak bistaratuko ditu pantailan. Bestalde, ekipoetatik jasotako datuak oinarri moduan hartuta, balantze energetikoa gauzatu dezake. Horrela sarera isuritako energia kantitatea kontrolatuta egongo da.

Gainera, Modbus sarea eratzen lagunduko du, Conext Gateway komunikazio gailuen bitartez ekipo ezberdinak harremanetan jarriz eta hauei agindu sinpleak bidaliz. Nagusi-menpeko sarean programak nagusi moduan arituko luke, beste ekipoei datuak eskatuz.

8.1.5.9 Kontagailu adimendunak

Azkenik, mikrosarearen mugan sare elektrikoarekin energia neurtuko duten kontagailu adimendunak jarriko dira. Hauek, izenak adierazten duen bezala, energia eta parametro guztien (V, A, Wh, Hz eta abar) neurtzea gauzatu dute bi norabideetan. Modu honen bidez kudeatu eta kontrolatu ahal izango da saretik hartutako zein sarera isuritako energia kantitatea. Kontagailu hauen neurketak enpresa banatzailearen eskura egongo dira, Iberdrolaren MT.2.00.03 arautegi teknikoak zehazten den moduan.

Ezaugarri hauek betetzen dituen neurgailu adimenduen artean ZIV markaren 5CTE modelo aurkitzen da. Neurgailu hauek banaketa sare eta sistema ekoizleen arteko mugan instalatzeko diseinatuak izan dira. Energiaren neurtzea norabide bietan gauzatzen duenez, guztiz aproposa da nahi den funtziorako.



16. Irudia. ZIV 5CTE kontagailu adimentsua

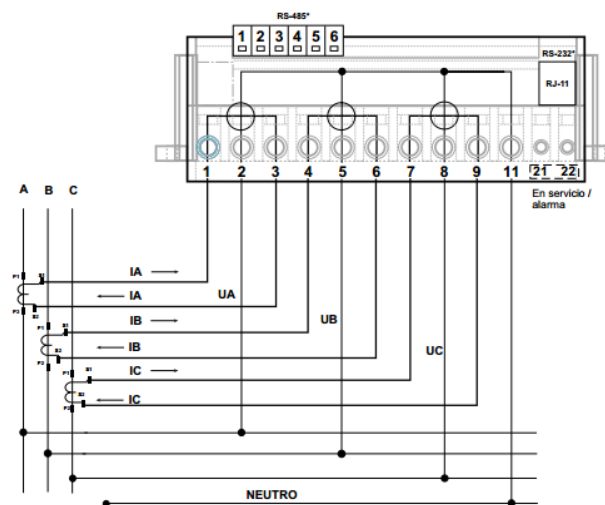
Kontagailua adimendua denez, beste elementuekin komunikatzeko Modbus RS485 metodoa erabiltzen du, energia irakurketak mikrosarea kudeatuko duen ordenagailuari bidaliz. Beraz, proposatutako mikrosarean integratzeko guztiz bideragarria den elementua izanda. Hona hemen bere ezaugarriak biltzen dituen taula:

IX. Taula. ZIV 5CTE kontagailu adimendunaren ezaugarriak

ZIV 5CTE			
Tentsio izendatua	400/230 V	Neurketa funtzioak	Korrontea, tentsioa, norabide biko potentzia aktibo zein erreaktiboa, norabide biko energia, potentzia faktorea eta maiztasuna
Korronte izendatuak	1, 5 eta 10 A		

Karga	7 W	Komunikazio metodoa	Modbus RS485
Lan tenperatura tartea	-10 °C / +55 °C	Elikadura	24 – 48 V KZ
Ingurutzailaren babes maila	IP51		

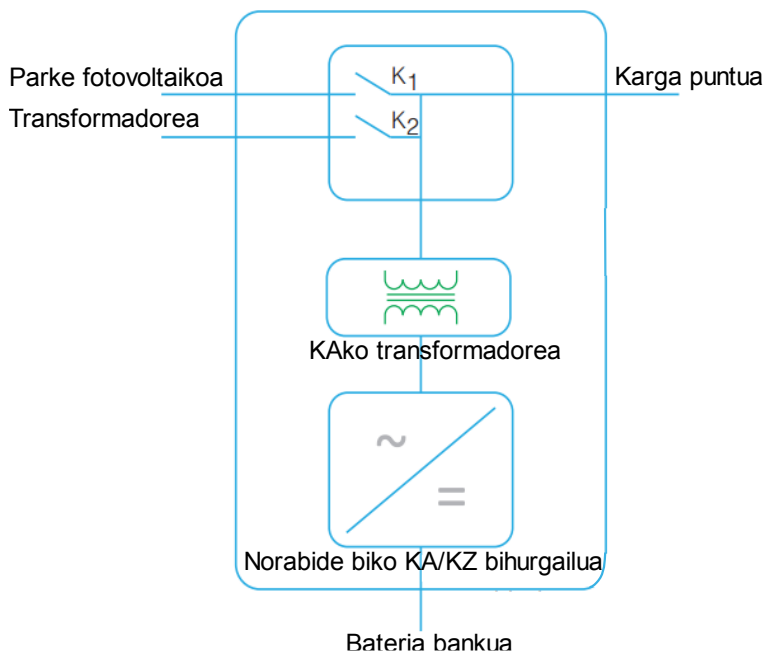
Konexio metodoari dagokionez metodo erdi-zeharkakoa erabiliko da. Bertan 4 hariko (3 fase eta neutroa) sistemari konektatuko zaio, korrontea neurtzeko korronte transformadoreak erabiliko dituela. Tentsioari dagokion neurketa modu zuzen baten gauzatuko du faseen arteko tentsioa neurtzearen bitartez. Hona hemen konexio eskema:



17. Irudia. ZIV 5CTE kontagailu adimendunaren konexio eskema
Iturria: [9].

8.1.6 Funtzionamendu moduak

MEaren lehentasuna ibilgailu elektrikoaren karga puntua hornitzea da. Dena den, sistemaren ekoizte egoera eta baterien karga egoera ez dira beti berdinak izango. Hori dela eta, karga puntuen eskaria asetu eta gero energia soberakinik badago, hau bateria bankura bideratuko da. Funtzionamendu hauek Conext XW+ 8548E bihurtgailuak kudeatuko ditu. Beheko 18. irudian bihurtgailuaren barne zirkuituaren eskema ikusi daiteke:



18. Irudia. Conext XW+ 8548E bihurtgailuaren barne zirkuitua
 Iturria: [10].

Bertan ikusi daitekeen bezala, sarrera bi (sarea eta parke fotovoltaikoa) eta irteera bakarra (ibilgailu elektrikoaren karga puntuak). Sarrera biak K_1 eta K_2 erreleen kontaktuekin ireki edo itxiki ditu, energiaren fluxua alde baterantz edo besterantz bideratuz. Eman ahal diren kasu guztiak honako hauek dira:

- Energia soberakinik ez: Parke fotovoltaikoak ekoiztutako energia guztia ibilgailu elektrikoaren eskaria hornitzeko erabiltzen da (K_1 itxita eta K_2 irekita).
- Energia soberakina eta bateriak deskargatuta: Parke fotovoltaikoak ekoiztutako energia, lehenengo ibilgailu elektrikoaren karga puntuak hornitzeko erabiliko da eta gero bateriak kargatzeko erabiliko da (K_1 itxita eta K_2 irekita).
- Energia soberakina eta bateriak kargatuta: Parke fotovoltaikoak ekoiztutako energia ibilgailu elektrikoaren karga puntuak asetzeko erabiliko da. Hemendik dagoen energia soberakina sarera isuriko da (K_1 eta K_2 itxita).
- Energia ekoizpenik ez eta bateriak deskargatuta: Parke fotovoltaikoak ekoiztutako energia ezin du ibilgailu elektrikoaren karga puntuen eskaria asetu eta saretik energia hartzen da (K_1 eta K_2 itxita).
- Energia ekoizpenik ez eta bateriak kargatuta: Ibilgailu elektrikoaren karga puntuek behar duten energia baterietatik hartuko da.

8.2 Parke fotovoltaikoaren diseinua

Diseinu egoki bat gauzatzeko, ezinbestekoa da aurretiazko azterketa bat gauzatzea kokapenaren datuak, diseinu aukerak eta faktore mugatzaileak ondo zehaztuz. Instalazio fotovoltaikoa diseinatzeko jarraitu diren irizpideak eta amaieran hartutako ebazpideak Eraikingintzaren Kode Teknikoa eta IDA Eren Sarera Konektatutako Instalazio Fotovoltaikoen Baldintza Teknikoen Agirian ezarritakoarekin bat datoz.

8.2.1 Kokapenaren datuak

Instalazio fotovoltaikoaren kokapena Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatearen (hemendik aurrera, GKZF) estalkia izango da. Parke fotovoltaikoa eraikin baten gainean egitearen abantailak teilatuaren lautasuna eta itzalak sor dezaketen elementuren gabezia dira. Hala ere, moduluen kokapena eta instalazioaren neurriak teilatuaren azalera erabilgarriagatik mugatuta egongo dira. Hurrengo 19. irudiak erakusten du bere kokapen geografikoa Leioako Campusaren barnean (ikus 1. Planoa)



19. Irudia. GKZ fakultatearen kokapena

Estalkiaren datuak ondoko X. taulan bildu dira.

X. Taula. Gizarte Zientzien eta Komunikazioen fakultatearen estalkiaren datuak

Ezaugarriak	Balioa
Azalera totala	6.500 m ²
Altuera lurrazalarekiko	25 m
Kokapen koordinatuak	43º 33' , -2º 96'

Eraikinak erdigunean argi-patio bat dauka, teilatuaren azalera erabilgarria nabarmenki murrizten duena. Halan eta guztiz ere, itzalak sor ditzaketen elementuak ditu, hala nola segurtasun barandak, aire girotuko sistemak edota antena parabolikoak. Hori dela eta, modulu fotovoltaikoak kokatzeko azalera nabarmenki murrizten da.

8.2.2 Diseinu irizpideak

Instalazio fotovoltaiko baten diseinuarekin hasteko, lehenengo pausua honek aseztu behar den kargen kontsumoa jakitea izango litzateke. Sorgailu fotovoltaikoaren helburua ibilgailu elektrikoaren karga puntuak hornitzea izango denez, kargak aldakorak suertatzen dira eta ezin aurrean daiteke kontsumoa. Horrenbestez, teilatua azalera erabilgarria izango da sorgailu fotovoltaikoa definituko duen faktore mugatzailea. Beste era batera esanda, instalatu ahal diren modulu fotovoltaiko kopuruak finkatuko du sorgailuaren potentzia izendatua.

Estalkiaren azalera erabilgarria eta bertan dauden elementuak lehen eskutik aztertuta, modulu fotovoltaikoak hegoaldera zuzenduta dagoen aldean kokatuko dira gehienbat, eguzkiari zuzenean begira.

Moduluak aluminiozko euskarri metaliko baten gainean finkatuko dira. Egitura metalikoak berak emango die moduluei inklinazio angelu bat. Bestetik, teilatua zoru zementuzkoa izanda, sareak ezin dira torlojuen bidez lurrera ainguratu. Beraz, hartuko den ebazpidea egitura hauek zementuzko lasta batzuen pisuari esker lurrera finkatze izango da. Era berean, arrazio ekonomikoengatik, modulu fotovoltaiko kateak ahalik eta luzeenak izango dira.

Amaitzeko, moduluetan itzalak ekiditeko ondorengo distantziak bermatuko dira, Kalkuluen I eranskinen 2.3 atalean garatuta daude:

- Segurtasun barandatik: 1 m-ko distantzia.
- Modulu kateen artean: 1 m-ko distantzia.
- 2 m edo gehiagoko altuera dituzten elementuetatik: 4,1 m-ko distantzia.

Distantzia hauek utziz gero, bermatuko da denboraren gehiengoa modulu fotovoltaikoetan ez dela itzalik egongo. Beraz, ez dago itzalen ikerketa sakonago baten beharrik.

8.2.3 Modulu fotovoltaikoen aukeraketa

Panel fotovoltaikoen merkaturak nahiko zabala da eta konfigurazio aukera asko eskaintzen ditu instalazio ekoizle fotovoltaiko bat diseinatzerako orduan. Ebazpide bideragarri batera heltzeko, merkaturan dauden hainbat moduluen parametro ezberdinen azterlana gauzatu da. Aintzat hartutako moduluen ezaugarriak ondoko hauek izan dira:

- Potentzia maximoa (P_{MPP}) [Wp]: Moduluak STC baldintzetan eman dezakeen potentzia maximoa.
- Efizientzia [%]: Moduluak STC baldintzetan duen errendimendua da.
- Koefiziente termikoa (K_p) [%/°C]: Moduluren potentzia maximoa eta zelulen lan tenperaturaren arteko erlazioa adierazten du.
- Prezioa [€]: Modulu fotovoltaiko unitatearen kostua.
- Bermea: Hemen bi berme mota ezberdin behar dira.
 - Produktu bermea: Erosten denetik denbora jakin batera, modulua hondatuz gero fabrikatzaileak modulua ordezkatzeko hartzen duen konpromesua.
 - Potentzia bermea: Fabrikatzaileak aurretik zehazten duen potentzia galera lineal baten arabera, moduluek mantendu beharreko potentzia adierazten du.
- Forma faktorea: Modulu fotovoltaikoaren kurba karakteristikoaren ezaugarriak adierazten duen balioa. Zenbat eta handiagoa, orduan eta panel horrek erantzun hobeagoa eskainiko du.

Are gehiago, badaude beste hainbat aspektu kontutan hartu direnak baina ezin kuantifika daitezkenak, hala nola panelaren markaren prestigioa, modeloen errendimendua instalazio errealetan eta bezeroen kritika orokorrak.

Moduluaren zelulei dagokionez, azken aldian gorakadan dagoen silizio monokristalino PERC teknologia darabiltenak hautatu dira, 72 zelulako modelokoak. Teknologia hau integratzen dituzten panelek potentzia maximo izendatu handia izateaz gain, efizientzia egokia dute.

Aurreko guztia kontutan hartuta, parke fotovoltaiko honetarako Sharp markako NU-AH370 modelo erabiltzea erabaki da. Modelo honek ezaugarri onak eta prezio onargarria ez ezik, Sharp marka ospetsua da ere, kalitate oneko modulu fotovoltaikoak ekoizteagatik. Hala ere, panel fotovoltaikoak aukeratzeko hainbat marka eta modelo izan dira kontuan, aztertutako panel guztien ezaugarriak hurrengo XI. taulan bildu dira.

XI. Taula. Modulu fotovoltaikoen arteko konparaketa

Marka	SunPower	SunPower	Jinko Solar	LG	Iberian Solar	Yingli Solar	Yingli Solar	Trina Solar	Trina Solar	Sharp	Sharp	Canadian Solar
Modeloa	SPR-MAX3-390-COM	SPR-P19-405-COM	JKM400M-72H-V	NeON® 2 - 72Cell	IBS72M	YLM 72 Cell 370	YL330D-36b	TSM-DD06M05	TSM-DE15M	NU-AH370	NU-AF370	CS1H-340MS
Potentzia maximoa (STC) [Wp]	390	405	400	400	370	370	330	340	415	370	370	340
Tolerantzia [%]	5	5	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5
Efizientzia teorikoa [%]	22,1	19,6	19,88	19,3	19,06	19,1	16,9	19,9	20,4	19,1	19	20,16
Tnoc [°C]			45	42	47	44	46	41	41	45	45	44
Kp (koefiziente termikoa) [%/°C]	-0,29	-0,36	-0,36	-0,36	-0,4	-0,39	-0,42	-0,37	-0,37	-0,39	-0,375	-0,387
Tentsio maximoa (V _{MPP}) [V]	64,5	45,3	41,7	40,6	38,82	39,3	37,7	34,2	40,9	39,4	39,66	37,8
Korronte maximoa (I _{MPP}) [A]	6,05	8,94	9,6	9,86	9,54	9,44	8,72	9,94	10,15	9,39	9,33	9
Zirkuitu irekiko tentsioa (V _{OC}) [V]	75,3	54	49,8	49,3	47,97	47,5	46,2	41,1	49,6	47,8	48,82	44,5
Zirkuitulaburreko korrontea (I _{SC}) [A]	6,55	9,53	10,36	10,47	10,41	9,97	9,25	10,55	10,66	9,97	9,87	9,57
Prezioa [€/Wp]	0,91	1,06	0,69	1,09	0,46	0,37	0,43			0,62	0,59	0,43
Prezio totala [€]	358,44	430	276	438,75	172,45	136,9	142,38			230,5	221,6	146,04
Bermea [urte]	25 + 25	25 + 25	10 + 25	12 + 25	10 + 25	10 + 25	10 + 25	10 + 25	10 + 25	10 + 25	10+25	10 + 25
Azalera [m ²]	1,767	2,06	2,01	2,07	1,94	1,94	1,95	1,7	2,03	1,94	1,94	1,68
Forma faktorea	0,7912	0,7870	0,7759	0,7755	0,7416	0,7834	0,7693	0,7840	0,7851	0,7763	0,7679	0,7988
Efizientzia (%)	22,08	19,66	19,92	19,34	19,09	19,12	16,86	20,00	20,45	19,07	19,07	20,25
Tc moduluarena			48,125	44,75	50,375	47	49,25	43,625	43,625	48,13	48,125	47
(%) ΔP			-8,325	-7,11	-10,15	-8,58	-10,185	-6,89125	-6,89125	-9,019	-8,672	-8,514

8.2.4 Bihurgailuaren aukeraketa

Bihurgailua, modulu fotovoltaikoek sortutako korrante zuzeneko elektrizitatea korrante alferno bihurtzeaz arduratzen den gailua izanda, berebiziko garrantzia du. Honek erabiltzen duen jarraipen teknologia MPPT metodoan oinarritutakoa izango da, moduluek uneoro potentzia maximoko puntuan lan egitea ahalbidetuko duena. Metodo honekin, bihurgailu konbentzionalak baino % 20 - % 30 energia gehiago lortzen da.

Beste alferdi garrantzitsu bat bihurgailuari konekta dakizkiokeen *string* edo modulu adar kopurua izango litzateke, kate hauen tentsioa berdina izan behar delarik guztietan.

Aurrerago sakonduko den moduan, mikrosarea osatzeko ezinbesteko alferdia da MPPT bihurgailu honek komunikazio protokolo bat edukitzea. Honela, beste elementuren arteko informazio trukea eman daiteke.

Amaitzeko, instalazioa beharrezkoa baino gehiago ez gairdimentsionatzeko, bihurgailuari konekta dakiokkeen potentzia maximoa kontutlan izango da. Behin instalazio fotovoltaikoaren potentzia jakinda, 154,66 kW, egokiak diren bihurgailuak hautatu dira Kalkuluen I eranskinaren 2.4 ataleko prozedura jarraituta.

Aurreko guztia kontutan izanda, parke fotovoltaiko honen kasurako, Schneider Electric markako Conext CL-60E modelo erabiliko da. Bere ezaugarri esanguratsuenak aurreko ataleko VI. taulan bildu dira.

8.2.5 Moduluen fotovoltaikoen antolamendua

Behin modulu fotovoltaikoen hautaketa eginda eta bere neurriak jakinda, Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultateko estalkian edukiko duten antolaketa egin da. Horretarako, Kalkuluen I eranskineko 2.3 azpiatalean zehaztutako distantziak bermatu dira. Moduluen kokapen zehatza jakiteko, ikusi 3. Planoa.

Guztira 418 modulu fotovoltaiko instalatu dira, zeinek 154,66 kW-eko potentzia maximoa duten. Moduluen eta bihurgailuaren ezaugarriek parkearen konfigurazioa baldintzatuko dute.

Modulu fotovoltaikoak bi eratan konekta daitezke: seriean eta paraleloan.

- Seriean jarritako panelek *string* edo adar deritzon kate bat eratzten dute.
- Adar bat osatzen dituzten moduluek ezaugarri berdinak eduki behar dituzte.
- Adar batek edukiko duen tentsioaren balioa modulu fotovoltaiko guztien tentsioen batura izango da.

Aldiz, paraleloko konexioan hainbat modulu adar bihurgailu berdinerakonektatzen dira. Bigarren konexio honetan, korranteak dira batzen direnak.

Diseinu irizpideetan oinarrituta, Conext CL-60E bihurgailuaren kasurako ondorengo konfigurazio hau planteatzen da:

XII. Taula. Parke fotovoltaikoaren konfigurazioa

Konfigurazioa	Kopurua
Bihurgailu kopurua	2
Modulu bihurgailu bakoitzeko	209
Kate kopurua bihurgailuko	11
Modulu kopurua adar bakoitzeko	19

8.3 Biltegitratze instalazioen diseinua

Memoriaren atal honetan MEak integratzen dituen energia baterien dimentsionamentua gauzatu da. Bateriek darabilten biltegitratze teknologia ezberdinetatik aproposena aukeratu da, instalazioaren biltegitratze kapazitatea diseinatuz.

8.3.1 Ibilgailu elektrikoaren azterketa

Lehenik eta behin, Espainiako herrialdean dauden ibilgailu elektriko ezberdinen azterketa laburra gauzatu da. Geroago, azterketa honetan oinarriturik, baterien kapazitatea zehazteko. Hona hemen 2019. urteko lehen sei hilabetetan Espainiako herrialdean matrikulatutako ibilgailu elektriko ohikoenen bateria kapazitatea biltzen dituen taula.

XIII. Taula. Ibilgailu elektrikoaren datuak
Iturria: [11].

Modeloa	Matrikulazioak (unitateak)	Bateriaren kapazitatea (kWh)
Volkswagen eGolf	314	35,8
Kia eNiro	169	39,2
Smart ForTwo	345	17,6
Smart ForFour	335	17,6
BMW i3	475	42,2
Renault ZOE	551	52
Hyundai Kona	594	39
Nissan Leaf	1035	40
Tesla Model 3	1051	60
Guztira	4.860	Batezbestekoa = 38,15

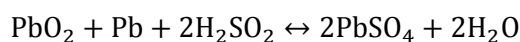
Taulako datuak 2019ko ekainean daude hartuta, orduraino ibilgailu elektrikoaren matrikulazio kopuru totala 5.452 unitatekoa zen. Bateria kapazitatearen batezbestekoa kalkulatu da, 38'15 kWh dela lortu da.

8.3.2 Metatze teknologiaren alternatiben analisia

Testuinguruan aztertu den bezala, II. taulan gaur eguneko bateriak energia metatzeko darabilten teknologia ezberdinak aztertu dira, bakoitzaren ezaugarriak eta erabilerak zehaztuz. Hala ere, kontutan eduki behar da bateriak kargatzeko erabiliko den Conext XW+ bihurtgailua soilik mota hauekin lan egin dezake: berun-azido, litio-ioi, AGM eta gelezkoak.

8.3.2.1 Berun-azido

Instalazio fotovoltaikoetan erabiltzen diren baterien gehiengoa berun-azidozkoak dira. Bateriaren plaka positiboa berun dioxidoz eta negatiboa berunez eginda daude. Plaka bi hauek azido sulfuriko diluituko elektrolito batean murgiltzen dira. Bertan ematen den erreakzio kimiko globala ondorengo hau izanik:



Erreakzioaren norabidea karga edo deskarga prozesua den ezarriko du. Elektrolito mota hau ezegonkorra da, beraz ez du komeni beharrezkoa baino gehiago mugitzea.

Aldi berean, metatze teknologia hau darabilten bateriak beste hiru taldetan bana ditzakegu:

- **Bateria geldikorrak:** Berun-azido bateria mota hauek erabiltzen duten disoluzio elektrolitiko likido egoeran aurkitzen da. Normalean, OPzS siglekin ezagutzen dira. Ziklo sakoneko bateriak dira, karga eta deskargako erregimen geldoetan lan egiteko diseinaturik daudenak. Gutxi gora behera, 2500 zikloko bizitza erabilgarri onargarria dute. Bere bizitza erabilgarria ahalik eta luzeena izateko, jasan dezaketen deskarga sakontasun handiena % 50ekoa da. Instalazio fotovoltaikoetan eta hornikuntza jarraituko sistemetan erabiltzen dira gehienbat.
- **Gelezko bateriak:** Bateria mota hauek berun-azidozkoak dira baita ere, baina hauetan elektrolitoa gel egoeran aurkitzen da, etzanda instalatzea ahalbidetzen duena. Bateria geldikorren ezaugarri antzekoak dituzte: deskarga sakontasun berdina eta bizitza erabilgarri apur bat luzeagoa 2900 ziklorekin. Elektrolitoa gelifikatuta dagoenez ez dute mantentze lanen beharrik. Hala ere, elektrolito likidozko bateriak baino garestiagoak dira.
- **AGM bateriak:** Azkenengoz, AGM (*Absorbent Glass Material*) bateria hauek bidrio ehunezko sare-begi bat erabiltzen dute elektrolitoa edukitzeko. Honen bidez, elektrolitoa egonkorragoa eta iraunkorragoa eginez eta euren bizitza erabilgarria 1000 ziklo inguru izanda. Deskarga sakontasunari dagokionez, aurreko biak baino apur bat txikiagoa da, gehienez % 40koa izan daitekela.

8.3.2.2 Litio-ioizko bateriak

Litioa azken urteetan gorakada izugarria jasan duen teknologia da. Litio gatz ezberdinen erabilerarekin bateria arinagoak, tamaina gutxiagokoak, mantentze lanen beharrik ez dutenak eta bizitza erabilgarri oso luzeagoko bateriak lortzen dira 5000 – 6000 ziklo ingururekin. Bestalde, ia bateria osoaren kapazitatea erabili daiteke ziklo bakoitzean, % 90 sakontasun deskarga izanda.

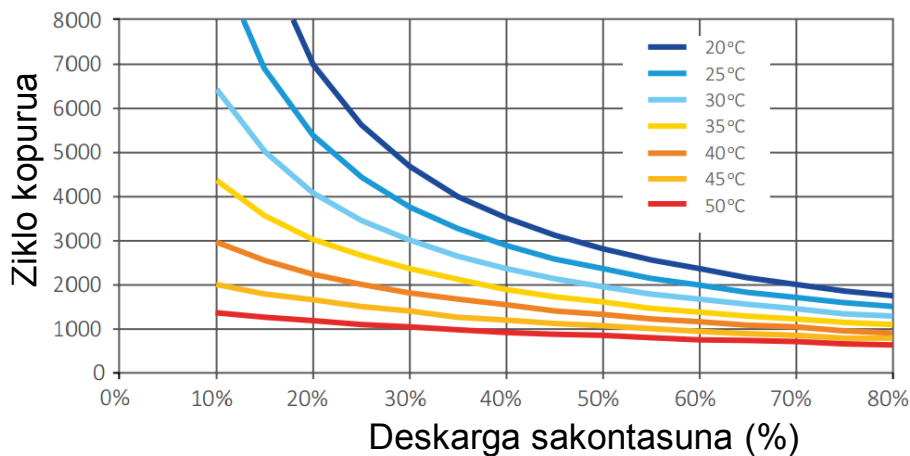
Bateria ekoizleek burdin fosfato eta litiozko (LiFePO_4) teknologiaren garapen eta merkaturatzean bideratuta dituzte haien ikerketak. Hauen abantaila handi bat karga prozesua askoz ere bizkorrago gertatzen dela da, ahalbidetzen duten karga korrante handiei esker. Are gehiago, merkaturatzen ari diren litiozko bateriak karga erreguladorea (BMS, *Battery Monitor System*) integratzen dute berez, bateriaren kudeaketa on bat gauzatzen dutena kanpoko erreguladore elementurik erabili gabe.

Hala ere, oraindik teknologia nahiko garestia da. Ziklo bakoitzaren kostua merkeagoa izanda ere, egin beharreko hasierako inbertsioa beste teknologiekin baino handiagoa da.

8.3.3 Hartutako ebazpidea

Bateria mota ezberdinen ezaugarriak aztertuta erabaki da bideragarriena OPzS berun-azido bateriak instalatzea dela. Instalazio fotovoltaiko gehienetan mota honetako bateriak erabiltzen dira. Honela Bauer markako 11 Solar 2400 modelo erabiltzea erabaki da. Bateria hau ezaugarri egokiak aurkezten ditu instalazio fotovoltaikoekin lan egiteko. Modulu bakoitza 2 V eta 2400 Ah ditu.

Mantentze periodiko egoki bat eta deskarga sakontasuna % 50era mugatuz, fabrikatzaileak 2500 zikloko bizitza erabilgarria izan dezakete hurrengo 20. irudian ikusi daitekeen moduan.



20. Irudia. Ziklo kopurua eta deskarga sakontasuna
Iturria: [12].

Arestian zehaztu den bezala, efizientzia eta ezaugarriak dagokienez, litiozko bateriak ez dute parekorik. Baina gaur egun haien fabrikazio prozesuek oraindik ez daude nahiko garatuta, prezio handiak edukitzea dakarrena. Mota honetako bateriak erabiltzekotan proiektuaren aurrekontua izugarri garestituko litzateke, bere bideragarritasuna erabat murriztuz.

Hala ere, azken urteetako joerak aurkezten duen bezala, ikerketek eta produkzio hobekuntzak litio baterien prezioaren murrizketara bideratzen dute. Orduan, OPzS bateria hauen bizitza erabilgarria amaitutakoan eta litio baterien prezioa murriztu denean, baloratu daiteke hasierako bateriak litiozkoengatik ordezkatzeko. Izan ere, MEaren diseinua eta proposatutako ebazpidea horretarako malgutasuna du.

Baterien instalazioa diseinatzeko kontutan izan behar da ibilgailu elektrikoaren karga puntuak hornituko dituztela. Honek diseinu baldintza berezi batzuk ezartzen ditu:

- Karga puntu hauek ez daude zuzenduta ibilgailu baten bateria guztiz kargatzeko, baizik eta bateriaren % jakin bat, eguneroko desplazamenduak egitea ahalbidetzen dituena.
- Bizkaiko campusa oso jendetsua da eta dinamikotasuna beharrezkoa izango da. Kontsultatutako bibliografiaren arabera [13]: 15.351 pertsona (ikasle, irakasle eta) daude campusean ikasten edo lanean eta hauetatik % 24,01 ibilgailua erabiltzen dute garraiobide bezala.
- Karga puntu hauek aplikazio berezi baten bitartez kudeatu ahal izango dira.
- Bateriak parke fotovoltaikoak energia ekoizten ez duen egoeretan erabiliko dira, gaez adibidez. Hori dela eta, bere deskarga zikloa 10 ordukoa izatea erabaki da.

8.3.4 Hartutako ebazpidea

Aurreko ataletan eta Kalkuluen I eranskinaren 4 atalean zehaztutakoa kontutan izanda, Bauer markako 11 Solar 2.400 modeloren 24 bateria instalatuko dira karga puntu bakoitzeko.

Bateria bankuaren kapazitate totala 77,856 kWh-koa izango da. Hona hemen bateriaren ezaugarriak taula baten bilduta:

XIV. Taula. Bauer 11 Solar 2400 bateriaren ezaugarriak

Marka	Bauer	Neurriak	275x210x797
Modeloa	11 Solar 2.400	Pisua	111 kg
Kapazitatea (C ₁₀)	1.622 Ah	Elektrolittoa	Azido sulfuriko diluitua
Kapazitatea (C ₁₂₀)	2.400 Ah	Lan tenperatura tartea	10 – 30 °C gomendatutakoa

8.4 Kableatua

Atal honetan mikrosarean erabili den kableatuari buruzko aspektu guztiak zehaztuko dira, hala nola kableen sekzioak, hauen ezaugarriak edota instalazio baldintzak. Sekzioak kalkulatzeko bi irizpide mota erabili dira: tentsio jauziaren irizpidea eta korrante maximo onargarriaren irizpidea, irizpide termiko ere deitua. Instalazioa gauzatzeko erabiliko diren kableek Aenor EA 0038 arauak zehazten dituen baldintzak eta ezaugarriak beteko dituzte. Arau honek instalazio fotovoltaikoetan erabiltzen diren kableak definitzen ditu.

Egindako kalkuluak bihurgailu batentzat egin dira soilik. Hala ere, proposatutako moduluen antolamenduari bermatzen da modulu adarrak lotzen dituzten adarren luzera antzekoak izatea. Honen bidez bihurgailu batekin egindako kalkuluak, beste bihurgailuari arazo barik aplikatu daioke.

8.4.1 Korrante zuzeneko kableatua

Kableatu mota hau moduluek ekoizten duten energia elektrikoa bihurgailura bideratzeko erabiliko da. Erabilgaitako MPPT bihurgailuak 14 adar paraleloan konektatzeko aukera ematen du, hauetatik 11 soilik erabiliko direlarik. Kableak zuzenean bihurgailuetara bideratuko direnez, aire zabalean instalatuko dira. Ahal den heinean, kableak modulu fotovoltaikoen beheko aldetik finkatuko dira. Modulu honen bidez, neurri batean ekidingo da eguzkiak kableetan sortzen dituen kalteak tenperatura igoeratik. Izan ere, kableen tenperaturak handiegiak badira hauen isolamendua zulatu daiteke, instalazioan akatsak emanik.

Lortutako emaitzak ondoko XV. taulan laburbildu dira:

XV. Taula. Korrante zuzeneko kableatuaren sekzioak

Adar zenbakia	Luzera (m)	Tentsioa (V)	σ ($\Omega \cdot m / mm^2$)	Intentsitatea (A)	ΔV (%)	Sekzioa (mm^2)	Sekzio normalizatua (mm^2)	ΔV erabiliko sekzioarekin (%)
S1	64,3	668,8	45,49	9,39	1,5	2,65	4	0,99
S2	61,1	668,8	45,49	9,39	1,5	2,51	4	0,94
S3	57,9	668,8	45,49	9,39	1,5	2,38	4	0,89
S4	54,7	668,8	45,49	9,39	1,5	2,25	4	0,84
S5	55	668,8	45,49	9,39	1,5	2,26	4	0,85
S6	57,6	668,8	45,49	9,39	1,5	2,37	4	0,89
S7	64,9	668,8	45,49	9,39	1,5	2,67	4	1,00
S8	62,1	668,8	45,49	9,39	1,5	2,56	4	0,96
S9	67,3	668,8	45,49	9,39	1,5	2,77	4	1,04
S10	71,1	668,8	45,49	9,39	1,5	2,93	4	1,10

Kable sekzio hauek tentsio jauziaren irizpidearekin kalkulatu dira eta geroago irizpide termikoarekin baieztatu dira. Hortaz, modulu adar guztietan 4 mm^2 -ko sekzioa duten kableak instalatuko dira. Hautatutako kablea Top Cable enpresak instalazio fotovoltaikoetara zuzendutako TOPSOLAR PV kablea da. Bere izendapen generikoa ZZ-F (AS) 1/1,8 kV KZ da:

- Z Isolamendua: Halogenorik gabeko elastomero termoegonkorra, (EPR).
- Z Estalkia: Halogenorik gabeko elastomero termoegonkorra, (PVC).
- F Eroalea: Zerbitzu mugikorretarako kobrea.



21. Irudia. TOPSOLAR PV ZZ-F (AS) kablea

Kableak biak ezberdintzeko koloreak dituzte: gorria fase positiboarentzako eta beltza fase negatiboarentzako. Bere ezaugarriak ondoko hauek dira:

XVI. Taula. TOPSOLAR PV ZZ-F (AS) kablearen ezaugarriak

Ezaugarriak	TOPSOLAR PV ZZ-F (AS)
Tentsio maximoa	1,0/1,0 kV (1,8/1,8 kVKZ max)
Izendapen generikoa	ZZ-F
Eroalea	Kobre elektrolitikoa
Isolamendua	E16 motakoa, EPR (UNE-EN 50363-1)
Estalkia	EM8 motakoa, PVC (UNE-EN 50363-2)
Eroalearen tenperatura maximoa (20.000 h)	90 °C
Zirkuitulabur tenperatura maximoa (5 s)	250 °C
Isolamendu bikoitza (II maila)	Bai

8.4.2 Korrante alternoko kableatua

Mikrosareak edukiko duen bigarren kableatu mota KAKoa izango da. Kable mota hau erabiliko da parke fotovoltaikoko bihurtailuen irteera sare elektrikoarekin interkonexio koadro nagusiarekin lotzeko. Tarte honetan korronea alferno trifasikoa denez, erabilitako kableak multipolarrak izango dira, bere barnean 5 eroale bilduko dituelako: 3 fase, neutroa eta lurreko eroalea. Kable honek deskribatuko duen bidea ondoko hau da:

- Instalazio fotovoltaikoan instalatutako MPPT bihurtailuen irteeratik, Gizarte Zientzien eta Komunikazioen fakultateak duen barne patiotik lurzorura jaitsiko da briden bitartez fatxadari itsatsita. Lurzorura heldu baino lehenago 5 metroko zatia hodi baten barnean sartuko da. Honela lurpera igarotzea babestuz.
- Behin lurzoruan, Campusaren kanalizazio nagusienak dauden galerietara bideratu behar da. Horretarako instalazio ezberdinak igarotzeko pasabide bat erabiliko da.
- Behin galeria nagusian, dagoen lekuaren arabera, hormetara edo sabaira zuzenean itsatsiko da. Ondoren medikuntza fakultatearen azpian dauden galerietara joango da, bertan interkonexio kutxa nagusira helduz.

Ibilbide hau jarraituz, kableek deskribatuko duten bidea 110,7 m-ko luzera du. Aurreko atalean erabilitako irizpide berdinak aplikatuta, amaieran honako emaitza hauek lortu dira:

XVII. Taula. Korrante alternoko kableatuaren ezaugarriak

Luzera (m)	Tentsioa (V)	σ ($\Omega \cdot m/mm^2$)	Intentsitatea (A)	ΔV (%)	Sekzioa (mm^2)	Sekzio normalizatua (mm^2)	ΔV erabilitko sekzioarekin (%)
110,7	400	45,49	96	1,5	53,96	70	1,15

Tarte honetarako aukeratutako kablea Top Cable enpresaren POWERHARD F RVF-K modeloa da. Kable hau zehazki diseinatuta dago planta fotovoltaikoen bihurtgailuaren irteerara konektatzeko behe tentsioan. Bere ezaugarriak ondorengoak dira:

XVIII. Taula. POWERHARD F RVF-K kablearen ezaugarriak

Ezaugarriak	POWERHARD F RVF-K
Tentsio izendatua	0,6/1 kV KA ; 1,8 kV KZ
Izendapen generikoa	RVF-K
Eroalea	Kobre elektrolitikoa
Diseinu araua	EA 0038

Kable honek duen pantaila metalikoa, barneko eroaleak karraskarietatik babestuta geratzen dira. Bere izendapen generikoari dagokionez, RVF-K da.

- R Isolamendua: Polietileno erretikulatua (XLPE).
- V Pantaila: Poliklorurozko biniloa (PVC).
- F Armadura mota: Luzetara jarritako altzairuzko zumitza.
- K Eroalea: Instalazio finkoetarako kobrea.

Kable mota hau KA korrantea darabilten tarte guztietan erabiliko da. Baita sare elektrikoarekin interkonexioa gauzatzeko edota karga puntuak lotzeko ere.



22. Irudia. POWERHARD F RVFV-K kablea

Kableak bere barnean dituen eroale guztiak ezberdintzeko kolore kode bat erabiliko da: urdina, marroia eta grisa 3 faseak eta beltza neutroa.

8.4.3 Lur azpira igarotzeko hodia

Arestian aipatutako korrante alternoko kableen instalazioari dagokionez, hauek galerietara bideratzeko aire-lur igarotzea hodi baten barruan egingo da. Hodi honen bidez aire-lur igarotzeari babes mekanikoa eskainiko zaio kanpoko elementuen aurka.

Kalkuluen I eranskineko 5.5 atalean garatutako kalkuluen bitartez, zehaztu da hodi honen kanpo diametroa 95,03 mm-koa izango dela gutxienez.

8.5 Sarerako konexioa

Aurreko ataletan zehaztu den moduan, diseinatutako MEa sare elektrikoari konektatuta egongo da, energia soberakina egotekotan, hau sarera isuriko dela.

Hau gauzatzeko, sarera konektatzeko puntu bat beharrezkoa da. Campusak dituen azpiegiturak aztertuta, bi ebazpide planteatzen dira:

- Lehenengoa: Campusa hornitzen duen azpiestaziora deribazio bat botatzea galerietatik eta bertara zuzenean tentsio ertainera konektatzea.
- Bigarrena: Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatearen transformaziora deribazio bat bota eta bertako transformadore murriztaileren baten konektatzea behe tentsioko aldean.

Giza Zientzia eta Komunikazio fakultatearen transformazio zentroak dituen transformadoreen ezaugarriak honako hauek dira:

XIX. Taula. GKZFren transformazio zentroko transformadoreen ezaugarriak

1. Transformadorea			
Potentzia irudikaria	800 kVA	Tentsio erlazioa (V_P/V_S)	13,2/0,4 kV
Konexio taldea	DyN11	Korronte erlazioa (I_P/I_S)	32,55/1154,7 A
Zirkuitulaburreko tentsioa (Vcc)	% 5,72	Isolamendu mota	Olioa
Babesak goi tentsioko aldean	Fusible-etengailu (80 A)	Babesak behe tentsioko aldean	Etengailu magnetotermikoa
2. Transformadorea			
Potentzia irudikaria	630 kVA	Tentsio erlazioa (V_P/V_S)	13,2/0,4 kV
Konexio taldea	DyN11	Korronte erlazioa (I_P/I_S)	27,56/909,23 A
Zirkuitulaburreko tentsioa (Vcc)	% 4,06	Isolamendu mota	Silikona
Babesak goi tentsioko aldean	Fusible (63 A)	Babesak behe tentsioko aldean	Etengailu magnetotermikoa
3. Transformadorea			
Potentzia irudikaria	1.250 kVA	Tentsio erlazioa (V_P/V_S)	13,2/0,4 kV
Konexio taldea	DyN11	Korronte erlazioa (I_P/I_S)	54,67/1718,3 A
Zirkuitulaburreko tentsioa (Vcc)	% 6,53	Isolamendu mota	Sikua – Epoxi erretxina
Babesak goi tentsioko aldean	Etengailu SF ₆ (400 A)	Babesak behe tentsioko aldean	Etengailu magnetotermikoa

Aukera biak aztertuta, ondorio hauek ater dira:

- Lehenengo aukera bideragarria den arren, asko garestituko luke proiektua. Izan ere, tentsio ertaineko sarera zuzenean konektatzeko azpiestazioan handipen bat egin beharko litzateke. Honekin batera, tentsioa igoko lukeen potentzia transformadore baten beharra egongo litzateke eta honek eduki beharreko babes sistema guztiak (etengailuak, ebakigailuak eta abar).
- Bigarren aukerak campusean dauden azpiegiturak erabiltzen ditu inolako ekipo gehigarrikerik behar ez duela. Bestetik, transformadorearen konexio taldea dela eta, babes galbanikoa lortzen da sarea eta mikrosarearen artean.

Hortaz, aukera bakoitzaren abantailak eta desabantailak aztertuta, erabaki da kasu honetan egokiena bigarren aukera dela. Hau da, energia soberakina Gizarte eta Komunikazio Zientzien Fakultatearen transformazio zentrora bideratzea eta bertako transformadorearen bati behe tentsioko (sekundarioko) aldean konektatu.

Hala ere, gaur egun ezagutzen diren datuekin ezinezkoa da zein transformadoreri konektatzea erabaki. Izan ere, honetarako lehenengo eta behin jakin beharko genuke transformadore hauen funtzionamendu egoera. Behin hau aztertuta, karga gutxien konektatuta daukan transformadoreari konexioa gauzatuko litzateke. Bertatik, energia sarera edo campusaren beste egituren energia eskaria asetzeko bideratuko litzateke autokontsumorako.

8.6 Babes elementuak

Atal honetan mikrosareak edukiko dituen babes sistemak deskribatuko dira. Babes neurri hauek 1699/2011 Errege Dekretuan bildutako kontsiderazio teknikoak kontutan izango dira, baita IDAEnen plegu teknikoan [14] proposatutako babesak ere. Hortaz, mikrosarea eta sare elektrikoaren artean instalatuko diren babes elementuak ondoko hauek izango dira:

- a) Etengailu automatiko diferentziala, instalazioaren korrante alternoko aldean deribazio faltarik ematearen kasuan pertsonak babesteko.
- b) Interkonexiorako etengailu automatikoa, sare elektrikoa eta mikrosarearen tartean kokatuko da katigamendu errele batekin batera. Instalazio ekoizle fotovoltaikoaren konexio-deskonexio automatikoa emateko sarean tentsio edo maiztasuna galtzen bada akats batengatik.

Are gehiago, instalazioen efizientzia energetikoa eta pertsonen segurtasun osoa bermatzen duten ondorengo babes neurri gehigarriak hartuko dira:

- Modulu fotovoltaikoen eta egitura metalikoaren lurrerako konexioa, kobrezko eroale biluzi eta pikaren bitartez. Kasu honetan eraikinak berak duen lurrera konektatzeko sistema erabiliko da.
- Bihurgailuen karkasa metalikoaren lurrera jartzea.
- Eroaleak kobreakoak izango dira, tentsio galerak eta gainberoketak ekiditeko sekzio onargarri batekin. Eroaleen sekzioa, edozein lan baldintzetarako, kableetan zein konexio kutxetan tentsio jauzia % 1'5 baino txikiagoa izango dela bermatuko du. Bai KZko bai KAko tarteetan.
- Kableen luzerak elementu ezberdinetan esfortzurik ez ematea ahalbidetuko du. Ezta pertsonen igarotzeagatik honekin katigatuta geratzeko aukerarik emango.
- KZ tarteko kableatua isolamendu bikoitza edukiko du, aire zabalean zein lurperatuta erabiltzeko egokia izango dena UNE 21123 arauak zehazten duen moduan.
- KZko aldean polo bakoitzeko kableak monopolarrak izango dira eta independenteki bideratuko dira. Aitzitik, KAko aldean instalazioa trifasikoa izango denez, kable monopolarrak 5 hariko mahuka erabiliko dira (3 fase, neutroa eta lurra).
- Kanalizazioei dagokionez, JTO-BT-21 2. taulan adierazitako irizpideak jarraituko dira. Mahuka 5 harikoa izanda, tutuaren barne sekzioa honek dituen kable sekzioen batura baino 2'5 aldiz handiagoa izango da gutxienez. Kanalizazio hauek UNE-EN 50086 arauan zehaztutako ezaugarri minimoak beteko dituzte.

Hauetaz aparte, deskribatutako elementuek izango duten babes mailak direla eta, kontaktu zuzenen eta ez-zuzenen aurkako babesa emango dute. Ekipo guztiek II. mailako isolamendu bikoitza dutelako.

8.6.1 Koadro elektrikoak

MEaren atal bakoitza babesteko dituzten elementuak armairu baten barruan kokatuko dira. Armairu hauek, elementuen instalazioa eta mantentze lanak errazteko eta babes elementuak kanpoko eraginetatik babesteko erabiliko da. Akatsik egotekotan, bere isolamendu karkaxa dela eta, babes osagarri moduan lan egingo du kontaktu zuzen eta ez-zuzenen kontra babesa eskainiz.

Hauek dira erabiliko diren koadro elektrikoaren ezaugarri esanguratsuenak:

XX. Taula. Koadro elektrikoaren ezaugarriak

Koadro elektrikoak			
Marka	Ide Electric	Babes maila	IP 66
Modeloa		Babes mekaniko maila	IK 09
Materiala	Beirazko zuntzaz indartutako poliesterra	Temperatura tartea	-25 °C / +40°C
Zurruntasun dielektrikoa	>150 kV/cm	Isolamendu erresistentzia	3,3 kV

8.6.2 Babesak korrante zuzenean

Azpiatal honetan parke fotovoltaikoa babesteko duten elementuak zehaztuko dira Kalkuluen I eranskinen 6 atalean jarraitutako kalkulu prozeduretan oinarrituz.

Babes hauek bi multzotan banatuko dira: Conext CL-60E bihurgailuak berez integratzen dituenak eta korrante zuzeneko babes koadroak edukiko dituenak. Koadro elektrikoaren babesak bihurgailuak dituenaren osagarriak izango dira, denboraren gehiengoan batera lan egingo dutela.

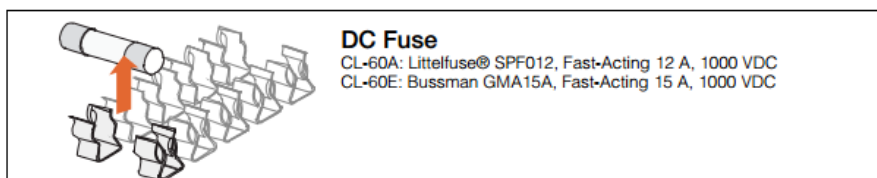
8.6.2.1 Bihurgailuen babes elementuak

Erabiliko den Conext CL-60E bihurgailuak babes sistema ezberdinak integratzen ditu. Hauek bihurgailuaren mantentze langileen segurtasuna bermatzeko dira nagusiki. Hala ere, instalazio fotovoltaiko osoa babesteko balio dute. Beti ere, bihurgailua amatatuta ez dagoen bitartean.

Bihurgailuak integratzen dituen babes elementuak ondoko hauek dira:

Korrante zuzeneko fusibleak

Fusibleak ekipo elektrikoak zirkuitulabur korrante eta gailu korronteen kontra babesten duten elementuak dira. Lan baldintza normaletan korrantea bere barnetik igarotzen uzten dute, baina korrantearen balioa bere kontsigna balioa baino handiagoa denean bere barnean duen materiala urtzen hasten da zirkuitua ebakiz.



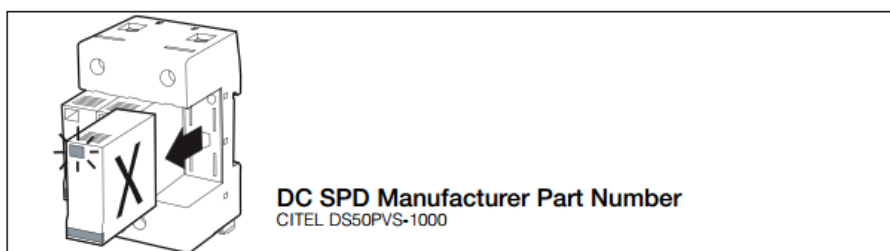
23. Irudia. Conext CL-60E bihurgailuaren fusibleak

Iturria: [15].

Adar bakoitzeko fusible bat dauka, guztira 14 izanda. Fusible hauek beirazko tutua dute, Bussman-EATON markaren GMA15A modelokoak. Fusibleen fusio korrantea 15 A da eta 1.000 V-eko tentsioa izendatua dute.

Gaintentsio deskargagailua

Modulu fotovoltaikoetan jatorri atmosferikoko gaintentsioak eman daitezke, zeinek modulu fotovoltaikoek eta bihurgailuek kaltetu dezaketen. Gaintentsio hauen kontra, bihurgailuek instalazioa babesteko mota 2ko gaintentsio deskargagailuak integratzen dituzte, akatsik ematekotan korrante altuak lurrera bideratuko dutenak. Babestu nahi duten instalazioekin paraleloan daude konektatuta.



24. Irudia. Conext CL-60E bihurgailuaren gaintentsio deskargagailuak
Iturria: [15].

Tentsio deskargagailu hauen ezaugarriak ondoko XXI. taulan ageri dira:

XXI. Taula. CITEL DS50PVS tentsio deskargagailuaren ezaugarriak

Ezaugarriak	Balioa
Marka	CITEL
Modeloa	DS50PVS
Babes maila	2
Babes gradua	IP20
Sistemaren tentsio maximo onargarria (U_{max})	1.000 V KZ
Tentsio babes maila korrante izendatua (U_p)	3,6 kV
Korrante deskarga izendatua (I_n)	20 kA
Korrante deskarga maximoa (I_{max})	40 kA

Korrante zuzeneko ebakigailua

Azkenik, bihurgailuek bere ezkerreko aldean eskuz eragiten den etengailu-ebakigailu bat dute. Ebakigailu hauekin bihurgailuari konektatuta dauden modulu kate guztien konexioa edo deskonexioa kontrolatzen da. Beharrezkoa denean, bihurgailua modulu fotovoltaikoen kateetatik guztiz isolatuz.

8.6.2.2 Korrante zuzeneko koadroaren babesak

Modulu adarren mantentze lanak eta kableen konexioak erraztuko dituzten elementuak instalatuko dira korrante zuzeneko koadro elektrikoan.

Fase banatzaileak

Lehenengo helburua fase banatzaile konexio-borna baten bidez gauzatuko da. Hauek mota askotako instalazioetan erabiltzen diren interkonexio elementu mekanikoak dira. Kable bakunak distantzia luzeak egin behar dituzten kasuetan erabiltzen da, kableen kudeaketa egoki eta erraza ahalbidetzen dute.



25. Irudia. Fase banatzaile konexio-borna

8.6.3 Babesak korrante alfernoan

Bihurgailuaren irteeran korrante alferno trifasiko orekatua den sistema bat lortzen da. Sistema 4 harik osotzen du: 3 fase eta neutroa. Erabilitako bihurgailuak ez du korrante alfernokoa aldean babesik integratzen. Hori dela eta, beharrezkoak diren elementuak korrante alfernokoa koadro baten instalatuko dira.

8.6.3.1 Babesak gairkarga eta zirkuitulaburren aurka

Etengailu magnetotermikoak bere barnean babes unitate bi integratzen dituen babes elementua da. Alde batetik unitate termikoa dago, instalazioak gairkarga egoeretatik babesten dituen. Bestalde unitate magnetikoa egongo litzateke, instalazioak zirkuitulaburren aurka babestuko dituela. Instalazio elektrikoetan gehien erabiltzen diren babes elementuak dira.

Akats baten ondorioz eragin dutenean ez dira beste batengatik ordezkatu behar, bere kontaktuaren palanka berriro igota erraz berrarmatu daitezke.

Instalatuko diren etengailu automatiko magnetotermiko guztiek 4 polokoak izango dira. Kalkuluen I eranskinaren 6.2.1 azpitalean zehaztutako ezaugarriak izan behar ditu:

- Korrante izendatua: $96 \text{ A} \leq I_n \leq 270,6 \text{ A}$.
- Irekitze ahalmena $\geq 9.000 \text{ A}$ (lurrerako akatsaren korrantea den puntu horretan).
- Ebaketa korrantea $\leq 2.646,73 \text{ A}$ (eman daitekeen zirkuitulabur minimoa).

Beraz, erabiliko den etengailu magnetotermikoaren korrante izendatua 200 A eta bere ebaketa ahalmena 36 kA izango dira.

8.6.3.2 Babesak kontaktu zuzenen eta ez-zuzenen aurka

Babes neurri hauek pertsonak tentsiopean geratu diren instalazioen atal aktiboetatik kontaktu zuzenen eta ez-zuzenen aurka babesteko erabiliko dira.

Lehenengo eta behin, erabilitako ekipo guztien babes maila II izango da. Honekin ziurtatzen da erabilitako ekipoen isolamendu maila egokia dela lurrerako akatsa gertatzekotan. Egoera honetan, bigarren akats bat ematen bada arrisku egoera bat sortuko litzateke. Hori dela eta, lehenengo akatsa ahalik eta lasterren garbitzeko, ihes korranteak nabaritutako dituen etengailu diferentzial bat erabiliko da.

Etengailu diferentziala kontaktu zuzenen eta ez-zuzenen aurkako babes osagarria da, aurreko 8.6.1 atalean zehaztutako armairu inguratzailerekin eta isolamendu mailarekin batera arituko dena.

Elementu honek akats batengatik ematen diren ihes korronteak antzemango ditu, bere kontaktuak ireki eta zirkuitua ebakiz.

Erabiliko diren 4 poloko etengailu diferentzialen sentikortasun korrontea 300 mA izango da. Bere aukeraketa parke fotovoltaikoan instalatutako bihurtgailuaren irteerako tentsioa eta korrontea emango digu. Era berean, etengailu diferentziala aurreko atalean zehaztutako magnetotermikoarekin batera lan egingo du, hori dela eta, guztiz babestuta geratzeko ondoko baldintza hauek bete behar ditu:

- $I_n(ED) \geq I_n(\text{magnetotermikoa}) = 200 \text{ A}$.
- Ebaketa ahalmena $(ED) \geq \text{Ebaketa ahalmena (magnetotermikoa)} = 36 \text{ kA}$.

8.6.3.3 Gaintentsio deskargagailua

Korronte zuzeneko aldean ez bezala, kasu honetan bihurtgailuak ez ditu integratzen gaintentsio deskargagailuak korronte alternoko aldean. Hori dela eta, korronte alternoko koadroan deskarga atmosferikoen aurka instalazioak babestuko dituzten deskargagailuak instalatu beharra dago.

Deskargagailu hauen ezaugarriak parke fotovoltaikoaren bihurtgailuak KZko aldean dituen bezalakoak edo antzekoak izango dira:

- Babes maila: II.
- Tentsio babes maila korronte izendatua: $U_p = 3,6 \text{ kV}$.
- Deskarga korronte izendatua: $I_n = 20 \text{ kA}$.

8.6.4 Bateria bankuaren eta bihurtgailu kargagailuaren arteko babesak

Bateria baten borneen artean gerta daitekeen zirkutulabur batek korronte oso handiak sortzen ditu. Korronte handi hauek tenperaturen igoera bat dakarte, bateriak duen barne erresistentzia dela eta. Muturreko kasuetan, tenperatura handi hauek bateriaren lehertzea sortarazi dezakete.

Hau dela eta, bateria bankuaren eta bihurtgailuaren artean 2 poloko etengailu magnetotermikoak instalatuko dira. Hauen ebaketa ahalmena 8.333,34 A baino handiagoa izango da, zein baterien borneen artean eman daiteke zirkutulabur korrontearen balioa den.

8.6.5 Babesak sare elektrikoarekin akoplamendu puntuan

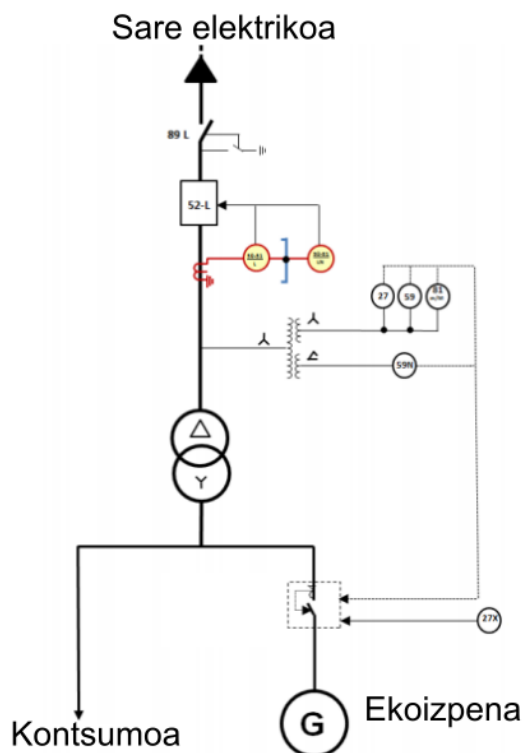
Atal honetan mikrosarea eta sare elektrikoaren artean instalatu beharreko babes neurriak deskribatzen dira. Azalduko diren babes neurri guztiak Iberdrola Banaketa Sarera Konektatutako Ekoizpen Elektriko Instalazioen Baldintza Teknikoak [16] dokumentu teknikoan biltzen dira. Zeinek, aldi berean, 1699/2011 Errege Dekretuak ezarritakoa betetzen duen.

Beraz, instalatuko diren babes voltmetrikoak eduki beharreko ezaugarriak honako hauek dira:

- **Maiztasun minimo eta maximoko errelea (81 m-M):** Faseen artean konektatuta, 51 Hz eta 48 Hz artean doituta. Bere eragite denbora 0,2 – 3 s bitartean izango da.
- **Tentsio maximoko errelea (59):** Faseen artean konektatuta, $1'1 \cdot U_n$ eta $1'15 \cdot U_n$ tartean doitua. Bere eragite denbora maximoa 0,2 eta 1,5 s tartean egongo dena.
- **Tentsio minimo errele trifasikoa (27):** Faseen artean konektatuta, $0'85 \cdot U_n$ tentsiora doituta eta eragite denbora maximoa 1'5 s-koa izango dena.

Funtzio hauek guztiak sare elektrikoarekin interkonektio automatikoa (PCC) eragingo dute, hau irekiz behar denean. Etengailu hau eragin den kasuetan, honek duen katigamendu errelearen bitartez irekita geratuko da berrarmatze baldintzak eman arte.

Kasu konkretu honetan, kontsultatutako dokumentazioan [16] Iberdrolak zehazten ditu 1 kV baino tentsio altuagoa duten sareetara konektatutako instalazio ekoizleek eduki beharreko babesen eskema. Hona hemen bere eskema:



26. Irudia. 1 kV baino gehiagoko sarera konektatutako instalazio ekoizleen babesen eskema
Iturria: [16].

Goiko irudian ekoizpena eta kontsumoa bakoitzak bere transformadorea duen arren, Iberdrolak argitzen du instalazio biak transformadore berdinerara konekta daitezkeela.

9 PLANGINTZA

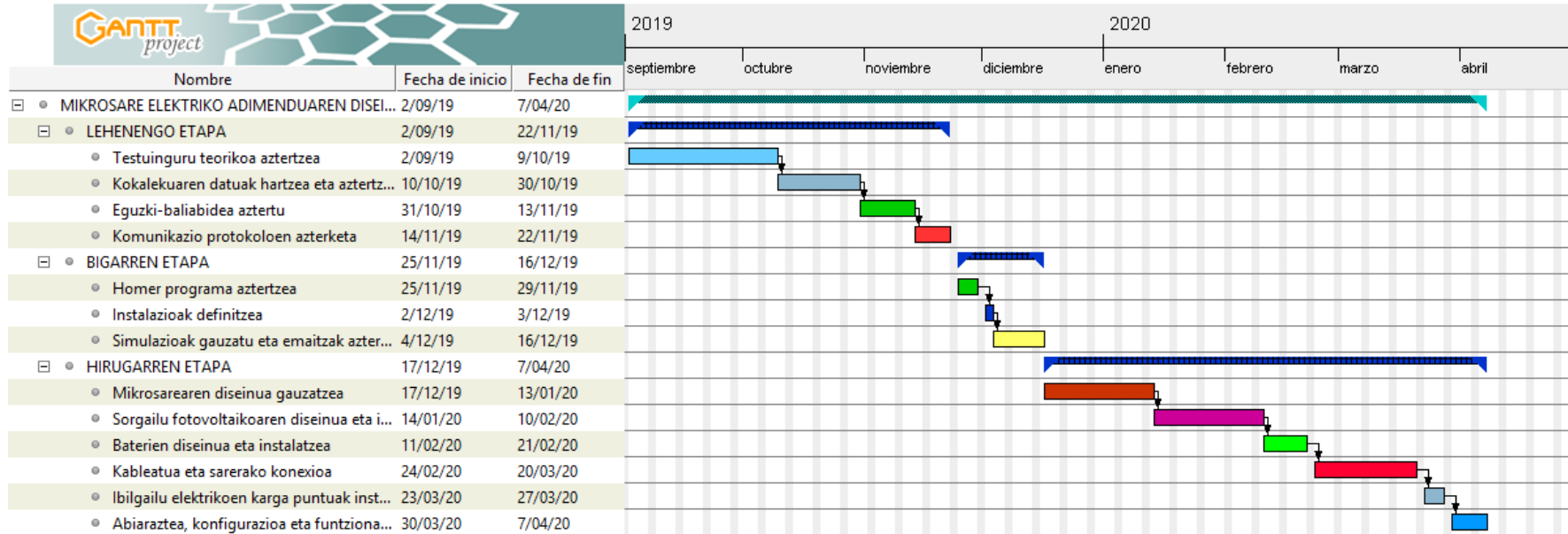
Atal honetan proiektua gauzatzeko jarraitu den planifikazioa zehazten da. Bertan, lanaren planifikaziorako Gantt diagrama eta baliabideen diagrama zehazten dira. Giza baliabideen lantaldea ingeniari elektriko bat eta bi teknikari instalatzailek osotzen dute.

Proiektuaren gauzatzeak, guztira, 208 egun iraungo du. Bere hasiera data 2019ko irailaren 2a izanda da, eta amaiera data 2020ko martxoaren 27a.

XXII. Taula. Plangintza

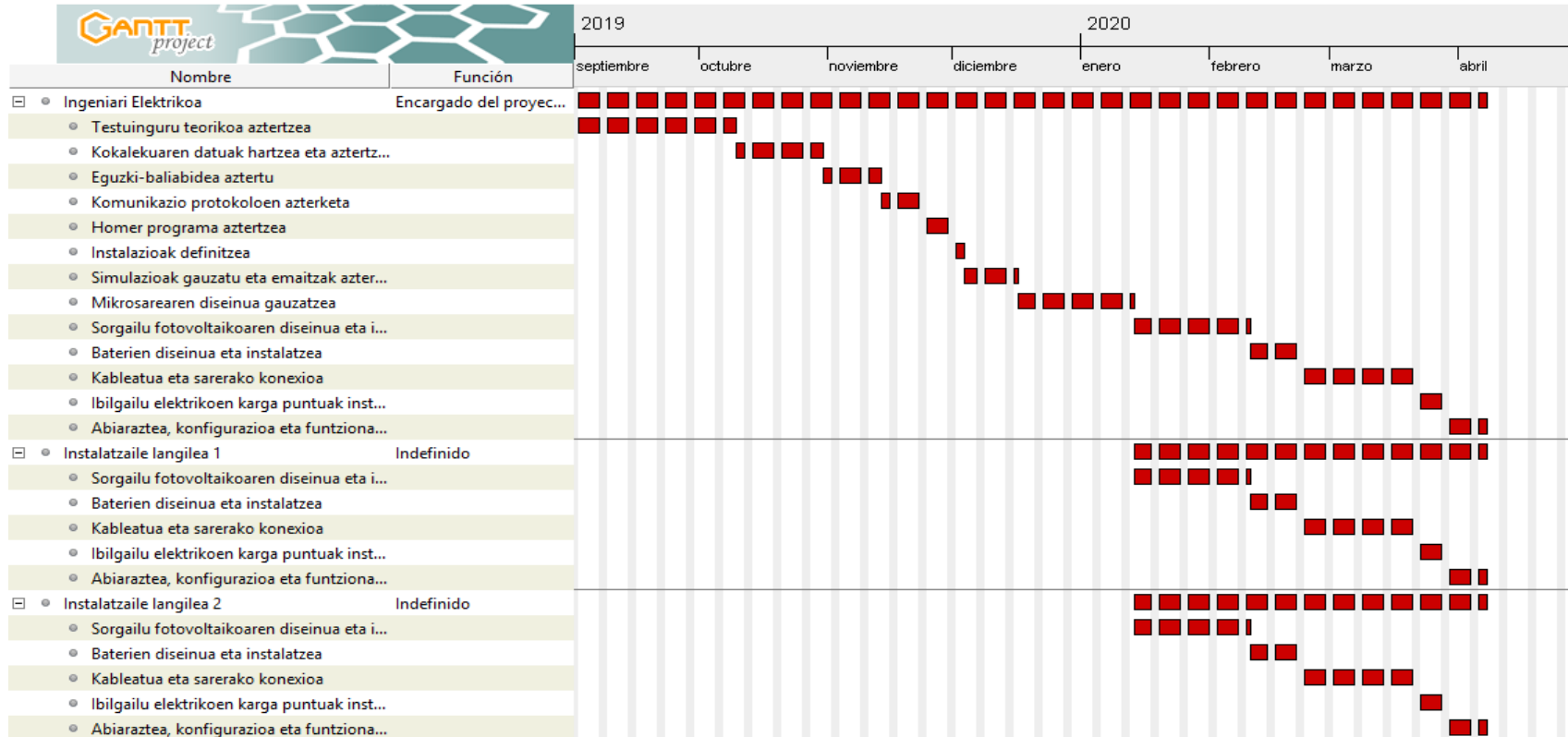
Eginkizuna	Hasiera data	Amaiera data
LEHENENGO ETAPA	2019/09/02	2019/11/22
Testuinguru teorikoa aztertzea	2019/09/02	2019/10/09
Kokalekuaren datuak hartzea eta aztertzea	2019/10/10	2019/10/30
Eguzki-baliabidea aztertu	2019/10/31	2019/11/13
Komunikazio protokoloen azterketa	2019/11/14	2019/11/22
BIGARREN ETAPA	2019/11/25	2019/12/16
HOMER Pro softwarea aztertzea	2019/12/02	2019/12/03
Instalazioak definitzea	2019/12/02	2019/12/03
Simulazioak gauzatu eta emaitzak aztertzea	2019/12/04	2019/12/16
HIRUGARREN ETAPA	2019/12/17	2020/04/07
Mikrosarearen diseinua gauzatea	2019/12/17	2020/01/13
Sorgailu fotovoltaiakoaren diseinua eta instalatzea	2020/01/14	2020/02/10
Baterien diseinua eta instalatzea	2020/02/11	2020/02/21
Kableatua eta sarerako konexioa	2020/02/24	2020/03/20
Ibilgailu elektrikoaren karga puntuak instalatzea	2020/03/23	2020/03/27
Abiaraztea, konfigurazioa eta funtzionamendu probak	2020/03/30	2020/04/07
TOTALA	2019/09/02	2020/04/07

9.1 Gantten diagrama



27. Irudia. Gantten diagrama

9.2 Baliabideen diagrama



28. Irudia. Baliabideen diagrama

10 AURREKONTUA

Azkenik, hona hemen proiektua gauzatzearen hiru aurrekontuak: Gauzatze Materialaren aurrekontua, Kontrata Aurrekontua eta Aurrekontu totala.

XXIII. Taula. Gauzatze Materialaren Aurrekontua

PROZESUA		€
Lehenengo etapa		5.640,00
Bigarren etapa		2.943,00
Hirugarren etapa		
1. Azpiprozesua	Mikrosarearen diseinua gauzatzea	2.355,00
2. Azpiprozesua	Sorgailu fotovoltaikoaren diseinua eta instalatzea	139.302,69
3. Azpiprozesua	Baterien diseinua eta instalatzea	71.785,16
4. Azpiprozesua	Kableatua eta sarerako konexioa	11.280,32
5. Azpiprozesua	Ibilgailu elektrikoen karga puntuen instalazioa	13.677,62
6. Azpiprozesua	Abiaraztea, konfigurazioa eta funtzionamendu probak	2.680,00
Gauzatze Materialaren Aurrekontu totala (zergarik gabe)		249.663,79

XXIV. Taula. Kontrataren Aurrekontua

Gauzatze Materialaren Aurrekontua	249.663,79
Gastu orokorrak (% 13)	32.456,30
Etekin industrialak (% 6)	14.979,83
Kontrataren Aurrekontua	297.099,92 €

XXV. Taula. Aurrekontu Totala

Kontrata Aurrekontua	297.099,92
BEZa (% 21, Kontrata Aurrekontuarena)	62.390,98
Ingeniariaren ordainsariak (% 9, Kontrata Aurrekontuarena)	26.738,99
BEZa (% 21, Ingeniariaren ordainsariarena)	5.615,19
Obra lizentzia (% 4,5, Kontrata Aurrekontuarena)	13.369,49
Aurrekontu Totala	405.214,57 €

Proiektu honen kasurako, Aurrekontu Totala 'laurehun eta bost mila berrehun eta hamalau koma berrogeita hamazazpi euro (405.214,57 €)' da.

11 SIMULAZIOA HOMER PRO PROGRAMAREKIN

Ingeniaritza arloan, ordenagailu bidezko simulazioak sistema konplexuen funtzionamenduak aztertzea ahalbidetzen duen erreminta baliagarria da. Simulazioari esker, sistema hauekin esperimentatu daiteke bere funtzionamendu parametroen balioak aldatuz. Hau da, funtzionamendu egoera ezberdinak planteatu daitezke parametroen aldakuntzan oinarrituta eta sistemaren portaera definitzen dituzten modeloak eraiki. Simulazioaren bitartez dirua, denbora eta baita langileen segurtasuna irabazten da.

Ekoizpen teknologia ezberdinak integratze dituen sare elektriko bat diseinatzerako orduan oso baliagarria suertatzen da lehenago honek izango duen portaera simulatzea ordenagailu baten bidez. Honela lehen eskutik jakin ahal izango dugu planteatutako diseinua bideragarria den edo ez.

11.1 Zer da HOMER Pro?

HOMER Pro[®] mikrosare softwarea energia ekoizpen deszentralizaturiko sistemak optimizatzeko erabiltzen den simulazio programa aurreratua da. HOMER (*Hybrid Optimization Model for Multiple Energy Resources*) ekoizpen sistema hibridoaren planifikazio tekniko eta ekonomikoa gauzatzen du, konfigurazio aukera asko analizatuz. Ondoren, analisi hauetan oinarrituta, programak bideragarriak diren hainbat konfigurazio eraikiko ditu, erabiltzaileak modu sinple batean sistema hoberena hautatu dezakeela. Kontsumo egoera askotan erabili daiteke, hala nola irla erabileretarako, sare elektrikoetik isolatuta dauden komunitate txikietan edota sarera lotuta dauden campusetan.

HOMER Pro beste simulazio programa batzuk baino urrats bat urrunago doa, zuzenean mikrosareen sistemak simulatzeko diseinatua izan delako. Ez soilik parametro teknikoetan arreta jarritz, baizik eta instalazioen kudeaketan eta aspektu ekonomikoa ere. HOMERrek kontutan edukitzen ditu elementuen kostuak, mantentze kostua, gailuen bizitza erabilgarria eta abar. Are gehiago, jatorri berriztagarriko energia sarera isuri ezker, sarearekin trukaturako energiaren balantze netoa kalkulatu dezake eta analisi ekonomikoa sakona gauzatu.

Mikrosareen simulazioari dagokionez, erabiltzailearen kontsumo beharrezan zehaztu eta gero, programak diseinu aukera asko simulatuko ditu parametro ezberdinen aldakuntza gauzatuz. Honekin batera, HOMER Prok aukeratutako mikrosarearen kudeaketa gauza dezake ordu bateko tarteetan urte oso batean zehar.

Programaren ezaugarri nagusien artean honako hauek azpimarratu behar dira:

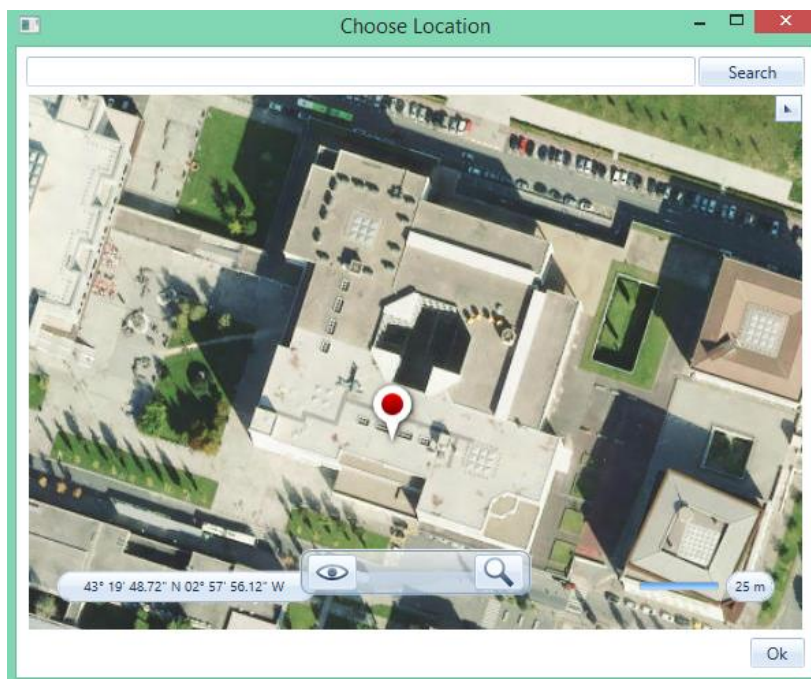
- Diseinuaren optimizazioa, sistema konfigurazio egokienera helduz.
- Jatorri berriztagarriko ekoizpen teknologia ezberdinen integrazioa: hidraulikoa, biomasa eta hidrogenoa.
- Sistema hibridoaren simulazioa, sare elektrikoarekin lotuta edo ez.
- Korrante mota ezberdina dabilten kargen nahasketa eta kudeaketa: korrante zuzeneko eta korrante alternoko kargak.
- Sentsibilitate analisia gauzatu, parametroek jasan dezaketen aldakuntzan oinarrituta.

11.2 Instalazioak definitzea

Azpiatal honetan simulazioa gauzatzeko jarraitutako urratsak azalduko dira banan-banan.

11.2.1 Kokapena

Simulazioarekin hasi baino lehen, ezinbestekoa da programak beharrezkoak dituen datu guztiak definitzea. Hasteko, instalazioen kokagunea zehaztu da. EHUko Leioako campusaren Gizarte Zientzien eta Komunikazioen fakultatea aukeratu da.



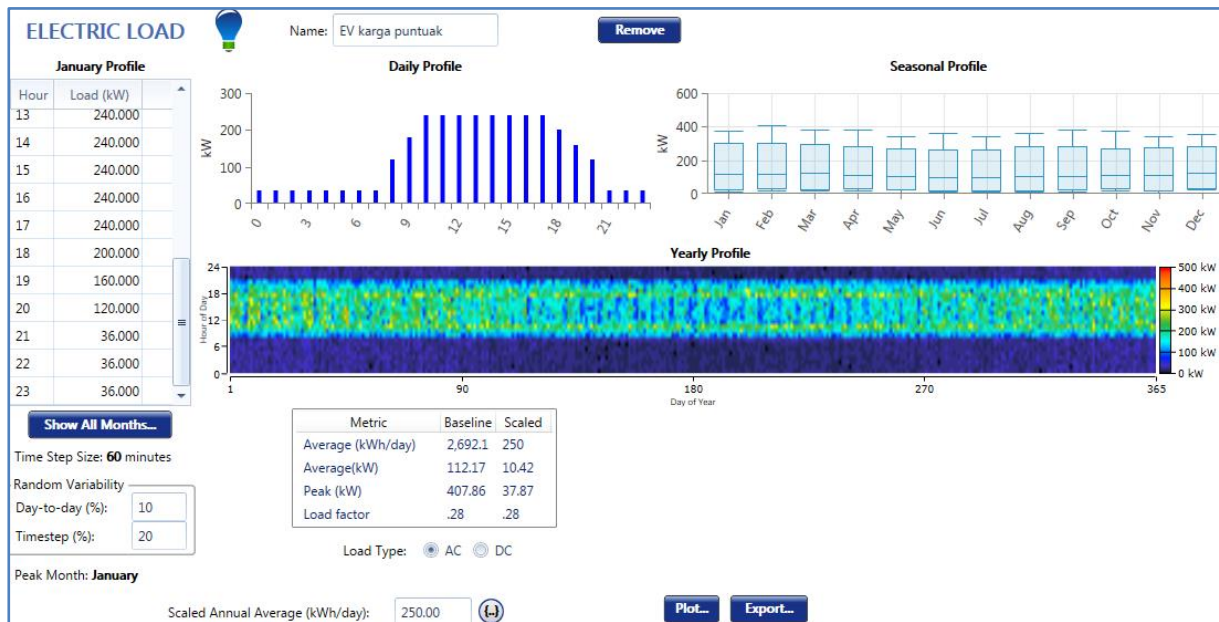
29. Irudia. Mikrosare elektriko adimenduaren kokalekua

11.2.2 Karga profila definitzea

Ondoren, simulaziorako erabili den karga profila definitu da. Kontutan izanda kargak ibilgailu elektrikoaren karga puntuak izango direla eta normalean egunean zehar erabiliko direla, profila komertziala duen karga hautatu da. Batezbesteko energia eskaria 6 auto elektrikoaren bateria guztiz kargatzeko adina da. Gehiago jakiteko ikusi Memoria dokumentuaren 8.3 atala.

Karga definitzeko, 250 kWh/eguneko batezbesteko balio bat finkatu da. Programak datu honekin orduz-orduko eskariak zehaztu ditu hilabete bakoitzarentzat % 10eko aldakuntza maximoa kontutan izanda. Energia eskari gehien edukiko duen hilabetea urtarrila hartu da.

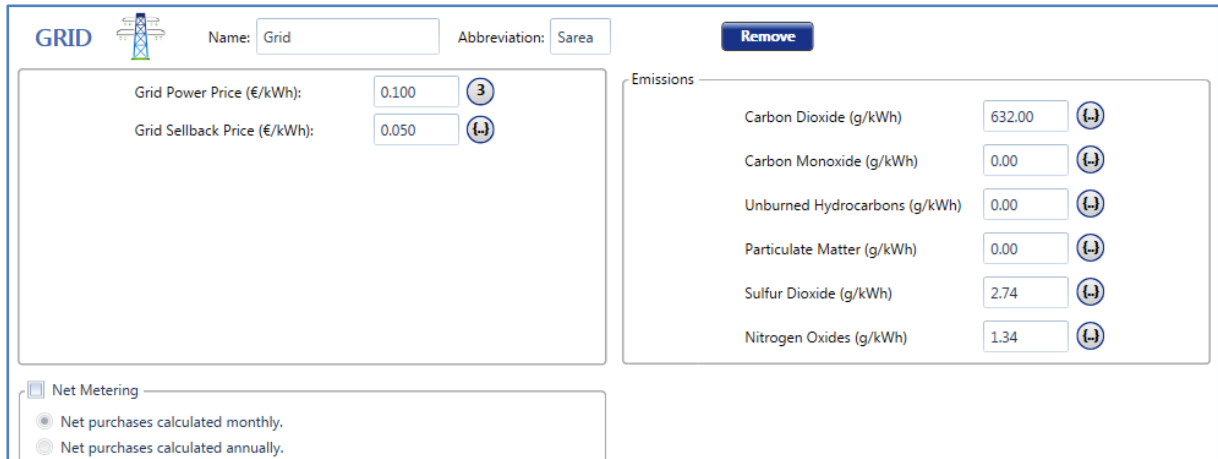
Kargak korrante alternokoak izango dira, beraz KAKo *busera* zuzenean lotuta daude.



30. Irudia. Karga profila

11.2.3 Sarearekiko elkarrekintza

Definitu den hurrengo aspektua sare elektrikoarekin dagoen elkarrekintza izan da. Instalazioak, berez, sarera konektatuta daude. Energiaren eroste prezio moduan 0,10 €/kWh balioa hartu da, eta kargak kontsumitzen ez duten energia soberakina sarera isuriko da hileroko fakturan konpentsazio ekonomikoak emanez. Sarera saldutako energiaren prezioa 0,05 €/kWh aukeratu da.



GRID Name: Grid Abbreviation: Sarea

Grid Power Price (€/kWh): 0.100

Grid Sellback Price (€/kWh): 0.050

Emissions

- Carbon Dioxide (g/kWh): 632.00
- Carbon Monoxide (g/kWh): 0.00
- Unburned Hydrocarbons (g/kWh): 0.00
- Particulate Matter (g/kWh): 0.00
- Sulfur Dioxide (g/kWh): 2.74
- Nitrogen Oxides (g/kWh): 1.34

Net Metering

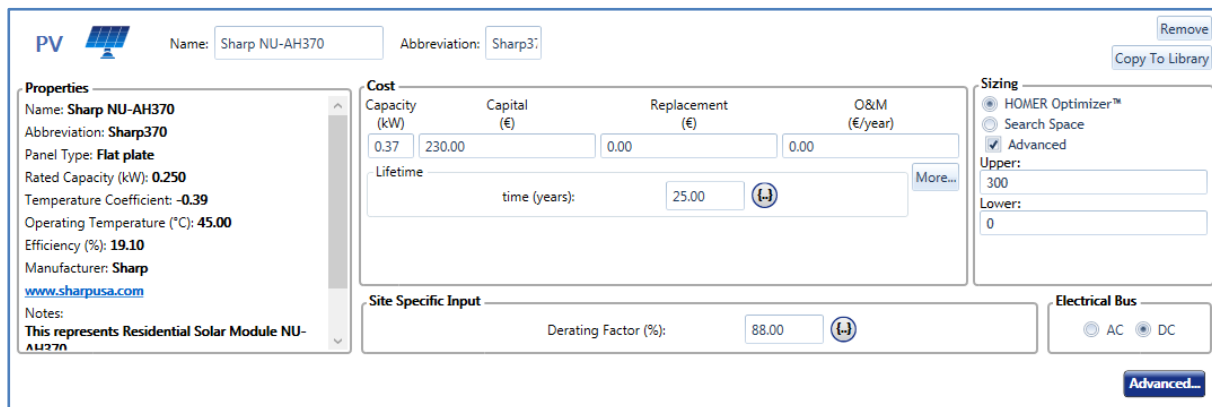
- Net purchases calculated monthly.
- Net purchases calculated annually.

31. Irudia. Sare elektrikoarekin elkarrekintza parametroak

11.2.4 Modulu fotovoltaikoa

Hurrengo pausu moduan, mikrosareak erabiliko dituen modulu fotovoltaiko modelo eta honen ezaugarriak definitu dira, hain zuzen ere Sharp markaren NU-AH370 panela. Alde batetik modulu fotovoltaikoen prezioa (230 €) eta potentzia maximoa (370 Wp) zehaztu dira. Dimentsionamentu aldetik, programak lagatzen du ekoizpen teknologia bakoitzarekin nahi diren kW tartearen goi eta behe limiteak definitzea.

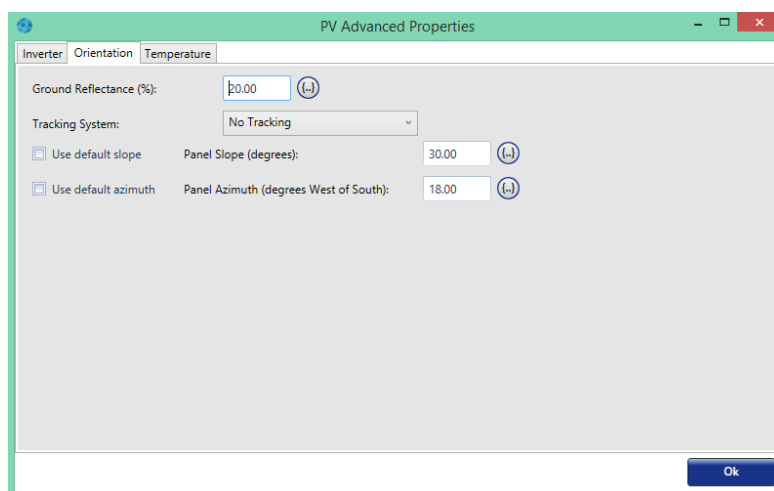
Hona hemen 32. irudian modulu fotovoltaikoen ezaugarriak.



32. Irudia. Modulu fotovoltaikoen potentzia eta prezia

Bestalde, modulu fotovoltaikoen posizionamendua definitzen dituzten angeluak zehaztu dira, ondoko hauek izanez:

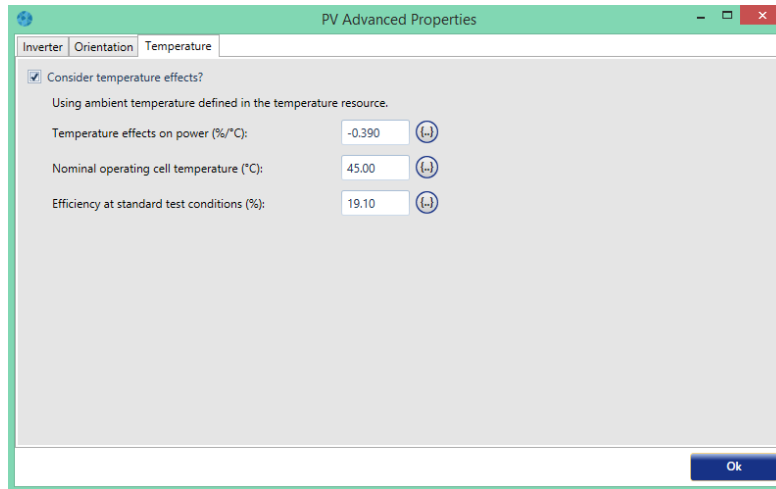
- Inklinazio angelua: 30 °.
- Azimuta: 18 °.



33. Irudia. Modulu fotovoltaikoen posizionamendu datuak

Panel fotovoltaikoen ezaugarriekin amaitzeko, funtzionamendu parametro batzuk sartu dira gauzatuko diren simulazioak ahalik eta fidagarrienak izateko:

- Potentzia galera tenperaturarekiko: -0,39 %/°C.
- Zelulen lan-tenperatura izendatua: 45 °C.
- Moduluaren efizientzia STC baldintzetan: % 19,1.

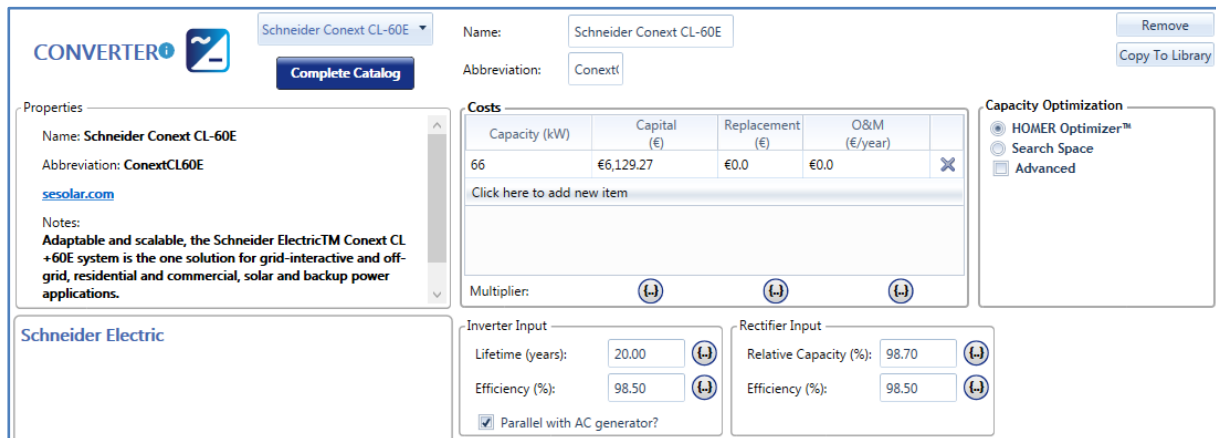


34. Irudia. Modulu fotovoltaikoaren ezaugarriak

11.2.5 Bihurgailua

Mikrosare elektrikoaren KA eta KZko busak lotzeaz arduratuko den gailua da, korrontearen bihurtaren bidez. Lan honetan erabilitako Schneider Electric markaren Conext CL-60E modeloa erabiliko da. Bertan ondorengo ezaugarri hauek definitu dira:

- Kapazitatea: 66 kW.
- Prezioa: 6.129,27 €.
- Efizientzia: % 95,8.
- Bizitza erabilgarria: 20 urte.



35. Irudia. Conext CL-66E bihurgailuaren ezaugarriak

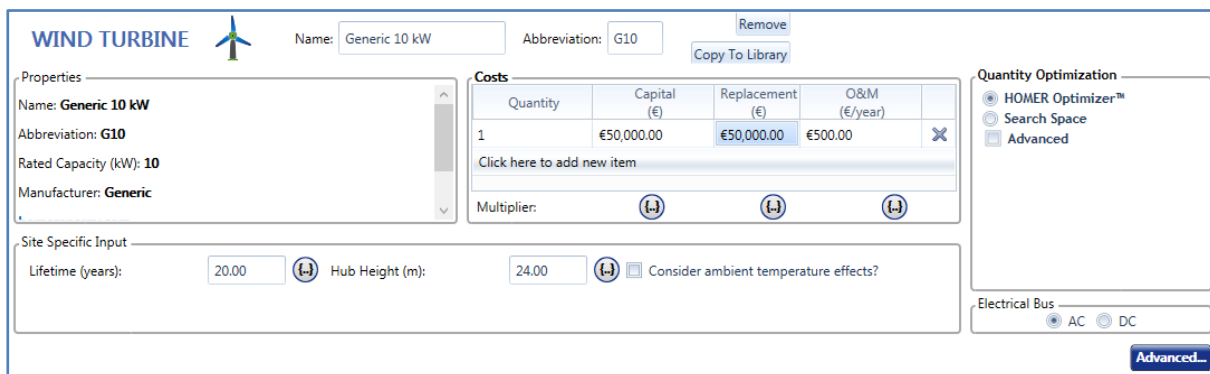
11.2.6 Haize-sorgailua


Haize-sorgailu moduan programak bere datu basean duen modelo generiko bat izango da. Izan ere, instalazio hau oinarriko proiektuan ez da sartu. Hala ere, simulazio honen bitartez guztiz frogatuko da bideragarria dela ekoizpen teknologia bi integratzen dituen mikrosare elektriko hibrido baten diseinua gauzatzea.

Erabilitako haize-sorgailuaren ezaugarriak ondoko hauek dira:

- Potentzia izendatua: 10 kW.
- Prezioa unitateko: 50.000 €.
- Altuera: 24 m.
- Bizitza erabilgarria: 20 urte.
- Ordezkapen kostuak: 50.000 €.
- Operazio eta mantentze kostuak: 500 €/urte.

Elementu honen kasurako, atal mugikorrek daudenez, programak berez aintzat hartu dira akats batengatik eman ahal diren mantentze kostuak.



WIND TURBINE  Name: Generic 10 kW Abbreviation: G10 Remove Copy To Library

Properties
 Name: **Generic 10 kW**
 Abbreviation: **G10**
 Rated Capacity (kW): **10**
 Manufacturer: **Generic**

Quantity	Capital (€)	Replacement (€)	O&M (€/year)
1	€50,000.00	€50,000.00	€500.00

Click here to add new item
 Multiplier:

Site Specific Input
 Lifetime (years): Hub Height (m): Consider ambient temperature effects?

Quantity Optimization
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced

Electrical Bus AC DC Advanced...

36. Irudia. Sorgailu eolikoaren ezaugarriak

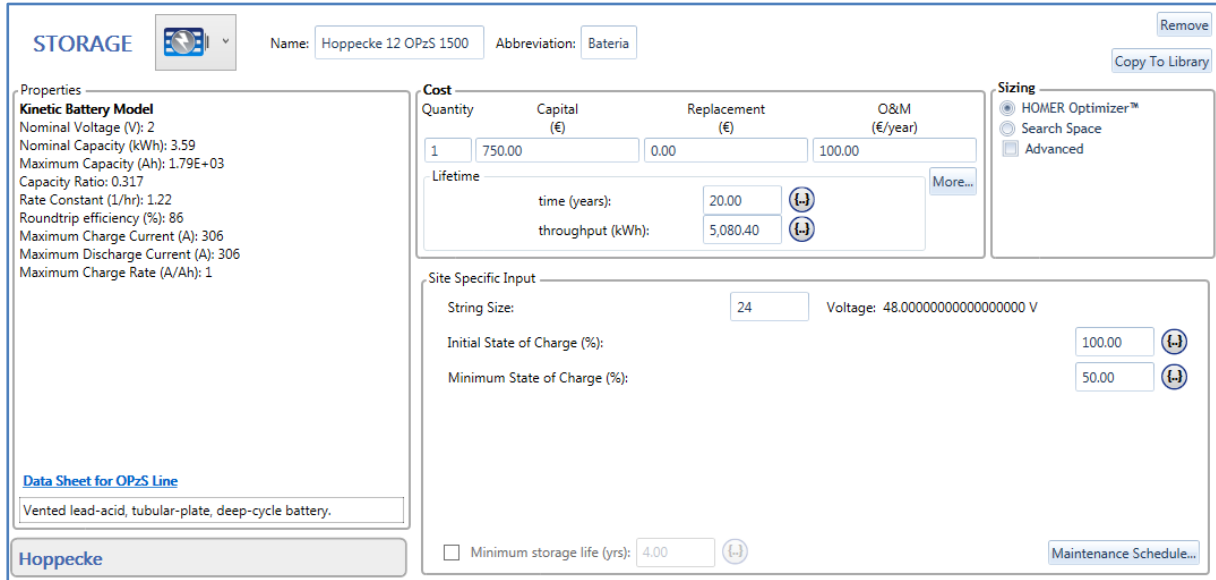
11.2.7 Bateria bankua

Amaitzeko, mikrosareak edukiko duen energiaren biltegitarte instalazioa definitu dira, bateria banku baten oinarrituta egongo dena. Baterien karga eta deskarga zikloak kudeatzeko helburuarekin, programak parametro asko kontutan izaten ditu. Konplexutasun maila handia dela eta, programan berez definituta dagoen Hoppecke markaren 12 OPzS 1500 bateria modeloa erabiliko da. Berun-azido OPzS motako ziklo-sakoneko bateria egonkorrek izanda, mikrosarearen diseinuan erabilitakoen oso antzekoa da.

Beraz, hautatutako bateriak honako ezaugarri hauek ditu:

- Baso bakoitzaren tentsio izendatua: 2 V.
- Kapazitate izendatua: 3,59 kWh.
- Kapazitate maximoa: 1.790 Ah.
- Efizientzia: % 86.
- Karga korrante maximoa: 306 A.
- Deskarga korrante maximoa: 306 A.
- Prezioa: 750 €.
- Bateria bankuaren luzera: 24 bateria seriean konektatuta.
- Bateria bankuaren tentsio izendatua: 48 V.
- Hasierako karga egoera: % 100.
- Sakontasun deskarga / Karga egoera minimoa: % 50.
- Bizitza erabilgarri maximoa: 20 urte.

- Operazio eta mantentze kostuak: 100 €/urte.



STORAGE Name: Hoppecke 12 OPzS 1500 Abbreviation: Bateria

Properties
Kinetic Battery Model
 Nominal Voltage (V): 2
 Nominal Capacity (kWh): 3.59
 Maximum Capacity (Ah): 1.79E+03
 Capacity Ratio: 0.317
 Rate Constant (1/hr): 1.22
 Roundtrip efficiency (%): 86
 Maximum Charge Current (A): 306
 Maximum Discharge Current (A): 306
 Maximum Charge Rate (A/Ah): 1

Cost
 Quantity: 1
 Capital (€): 750.00
 Replacement (€): 0.00
 O&M (€/year): 100.00
 Lifetime: time (years): 20.00 throughput (kWh): 5,080.40

Sizing
 HOMER Optimizer™
 Search Space
 Advanced

Site Specific Input
 String Size: 24 Voltage: 48.000000000000000000 V
 Initial State of Charge (%): 100.00
 Minimum State of Charge (%): 50.00
 Minimum storage life (yrs): 4.00

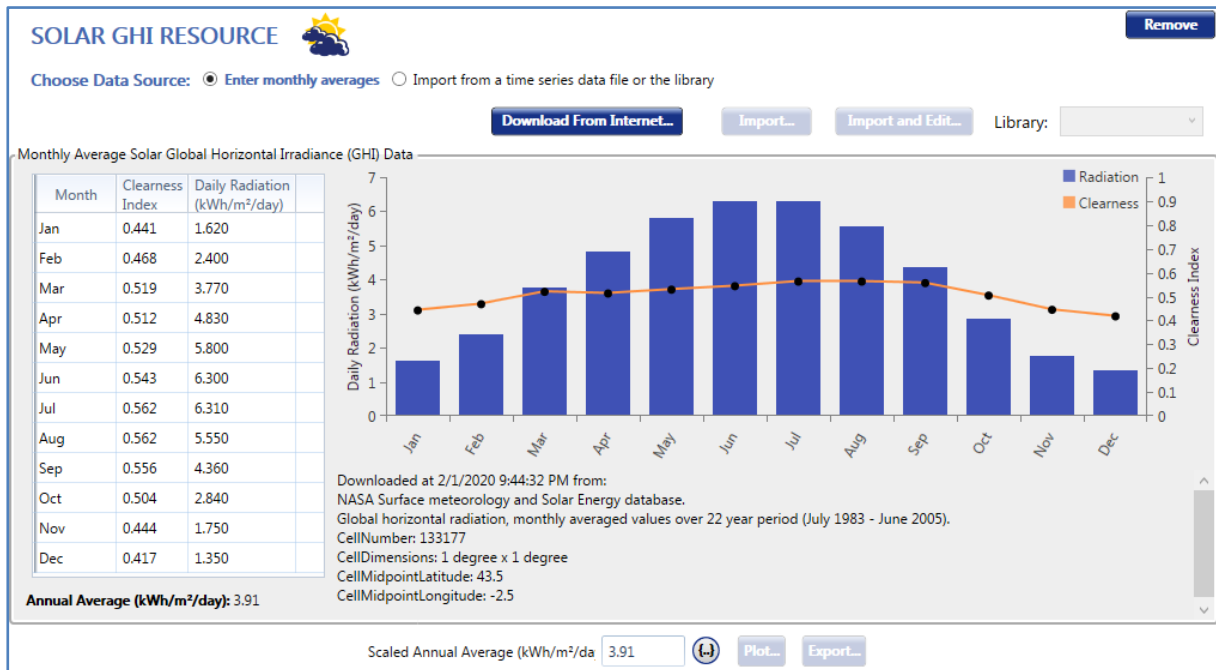
[Data Sheet for OPzS Line](#)
 Vented lead-acid, tubular-plate, deep-cycle battery.

Hoppecke

37. Irudia. Bateria bankuaren ezaugarriak

11.2.8 Eguzki-baliabidea

Simulazioa hasi baino lehen eguzki baliabidea definitu beharra dago. Programak NASAren datu basetik zuzenean jaso ditu datuak. Hala ere, programak kanpoko fitxategi batetik erabiltzaileak nahi dituen eguzki-irradiazio datuak sartzeko aukera ematen du.



SOLAR GHI RESOURCE

Choose Data Source: Enter monthly averages Import from a time series data file or the library

Download From Internet... Import... Import and Edit... Library:

Monthly Average Solar Global Horizontal Irradiance (GHI) Data

Month	Clearness Index	Daily Radiation (kWh/m²/day)
Jan	0.441	1.620
Feb	0.468	2.400
Mar	0.519	3.770
Apr	0.512	4.830
May	0.529	5.800
Jun	0.543	6.300
Jul	0.562	6.310
Aug	0.562	5.550
Sep	0.556	4.360
Oct	0.504	2.840
Nov	0.444	1.750
Dec	0.417	1.350

Annual Average (kWh/m²/day): 3.91

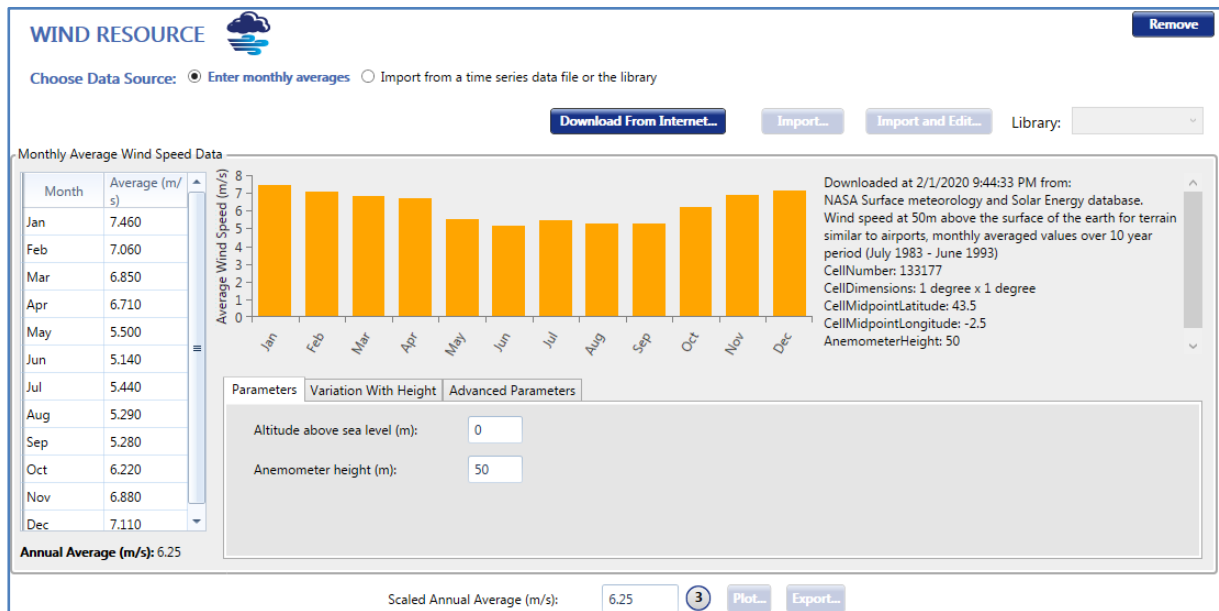
Downloaded at 2/1/2020 9:44:32 PM from:
 NASA Surface meteorology and Solar Energy database.
 Global horizontal radiation, monthly averaged values over 22 year period (July 1983 - June 2005).
 CellNumber: 133177
 CellDimensions: 1 degree x 1 degree
 CellMidpointLatitude: 43.5
 CellMidpointLongitude: -2.5

Scaled Annual Average (kWh/m²/day) 3.91 Plot... Export...

38. Irudia. Eguzki baliabidearen datuak

11.2.9 Haize-baliabidea

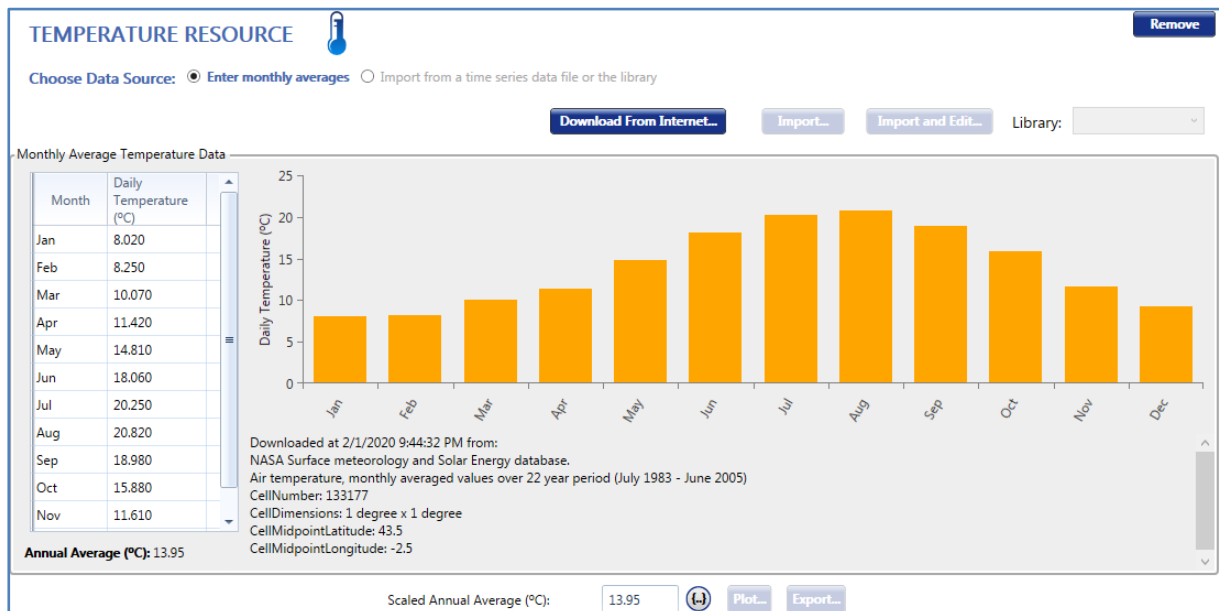
Era berean eginda, haize-baliabidearen kasurako, NASAren datu basetik hartuta baita ere.



39. Irudia. Haize baliabidearen datuak

11.2.10 Tenperatura baliabidea

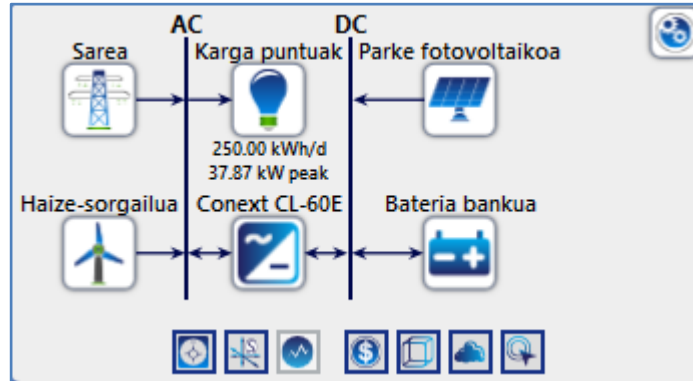
Azkenik, prozedura berdina aplikatuta kokalekuaren batezbesteko tenperaturaren eragina kontutan izateko:



40. Irudia. Tenperatura baliabidearen datuak

11.2.11 Mikrosarearen eskema

Behin mikrosare elektrikoa osotuko duten instalazio eta elementu guztiak definitu direla, hauxe da sistemak edukiko duen eskema.



41. Irudia. Mikrosarearen eskema

Ekoiztutako energiaren helburua kargak hornitzea izango da. Hau egin eta gero, energia soberakinik izatekotan, hau bateria bankua kargatzeko erabiliko da. Behin kargen eskaria asetu dela eta bateriak kargatuta daudela, orduan ekoizten den energia soberakina sarera isuriko da.

11.3 Lortutako emaitzak

Atal honetan egindako simulazioetan lortutako emaitzak eta hauen azalpena gauzatu da. Esan beharra dago, HOMER Prok gauzaten duen analisisa oso sakona eta zabala dela. Hori dela eta, lan honen kasurako kontsideratu diren emaitzarik esanguratsuenak hartuko dira sistemaren bideragarritasuna frogatzeko.

11.3.1 Konfigurazio bideragarrienak

Lehenengo eta behin, programak simulatutako aukera guztietatik, taula baten biltzen ditu bideragarrienak diren konfigurazioak. Bertan elementu kopurua, hasierako kapitala, operazio kostuak edota ekoiztutako energia berriztagarri portzentajea bezalako parametroak ageri dira.

Gehiago dena, sistemak parametro ezberdinen aldakuntzaren aurrean duen sentikortasuna aztertu dezake. Adibide moduan, energiaren hiru prezio balio ezberdin sartu dira: 0'1 €/kWh, 0'12 €/kWh eta 0'14 €/kWh. Hala ere, emaitzen azterketa soilik lehenengo balioarekin gauzatu dira.

Sensitivity		Architecture							Cost			System	
Power Price (€/kWh)	Parke fotovoltaikoa (kW)	Haize-sorgailua	Bateria bankua	Sarea (kW)	Conext CL-60E (kW)	Dispatch	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	
0.100	206			999,999	132	CC	€41,120	€0.0107	-€7,692	€140,564	91.3	0	
0.120	209			999,999	132	CC	€47,748	€0.0124	-€7,305	€142,182	91.4	0	
0.140	211			999,999	132	CC	€54,362	€0.0140	-€6,868	€143,153	91.5	0	

Optimization Results		Architecture							Cost			System		Parke fc
Parke fotovoltaikoa (kW)	Haize-sorgailua	Bateria bankua	Sarea (kW)	Conext CL-60E (kW)	Dispatch	NPC (€)	COE (€)	Operating cost (€/yr)	Initial capital (€)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	Capital Cost (€)		
206			999,999	132	CC	€41,120	€0.0107	-€7,692	€140,564	91.3	0	128,305		
211		24	999,999	132	LF	€89,017	€0.0230	-€5,593	€161,317	92.0	0	131,059		
205	1		999,999	132	CC	€92,812	€0.0237	-€7,493	€189,679	93.2	0	127,421		
209	1	24	999,999	132	LF	€140,932	€0.0357	-€5,358	€210,193	93.7	0	129,934		
		24	999,999	66.0	LF	€173,087	€0.147	€11,523	€24,129	0.0431	0			
	1	24	999,999	66.0	LF	€220,053	€0.185	€11,288	€74,129	14.3	0			

42. Irudia. Sistema bideragarrienak

Diseinatutako mikrosare elektrikoa zehaztutako teknologia guztiak edukitzea nahi denez, proposatutako aukeretatik laugarrena aukeratuko da.

XXVI. Taula. Aukeratutako sistemaren ezaugarriak

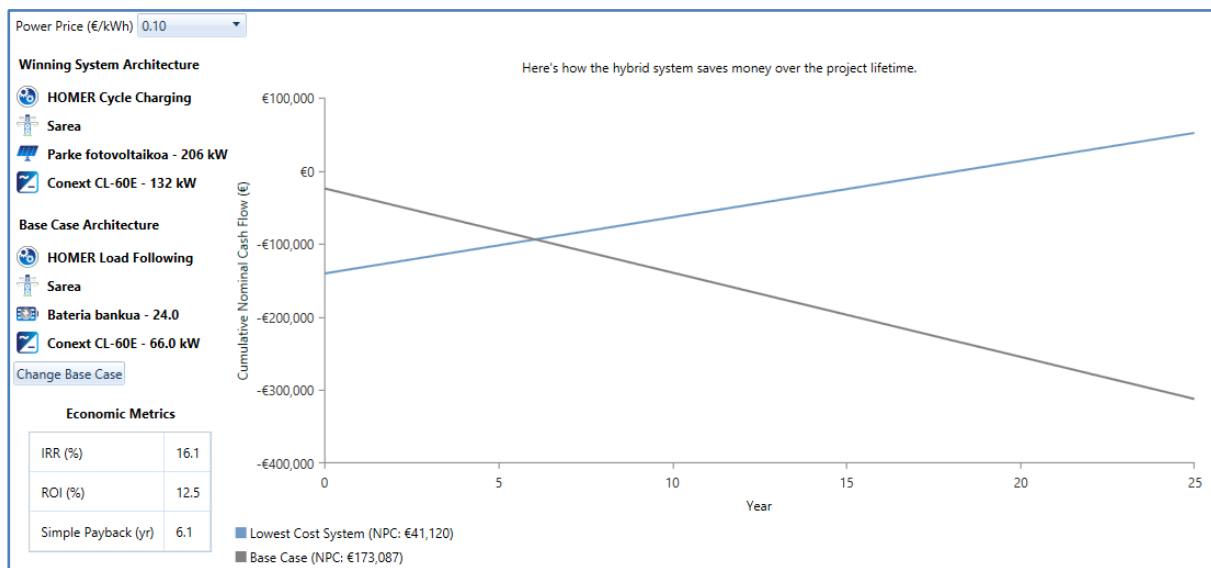
Parke fotovoltaikoa	Haize-sorgailua	Bateria bankua	Bihurgailua	NPC	COE	Hasierako kapitala	Operazio kostuak (€/urte)
209 kW	10 kW	86,2 kWh	132 kW	140.932 €	0,0357 €	210.193 €	-5.357,59

Non:

- NPC: Momentura arte sistemaren kostu neto totala, sistemak bere bizitza erabilgarri osoan zehar eduki dituen kostuak ken sistemak ekarri dituen inbertsioak.
- COE: Sistemak kWh bat ekoizteak duen batezbesteko kostua.

11.3.2 Analisi ekonomikoa

Ondoren, sistemak bere bizitza osoan zehar duen bilakaera ekonomikoa ikertu da. Hona hemen metatutako diru fluxu (*cash flow*) izendatuaren bilakaera aztertzen duen grafikoa:



43. Irudia. Metatutako diru fluxu izendatuaren bilakaera

Grafikoan ageri diren datuak interpretatuz, ikusi daiteke nola sistemak 6,1 urteko payback simplea duen. Hau energia aurretzen hasieran egindako inbertsioa berreskuratzen zenbat denbora irauten duen adierazten du.

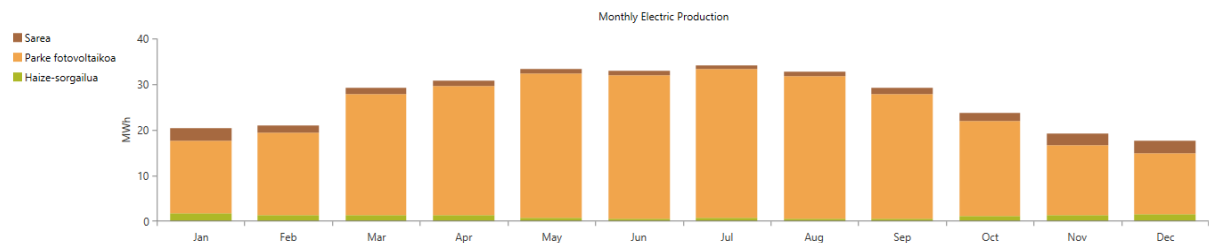
Bestetik, ROI (*Return on Investment*) parametroak ekintza bat gauzatzek duen kostua zati ekintza horrengatik eskuratuko duzun irabazi bezala definitzen da. Kasu honetan, urte bakoitzean hasierako kapitalaren zenbat berreskuratuko duzun. Bere balioa % 12,5 izanda, onargarri dela esan daiteke.

Analisi ekonomikoarekin bukatzeko, IRR (*Internal Rate of Return*) parametroak inbertsio potentzialek edukiko duten errentagarritasuna adierazten du. Bere balioa % 16,1 da.

Aztertutako parametro ekonomiko hauek, proposatutako mikrosare elektriko hibridoaren diseinua bideragarria dela frogatzen dute.

11.3.3 Energia ekoizpena hilabeteko

Programak, definitutako baliabideekin gai da ekoiztuko den energiaren estimazio bat gauzatzeko, ondorengo irudian ikusi daitekeen bezala.



44. Irudia. Energia ekoizpenaren estimazioa

Bertan agerikoa da ekoizpen fotovoltaikoa gutxiagoa den hilabeteetan saretik energia gehiago hartzen dela besteetan baino.

11.3.4 Sare elektrikoarekin elkarrekintza

Aurreko atalean komentatutakoa ondorengo taulan argiago ikusi daiteke. Bertan sistemak sarearekin eduki duen elkarrekintza adierazten du: isuritako eta hartutako energia.

XXVII. Taula. Sareari saldu-erositako energia

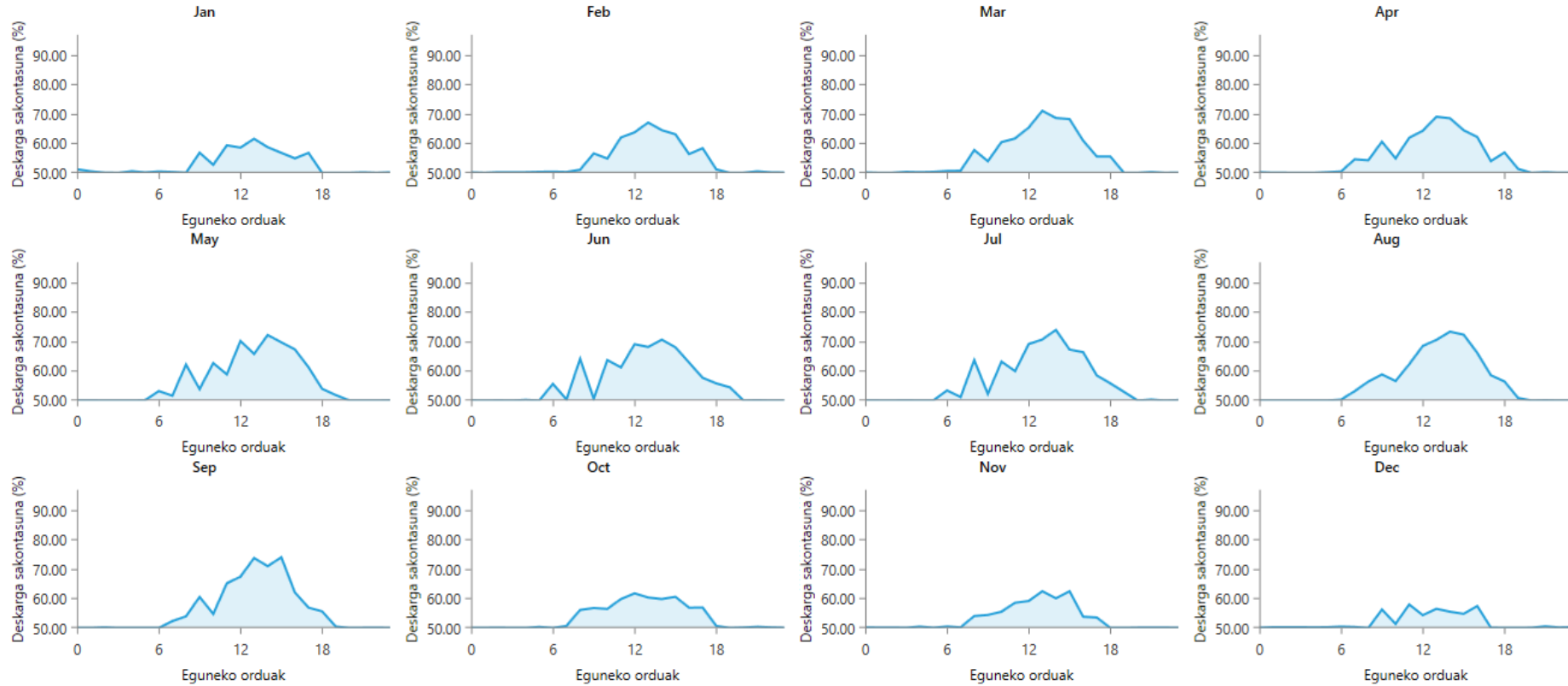
Month	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)	Net Energy Purchased (kWh)	Peak Load (kW)	Energy Charge €	Demand Charge €
January	2,684	11,095	-8,410	29	-€286.29	€0
February	1,702	12,648	-10,947	24	-€462.27	€0
March	1,471	18,728	-17,257	19	-€789.29	€0
April	1,069	21,548	-20,480	20	-€970.55	€0
May	952	23,660	-22,707	17	-€1,087.76	€0
June	834	24,058	-23,224	17	-€1,119.51	€0
July	719	25,152	-24,434	12	-€1,185.74	€0
August	1,014	23,062	-22,049	19	-€1,051.75	€0
September	1,363	19,799	-18,437	21	-€853.70	€0
October	1,776	15,061	-13,286	21	-€575.50	€0
November	2,620	10,375	-7,754	31	-€256.70	€0
December	2,897	8,927	-6,030	25	-€156.68	€0
Annual	19,099	214,113	-195,014	31	-€8,795.74	€0

Azpirarratzekoa da sistemak denboraren gehiengoan energia isurtzen ari dela sarera. Urtero saretik 19.099 kWh hartu eta 214.113 kWh saltzen duela. Beraz, oreka honek bideratzen du urtero 8.795,74 €-ko irabaziak edukitzera. Irabazi gehienak udako hilabeteetan ematen dira, non unibertsitate kurtsoa oraindik ez den hasi eta jende fluxu gutxi dagoen. Egoera honetan, ekoizten den energiaren gehiengoa sarera isuriko da.

11.3.5 Baterien karga egoeraren kudeaketa

Baina HOMER-en aukerak ez dira honetara mugatzen soilik. Bere simulazio algoritmoei esker, programak sartutako datuetan oinarrituta baterien karga egoera kudeatu dezake hilabete bakoitzaren ekoizpena egokituta. Erabilitako bateria modeloak berun-azidozkoak direnez, bere karga sakontasuna inoiz ez da % 50 baino gutxiago izaten.

Hauetaz aparte, simulazioaren emaitza guztiak aztertzeko, ikusi III eranskina.



45. Irudia. Baterien karga egoeraren kudeaketa

12 ONDORIOAK

Azkenengo atal honetan Gradu Amaierako Lan hau egitearen ondorio nagusiak zehazten dira.

- Diseinatutako mikrosare elektriko adimendunaren bitartez jatorri berriztagarriko energia garbia ekoiztuko da ibilgailu elektrikoen karga puntuak hornitzeko. Honen bitartez, ibilgailu elektrikoen sustapenean lagunduko du campusaren barnean mugikortasun eredu iraunkor bat bultzatuz.
- Proposatutako MEaren diseinua etorkizun batean hau handitzearen aukera ematen du, haize-sorgailu edo hidrogenozko-pilak instalatuz adibidez. Era berean, litiozko bateriak instalatzeko aukera dago erabili diren elementuen moldagarritasuna dela eta.
- Mikrosareak gero eta ohikoagoak izango diren instalazioak dira. Izan ere, erabiltzen dituzten komunikazio metodoei esker jatorri berriztagarriko sorgailuak sare elektriko konbentzionalen integratzeko metodo ezin hobea dira. Etorkizun batean, sare elektriko adimentsuaren osagairik funtsezkoenak bilakatuko direlarik.
- HOMER Pro programaren bidez guztiz frogatu egin da energia eolikoa eta fotovoltaikoa integratzen dituen mikrosare elektriko adimendun baten eraikitzea eta diseinua bideragarriak direla. Era berean, egindako simulazioetatik egiaztatu dira mikrosareak ekarriko dituzten onura ekonomikoak, erabiltzen ez den energia soberakina sarera salduz eta instalazioen hasierako kostua amortizatuz denbora jakin batean.

13 ERREFERENTZIAK

- [1] Europar Batasuna, «EUROP 2020: Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador,» Bruselas, 2010.
- [2] REE, «Red Eléctrica de España,» 3 02 2020. [En línea]. Available: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/series-estadisticas-nacionales>. [Último acceso: 7 10 2019].
- [3] O. Oñederra Leyaristi, *Control de la alimentación eléctrica a una vivienda o similar, generada con pilas de combustible, y su acoplamiento a la red de distribución pública*, 2010.
- [4] Fenercon, «Guía básica de la generación distribuida,» Madrid, 2007.
- [5] L. Hernández Callejo, *Microrredes eléctricas: Integración de generación renovable distribuida, almacenamiento distribuido e inteligencia*, Madrid: Ibergarreta publicaciones, 2019.
- [6] Eusko Jaurlaritz eta Euskal Energia Erakundea, «Plan integral de la movilidad eléctrica en la Comunidad Autónoma Vasca,» 2018.
- [7] E. Serrano, «El almacenamiento de electricidad distribuido: origen, estado del arte e implicaciones».
- [8] L. Valverde Isorna, «Gestión de Energía en Sistemas con Fuentes Renovables y Almacenamiento de Energía Basado en Hidrógeno Mediante Control Predictivo,» Sevilla, 2013.
- [9] ZIV, *Contadores digitales 5CTE/5CTR*.
- [10] Schneider Electric, *Conext XW+ 8548E inverter owners guide*.
- [11] AEDIVE, «AEDIVE,» [En línea]. Available: <https://aedive.es/turismos-electricos-matriculaciones-junio/>. [Último acceso: 11 01 2020].
- [12] Bauer energy, «Catalogo baterías OPzS».
- [13] INGARTEK, «Diagnóstico de la movilidad de la UPV/EHU2018,» 2018.
- [14] IDAE, «Energía solar fotovoltaicoaren instalazioak: Sarera konektatutako instalazioen bldintza teknikoaren agiria,» Madrid, 2011.
- [15] Schneider Electric, «Conext CL-60 PV inverter Owners Guide,» 2017.
- [16] Iberdrola, «Condiciones técnicas de la instalación de producción eléctrica conectada a la red de iberdrola distribución eléctrica, S.A.U.,» 2016.