

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN  
INGENIARITZAKO GRADUA

## GRADU AMAIERAKO LANA

***BIE-KO II-I ERAIKINEKO LUMINARIA  
AUTOKONTSUMORAKO INSTALAZIO  
FOTOVOLTAIKOAREN BIDEZ HORNITZEA:  
DISEINUA ETA DIMENTSIONAMENDUA***

**Ikaslea:** Antruejo, Bilbao, Naroa

**Zuzendaria:** Otaegi, Aizpeolea, Aloña

**Ikasturtea:** 2019-2020

**Data:** Berango, 2020ko uztailaren 10a

## Laburpena

Aurkezten den Gradu Amaierako Lan (GrAL) honek Bilboko Ingeniaritza Eskolako (BIE) II-I Eraikinean luminariaren ondoriozko energia eskaria hornitzeko alternatiba baten proposamena biltzen du. Ildo horretatik, autokontsumoko instalazio fotovoltaiko baten diseinua eta dimentsionamendua garatu da, soberakinen konpentsaziora egokitutakoa.

Proiektuaren planteamendua garapen teknologikoa eta iraunkortasuna bateratuz gauzatu nahi izan da. Horrela, gaur egun BIEko II-I Eraikineko luminariak kontsumitzen duen energiaren zenbatespena gauzatu eta kontsumo hori murrizteko irtenbidea bilatu da. Energia aprobetxamendua bilatuz, gaur egun BIEko II-I Eraikinean dagoen luminaria (fluoreszenteak) kontsumo baxuko LED moduko argiteriarekin ordezkatzeari proposatu eta potentzia kontsumo berria aztertu da.

Egoera berri horren aurrean, energia fotovoltaikoaren bidez argindarra hornitzeko aukerak aztertu dira. Hasiera batean, BIEko II-I Eraikineko teilatuan saretik isolatutako instalazio fotovoltaikoa ezartzea planteatu da. Hala ere, proposamen horren bideragarritasuna aztertuta, sistema fotovoltaiko mota moldatu behar izan da; izan ere, eskuragarri dagoen eremuaren ezaugarriek luminariaren energia eskaria erabat asebetetzea eragozten dute. Konponbide bezala sarera konektatutako instalazio fotovoltaikoa diseinatu eta dimentsionatu da, autokontsumora bideratutakoa.

Helburu horrekin, lana aurrera eramateko dagozkion informazio-bilketa, kalkulu zein analisiak garatu eta dokumentatu dira: eremu geografikoaren azterketa, PV instalazioaren osagaien aukeraketa eta euren dimentsionamendua, itzalen analisia, eta abar. Diseinu eta dimentsionamenduaren garapenean zenbait *software*-ek funtsezko papera bete dute.

Oro har, ingeniartzaren alorretik ere jarrera jasagarriak sustatzea posible dela agerian uzten du lan honek. Era berean, energia ekoizteko modalitate garbien eta trantsizio energetikoarekin estuki erlazionatuta dago.

Gako-hitzak: autokontsumoa, instalazio fotovoltaikoa, luminaria, energia aprobetxamendua.

## Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) propone una alternativa para abastecer el consumo energético derivado de la luminaria en el Edificio II-I de la Escuela de Ingeniería de Bilbao (EIB). Para ello se plantea el diseño y dimensionamiento de una instalación fotovoltaica de autoconsumo, acogido a compensación de excedentes.

Se ha querido llevar a cabo el proyecto con la intención de aunar tanto el desarrollo tecnológico como la sostenibilidad. Para ello, se ha estimado el consumo energético actual de la luminaria del Edificio II-I de la EIB y se han analizado diferentes soluciones que permitirán reducir dicho consumo. De esa manera, se ha optado por sustituir la luminaria actual (que consta de luces fluorescentes) por luces LED de bajo consumo, buscando el aprovechamiento energético. En esta ocasión también se ha llevado a cabo la estimación del nuevo consumo.

Ante este nuevo panorama se han analizado las opciones para alimentar la luminaria mediante la energía fotovoltaica. El planteamiento inicial estaba basado en una instalación aislada de red que abasteciera por completo la demanda. Sin embargo, tras analizar la viabilidad de dicha propuesta se ha tenido que modificar el sistema, ya que el espacio disponible no era suficiente para una instalación con las características necesarias. Por ello se ha optado por la opción del autoconsumo fotovoltaico, diseñando y dimensionando una instalación conectada a red.

Una vez determinado el tipo de sistema a diseñar, se han empleado los recursos necesarios para llevar a cabo el proceso de diseño: análisis del lugar geográfico, elección de los elementos de la instalación PV, análisis de sombras, etc. Además, el uso de diversos *software-s* ha sido fundamental para el desarrollo del proyecto.

Mediante este trabajo se ha querido hacer ver las opciones que hay para llevar a cabo comportamientos sostenibles desde el ámbito de la ingeniería. Asimismo, el proyecto se caracteriza por la producción limpia de energía y la cercanía al ámbito de la transición energética.

Palabras clave: autoconsumo, instalación fotovoltaica, luminaria, aprovechamiento energético.

## **Abstract**

This End of Degree Project (EDP) proposes an alternative to supply the energy consumption derived from the lighting in Building II-I of the Engineering School of Bilbao (ESB). For this purpose, the design and sizing of a photovoltaic installation for self-consumption is proposed, with compensation of surpluses.

The project has been carried out with the intention of combining both technological development and sustainability. To this end, the current energy consumption of the luminaire in Building II-I of the ESB has been estimated and different solutions have been analysed to reduce this consumption. Thus, it has been decided to replace the current lighting (which consists of fluorescent lights) with low-consumption LED lights, seeking to make the best use of energy. On this occasion, the new consumption has also been estimated.

In view of this new scenario, the options for supplying the luminaire with photovoltaic energy have been analysed. The initial approach was based on an off-grid installation that would completely supply the demand. However, after analysing the viability of this proposal, the system had to be modified, as the space available was not sufficient for an installation with the needed characteristics. Therefore, the option of self-consumption of photovoltaic energy was chosen, designing and sizing an on-grid installation.

Once the type of system to be designed has been determined, the necessary resources have been employed to carry out the design process: analysis of the geographical location, choice of the elements of the PV installation, shadow analysis, etc. In addition, the use of various softwares has been fundamental for the development of the project.

This work intends to show the options available to carry out sustainable behaviour from the engineering point of view. Likewise, the project is characterized by the clean production of energy and its proximity to the field of energy transition.

Keywords: self-consumption, photovoltaic installation, lighting, energy use.

## AURKIBIDEA

1. SARRERA.....	1
1.1.- Proiektuaren motibazioa.....	2
1.2.- Proiektuaren onurak.....	3
1.3.- Dokumentu teknikoaren egituraketa.....	5
2. HELBURUAK – NORAINOKOAK.....	6
3. METODOLOGIA.....	8
4. KONTZEPTU TEORIKOAK .....	11
4.1.- Efektu fotovoltaikoa .....	11
4.2.- Eguzki-erradiazioa.....	13
4.3.- Energia berriztagarriak: eguzki energia.....	15
4.4.- Sistema fotovoltaikoen deskribapena .....	17
4.5.- Osagaiak .....	19
5. ERAIKINEKO LUMINARIAREN AZTERKETA .....	25
5.1.- Gaur eguneko luminaria .....	25
5.2.- Eraikineko luminariaren analisisa .....	26
5.3.- Ordezkapen aukeren analisisa .....	32
5.4.- Kontsumo analisisa .....	38
6. INSTALAZIO EREMUAREN AZTERKETA .....	46
6.1.- Eraikinaren kokapena .....	46
6.2.- Eremu geografikoaren definizioa .....	47
7. LUMINARIA-HORNIKUNTZA PV BIDEZ. DISEINUA .....	50
7.1.- Eguzki-energia erabilgarriaren kalkulua .....	50
7.2.- Modulu fotovoltaikoen inklinazioa eta orientazioa .....	53
7.3.- Autokontsumorako PV instalazioaren bideragarritasunaren azterketa.....	55

7.4.- Sistema fotovoltaikoaren definizioa .....	61
7.5.- Itzalen ondoriozko galeren kalkulua.....	61
7.6.- Alderanzgailuaren eta modulu fotovoltaikoen aukeraketa irizpideak .....	62
7.7.- Modulu fotovoltaikoen interkonexioa zehaztea .....	63
7.8.- Hasierako dimentsionamenduaren zuzenketa.....	68
7.9.- Kableatuaren kalkulua .....	70
8. PV INSTALAZIOAREN OSAGAIEN AUKERAKETA.....	74
8.1.- Eguzki zelula .....	74
8.2.- Alderanzgailua.....	83
8.3.- Euskarri egiturak.....	84
8.4.- Kableatua .....	85
8.5.- Konexio-kutxa .....	85
8.6.- Kontadorea.....	86
9. PLANGINTZA .....	87
9.1.- Zereginen deskribapena.....	87
9.2.- Gantt-en diagrama .....	93
10. GASTU EKONOMIKOAK .....	95
10.1.- Luminariaren Ordezkapenaren Aurrekontua .....	95
10.2.- PV Instalazioaren Aurrekontua .....	97
10.3.- Diseinu Lanaren Aurrekontua .....	99
10.4.- Aurrekontu Orokorra .....	100
10.5.- Proiektuaren Errentagarritasunaren Analisisa.....	101
11. ONDORIOAK .....	105
12. MARKO LEGALA .....	107
13. BIBLIOGRAFIA ETA ERREFERENTZIAK .....	108

## IRUDIEN AURKIBIDEA

3.1. Irudia. Instalazioaren diseinu eta dimentsionamendua burutzeko plangintza.....	8
4.1. Irudia. p-n juntura eguzki-zeluletan.....	12
4.2. Irudia. Eguzki-erradiazioaren erasotze-moduak gainazalean.....	14
4.3. Irudia. Eguzki-zentral termoelektrikoa.....	16
4.4. Irudia. Zentral fotovoltaikoa.....	16
4.5. Irudia. Saretik isolatutako instalazio fotovoltaikoaren osagaien eskema orokorra .....	18
4.6. Irudia. Sarera konektatutako instalazio fotovoltaikoaren osagaien eskema orokorra .....	19
5.1. Irudia. Beheko solairuko eskema.....	26
5.2. Irudia. 5. solairuko eskema.....	28
5.3. Irudia. 9. solairuko eskema.....	30
5.4. Irudia. “MASTER PL-C 26 W 840 4P” lanpara .....	33
5.5. Irudia. “CorePRO LEDtube 600mm 8W865” lanpara .....	34
5.6. Irudia. “MASTER LEDtube Universal 1200mm UO 16W865 T8” lanpara .....	36
5.7. Irudia. “MASTER LEDtube Universal 1500mm UO 24W865 T8” lanpara .....	37
5.8. Irudia. Energia kontsumoa hilabeteka. Aurrekariak vs proposamena.....	45
6.1. Irudia. BIEko II-I Eraikina .....	46
6.2. Irudia. BIEko II-I Eraikina .....	47
6.3. Irudia. BIEko II-I Eraikineko teilatuaren planoaren eskema.....	47

6.4. Irudia. Irradiazio global horizontala Europan.....	48
6.5. Irudia. Ekoiztu daitekeen energia fotovoltaiko potentziala .....	49
7.1. Irudia. Eguzki-irradiantzia inklinazio angelu optimoarekin.....	50
7.2. Irudia. Eguzki-zelulen orientazioaren eskema.....	54
7.3. Irudia. Modulu fotovoltaikoen zenbait ilaren arteko tartea .....	55
7.4. Irudia. Modulu fotovoltaikoen ilaren kokapena planoan (goiko bista) .....	56
7.5. Irudia. 2019ko kontsumoaren historikoa .....	60
7.6. Irudia. Itzalen ibilbidea: abenduak 21, 9:10 AM-4:39 PM.....	62
7.7. Irudia. Modulu fotovoltaikoen ilaren kokapena planoan (goiko bista) .....	68
8.1. Irudia. YL325D-30b .....	75
8.2. Irudia. YL325P-35b.....	76
8.3. Irudia. E-Series Residential Solar Panels   E20-327.....	78
8.4. Irudia. Q.PRIME L-G5 325 .....	79
8.5. Irudia. OPT325-72-4-100 .....	80
8.6. Irudia. Euskarri-egitura.....	84
8.7. Irudia. Konexio-kutxa.....	86
8.8. Irudia. Kontadorea .....	86
9.1. Irudia. Gantt diagrama.....	94
10.1. Irudia. Aurrekontu orokorraren banaketa .....	101
10.2. Irudia. Luminariaren ondoriozko gastua hilabeteko.....	102
10.3. Irudia. Guztizko aurreztea hilabeteko.....	103
10.4. Irudia. Proiektuaren errentagarritasuna .....	104



## TAULEN AURKIBIDEA

5.1. Taula. BIEko lanpara motak.....	25
5.2. Taula. Beheko solairuko argiztapenaren kontaketa.....	27
5.3. Taula. 5. solairuko argiztapenaren kontaketa.....	29
5.4. Taula. 9. solairuko argiztapenaren kontaketa.....	31
5.5. Taula. Eskaileretako argiztapenaren kontaketa.....	31
5.6. Taula. Lanpara mota bakoitzaren kopurua.....	32
5.7. Taula. 3 eta 3B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.....	34
5.8. Taula. 4 eta 4B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.....	35
5.9. Taula. 5 eta 5B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.....	36
5.10. Taula. 6 eta 6B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.....	37
5.11. Taula. Egun motak urtean zehar.....	42
5.12. Taula. Gaur eguneko energia kontsumoa egun mota bakoitzean.....	43
5.13. Taula. Ordezkapen aukerekin energia kontsumoa egun mota bakoitzean.....	43
5.14. Taula. Energia kontsumoa hilabeteka. Aurrekariak vs proposamena.....	44
7.1. Taula. Eguzki-irradiantzia inklinazio angelu optimoarekin BIEn.....	51
7.2. Taula. Sorgailuaren potentzia minimoa hilabeteko eskakizunen arabera.....	52
7.3. Taula. PV instalazioaren energia ekoizpena.....	59

7.4. Taula. 50 kW-eko alderanzgailuaren ezaugarri teknikoak .....	63
7.5. Taula. PV instalazioaren energia ekoizpena.....	69
8.1. Taula. YL325D-30b vs YL325P-35b .....	76
8.2. Taula. Modulu fotovoltaikoen alternatiben konparaketa.....	81
8.3. Taula. YL325D-30b zelularen espezifikazio elektrikoak.....	82
8.4. Taula. 30 kW-eko alderanzgailuaren ezaugarri teknikoak .....	83
10.1. Taula. Luminariaren ordezkapen aukeren aurrekontua .....	96
10.2. Taula. PV instalazioa osatzen duten elementuen aurrekontua .....	97
10.3. Taula. Giza baliabide zein baliabide materialen aurrekontua.....	99
10.4. Taula. Aurrekontu orokorra.....	100

## 1. SARRERA

Dokumentu honek “BIEko II-I Eraikineko luminaria autokontsumorako instalazio fotovoltaikoaren bidez hornitzea: diseinua eta dimentsionamendua” proiektuaren plana aurkezten du. Diseinu lan honen bidez Euskal Herriko sektore publikoari dagokion erakunde batean, EHU<sup>n</sup> (*Euskal Herriko Unibertsitatea*) zehazki, ingurumenarekiko errespetuzko jarrera sustatzen duen energiaren ekoizpen eta kontsumo proposamena aurkeztu nahi da.

BIEko (*Bilboko Ingeniaritza Eskola*) II-I Eraikineko argiztapena elikatzekeko instalazio fotovoltaiko baten diseinu eta dimentsionamendua garrantzitsua da, alde batetik, garapen teknologikoari dagokion partetik. Hain zuzen ere, 2015ean energia berriztagarrien pisua guztizko energia kontsumoaren barnean %17,5ekoa izatera heldu zen. Modu horretan proportzio hori handitzeko bideari lagunduko zaio.

Bestetik, klima aldaketaren auzia dago: energia da aldaketa klimatikoaren eragile nagusia, berotegi-efektuko gasen emisioen %60aren arduraduna izanik. Gainera, hiriek Lurreko %3 inguru baino osatzen ez duten arren, %60-80 bitarteko energia kontsumoaren eta karbono emisioen %75aren erantzule dira. Arrazoi horiek direla medio, ezinbestekoa da energia kontsumorako modu garbien proposamena.

Munduko nazio guztiek eta euren gizarteek biztanleria osoaren bizitza hobetzeko asmoz, 2015ean NBEak Garapen Iraunkorrari buruzko Agenda 2030 onartu zuen. Agenda horretan bost ardatz nagusi proposatzen dira eta diseinu proposamen hau “Oparotasuna” ardatzean kokatuko litzateke. Izan ere, ardatz horrek bilatzen du garapen ekonomiko, sozial eta teknologikoa naturarekin harmonian gertatzen dela bermatzea.

Aurrekoaren ildotik, ardatz horietan oinarritutako hamazazpi Garapen Iraunkorrerako Helburu (GIH) ere zehazten dira Agenda 2030 planean. Helburu horien artean aldaketa klimatikoari aurre egiteko neurriak zein hiriguneen diseinua garatzeko neurriak definitzen dira. Energia fotovoltaikoaren erabileraren proposamenerako diseinu eta dimentsionamendu lan honek eragin positiboa izango du bereziki energia eskuragarria, fidagarria, jasagarria eta modernoa bermatzeari dagokionez (GIH 7).

Hiriak eta giza kokaguneak inklusiboak, seguruak, erresilienteak eta jasangarriak bilakatzeko prozesuan (GIH 11) ere bere ekarpena egingo du [1].

EHUak, bere aldetik, IKD (*Ikaskuntza Kooperatibo eta Dinamiko*) ikaskuntza eredu propioaren berrirakurketa burutzeko asmoz, IKD  $i^3$  (“i ber hiru”: ikaskuntza x ikerkuntza x iraunkortasuna) estrategia sortu du. Modu horretan, unibertsitateko ikaskuntza ereduak oraingo orientazio pedagogikoak eta europar politiken lehentasunekin biltzea bilatzen da. Estrategia horren muina ikaskuntza ikerketarekin eta iraunkortasunarekin biderkatzean datza, argitaratu gabeko prozesu eta produktuak eratzea ahalbidetzen dituen termino horietako bakoitzaren hazkunde esponentzialean, alegia.

UPV/EHU ikerkuntza ahalmenik garatuena duen Euskal Autonomia Erkidegoko unibertsitatea izanda, ikerkuntza kapital hori graduako zein masterreko ikasketekin jariatutasun handiagoarekin lotzea bilatzen da. Izan ere, konpetentzia konplexuak lortu ahal izateko bidea ikerkuntzatik eta berrikuntzatik dator. Iraunkortasunari dagokionez, beharrezkoa da GIHren barnean bilduta dauden planetaren erronkak kontuan izatea, bai ikasteko gaitasuna, bai ikertzeko gaitasuna osatzeko.

### **1.1.- Proiektuaren motibazioa**

Diseinu lan hau aurrera eramateko motibazio nagusia eguzki-energiaren aplikazio errealak aztertzea izan da, energia ekoizteko era horrek, beste energia berriztagarriekin batera, etorkizunean hartuko duen garrantzia aurreikusiz. Bestetik, GIHetan bildutako erronketan kolaboratzea ere proiektua garatzeko eragileetako bat izan da.

Era berean, azken aldian ikusi denez, klima aldaketari aurrea hartzeko ekintzak ezinbestekoak dira gizartearen arlo ezberdinetatik. Horregatik, energia berriztagarriek elikatutako argiztapen sistema garbia unibertsitatean edukitzea izan da, hein handi batean, proiektua garatzeko arrazoia.

Aurrez aipatutako IKD  $i^3$  strategiaren garapenaren parte moduan, gradu eta master irakasgaietan  $i^3$  ekintzek ikusgarritasuna hartzea dago. Ildo beretik, GIHen ikuspegitik ekarpenak egin ditzaketen GrAL, MAL edota doktorego tesiak sustatzen

dira [2]. Hori da, hain zuzen ere, proiektu hau aurrera eramateko esanguratsua izan den beste arrazoietako bat.

## 1.2.- Proiektuaren onurak

BIEko II-I Eraikinean kontsumo baxuko luminaria ezartzeak eta hori, ahal den heinean, energia fotovoltaikoarekin elikatzeak ekar ditzakeen onurei begiratuko zaie orain. Ildo horretatik, onura teknikoak, ekonomikoak, sozialak eta ingurumenarekiko onurak aztertuko dira.

Hasteko, onura teknikoak aztertuko dira. Energia elektrikoa ekoizteko sistema fotovoltaiko batez baliatzeak, gaur egun BIEn helburu horrekin erabiltzen ez den teknologiaren ezarpena suposatzen du. Nahiz eta unibertsitatean zelula fotovoltaikoen presentzia badagoen, oro har ikerkuntza helburuekin erabiltzen dira. Hortaz, sektore publikoan berrikuntza teknologikoa bultzatzeko bidean laguntzen duen proiektua izan daiteke eskuartean dagoena. Berrikuntza ez ezik, garapen teknologiko hori era iraunkorrean garatzea bermatzen da, energia berriztagarrien aplikazioaren eskutik.

Era berean, teknologian egin nahi den inbertsio horrek aurrekaria ezar dezake etorkizunean EHUn antzeko praktika iraunkorrak sustatzeko bidean. Horren harira, energia fotovoltaikoarekin erlazionatutako ikerkuntzaren bidea erraztu dezake, BIEn eskuragarri dagoen beste eremuren batean antzeko instalazioa ezartzeko aukera egonik. Alternatiboki, proiektua eskolako beste eremu batzuen energia horniketa gauzatzeko ere hedatu liteke.

Alderdi ekonomikoari erreparatuz, diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoak abantailak ekar ditzake. BIEko II-I Eraikineko luminariaren eskari energetikoa energia fotovoltaikoaren bidez asebetetz, erabat zein partzialki, energia kontsumoaren fakturan murrizketa nabarituko da. Gainera, autokontsumoa planteatuz, ekoiztutako energia soberakinak sarera saltzeko edota soberakin horien konpentsazioa izateko aukera ere badago.

Bestalde, gaur eguneko luminaria LED moduko argiztapenarekin ordezkatzean iturri horretatik datorren eskari energetikoa ere murriztuko litzateke.

Instalazioa osatuko duten elementuak aukeratzeko orduan ere, ahal izan den neurrian inguruko enpresen eskaintza hautatu da. Hori izan da alderanzgailuaren kasua, Ingeteam taldekoa.

Alderdi sozialaren aldetik, diseinu lana sektore publikoan ezartzearen harira, hiriak jasangarriak bilakatzeko prozesuan eman daitezkeen onurei erreparatuko zaie orain. Energia berriztagarrien erabilpenak energia-ekoizpen prozesuan hirietako ingurune inpaktua murrizten lagunduko du (11 GIHaren 11.6 erroka). Are gehiago, 11. GIH-ren xedeetako bat da baliabideen efizientzia integratzen duten politikak sustatzen dituzten hirien kopurua handitzea (11 GIHaren 11.B erroka). Hori dela eta, Bilbok helburu horri egindako ekarpena bultzatuko luke instalazio horren ezarpenak.

Ingurumenari dagokionez ere onurak zenbait dira. Energia eraginkortasunaren arloan izan dezakeen eraginean ardaztuz, 7. GIHak biltzen dituen erroketatik diseinu lan honek zeintzuk bultzatzen dituen aztertuko da. Kontsumo baxuko argiztapen aukeraren proposamenaren bidez eta bere elikadura eguzki-energiaren bidez gauzatzuz energia efizientzia globala hobetzeko bidean eragin onuragarria izan dezake (7 GIHaren 7.3 erroka). Modu berean, energia berriztagarrien ratioa handitzeari (7 GIHaren 7.2 erroka) ere lagunduko dio.

Proiektua gure sektore publikoaren alorrean ezartzea bilatzen den aldetik, biztanleriak energia-zerbitzu garbi, eskuragarri, fidagarri eta modernoetarako sarbidea izateko bidean laguntzen du (7 GIHaren 7.1 eta 7.A errokak).

### **1.3.- Dokumentu teknikoaren egituraketa**

Dokumentuaren egituraketa ondoren azaldutako moduan banatu da. Lehenenik eta behin, diseinu lanaren helburu nagusiak finkatuko dira, baita hori aurrera eramateko jorratuko den prozedura ere. Hurrengo ataletan BIEko II-I Eraikinak gaur egun duen argiztapenaren azterketa burutuko da, hortik abiatuz luminariaren ordezkapena proposatuz. Halaber, potentzia kontsumoaren kalkulua gauzatuko da. BIEko II-I Eraikineko luminariaren energia kontsumoa hornituko duen instalazio fotovoltaikoa ezartzeko eskura dauden aukerak aztertu eta instalazioaren ezaugarritzea azaltzen da, aurrez burututako azterketatik lortutako emaitzetan oinarrituz. Behin diseinu eta dimentsionamendu lanaren atal teknikoak egituratuta izanda, proiektuaren aurrekontu orokorra eta jarraitutako plangintza deskribatuko dira; azken hori Gantt-en diagrama baten bidez adieraziko da. Dokumentuaren amaieran ateratako ondorioak biltzen dira eta erabilitako baliabideak erreferentziatuko dira.

## 2. HELBURUAK – NORAINOKOAK

Gaur egun BIEko II-I Eraikina argiztatzeko modua lanpara fluoreszenteen bidezkoa da. Egoera horren aurrean, argiztapenak eragindako energia kontsumoa murrizteko bidea zabaltzeko aukera ikusi da. Ildo horretatik, diseinu lan honen helburu nagusiak bi dira. Lehenik, momentuko luminaria kontsumo baxuko LED moduko argiztapenarekin ordezkatzea bilatzen da. Are gehiago, BIEko II-I Eraikinaren argindarra modu ekologiko eta autonomoan elikatu nahi da. Horretarako, BIEko II-I Eraikinean erabilgarri dagoen teilatuko eremu batean, eskolako argindarraren eskaria asebeteko duen instalazio fotovoltaikoa ezartzea bilatzen da.

Xede horietara heltzeko prozedura bati jarraituko zaio. Horrela, zenbait helmuga ezarri dira diseinu lanean jarraibide moduan erabiliko direnak. Ondoren zerrendatuta ageri dira definitutako azpi-helburu horiek:

1. Diseinu lana aurrera eramateko eskura dagoen abiapuntuaren azterketa garatu. Horretarako, analisia gaur eguneko BIEko argiztapenean eta instalaziorako eskuragarri dagoen eremuan ardaztuz.
2. Gaur eguneko energia kontsumoaren kalkulua burutu.
3. Argiztapenarentzat aukera alternatibo baten proposamena definitu.
4. Proposatutako argi hornikuntzaren kontsumo energetikoaren kalkulua burutu.
5. Hornikuntza fotovoltaikoaren eskakizunak zehaztu plantaren dimentsionamendua garatzeko.
6. Instalazio fotovoltaikoaren diseinu eta dimentsionamenduaren proposamena.
7. Instalazio fotovoltaikoaren kostu ekonomikoa aztertu.
8. Potentzia kontsumoaren kostu ekonomikoen azterketa (konparaketa bidez).

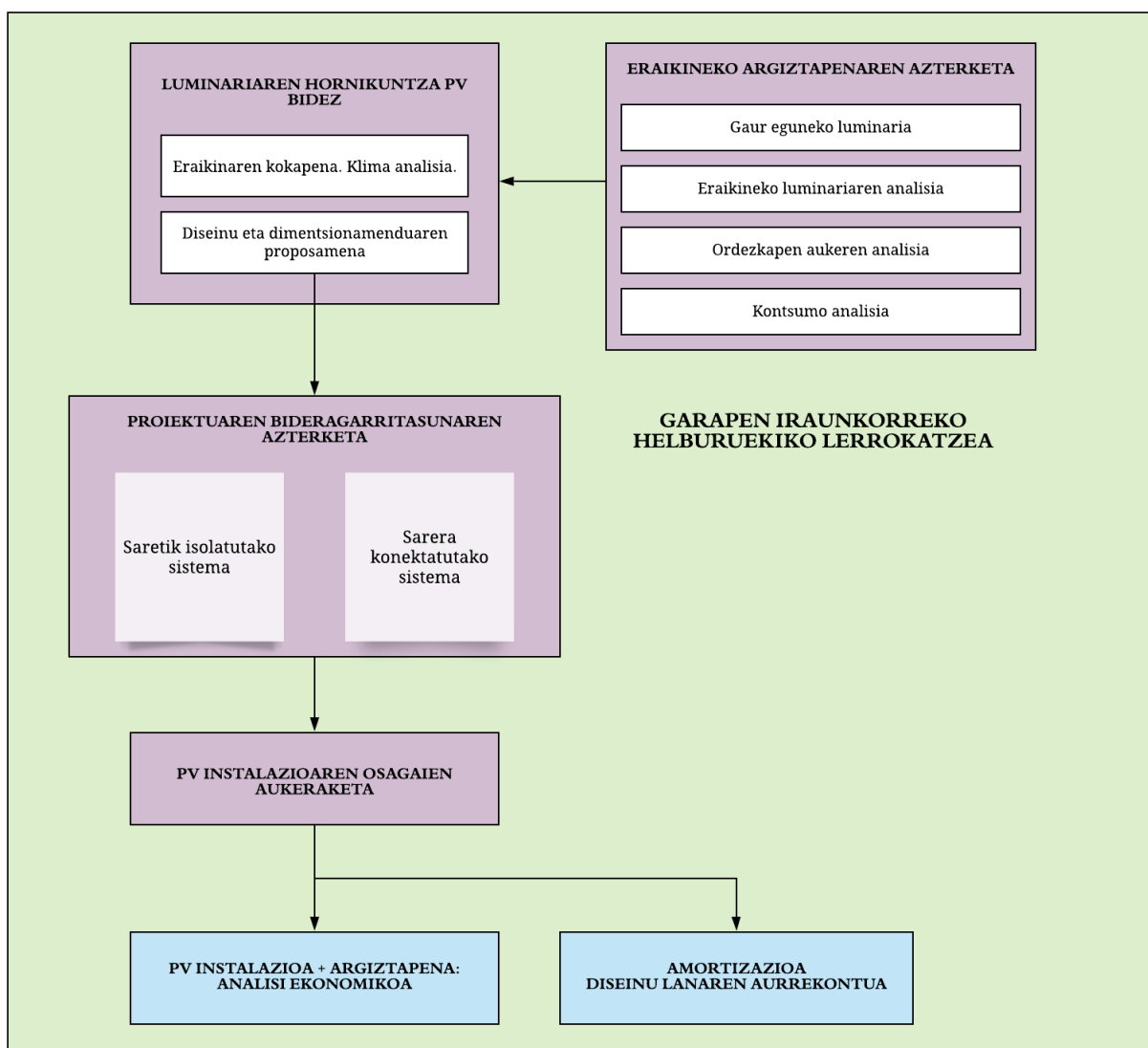
Aipatutako helburu horiek EHUren IKD i<sup>3</sup> strategiaren garapena bultzatzeko eta Garapen Iraunkorrerako Helburuen garapenean laguntzen duten ekintzak bultzatzeko asmoz planteatu dira. BIEko II-I Eraikinean eguzki-zelulak ezarriz, eraikin guztiaren argindarra autokontsumo bidez hornituko litzateke. Horrek dakartzan abantaila ekonomikoak nabarmenak izango dira. Gainera, hurrengo urteotan energia berriztagarriek



hartuko duten garrantzia aurreikusiz, eta trantsizio energetikoaren parte moduan, instalazio elektrikoaren aldaketa hori onuragarria suertatu daiteke.

### 3. METODOLOGIA

Atal honetan, BIEko II-I Eraikinean aztertu nahi den energia kontsumoaren murrizketa eta instalazio fotovoltaikoaren diseinua eta dimentsionamendua aurrera eramateko jarraituko den bidea deskribatzeari ekingo zaio. 3.1. Irudian planteamendu horren adierazpen eskematikoa islatzen da.



3.1. Irudia. Instalazioaren diseinu eta dimentsionamendua burutzeko plangintza.

3.1. Irudiko eskeman oinarrituz, lehenik eta behin gaur egun eraikinak duen egoeraren azterketa burutu beharko da, eginbehar guztiak zehazki definitzeko. Analisi

hori aurrera eramateko bi adar definitu dira: eraikineko argiztapenaren azterketa eta PV bidezko luminariaren hornikuntza.

Energia fotovoltaikoaren bidezko luminariaren hornikuntza erabat definitzeko nahitaezkoa izango da “Eraikineko Argiztapenaren Azterketa” atala, estuki erlazionatuta baitaude. Gaur egun aztergai den eraikinean dagoen luminariaren analisisa gauzatuko da, baita argiztapen aukera horrek suposatzen duen kontsumo energetikoaren azterketa ere. BIEko II-I Eraikineko argiztapena eraginkorragoa izan dadin ordezkapen aukera posibleak ikertuko dira aldi berean. Behin aldaketa horiek proposatuta, diseinu berri horrek eskatzen duen energia kontsumoa zehaztuko da.

Aurrekoaren harira, “Luminariaren Hornikuntza PV bidez” izendatutako atala zehaztuko da. Hori instalazio fotovoltaikoa kokatu nahi deneko eremuari dagokio, batik bat. Alde batetik, diseinua burutzeko eskuragarri dagoen eremu osoa definitu beharko da, energia aprobetxamendu altuena zein kokapen eta orientaziorekin bat datorren determinatuz. Bestalde, desiratutako kontsumo eskakizunak instalazio fotovoltaikoa fisikoki nola baldintzatzen duen ere determinatu beharko da. Era berean, finkatuko diren ezaugarri horiek abiapuntutzat hartuta, instalazio fotovoltaikoaren diseinua garatuko da.

Proiektuaren diseinuaren garapenerako oinarri moduan bideragarritasun azterketa bat ere burutu beharko da. Momenturaino aztertu diren ezaugarriak aintzat hartuz, BIEko II-I Eraikineko luminariaren eskari energetikoa bere osotasunean asebate daitekeen edo ez determinatuko da, funtsean. Horren arabera diseinatuko den instalazio fotovoltaikoa sarera konektatutako sistema batek edo saretik isolatuta dagoen batek osatuko du.

Atariko analisi hori burututa eta instalazioaren diseinua testuinguruan kokatu denean, “PV Instalazioaren Osagaien Aukeraketa” atala jorratzeari ekingo zaio. Hemen determinatuko dira saretik isolatutako instalazio fotovoltaikoak eskatzen dituen osagaiak, erabilera honetara hobeto egokitzen diren aukeren artean hautatuz.

Azkenik, aspektu ekonomikoari erreparatuko zaio. Bi azpiatal bereizten dira hemen: instalazio fisikoari dagokiona eta bestelako gastu ekonomikoak aurreikusten dituen. “PV Instalazioa eta Argiztapena” atalean eguzki zelulen instalazioa eta

beharrezko konexio guztiak burutzearen kostuak aztertuko dira. Gainera, gaur egun eskolan dagoen luminaria aldatzeak ekarriko duen kostua ere analizatuko da. “Amortizazioa eta Diseinu Lanaren Aurrekontua” atalean, ordea, instalazioaren diseinuak ekarriko dituen gastu ekonomikoak zein instalazioak etorkizunean suposatuko dituen ondorio ekonomikoak aztertuko dira.

Diseinu eta dimentsionamendu prozesu horretan guztian zehar garapen iraunkorreko helburuekin lerrokatzea bermatu nahi da. Are gehiago, diseinu proposamen honen bitartez gauzatu nahi den energia trantsizioa eraginkorra izan dadin, ezinbestekoa da GIHeKiko bateragarritasunez egitea.

## 4. KONTZEPTU TEORIKOAK

Atal honetan, diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoari dagozkion zenbait alderdi teoriko azalduko dira. Horrela, diseinua garatzeko orduan kontuan izan beharreko zenbait kontzeptu argi utziko dira. Instalazio fotovoltaikoa osatzen duten elementuak deskribatuko dira, batik bat, euren funtzioa eta garrantzizko parametroak azpimarratuz.

### 4.1.- Efektu fotovoltaikoa

Efektu fotovoltaikoa argi erradiazioaren energia elektrizitate bihurtzen duen fenomeno da, fotoiak hartzeko eta elektroiak igortzeko gaitasuna duten materialetan gertatzen dena.

Material guztiak atomoz osatuta daude eta horien materialaren barruko kokapenak bere egitura kristalinoa baldintzatuko du. Kokapen horren arabera, besteak beste, materialaren garbitasuna, egonkortasuna eta erresistentzia. Era berean, atomo bakoitza nukleo batez eta elektroiez osatuta dago, azken horiek nukleoaren inguruan biratzen dutelarik, geruza ezberdinetan. Azken geruzako elektroiei balentzia-elektroiak deritze, eta kristal-sarearen barruko beste elektroiek batzuekin kontaktuan daudenak dira, loturak sortuz.

Balentzia-elektroiek nukleoarekin duten loturaren arabera, hiru motako materialak sailkatzen dira: isolatzaileak, erdieroaleak eta eroaleak. Material isolatzaileetan balentzia-elektroiak nukleoarekin oso lotuta daude; beraz, energia handia behar da bereizi ahal izateko. Material erdieroaleetan, aldiz, lotura horiek ahulagoak direnez, energia kantitate txikiagoa beharko da elektroien mugimendua ahalbidetzeko. Material eroaleetan, ordea, elektroiak oso erraz mugitzen dira nukleoaren inguruan, eta kristal-sarean oso energia gutxi behar izaten dute.

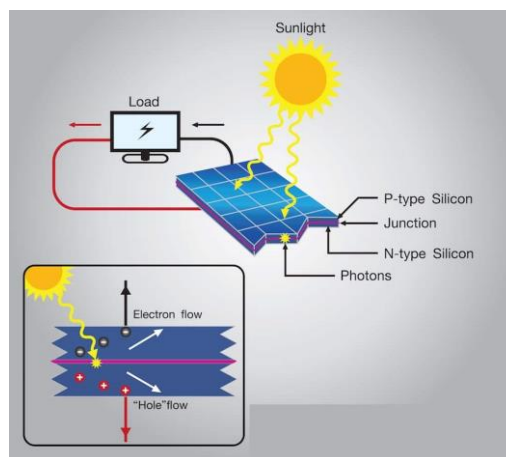
Modulu fotovoltaikoetan erabilitako materialak erdieroaleak dira, silizioa nagusiki. Horrela, eguzki-erradiazioaren bidez modulura heltzen diren fotoi erasotzaileek energia maila jakin bat gainditzean elektroien mugimendua ahalbidetuko da. Modulu fotovoltaikoan efektu fotoelektrikoa eman dadin fotoiek izan beharreko energia maila minimo horri banda-zabalera ( $E_g$ ) esaten zaio eta bere balioa (1) ekuazioan ikus daiteke.

$$E_g = 1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad (1)$$

Korronte elektriko bat sortuko da askatutako balentzia-mailako elektroiei horiek hutsuneen gainean zirkulatzean. Korronte elektriko bat sortzeko, beharrezkoa da materialaren barruan bi eremu bereiztea: lehena, karga negatibo handiko eremu bat, hau da, elektroiei gehiegi dituen eremu bat; eta, bigarrena, karga negatibo oso baxuko eremu bat, edo, bestela esanda, hutsune gehiegi dituen eremu bat.

Fosforoa silizioak baino karga negatibo gehiago dituen elementua da. Beraz, silizioaren egitura kristalinoari fosforo atomo bat sartzen bazaio, elektroiei gehiago dituen silizio dopatua lortuko da. Erdieroale berri horri n motako erdieroale izena ematen zaio. Bestalde, boroak silizioak baino elektronegatibotasun txikiagoa du. Hortaz, aurreko eragiketa bera burutuz, p motako erdieroalea lortuko dugu, hau da, hutsuneak dituen silizio dopatuzko erdieroalea.

Bi erdieroale elkartzean, bata p motako eta bestea n motakoa, elektroientzako eta hutsuneentzako hesi gisa jarduten duen gune bat agertuko da: trantsizio-zonaldea. Hesi horretan eremu elektrostatiko bat sortzen da, bere barnean elektroien mugimendua errazten duena. Eguzki-gelaxka batean, n geruza argi-izpiek argizatuko dute, eta p geruza, berriz, atzealdean kokatuko da. Hurrengo 4.1. Irudian ikus daiteke eguzki-zeluletan eguzki-erradiazioak erasotzean ematen den elektroien zirkulazioa.



4.1. Irudia. p-n juntura eguzki-zeluletan.

Iturria: Studio BKK Shutterstock [3].

## 4.2.- Eguzki-erradiazioa

Eguzki-erradiazioa deritzo Eguzkiak igortzen dituen erradiazio elektromagnetikoei. Era berean, ezagutzen diren energia mota guztien iturri nagusia da: ozeanoen eta atmosferaren zirkulazio-mugimenduen arrazoia da.

Eguzkiak energia erreazio nuklearrak direla medio eratzen du. Erreakzio horiek dira bere kanpo geruzako tenperatura altuen (5.500 °C – 6.100 °C bitartekoak) eragileak. Aldi berean, eguzki-energia norabide guztietan hedatzen da espazioan eta aplikazio fotovoltaikoetan arreta berezia emango zaio Lurreko atmosferaren kanpoko geruzara iristen den energia totalari, hau da, Lurra-Eguzkia norabidearekiko perpendikular den azalera batean eragiten duenari.

Eguzkitik datorren energia horren fluxua, azalera unitate bakoitzeko jasotako energia kopurua da, eta eguzki konstante ( $G_{sc}$ ) deritzo. Nazioartean onartzen da eguzki-konstantearen balioa (2) ekuazioan adierazitakoa dela.

$$G_{sc} = 1.353 \text{ Wm}^{-2} = 4.872 \text{ kJ}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-2} = 1.940 \text{ cal}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2} \quad (2)$$

Hala ere, kontuan izan behar da eguzki-erradiazioak aldizkakotasuna (hodeiek, ur-lurrinak, ozonoak eta abarrek eraginda), sakabanatze handia eta dentsitate txikia dituela ezaugarri. Hiru faktore horiek erabakigarriak dira Eguzkiaren ekarpen zuzenean oinarritutako sistema elektriko bat eraikitzeke orduan, ausazkoak diren faktore klimatikoekin eta Eguzki-Lurra geometriaren mendeko faktore astronomikoekin batera.

Eguzki-erradiazioaren izaera aldakor horren ondorioz, zenbait eratan eraso dezake planetan. Haatik, modulu fotovoltaiko batek jasoko duen erradiazioa erasotzeko modu horien guztien batura izango da. Horren arabera hiru ataletan sailkatu daiteke eguzki-erradiazioa: eguzki-erradiazio zuzena, eguzki-erradiazio difusoa eta islapeneko erradiazioa.

Eguzki-erradiazio zuzena Lurraren gainazalera zuzenean heltzen den energiari deritzo, atmosferan desbiderapenik jasan gabe. Eguzki-erradiazio difusioa, aldiz, atmosferatik igarotzean desbiderapenak jasan dituen erradiazioa da. Azkenik, islapeneko erradiazioa da objektuetan eraso eta norabidez aldatzen duena. Lur planetak kanporantz





### 4.3.- Energia berriztagarriak: eguzki energia

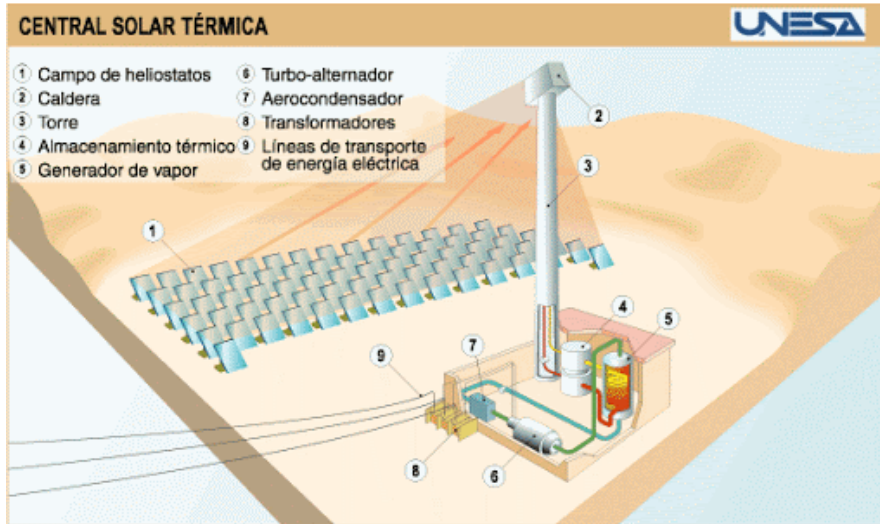
Energia berriztagarriak Lur planetara modu jarraian heldu zein ekoizten direnei deritze, giza denboran (ez, ordea, denbora geologikoan) agortezinak direnak. Horien artean nabarmentzen diren energia-iturriak eguzkiaren ekintza zuzenaren zein zehar-ekintzaren edo planetaren ekintza geotermikoaren ondorioz eskuratutakoak eta baliabide naturalak edota berreskurapen azkarrekoak kimikoki erreakzionaraziz lortutako produktuak direnak.

Oro har, energia berriztagarriek lagunduko dute banatutako energia eraketa sistemen garapenean. Izan ere, potentzia elektrikoko sistemek hainbat sorkuntza gune energia elektrikoa kontsumitzen duten guneetatik at biltzen dituzte. Kokapen horiek galera handiak sor ditzakete energia eskaria altua edota aldakorra denean, bereziki garraio bideetan eta energia hornikuntzaren kalitatearen ikuspuntutik. Hori dela eta, energia iturri berriztagarriak erabiltzen dituzten potentzia elektrikoko sistemak garatu ohi dira, beti ere kontsumo guneetatik gertu.

Eguzki energian ardaztuz, energia elektrikoa sortzeaz gain bero moduko energia zuzenean aprobetxatzeko ere erabili daiteke. Hala ere, elektrizitatearen eraketa aztertzeraz mugatuko da analisia, hori baita proiektu honi dagokiona.

Sistema fotovoltaikoak agente kutsatzaileen emisioak ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  eta  $\text{SO}_x$  batik bat) murrizteagatik nabarmentzen dira, baita inolako kanpo hornitzailearen beharrik ez izateagatik eta baliabide natural moduan eguzkia erabiltzeagatik ere. Energia iturri moduan eguzkia izanik bi eratan sor daiteke elektrizitatea. Halaber, bi sistema sorgailu mota bereizten dira: instalazio termoelektrikoak eta instalazio fotovoltaikoak.

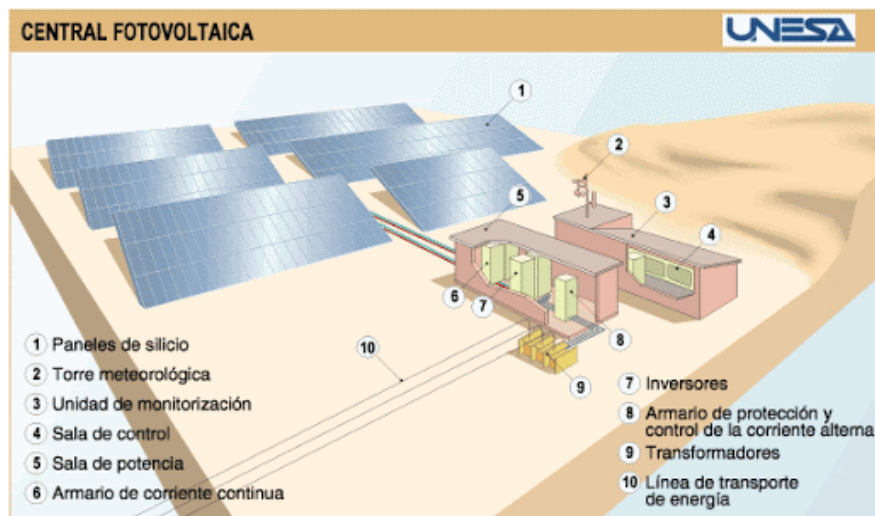
Eguzki instalazio termoelektrikoko sistemetan, eguzkiaren energia zuzena fluido bat berotuz atzematen da, ondoren lurrun bihurtzen dena, eta horrek, aldi berean, turbina eragingo du. Azkenik, turbinak sorgailu elektriko bat bultzatzen du. Hiru zentral mota daude eguzki-energia hartzeko moduaren arabera: dorre-zentralak, disko parabolikoen zentralak eta zilindro parabolikoen zentralak. 4.3. Irudian ohiko eguzki-zentral termoelektriko baten itxura ageri da.



4.3. Irudia. Eguzki-zentral termoelektrikoa.

Iturria: UNESA [5].

Eguzki instalazio fotovoltaikoak, bere aldetik, eguzki-erradiatziotik eratutako energia elektrizitate bihurtzean datza, panel fotovoltaikoen bidez. Hain zuzen ere, horien funtzionamendu printzipioa efektu fotoelektrikoan oinarrituta dago. Efektu fotoelektrikoak eguzki-argia zuzenean korrante elektriko bihurtzea ahalbidetzen du, tarteko efektu termikorik sortu gabe.



4.4. Irudia. Zentral fotovoltaikoa.

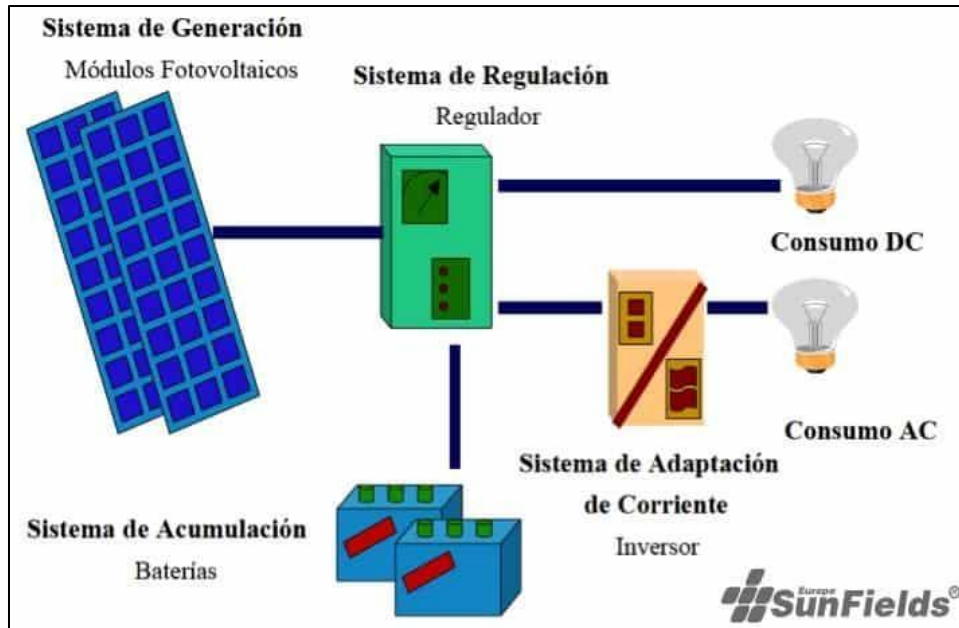
Iturria: UNESA [5].

#### **4.4.- Sistema fotovoltaikoen deskribapena**

Sistema fotovoltaikoetan zenbait egitura bereizten dira, guztietan ez baitira elementu berdinak erabiliko. Egitura hori euren aplikazioaren araberakoa izango da, alegia. Gauzak horrela, aplikazioak multzokatuz, hiru sistema fotovoltaiko mota sailka daitezke.

Alde batetik saretik isolatutako sistema fotovoltaikoak daude, energia-eskari txikia duten kontsumo-puntuak hornitzeko beharretik sortzen direnak. Isolatutako energia eskarietarako erabiltzen dira, hau da, eskaria hain handia ez denean. Sistema mota horiek erabiliko dira zenbait aplikaziotan; hala nola etxebizitza zein eraikinetako elektrifikazioan, luminaria publikoan, uren ponpaketa eta tratamenduan, telekomunikazio ekipoetan edo neurketa sistemetan.

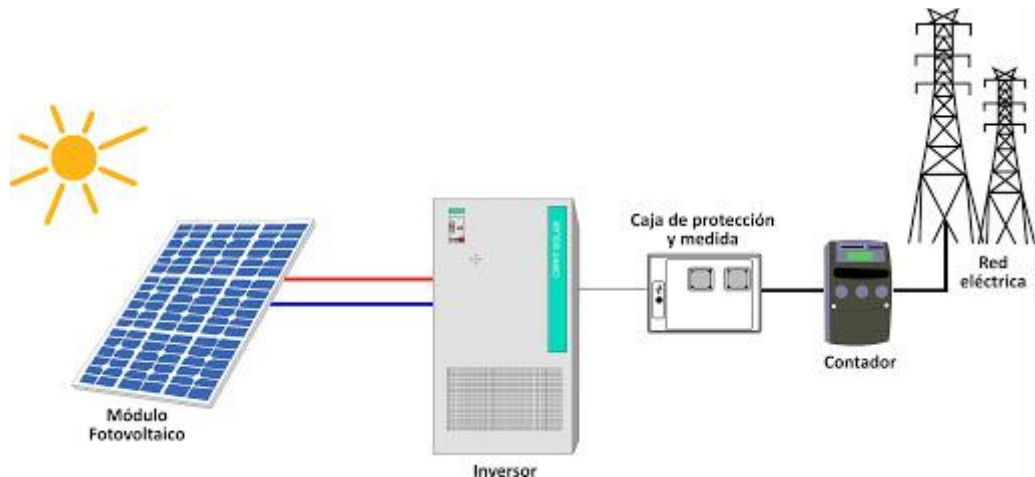
Saretik isolatutako sistemak izango dituzten elementuak hurrengoak dira: eguzki-moduluak, bateriak, kargaren erreguladoreak eta alderanzgailuak. Mota horretako sistemaren eskema orokorra ikus daiteke 4.5. Irudian. Sarera konektatuta ez egoteagatik baterien erabileraren beharra agertzen da bitartekari moduan energia elektrikoa metatu ahal izateko. Bateriarik gabe diseinatzeko aukera ere badago; hala ere, kasu horretan ezin izango da sistema horietaz baliatu energia elektrikoa hornitzeko ez gauez, ezta argiztapen gutxiko egunetan ere.



4.5. *Irudia.* Saretik isolatutako instalazio fotovoltaikoaren osagaien eskema orokorra.

*Iturria: SunFields [6].*

Bestalde, hornikuntza elektrikoko sarera konektatutako sistemak bereizten dira. Instalazio fotovoltaiko mota horien ezaugarri nagusia da sortutako energiak ez diola eskari jakin bati erantzun behar, sistema isolatuen kasuan gertatzen den bezala. Helburu nagusia ahalik eta energia gehien sortzea da, eskura dagoen espazio fisikora eta egin nahi den inbertsioaren kostura egokituta. Sortutako energia hori banaketa publikoko sarera injektatzen da. Hori dela eta, sistema horien desberdintasun nagusietako bat da ez dagoela ez metagailurik ez erreguladorerik, ez baita beharrezkoa sortutako energia biltegitratzea. Mota horretako sistema fotovoltaiko baten eskema orokorra hurrengo 4.6. Irudian ikus daiteke eta sorgailu fotovoltaikoak, alderanzgailuak eta neurgailuak eta sarerako konexioa ahalbidetzen duten bestelako ekipoez osatuta.



4.6. *Irudia.* Sarera konektatutako instalazio fotovoltaikoaren osagaien eskema orokorra.

*Iturria: cenitsolar [7].*

Azkenik, aurreko bi sistemen arteko alternatiba legoke: instalazio fotovoltaiko hibridoak. Zenbait egoeratan, bereziki saretik isolatutako instalazioetan, sorgailu laguntzaile bat erabili ohi da: talde elektrogenoa, aerosorgailua... Horrela, sistema fotovoltaikoak energia eskaria erabat asebate ezin badu, hornikuntza gehigarri bat edukitzeko.

#### 4.5.- Osagaiak

Jada azaldu den moduan, instalazio fotovoltaiko batek izango dituen elementuak sistema motaren arabera izango da. Alde horretatik, sarera konektatutako sistema edo saretik isolatutako sistema aukeratzeak definituko ditu elementu horiek. Hala ere, elementu amankomuna izango dute beti: eguzki-zelula.

##### 4.5.1.- Eguzki-zelula

Instalazioaren osagai hau da eguzki-energia energia elektriko bihurtzearen arduraduna; izan ere, eguzki-erradiazioarekiko sentikorrek diren materialez osatuta daude eguzki-zelulak. Material horiek, metalikoak edo erdieroaleak izanik, fotoiak xurgatu eta elektroiak igortzen dituzte.

Diseinu lan honetan erabiliko diren eguzki-zelulak siliziozkoak izango dira. Elementu horren erabilera mota honetako aplikazioetan bereziki aproposa da bere errendimenduagatik. Era berean, saihestu ezin daitezkeen eguzki erradiazioaren galerak murriztea lortuko da.

Behin siliziozko zelulekin lan egingo dela erabakita, elementu horren zein egitura kristalino erabili nahi den erabakitzeko auzia dago. Gai horri dagokionez, hiru zelula mota bereizten dira: silizio monokristalinozkoak, silizio polikristalinozkoak eta silizio amorfozkoak. Azken horien izaera ez-kristalinoa eta horren ondorioz duen eroankortasun murriztua direla eta, ez da aintzat hartuko eguzki-zelulen materiala determinatzerako orduan.

Silizio monokristalinoa, egitura kristalino ia perfektua duen aldetik, purutasun maila altuko materiala da, baita eroankortasun elektriko altukoa ere. Horrela, % 15 – 18 tarteko errendimendua lor daiteke. Silizio polikristalinoak bere aldetik, silizio monokristalinoaren oso antzekoa den egitura kristalinoa du, kristalak eskualdetan banatuta egotearen desberdintasunarekin. Material horrek dituen ez-idealtasunak direla medio, bere errendimendua % 12 – 14 bitartekoa izango da.

### Eguzki-zelulen parametroak

Eguzki-zelulak aztertzerako orduan zenbait parametrori erreparatu behar zaie, erabakigarriak izango direnak.

- Tentsio izendatua ( $V$ ): zelularen lan-tentsioa.
- Zirkuitulaburreko korrontea ( $I_{CC}$ ): zelularen borneen arteko korronteari egiten dio erreferentzia, euren arteko tentsio jautzia nulua denean. Eguzki-erradiazioaren araberako aldakortasuna izan dezakeen parametroa da; izan ere, irradiantziak eragin zuzena du zelularen zirkuitulaburreko korronteari balioan.
- Zirkuitu irekiko tentsioa ( $V_{oc}$ ): zelularen borneen arteko tentsioa definitzen du bertatik zirkulatzen duen korrontea nulua denean. Parametro honen gain eragin zuzena du giro-tenperaturak. Are gehiago, zirkuitu irekiko tentsioa handituko da giro-tenperaturan murrizketaren bat ematean, eta alderantziz.

- Potentzia maximoko intentsitatea ( $I_{P_{max}}$ ): zelulak potentzia maximora lan egitean energia elektriko moduan hornitu dezakeen korrante maximoa.
- Potentzia maximoko tentsioa ( $V_{P_{max}}$ ): zelulak potentzia maximora lan egitean energia elektriko eran transferitu dezakeen tentsio maximoa.
- Piku-potentzia edo potentzia maximoa ( $P_P$ ): zelulatik sor dezakeen potentziaren balio maximoa.

### Modulu fotovoltaikoen konexioa

Eguzki-moduluek kargak eskatzen duen potentzia hornitu ahal izateko, zelulen arteko zenbait konexio gauzatu beharko dira. Konexio horiek seriean zein paraleloan egin daitezke, modulu fotovoltaikoen matrizeak sortuz. Beti ere, kontuan izan behar da elkarren artean konektatzen diren moduluek ezaugarri berdinak izatea funtsezkoa dela. Oro har, eguzki-panelen tentsio nominala 12 V-ren multiploa izango da.

Serieko konexioa panel baten polo positiboa hurrengo panelaren polo negatiboarekin konektatzean datza. Horrela, seriean konektatuko den modulu bakoitzaren tentsioaren batura lortuko da katearen amaieran. Intentsitatearen balioari dagokionez, modulu bakarrari dagokionaren parekoa da. Era berean, panel bakoitzak *bypass* diodo bat izan ohi du paraleloan konektatuta, matxura baten aurrean instalazioa guztiz geldiarazi ez dadin, diodoetatik korrontearen zirkulazioa ahalbidetzen baita.

Modulu fotovoltaikoak paraleloan konektatzean, aldiz, eguzki-panel bakoitzaren intentsitateen balioaren batura da lortuko dena. Horretarako, eguzki-panel guztien polo positiboak terminal batean bilduko dira eta polo negatiboak beste batean.

Instalazio fotovoltaikoak hornituko duen kargaren eskakizunak aurreko konexioekin asebite ezin direnean, konexio mistoa erabiliko da. Hau da, bai serieko bai paraleloko konexioak gauzatu dira moduluen artean, seriean konektatuta dauden zenbait talde paraleloan konektatuz. Konexio mistoan paraleloan konektatutako adarrei *array* edo matrize deritze eta sorgailu fotovoltaikoa osatuko dute.

Jarraian, instalazio mota ohikoenak sakonago aztertzeari ekingo zaio, sistema osatzen duten elementuetako bakoitza aztertuz.

#### **4.5.2.- Saretik isolatutako sistema: osagaiak**

Saretik isolatutako sistema fotovoltaiko bat sorgailu fotovoltaikoak, ekoiztutako energia elektrikoa metatuko duten bateria multzoak, kargaren erreguladoreak eta, beharrezkoa izatekotan, alderanzgailuek osatuko dute.

##### **Metagailu elektrikoa**

Jatorri fotovoltaikoa duten energia iturrien ezaugarriak dira sistemaren aldakortasuna eta ausazkotasuna. Horiek eragin zuzena izango dute instalazioaren zerbitzu elektrikoan eta, ondorioz, sistemaren autonomian. Nolakotasun horiek eragin ditzaketen eragozpenak saihesteko, metagailu elektrikoak txertatzen dira sisteman.

Metagailu elektrikoa jaso bezain laster zuzenean erabiltzen ez den energia biltzeaz arduratzen den gailua da. Horrela, momentuko eguzki-erradiazioarekiko menpekotasunik ez duen iturri elektrikoaz hornituta egongo da sistema. Modu berean, modulu fotovoltaikoak lanean ez dauden periodoetan zehar sistemak autonomia izango du, zerbitzu elektrikoari dagokion ikuspuntutik; izan ere, periodo horietan metagailuetan aurrez bildutako energiak baliatuko da sistema.

##### **Kargaren erreguladorea**

Instalazio fotovoltaikoan kargaren erreguladorea izango da metagailu elektrikoan eman daitezkeen gainkarga zein gaindeskargen kontrola eta babesa ematearen arduraduna. Erreguladoreek energia fluxuen kontrolak aurrera eramaten dituzte, alde batetik metagailuen egoerari buruzko informazioa emateko eta, bestalde, beharrezkoa denean alarma seinaleak sortzeko.

Sistema fotovoltaikoan duen konexioaren arabera bi erreguladore mota bereizten dira: linealak eta konmutatuak.

- Erreguladore linealak

Sistemaren kontrola garatzen dute MOS transistoreek osatutako erresistentzia aldakor baten erregulazioaren bidez. Horietatik kargak xurgatu ezin dezakeen eguzki-panelak sortutako energia disipazioa emango da. Oro har erreguladore mota horien errendimendua baxua da, potentzia baxuko aplikazioetan erabiltzen direlarik.



Erreguladorea sistemara konektatzeko egiten den kableatuaren arabera erreguladorea seriekoa edo paralelokoa izan daiteke.

- Erreguladore konmutatuak

Konplexutasun elektronikoa altuagoa dute erreguladore linealek baino. Horrek eragiten du errendimendua handiagoa izatea, baina baita ekonomikoki garestiagoak izatea ere. Erreguladore konmutatuek tentsioaren balioa kontrolatzen dute irteeran balio egokia izan dezan. Are gehiago, tenperaturaren aldaketak sisteman izan dezakeen eragina aintzat hartzen dute.

Euren funtzionamenduari dagokionez, bateria sorgailutik deskonektatzean oinarritzen da. Helburu horrekin, modulu fotovoltaikoarekin seriean konektatutako gailu bat erabiltzen da: errelea, transistorea edo etengailua.

### **Alderanzgailua**

Alderanzgailua korrante zuzenetik korrante alternorako bihurketa gauzatzeko eginkizuna duen instalazio fotovoltaikoaren elementua da. Hain zuzen ere, eguzki paneletan eraturako zein baterietan metaturako korrante zuzeneko tentsioak bilakatuko dituzte. Horrela, sistema kargaren eskakizunetara egokitzen da. Beraz, DC/AC alderanzgailua izango da instalazioan egongo dena.

Elementu honen eginkizuna dela eta, korrante alternoko kargak elikatzeke ezinbestekoa izango da. Hori dela eta, korrante zuzeneko zein korrante alternoko sistemak elikatzen dituen sistema baten aurrean, alderanzgailua karga alternoko korrantea duen irteeran kokatuko da. Hala ere, diseinu lan honetan instalazio fotovoltaikoak LED moduko karga elikatu dezan nahi da, korrante zuzeneko karga, alegia. Hori dela eta, alderanzgailua ez da beharrezkoa izango karga elikatzeke.

### **4.5.3.- Sarera konektatutako sistema: osagaiak**

Sarera konektatutako instalazio fotovoltaiko bat osatzen duten elementuak sorgailu fotovoltaikoa, alderanzgailua eta neurgailuak eta sareko konexioa ahalbidetzeko ekipoiak dira.

## **Sorgailu fotovoltaikoa**

Sarera konektatutako sistemetan ere, sorgailu fotovoltaikoak eguzki-moduluz osatuta daude. Horiek matrize bat osatuko dute, seriean zein paraleloan konektatzen baitira. Moduluetatik datorren kableatua multzokatzeko sorgailuaren konexio-kutxa delakoa erabiltzen da. Bere funtzioa kate bakoitzetik datozen kableen arteko konexioa gauzatu ahal izatea da, korrante zuzeneko lerro bakarra ezartzea ahalbidetuz. Lerro hori izango da korrante zuzeneko zirkuitu nagusia, alderanzgailuarekin lotuko dena.

## **Alderanzgailua**

Saretik isolatutako sistemekin alderatuz, sistema mota hauetan erabiltzen diren alderanzgailuen ezaugarriak desberdinak dira; izan ere, euren irteera konektatuko den sare elektrikoaren ezaugarriekin sinkronizatzeko gaitasuna izan behar dute: maiztasuna eta tentsioa, batik bat. Instalazio fotovoltaikoen potentzia nominala erabiliko den alderanzgailuaren potentzia nominalak definituko du, hain zuzen ere.

Elementu hauek instalazio fotovoltaikoan duten kokapenari dagokionez, modulu fotovoltaikoetatik ahalik eta hurbilen finkatuko dira. Horrela, kableatuan ematen diren galerak eta sekzio handiko kableen luzera murriztuko dira.

## **Neurgailuak eta sarrerako konexioa ahalbidetuko duten ekipoak**

Irteerako kontadorea behar den moduan babestuta egon beharko da eta bi noranzkoetan gauzatu behar ditu neurketak. Izan ere, energia ekoizten ez den bitartean ere alderanzgailuak kontsumo txikia izan dezake. Alternatiba moduan kontadore arrunt bat erabiliko balitz, sarrerako energia neurtuko duen kontadore bat edo saretik energiaren kontsumoa egitea saihesten duen gailua edukitzea beharrezkoa izango da.

Instalazio fotovoltaikoaren kokapen berean kontsumo elektrikoa beharrezkoa izatekotan, hargailuentzat zirkuitu independente bat existitu beharko da.

## 5. ERAIKINEKO LUMINARIAREN AZTERKETA

Diseinu lan honen azken helburuetako bat da BIEko II-I Eraikineko luminaria LED moduko argiztapenarekin ordezkatzea, energia kontsumoa murrizteko eta sistema energetiko efizienteagoa lortzeko asmoz. Ildo horretatik, atal honetan luminariaren analisia burutuko da, lanpara fluoreszenteen ordezkapenerako aukerak proposatuz. Era berean, luminariak eragindako kontsumo energetikoa ere aztertuko da; izan ere, abiapuntu horretatik gauzatu ahalko da PV instalazioaren diseinua.

### 5.1.- Gaur eguneko luminaria

Gaur egun, BIEko II. Eraikina argiztatzeko erabiltzen den luminaria lanpara fluoreszenteek osatzen dute ia bere osotasunean. Eraikin osoan zehar sei lanpara mota bereiz daitezke, horietako bi soilik izanik LED modukoak eta, hortaz, kontsumo baxukoak. Hurrengo 5.1. Taulan gaur egun eskolako argiztapena osatzen duten lanpara motak biltzen dira, bakoitza eskolako zein eremutan erabiltzen den zehaztuz.

Mota	Izendapena	Kokapena
3	MASTER PL-C 26 W 840 4P	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Komunak</li> <li>▪ Eskaileren pasabideak</li> </ul>
4	MASTER TL-D Super 80 18W 865	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Pasabideak</li> </ul>
5	MASTER TL-D Super 80 36 W 865	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Laborategiak</li> <li>▪ Ikasgelak</li> </ul>
6	MASTER TL-D Xtra 58 W 865	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Garajeak eta tailerrak</li> </ul>
1	MZD LEDtube 1200 mm 14.5 W 865	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kokapen espezifikoak (erabilera puntuala)</li> </ul>
2	CorePro LEDtube 600 mm 8 W 840	

5.1. Taula. BIEko lanpara motak.

1 eta 2 motako lanparak “MZD LEDtube 1200 mm 14.5 W 865” eta “CorePro LEDtube 600 mm 8 W 840” dira, hurrenez hurren. Horiek dira, hain zuzen ere, aurrez aipatutako LED modukoak. Hala ere, euren erabilera BIE argiztatzeko oso mugatua da, kokapen puntualetan baino ez baitira ezarri. Gaur egun mota horietako 22 lanpara aurki daitezke eskolan zehar kokatuta.

3 mota bezala izendatutako lanparen modeloa “*MASTER PL-C 26 W 840 4P*” da. Lanpara horiek, aurrez aipatutakoak ez bezala, fluoreszenteak dira eta euren erabilera ugariagoa da. Komunak eta eskaileren pasabideen argiztapenean erabiliak dira.

“*MASTER TL-D Super 80 18W 865*” lanpara modeloari 4 mota deituko zaio. Horiek ere, fluoreszenteak dira eta BIEko pasabideak argizatzen dituzte. Ikasgelak zein laborategiak argiztatzeko familia bereko lanparak erabiltzen dira, baina potentzia altuagokoak. Modelo hori “*MASTER TL-D Super 80 36W 865*” izenekoa da eta 5 lanpara mota izango da.

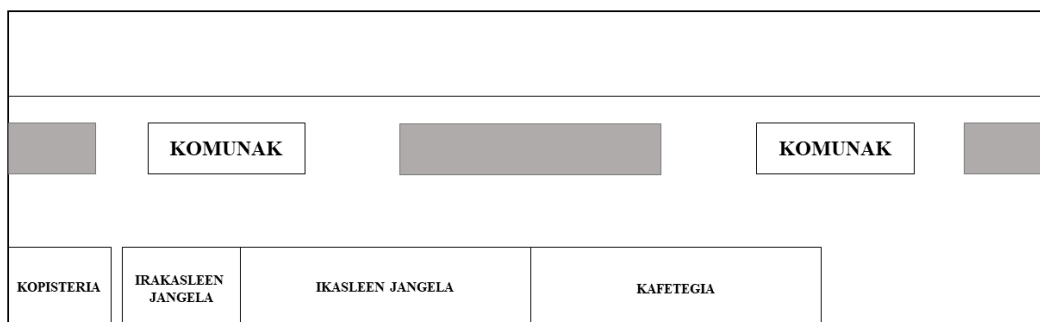
Azkenik, 6 mota dago “*MASTER TL-D Xtra 58W 865*” izendapena duena. Lanpara mota horiek ez dira 3, 4 eta 5 motakoak bezain ugariak. Euren funtzio nagusia garaje eta tailerren argiztapenean nabarmentzen da.

## 5.2.- Eraikineko luminariaren analisisia

Jarraian, gaur egun BIEko Eraikin II-a osatzen duen argiztapena aztertzeari ekingo zaio. Horretarako, espreski hautatutako hiru solairuren analisisia aurrera eramango da: beheko solairuari dagokiona, solairu estandar batena eta goiko solairuarena.

### 5.2.1.- Beheko solairua

Beheko solairua da, egiturari dagokion aldetik, gainerakoengandik gehien desberdintzen dena. Hori dela eta, solairu horretako argiztapena indibidualki aztertzeo beharra ikusi da. Abiapuntu moduan beheko solairuko eskema irudikatu da (5.1. Irudia), eremu bakoitzean dagoen luminariaren kontaketa eta sailkapena gauzatzeko asmoz.



5.1. Irudia. Beheko solairuko eskema.

Hurrengo taulan (5.2. Taula) beheko solairuan dagoen lanpara kopuruaren kontaketa islatu nahi izan da. Era berean, lanpara horien sailkapena ere aurrera eraman da. Taulan solairuaren zenbait eremutan dagoen lanpara kopurua bereizi da.

<b>BEHEKO SOLAIRUA</b>					
<b>Eremua</b>	<b>Lanpara kopurua</b>	<b>Lanpara mota</b>	<b>Potentzia / lanpara</b>	<b>Potentzia guztira</b>	<b>Argi-fluxua</b>
Pasabideak	240	4	18 W	4,320 kW	1300 lm
Jangelak (ikasleak + irakasleak)	43	5	36 W	1,548 kW	3250 lm
Kopisteria	18	5	36 W	0,648 kW	3250 lm
Komunak	24	3	26 W	0,624 kW	1800 lm
Kafeteria	30	5	36 W	1,080 kW	3250 lm

5.2. Taula. Beheko solairuko argiztapenaren kontaketa.

### 5.2.2.- Bosgarren solairua

Gaur eguneko luminariaren analisia aurrera eramateko solairu estandar bateko argiztapena sakonki aztertzea erabaki da. Ondoren, hortik lortutako emaitzak gainerako solairuetara estrapolatuko dira. Funtzio hori betetzeko 5. solairua erreferentzia moduan hartzea erabaki da. Alde batetik, ez dago desberdintasun nabarmenik solairu horren eta eskolako gainerakoen artean (lehenengotik hasita zortzigarrenean), beti ere, argiztapenaren egiturari dagokion aldetik. Bestalde, aukera aproposa dela hartu da solairu horretan ikasgela arruntak, ordenagailu gelak zein laborategiak aurki daitezkeelako. Horrela, gela mota batetik bestera argiztapenean eman daitezkeen gora-beherak aintzakotzat hartzen dira. Hurrengo 5.2. Irudian solairu horren eskema ikus daiteke.

<b>BULEGOAK: P5I 13 – P5I25 / P5I 27 – P5I 30</b> <b>MINTEGIA: P5I 26</b> <b>BILERA GELA</b>											
KOMUNAK									KOMUNAK		
P5I 12L	P5I 11L	P5I 10L	P5I 9A	P5I 8A	P5I 7I	P5I 6I	P5I 5A	P5I 4A	P5I 3L	P5I 2A	P5I 1L

5.2. *Irudia*. 5. solairuko eskema.

Beheko solairuan erabilitako prozedura berdinari jarraituz, 5. solairuko gela bakoitzean dauden lanpara motak bereizi dira. 5.3. Taulan sailkapen hori ikus daiteke, gela bakoitzeko potentzia xahutzearekin batera.

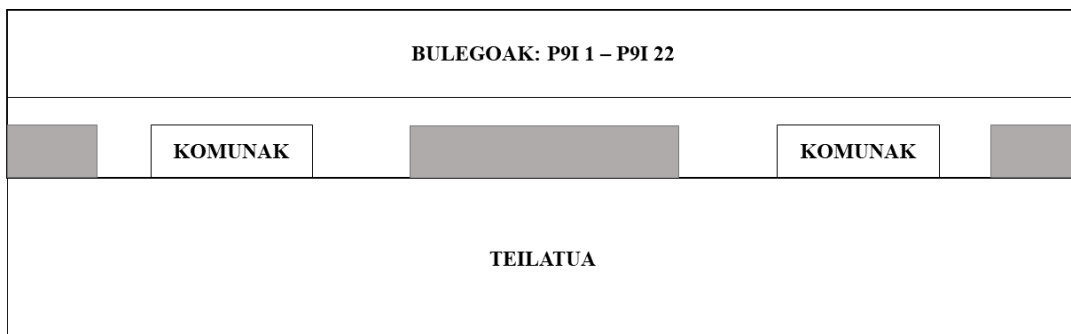
## 5. SOLAIRUA

Eremua	Lanpara kopurua	Lanpara mota	Potentzia / lanpara	Potentzia guztira	Argi-fluxua
Pasabideak	149	4	18 W	2,682 kW	1300 lm
Komunak	24	3	26 W	0,624 kW	1800 lm
P5I1L	24	5	36 W	0,864 kW	3250 lm
P5I2A	12	5	36 W	0,432 kW	3250 lm
P5I3L	24	5	36 W	0,864 kW	3250 lm
P5I4A	12	5	36 W	0,432 kW	3250 lm
P5I5A	18	5	36 W	0,648 kW	3250 lm
P5I6I	16	5	36 W	0,576 kW	3250 lm
P5I7I	16	5	36 W	0,576 kW	3250 lm
P5I8A	12	5	36 W	0,432 kW	3250 lm
P5I9A	12	5	36 W	0,432 kW	3250 lm
P5I10L	36	5	36 W	1,296 kW	3250 lm
P5I11L	36	5	36 W	1,296 kW	3250 lm
P5I12L	36	5	36 W	1,296 kW	3250 lm
Bulegoak (bakarkakoak)	24	5	36 W	0,864 kW	3250 lm
Bulegoak (binakakoak)	32	5	36 W	1,152 kW	3250 lm
Bilera gela	8	5	36 W	0,288 kW	3250 lm
Zerbitzu gela	2	5	36 W	0,072 kW	3250 lm
Mintegia P5I26	8	5	36 W	0,288 kW	3250 lm
Gelak / laborategiak guztira				9,792 kW	
Bulegoak guztira				2,016 kW	

5.3. Taula. 5. solairuko argiztapenaren kontaketa.

### 5.2.3.- Bederatzigarren solairua

Aztergai izango den azken solairua goiko pisukoa da, 9. solairua, alegia. Izan ere, pisu horrek bulego eta mintegien atala du soilik. Gainerako solairuetan ikasgela eta laborategiei esleituta dagoen zonaldea teilatuari dagokio honakoan, non makinaria kokatuta dagoen. Hori dela eta, eremu horretako argiztapena murriztagoa izango da gainontzeko solairuetan dagoenarekin alderatzen bada. Azken solairu horren eskema hurrengo 5.3. Irudiak definitzen du.



5.3. Irudia. 9. solairuko eskema.

Solairu honetan ere, eskeman bereizitako eremu desberdinetako argiak sailkatu eta taularatu dira. Informazio hori guztia hurrengo 5.4. Taulan bildu da.



<b>9. SOLAIRUA</b>					
<b>Eremua</b>	<b>Lanpara kopurua</b>	<b>Lanpara mota</b>	<b>Potentzia / lanpara</b>	<b>Potentzia guztira</b>	<b>Argi-fluxua</b>
Pasabideak	46	4	18 W	0,828 kW	1300 lm
Komunak	24	3	26 W	0,624 kW	1800 lm
Bulegoak (bakarkakoak)	33	5	36 W	1,188 kW	3250 lm
Bulegoak (binakakoak)	44	5	36 W	1,584 kW	3250 lm
Bulegoak guztira				2,772 kW	

5.4. Taula. 9. solairuko argiztapenaren kontaketa.

#### 5.2.4.- Eskaileren pasabidea

Azkenik, eskaileren pasabideetako argiztapena ere islatu da. Honakoan kontuan izan da solairu batetik bestera igarotzeko bi eskailera tarte daudela (beheko solairutik lehenengora doan tarte salbu, zeinetan lau tarte bereizten diren). Gainera, kontuan hartu behar da BIEko aztergai dugun eremu horretan lau eskailera talde daudela.

Gauzak horrela, hurrengo 5.5. Taulan eskaileren pasabideetan dagoen argiztapenaren kontaketa islatzen da, lanpara mota bakoitza bereiztuz.

<b>ESKAILERAK</b>					
<b>Eremua</b>	<b>Lanpara kopurua</b>	<b>Lanpara mota</b>	<b>Potentzia / lanpara</b>	<b>Potentzia guztira</b>	<b>Argi-fluxua</b>
Eskaileren pasabideak	192	3	26 W	4,992 kW	1800 lm

5.5. Taula. Eskaileretako argiztapenaren kontaketa.

### 5.2.5.- Ikuspegi orokorra

BIEko II-I Eraikineko argiztapenaren kontaketa tauletatik (5.2. Taula, 5.3. Taula, 5.4. Taula eta 5.5. Taula) abiatuz, eskolan lanpara mota bakoitzeko erabiltzen den kopurua zehaztu daiteke. Horretarako, 5. solairuko argi kopurua gainerako solairuen parekoa dela hartu da.

6 motako lanpara kopuruari dagokionez, solairu estandar batean dauden 5 motako argien parekoa dela estimatuko da, hots, laborategi eta ikasgeletako argien parekoa. Izan ere, COVID-19-aren egoera dela eta, ez da BIEko tailer zein garajeetarako sarbiderik izan.

	<b>Izendapena</b>	<b>Kopurua</b>
<b>1</b>	MZD LEDtube 1200 mm 14.5 W 865	22
<b>2</b>	CorePro LEDtube 600 mm 8 W 840	
<b>3</b>	MASTER PL-C 26 W 840 4P	432
<b>4</b>	MASTER TL-D Super 80 18W 865	1478
<b>5</b>	MASTER TL-D Super 80 36 W 865	2792
<b>6</b>	MASTER TL-D Xtra 58 W 865	328

5.6. Taula. Lanpara mota bakoitzaren kopurua.

### 5.3.- Ordezkapen aukeren analisisia

Trantsizio energetikoa BIEko argiztapenera helarazteko helburuarekin, gaur egun II-I Eraikineko luminaria osatzen duten lanpara fluoreszenteak aldatzea bilatzen da. Argiztapenaren aurrekarien inguruan gauzatutako azterketa abiapuntu moduan hartuz, 3, 4, 5 eta 6 motako lanparentzat ordezkapen aukerak ezartzeko beharra ikusi da. 1 eta 2 motako lanparak mantentzea erabaki da, alde batetik, LED modukoak izateagatik kontsumo baxukoak direlako jada eta, bestalde, euren ugaritasuna nahiko murriztua delako.

Ordezkapen aukera bezala hautatu diren lanpara horiek aurkezteari ekingo zaio orain. Gaur egun BIEko argiztapenerako erabiltzen diren lanparak *Philips* etxeakoak diren aldetik, horientzat bilatu diren ordezkapenak ere fabrikatzaile berekoak izango dira.

- 3B. CorePRO LED PL-C 9 W 840 4P G24q-3

Lanpara hauek “*MASTER PL-C 26 W 840 4P*” lanparen (3. mota) alternatiba moduan aukeratu dira eta 3B mota moduan erreferentzia egingo zaie. PLC LED moduko lanparak dira, integratu gabeko lanpara fluoreszente konpaktuak ordezkatzeko diseinatuak. 5.4. Irudian lanpara mota honen izaera fisikoa ikus daiteke.



5.4. Irudia. “*MASTER PL-C 26 W 840 4P*” lanpara.

Ezaugarri fisikoei erreparatuz, 3 motako lanparekin bateragarria izateagatik nabarmentzen da; izan ere, lau pinetako luminarietara erabat bateragarria da. Are gehiago, lanpara zorroa ere 3 motako lanpararen berdina da, G24Q-3, alegia.

“*CorePRO LED PL-C*” lanpara moten artean “*MASTER PL-C 26 W 840 4P*”-ren pareko ezaugarri luminikoak dituen hautatu da. Aukeratutako lanpara mota horrek 1000 lm-eko argi-fluxua du eta bere kolore-kodea 840 (zuri hotza). Lanpara honen potentzia nominala 9 W-ekoa da eta korrante izendatua maximoa, aldiz, 400 mA-koa. Beraz, berme nagusia, hots, potentzia kontsumoa murriztea, lortu da erabilitako lanparen xahutzea 26 W-ekoa izatetik 9 W-koa izatera igaroz. Era berean, lanpara hauek

%60rainoko energia aurreztea ahalbidetzen dute fluoreszenteen kontsumoarekin alderatuz eta 30.000 orduko bizitza erabilgarria dute definituta.

Hurrengo 5.7. Taulan “*MASTER PL-C 26 W 840 4P*” eta “*CorePRO LED PL-C 9 W 840 4P G24q-3*” lanparen ezaugarrien arteko koadro konparatiboa ikus daiteke.

	<b>CorePRO LED PL-C 9 W 840 4P G24q-3</b>	<b>MASTER PL-C 26 W 840 4P</b>
<b>Potentzia izendatua</b>	9 W	26 W
<b>Lanpararen korrontea (max.)</b>	400 mA	0,335 A
<b>Argi-fluxua</b>	1000 lm	1800 lm
<b>Kolore-kodea</b>	840	840
<b>Bizitza erabilgarri izendatua</b>	30.000 h	13.000 h
<b>Luzera</b>	200 mm	200 mm
<b>Kontsumo energetikoa kWh/1000 h</b>	12 kWh	29 kWh

5.7. Taula. 3 eta 3B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.

- 4B. CorePRO LEDtube 600 mm 8W865

“*CorePRO LEDtube*” gamako lanparak T8 moduko fluoreszenteen ordezkapenerako kontsumo baxuko eta ingurumenarekiko errespetua mantentzen duten alternatiba dira. Horregatik eta 4 motako lanparekin bateragarritasuna bermatzeagatik, horiek ordezkatzeko “*CorePRO LEDtube 600 mm 8W865*” mota hautatu da. Lanpara honen itxura 5.5. Irudian ikus daiteke.



5.5. Irudia. “*CorePRO LEDtube 600 mm 8W865*” lanpara.

4 motako lanparekin bateragarritasun hori bermatzen da bai lanpara-zorroari dagokion partetik, G13 motakoa dena, baita bere luzerari dagokion aldetik ere, 600 mm-koa. Gainera, kolore-kode berdina mantenduko da: 865 (egun hotzeko argia). Argi-fluxua aukeratutako lanparetan 1300 lm-ekoa da. Lanpara hauen potentzia izendatua 8 W-ekoa da eta euren bizitza erabilgarria 30.000 h-koa da.

4B eta 4 motako lanparen ezaugarriak alderatzeko helburuarekin 5.8. Taulako koadro konparatiboa sortu da.

	<b>CorePRO LEDtube 600 mm 8W865</b>	<b>MASTER TL-D Super 80 18W 865</b>
<b>Potentzia izendatua</b>	8 W	18 W
<b>Argi-fluxua</b>	800 lm	1300 lm
<b>Kolore-kodea</b>	865	865
<b>Bizitza erabilgarri izendatua</b>	30.000 h	12.000 h
<b>Luzera</b>	600 mm	600 mm
<b>Kontsumo energetikoa kWh/1000 h</b>	8 kWh	22 kWh

5.8. Taula. 4 eta 4B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.

- 5B. MASTER LEDtube Universal 1200 mm UO 16W865 T8

5 motako lanparen alternatiba moduan “*MASTER LEDtube Universal 1200 mm UO 16W865 T8*” modeloa hautatu da, *Philips* etxekoa. Lanpara mota horiek tutu fluoreszente estandarrentzako ordezkapen funtzioa egiteko diseinatuak egoteagatik aukeratu dira. Are gehiago, euren diseinuak lanparen instalazioa ahalbidetzen du balasto elektromagnetikoa zein sareko korrontera konektatuta dauden luminarietan. Ordezkapen horrekin onura ekonomiko zein energetikoak bermatzen dira. 5b motako lanpara honen itxura 5.6. Irudian ikus daiteke.



5.6. Irudia. “MASTER LEDtube Universal 1200 mm UO 16W865 T8” lanpara.

Ezaugarri fisikoei dagokien aldetik, G13 lanpara-zorroa dute eta 1200 mm-ko luzera, 5 motako lanparekiko bateragarritasuna ziurtatuz. Argiaren koloreari dagokionez, 865 kolore-kodea eta 2500 lm-eko argi-fluxua dute. 5B motako lanparen potentzia izendatua 16 W-koa da, euren bizitza erabilgarria 60.000 h-koa izanik.

Gaur egun instalatuta dauden lanparen, “MASTER TL-D Super 80 36W 865”, eta ordezkapen aukeraren “MASTER LEDtube Universal 1200 mm UO 16W865 T8” arteko koadro konparatiboa islatzen da 5.9. Taulan.

	<b>MASTER LEDtube Universal 1200 mm UO 16W865 T8</b>	<b>MASTER TL-D Super 80 36W 865</b>
<b>Potentzia izendatua</b>	16 W	36 W
<b>Argi-fluxua</b>	2500 lm	3250 lm
<b>Kolore-kodea</b>	865	865
<b>Bizitza erabilgarri izendatua</b>	60.000 h	12.000 h
<b>Luzera</b>	1200 mm	1200 mm
<b>Kontsumo energetikoa kWh/1000 h</b>	16 kWh	42 kWh

5.9. Taula. 5 eta 5B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.

- 6B. MASTER LEDtube Universal 1500 mm UO 24W865 T8

“MASTER LEDtube Universal 1500 mm UO 24W865 T8” lanpara mota aukeratu da 6 motako lanparen ordezkapena egiteko. Honakoan ere hautatutako mota 5B lanparen serie berekoa da; izan ere, 5 eta 6 lanparen ezaugarriak oso berdintsuak dira, euren artean

potentzia izendatua izanik desberdintze-faktorea. Aurrez esan bezala, ordezkapen horrek bai ekonomikoki bai energia xahutzeari dagokionez murrizketak ekarriko ditu. Lanpara mota honen itxura 5.7. Irudikoa da.



5.7. Irudia. “MASTER LEDtube Universal 1500 mm UO 24W865 T8” lanpara.

Lanpara horren ezaugarri fisikoek “MASTER TL-D Xtra 58W 865” motako lanparekin bateragarria izatea bermatzen dute. G13 kategoriako lanpara-zorroa izateaz gain, 1500 mm luze da. Kolore-kodeari dagokionez ere 865 dira eta 3700 lm-eko argi-fluxua dute. Lanpara hauen potentzia nominala 24 W-koa da eta 60.000 h-ko bizitza erabilgarria dute definituta.

“MASTER LEDtube Universal 1500 mm UO 24W865 T8” eta “MASTER TL-D Xtra 58W 865” lanparen ezaugarrien arteko konparaketa hurrengo 5.10. Taulan erreparatu daiteke.

	<b>MASTER LEDtube Universal 1500 mm UO 24W865 T8</b>	<b>MASTER TL-D Xtra 58W 86</b>
<b>Potentzia izendatua</b>	24 W	58 W
<b>Argi-fluxua</b>	3700 lm	5000 lm
<b>Kolore-kodea</b>	865	865
<b>Bizitza erabilgarri izendatua</b>	60.000 h	30.000 h
<b>Luzera</b>	1500 mm	1500 mm
<b>Kontsumo energetikoa kWh/1000 h</b>	24 kWh	68 kWh

5.10. Taula. 6 eta 6B motako lanparen ezaugarrien koadro konparatiboa.

## 5.4.- Kontsumo analisia

Gaur eguneko luminariaren azterketatik abiatuz, BIEko II-I Eraikinean luminariak eragindako energia kontsumoaren kalkulua garatuko da. Era berean, proposatutako ordezkapen aukeren ezarpenaren ondorioz energia kontsumoa ere garatuko da. Horretarako, beharrezkoa izango da urtean zehar luminariaren erabilpenarekin erlazionatuta egongo diren egun moten kasuistika posibleak aztertzea.

### 5.4.1.- Kasuistika posibleen analisia

BIE II-I Eraikinean luminariak urtero eragiten duen energia kontsumoa kuantifikatzeko asmoz, argiztapenaren erabilera definitu nahi izan da. Horretarako, zenbait kasuistika kontuan izan dira, energia kontsumo berdintsua izango duten urteko egunak multzokatuz.

- Ohiko eguna: kategoria horrek barne hartzen ditu ikasturtean zeharreko egun arruntak, zeinetan BIE ikaskuntzarako irekita dagoen. Irailaren hasieratik maiatzaren erdialderainoko denbora-tartea biltzen du, hortaz. Egun horietan eskola zabalik dago hamalau orduz, 7:30 – 21:30 bitartean. Hortik abiatuz ondoko suposizioak gauzatu dira.
  - Pasabidetako, eskaileretako zein bestelako eremu komunetako argiak piztuta daude denbora-tarte horretan guztian (7:30 – 21:30).
  - Kafetegiko eta kopisteriako argiak piztuta daude 8:00 – 19:00 bitartean.
  - Geletako, laborategietako eta bulegoetako argiei dagokienez:
    - Luminariaren %90 piztuta dago 9:00 – 14:00 eta 15:00 – 20:00 bitartean.
    - Luminariaren %20 piztuta dago gainerako orduetan.
  - Komuneko luminaria piztuta dago eskola irekita dagoeneko denboraren erdian; izan ere, eremu horietan mugimenduaren detekzioz piztu eta itzaltzen dira argiak. Beraz, guztira 7 orduz piztuta egongo direla hartuko da.



- Azterketa garaia: talde honetan urtarrilaren 7tik 18rako eta maiatzaren 11tik uztailaren 10rako denboraldiak biltzen dira. Egun horietan ez da ikasgelen erabilpena nabarmenduko nahiz eta eskolako eremu komunak zein irakasleen bulegoak erabilgarri egongo diren. Urteko sasoiaren arabera BIE irekita egongo da 7:30 – 21:30 (neguan) edo 7:30 – 20:30 (ekainetik aurrera) denbora-tartean. Hala ere, kasuistika honetarako bi kasuen arteko hurbilpena egingo da, energia kontsumoaren aldetik ez baitago desberdintasun nabarmenik. Hartutako kontsiderazioak hurrengoak izan dira.
  - Pasabidetako, eskaileretako zein bestelako eremu komunetako argiak piztuta daude denbora-tarte horretan guztian (7:30 – 21:00).
  - Kafetegiko eta kopisteriako argiak piztuta daude 8:00 – 19:00 bitartean.
  - Geletako eta laborategietako argiei dagokienez:
    - Luminariaren %30 piztuta dago 9:00 – 14:00 eta 15:00 – 20:00 bitartean. Talde horretan taldean ikasteko gelen zein bakarkako ikasketara bideratuak daudenak hartzen dira kontuan, baita izaera anitzeko proiektuak (gradu amaierako lanak, irakasleen inbestigazioak, etab.) garatzeko erabili daitezkeen laborategiak ere.
    - Luminariaren %10 piztuta dago gainerako orduetan.
  - Bulegoetako argiei dagokienez:
    - Luminariaren %80 piztuta dago 9:00 – 14:00 eta 15:00 – 19:00 bitartean.
    - Luminariaren %20 piztuta dago gainerako orduetan.
  - Komuneko luminaria piztuta dago eskola irekita dagoeneko denboraren erdian; izan ere, eremu horietan mugimenduaren detekzioz piztu eta itzaltzen dira argiak. Beraz, guztira 7 orduz piztuta egongo direla hartuko da.
- Goizez irekita: BIE goizez irekita egongo da 7:45 – 14:45 bitartean egun berezietan. Kasu hori da gabonetako edota Aste Santuko oporraldietan eskola irekita dagoenekoa, baita uztailaren 5etik abuztuaren 31rako tartea ere. Egun

horietan ez da jende gehiegirik ibiltzen eskolatik, hortaz argiztapenaren ondoriozko energia kontsumoa mugatu da.

Hala ere, multzo honetan bildutako egunak bi azpi ataletan banatzea erabaki da; izan ere, nahiz eta eskola irekita dagoen ordutegi berdinean uztailean zein abuztuan, azkeneko hilabete horretan irakasle gehienak oporraldian daude. Hortaz, argiztapenaren inguruan hartutako kontsiderazioak hurrengoak dira.

- Pasabidetako, eskaileretako zein bestelako eremu komunitario argiak piztuta daude denbora-tarte horretan guztian (7:45 – 14:45).
- Kafetegiko eta kopisteriako argiak itzalita daude.
- Geletako eta laborategietako argiei dagokienez:
  - Luminariaren %10 piztuta dago zeregin zehatzak betetzera joan den langileak erabiliko baititu.
- Bulegoetako argiei dagokienez:
  - Gabonetan, Aste Santuan eta uztailean luminariaren %70 piztuta dago 8:30 – 14:30 bitartean.
  - Abuztuan luminariaren %15 piztuta dago 8:30 – 14:30 bitartean.
- Komuneko luminaria piztuta dago eskola irekita dagoeneko denboraren laurdenean; izan ere, eremu horietan mugimenduaren detekzioz piztu eta itzaltzen dira argiak. Beraz, guztira 1,5 orduz piztuta egongo direla hartuko da.
- Itxita: BIE itxita dagoeneko egunak biltzen dira talde horretan eta barne hartzen dira urte osoan zeharreko asteburuak zein jaiegun ofizialak. Egun horietan segurtasunaren arduradunak eta baimendutako pertsona soilik egotea hartzen da kontuan. Beraz, suposatuko da luminariaren kontsumoa %5-koa izango dela pasabide eta bestelako eremu komunitarioan 7 ordutan zehar.

Behin egun bakoitzak izan dezakeen kasuistika aztertuta, urteko hilabete bakoitzak biltzen dituen egun mota kopurua aztertuko da.

Urtarrilean unibertsitatea itxita egongo da, asteburuetaz gain, urte berri eta errege egunetan (urtarrilak 1 eta 6, hurrenez hurren). Urtarrilaren 2an zein 3an eskola irekita egongo da goizeko ordutegiarekin. Hilabeteko gainerako egunak ohikoak izango dira.

Otsailean ez dago jaiegun ofizialik eta, beraz, eskola ohiko ordutegian irekita egongo da egunero, asteburuetan salbu, zeinetan itxita egongo den.

Martxoan unibertsitatea itxita egongo da asteburuetan eta martxoaren 19an. Gainerako egunetan ohiko ordutegi eta erabilerarekin irekita egongo da.

Apirilean eskola itxita egongo da bai asteburuetan, bai aste santuari dagozkion jaiegunetan. Azken horiek hiru egun gehigarri suposatuko dituzte guztira. Aste santuko oporraldiko gainerako lau egunetan eskola irekita egongo da goizeko ordutegiarekin. Aipatutako egun horietatik kanpokoak ohikoak izango dira.

Maiatzeko energia kontsumoaren analisia gauzatzeko bost ohiko egun hartu dira. Maiatzeko lehenengo astetik haratago azterketa garaia moduan kontsideratuko baita. Maiatzaren lehen eta asteburuetan eskola itxita egongo da.

Ekaineko jaiegun falta dela eta, egun guztiak azterketa garaiko egun moduan hartuko dira. Asteburuetan eskola itxita egongo da.

Uztaillean lehenengo bi asteetako lanegunak azterketa garaiko egunen barnean sartuko dira. Uztailaren 13tik aurrerako lanegunetan, ordea, eskola goizez irekita egongo da. Uztailaren 31n zein asteburuetan eskola itxita egongo da.

Abuztuko lanegun arruntak goizez irekitako taldean bilduko dira, kontuan izanda hilabete horrek izan ditzakeen berezitasunak. Asteburuetan eta abuztuaren 28an eskola itxita egongo da.

Iraileko lehenengo bi asteak goizez irekitako taldean bilduko dira, klaseen hasiera ematen den arte. Gainerako egunak ohikoak hartuko dira, asteburuak izan ezik, zeinetan eskola itxita egongo den.

Urriaren eta azaroaren lanegun guztiak ohiko egunen barnean bilduko dira. Urriaren 12ko jaiegunean eta asteburuetan eskola itxita mantenduko da.

Azkenik, abenduan eskola itxita egongo da bai asteburuetan, baita abenduak 7, 8, 24, 25 eta 31n ere. Neguko oporraldian biltzen diren lanegunetan, abenduaren 28, 29 eta 30ean, hain zuzen, eskola goizez irekita egongo da.

Hurrengo 5.11. Taulan hilabete bakoitzak dituen egun moten kopurua biltzen da.

Hilabetea	Egun mota				
	Ohikoa	Goizez	Goizez (abuztua)	Azterketa garaia	Itxita
URT	10	2		9	10
OTS	20				8
MAR	21				10
API	15	4			11
MAI	5			15	11
EKA				22	8
UZT		14		8	9
ABU			20		11
IRA	13	9			8
URR	21				10
AZA	21				9
ABE	12	3		3	13

5.11. Taula. Egun motak urtean zehar.

#### 5.4.2.- Aurrekarien kontsumo azterketa

BIEko II-I Eraikineko argiztapenaren kontaketa biltzen duen taulako (5.6. Taula) datuetan oinarrituta eta bereizitako egun mota bakoitzaren eskakizun energetikoak kontuan izanik, egun mota bakoitzean luminariak eragindako energia kontsumoa estimatu da. Burututako kalkulu horien emaitzak hurrengo 5.12. Taulan bildu dira.

Eremua	Energia kontsumoa (kWh)				
	Ohiko eguna	Azterketa garaia	Goizez irekita	Goizez irekita (abuztua)	Itxita
<b>Pasabideak eta eskailerak</b>	464,02	447,44	232,01	232,01	11,60
<b>Kafeteria eta kopisteria</b>	19,01	19,01			
<b>Gelak eta laborategiak</b>	767,69	262,43	54,83	54,83	
<b>Bulegoak</b>	185,22	153,09	79,38	17,01	
<b>Komunak</b>	43,68	43,68	9,36	9,36	
<b>GUZTIRA</b>	<b>1479,62</b>	<b>925,65</b>	<b>375,58</b>	<b>313,21</b>	<b>11,60</b>

5.12. Taula. Gaur eguneko energia kontsumoa egun mota bakoitzean.

#### 5.4.3.- Proposamenaren kontsumo azterketa

Era berean, luminarian proposatutako ordezkapenak gauzatzuz egun mota bakoitzean BIEko II-I Eraikineko energia kontsumoa definitu da, argiztapenaren ondorioz sortutakoa. Lortutako emaitzak jarraian taularatuta ageri dira (5.13. Taula).

Eremua	Energia kontsumoa (kWh)				
	Ohiko eguna	Azterketa garaia	Goizez irekita	Goizez irekita (abuztua)	Itxita
<b>Pasabideak eta eskailerak</b>	199,36	192,24	99,68	99,68	4,98
<b>Kafeteria eta kopisteria</b>	8,45	8,45			
<b>Gelak eta laborategiak</b>	341,20	116,63	24,37	24,37	
<b>Bulegoak</b>	82,32	68,04	35,28	7,56	
<b>Komunak</b>	15,12	15,12	3,24	3,24	
<b>GUZTIRA</b>	<b>646,45</b>	<b>400,48</b>	<b>162,57</b>	<b>134,85</b>	<b>4,98</b>

5.13. Taula. Ordezkapen aukerekin energia kontsumoa egun mota bakoitzean.

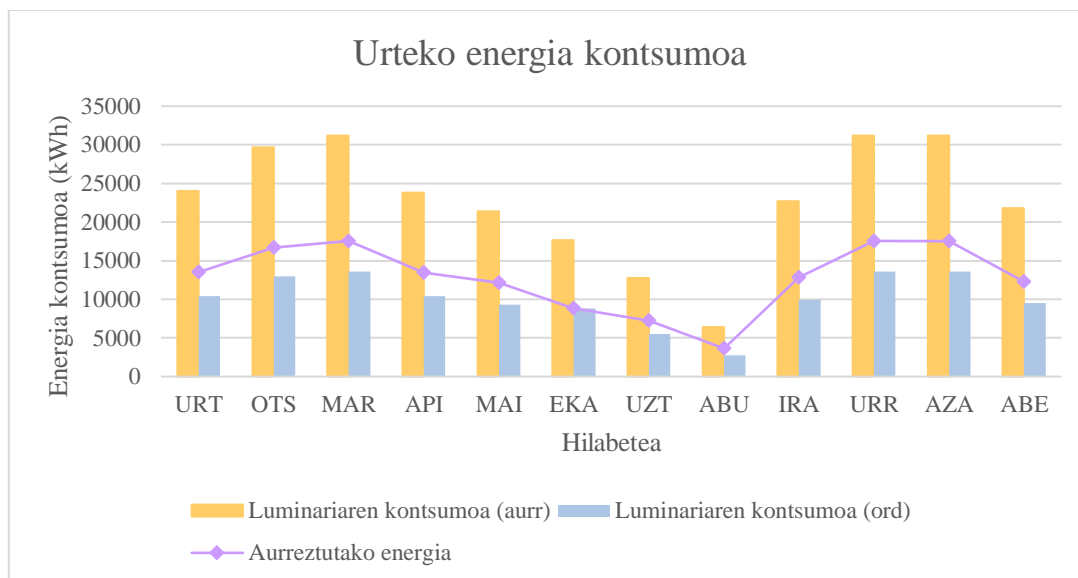
#### 5.4.4.- Proposamena vs Aurrekariak

5.11. Taulan definitu diren hilabete bakoitzeko egun mota kopurua abiapuntu bezala hartuz, urtean zeharreko energia kontsumoa kalkulatu da. Alde batetik, gaur egun eskolan dagoen argiztapenak suposatzen duen kontsumo energetikoa definitu da. Bestetik, luminariaren ordezkapenerako plazaratutako proposamenaren bidez denboraldi berdinetan egongo litzakeen energia kontsumoa estimatu da. Emaitzak 5.14. Taulan bildu dira.

Hilabetea	Guztizko energia kontsumoa (kWh)	
	Aurrekariak	Proposamena
Urtarrila	23.994,17	10.443,76
Otsaila	29.685,14	12.968,77
Martxoa	31.187,96	13.625,18
Apirila	23.824,19	10.401,78
Maiatza	21.410,40	9.294,27
Ekaina	17.680,11	8.850,47
Uztaila	12.767,75	5.524,71
Abuztua	6.391,87	2.751,85
Iraila	22.708,07	9.906,80
Urria	31.187,96	13.625,18
Azaroa	31.176,36	13.620,20
Abendua	21.809,90	9.511,29

5.14. Taula. Energia kontsumoa hilabetea. Aurrekariak vs proposamena.

Gaur eguneko eta proposamen aukeren ezarpenarekin egongo litzatekeen energia kontsumoaren konparaketa garbiagoa 5.8. Irudian ageri da. Hor, urte betean hilabete bakoitzean eskolako luminariak eragingo duen energia kontsumoak bereiz daitezke.



5.8. Irudia. Energia kontsumoa hilabeteka. Aurrekariak vs proposamena.

## 6. INSTALAZIO EREMUAREN AZTERKETA

Dokumentuaren atal honetan BIEko II-I Eraikineko luminaria elikatuko duen instalazio fotovoltaikoaren diseinua jorratuko da, oro har. Diseinu hori garatu ahal izateko eraikinaren ezaugarriak aztertu beharko dira, instalazio fotovoltaikoari erlazionatutako aspektuetan.

### 6.1.- Eraikinaren kokapena

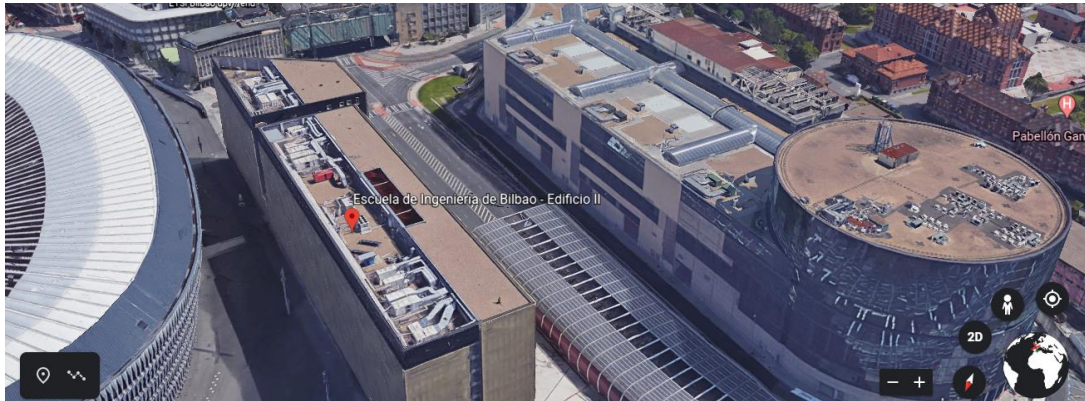
Instalazioa garatu nahi den eremu geografikoa Bilbo hiria izango da, Bilboko Ingeniaritza Eskola (BIE) zehatzago esanda. BIE Bilboko San Mames auzoan kokatuta dago, UPV/EHUko Campus Teknologikoa deritzonaren barnean integratuta egonik. BIEk hainbat eraikin hartzen ditu bere baitan: I Eraikina eta II Eraikina. Azken honetako teilatuan bilatzen da eguzki-zelulez hornitutako instalazioa egitea, hain zuzen ere. Bere koordinatu geografikoak  $43^{\circ}15'48.597''\text{N}$ -ko latitudea eta  $2^{\circ}57'1.818''\text{O}$ -ko longitudea dira. Hurrengo 6.1. eta 6.2. Irudietan bere kokapena ikus daiteke mapan, goiko eta 3D-ko ikuspegiekin, hurrenez hurren.



6.1. Irudia. BIEko II-I. Eraikina.

*Iturria: Google Earth [8].*

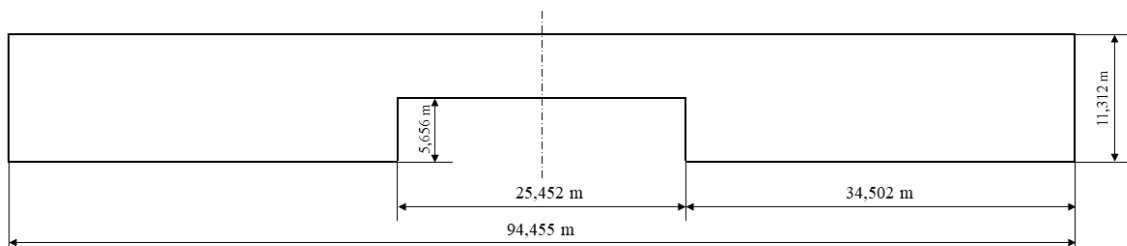




6.2. Irudia. BIEko II-I. Eraikina.

Iturria: Google Earth [8].

Instalazio fotovoltaikoaren dimentsionamendua gauzatu ahal izateko, lehenik eta behin kontuan izan behar da eskuragarri dagoen eremua, hots, panel fotovoltaikoak instalatzeko dagoen tokia. 6.3. Irudian II-I Eraikineko teilatuaren plano akotatuaren irudia ikus daiteke. Jakinaenez, eskolako eremu hori makinariaz hutsik dago. Hortaz, atal hori bere osotasunean egongo litzateke eskuragarri. Guztira, instalazio fotovoltaikoa ezartzeko 924,52 m<sup>2</sup>-ko eremua legoke.

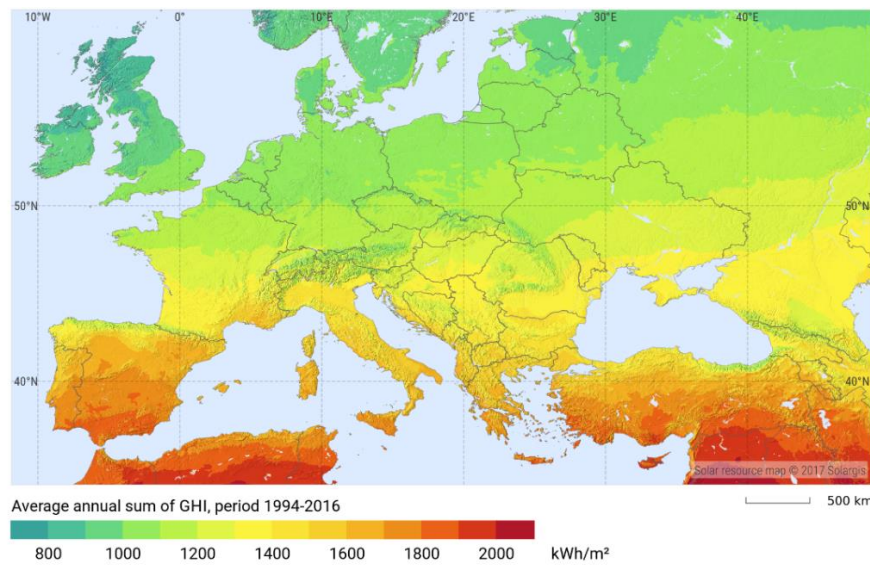


6.3. Irudia. BIEko II. Eraikineko teilatuaren planoaren eskema.

## 6.2.- Eremu geografikoaren definizioa

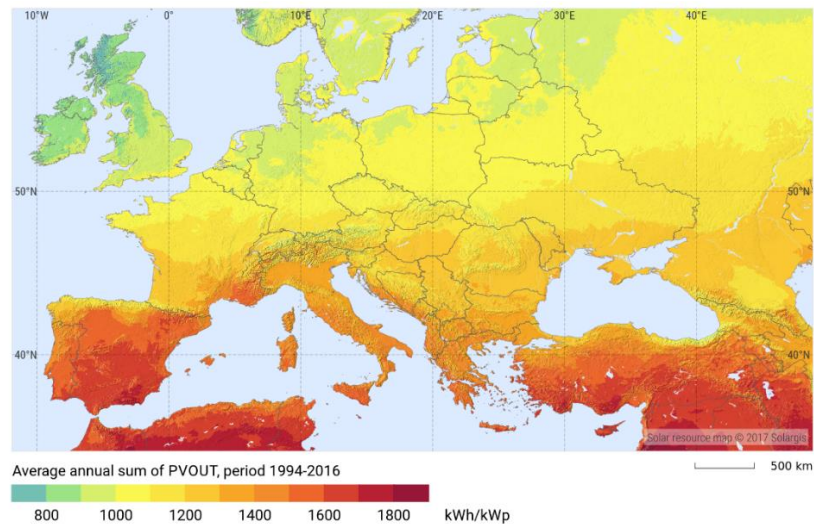
PV instalazioa gauzatu nahi deneko eremua Europako hegoaldean kokatuta egoteak, eguzki-zelulen instalazio eraginkorra lortzeko eskualdea egiten du. Nahiz eta Espainian hegoalderako kokatuta dauden probintziekin alderatuz Bilbon jasotzen den

eguzki irradiazioa hain nabarmena ez izan, aztergai den instalazio mota ahalbidetzeko modukoa bada. Hurrengo 6.4. Irudiko mapan Europako eremu desberdinek eguzki energia ekoizteko potentziala aurkezten da. 6.5. Irudian, aldiz, Europako eremu bakoitzak jasotzen duen bataz besteko eguzki-irradiazioa islatzen da. Espainiako hegoaldeko irradiazioaren balioa ( $1800 \text{ kWh/m}^2$  ingurukoa) European iparralderago dagoen eremu batekin alderatuz (Alemaniako hegoaldea, esaterako, zeinetan eguzki-irradiazioa  $1000 \text{ kWh/m}^2$  ingurukoa den), argi geratzen da Espainia dela Europako lurralderik aproposenetakoa BIEko II-I Eraikinean instalatu nahi den ezaugarriak dituen sistema fotovoltaikoa ezartzeko.



#### 6.4. Irudia. Irradiazio global horizontala European.

*Iturria: Solargis [9].*



6.5. *Irudia*. Ekoiztu daitekeen energia fotovoltaiko potentziala.

*Iturria: Solargis [9].*

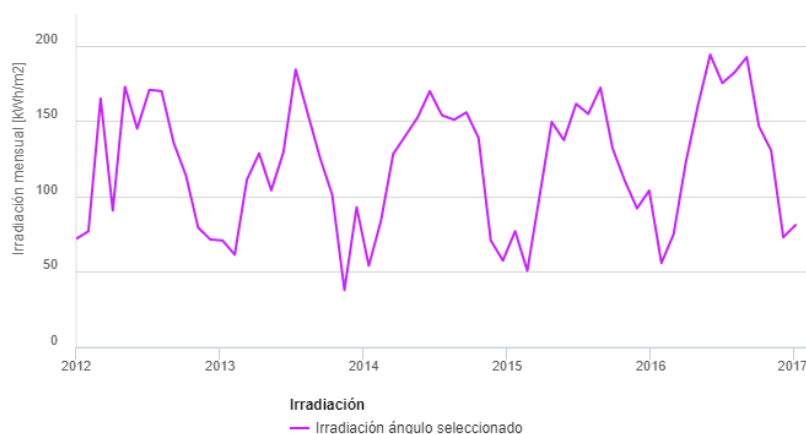
## 7. LUMINARIA-HORNIKUNTZA PV BIDEZ. DISEINUA

Diseinu lan honen bidez bilatzen da BIEko II-I Eraikineko luminaria modu autonomoan elikatzea, horretarako energia fotovoltaikoaz baliatuz. Atal honetan instalazio fotovoltaiko osoaren diseinu eta dimentsionamendua garatuko da, kontsumo eskakizunak ezarritako beharrianak asebetetzea ahalbidetzeko. Era berean, proposatutako PV instalazioaren bideragarritasuna ere aztertuko da.

### 7.1.- Eguzki-energia erabilgarriaren kalkulua

Sorgailu fotovoltaikoaren dimentsionamenduari hasiera emateko moduluek jaso dezaketen eguzki-energiaren determinazioa gauzatuko da. Horretarako, zenbait faktore aintzat hartuz; hala nola sor daitezkeen itzalak, instalazio lekuaren latitudea, moduluen orientazio zein inklinazioa...

Aztertu beharreko beste parametro bat eguzkiaren irradianzia da. Bilboko eremu geografikoari dagozkion irradianziaren batz besteko balioak PVGIS-5 datu-basetik [10] eskuratu dira. 2012-2016 urteen arteko irradianzioaren balioak eskuratu dira BIEko II Eraikinerako, moduluen inklinazioa optimoa dela hartuz. Irradianziaren balioen eboluzioa 7.1. Irudiko grafikoan ikus daiteke.



7.1. Irudia. Eguzki-irradiantzia inklinazio angelu optimoarekin BIEn.

*Iturria: PVGIS [10].*

Era berean, 2012-2016 urteetako irradiantziaren datuak 7.1. Taulan islatzen dira, hilabete bakoitzeko irradiantziaren balioa erakutsiz. Denbora periodo hori aintzat hartuz, irradiantziaren bataz besteko datuak definitu dira urteko hilabete bakoitzerako.

	Hilabeteko irradiazioa [kWh / m <sup>2</sup> ]					Bataz bestekoa
	2012	2013	2014	2015	2016	
<b>Urt</b>	72,89	71,72	54,59	78,06	56,54	66,76
<b>Ots</b>	77,5	61,76	84,75	50,99	75,42	70,084
<b>Mar</b>	165,55	111,34	128,67	100,16	122,73	125,69
<b>Api</b>	90,27	128,08	139,85	149,01	160,09	133,46
<b>Mai</b>	171,45	103,34	151,24	136,37	192,74	151,028
<b>Eka</b>	143,59	128,2	168,19	159,85	173,5	154,666
<b>Uzt</b>	169,24	182,69	152,61	153,47	180,79	167,76
<b>Abu</b>	169,06	153,9	150,13	171,36	191,52	167,194
<b>Ira</b>	135,56	125,62	155,91	131,89	146,6	139,116
<b>Urr</b>	114,73	101,67	140	111,11	131,38	119,778
<b>Aza</b>	80,35	38,14	71,66	93,35	73,76	71,452
<b>Abe</b>	72,56	94,48	58,28	105,75	82,25	82,664

7.1. Eguzki-irradiantzia inklinazio angelu optimoarekin BIEn.

*Iturria: PVGIS [10].*

Moduluen orientazioa eta inklinazioa definitu direlarik, sorgailuaren, hots, eguzki-zelulek osatuko duten instalazioaren zatiaren, dimentsionamendua jorratuko da. Helburu horretarako, aurretik garatu den potentzia kontsumoa hartuko da oinarritzat (ikus 5.14. Taula). Datu horietaz gain, sorgailuaren planoaren gain hilabetero eragiten duen eguzki-erradiazioa ere erabili beharko da. Beraz, eskari energetikoa asebate nahi bada sorgailuak izan beharreko potentzia minimoa informazio horretan oinarrituz kalkulatu da. Horretarako, 7.2. Taulan bai hilabeteko, baita hilabete bakoitzeko egun estandar bateko bataz besteko balioak kalkulatu dira parametro horientzat.

	Hilabeteko bataz besteko irradiantzia [kWh/m <sup>2</sup> ]	Eguneko bataz besteko irradiantzia [kWh/m <sup>2</sup> ]	Hilabeteko bataz besteko energia kontsumoa [kWh]	Eguneko bataz besteko energia kontsumoa [kWh]
<b>Urtarrila</b>	66,76	2,15	10.443,76	336,90
<b>Otsaila</b>	70,08	2,50	12.968,77	463,81
<b>Martxoa</b>	125,69	4,05	13.625,18	439,52
<b>Apirila</b>	133,46	4,45	10.401,78	346,73
<b>Maiatza</b>	151,03	4,87	9.294,27	299,81
<b>Ekaina</b>	154,67	5,16	8.850,47	295,02
<b>Uztaila</b>	167,76	5,41	5.524,71	178,22
<b>Abuztua</b>	167,19	5,39	2.751,85	88,77
<b>Iraila</b>	139,12	4,64	9.906,80	330,23
<b>Urria</b>	119,78	3,86	13.625,18	439,52
<b>Azaroa</b>	71,45	2,38	13.620,20	454,01
<b>Abendua</b>	82,66	2,67	9.511,29	306,82

7.2. Taula. Sorgailuaren potentzia minimoa hilabeteko eskakizunen arabera.

Burututako kalkuluen arabera diseinu lana aurrera eramateko urtarrilean ardaztuko dira hemendik aurrerako kalkuluak. Izan ere, hilabete horretan ematen dira baldintza kaltegarrienak, bataz besteko eguzki-erradiazioa 2,15 kWh/m<sup>2</sup>-koa izanik.

Irradiantziaren balioen jakitun izanda, eguzki-zelulen kalibraziorako erabilitako irradiantziaren balioa, 1.000 W/m<sup>2</sup>, erabiliko da eguzki-piku orduak (HSP: horas sol pico) kalkulatu dira. Parametro horrek adieraziko du egun bateko guztizko intentsitatea lortzeko eguzkiak 1000 W/m<sup>2</sup>-ko intentsitateaz distiratu beharko lukeen ordu-kopuru baliokidea; izan ere, eguzki-erradiazioaren intentsitatea aldakorra da egunean zehar. Gauzak horrela, HSP parametroa hurrengo ekuazioak definituko du:

$$HSP = \frac{E}{1 \frac{kWh}{m^2}} \quad (3)$$

Non, HSP: eguzki-piku orduak.

E: eguzki-erradiazioa (kWh/m<sup>2</sup>).

$$HSP = \frac{2,15 \text{ kWh/m}^2}{1 \text{ kWh/m}^2} = 2,15 \text{ HSP} \quad (4)$$

Beraz, erradiazio gutxienerako hilabetean 2,15 eguzki-piku ordu izango dira egunean.

## 7.2.- Modulu fotovoltaikoen inklinazioa eta orientazioa

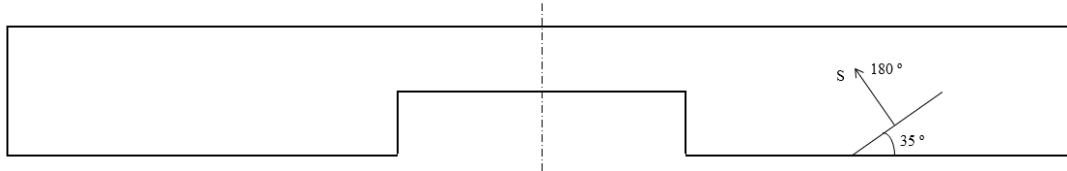
PV instalazioak eguzki-erradiazioa ahalik eta gehien aprobetxatzeko, eguzki-zelulen orientazio zein inklinazio egokienak definitzea funtsezkoa da. Parametro horiek aukeratuko den diseinu periodoaren arabera izango dira. Bi aukera bereiz daitezke: diseinurako periodo moduan eguzki-erradiazio gutxienerako hilabetea hartu edo urte osoa aintzat hartuz instalazioa dimentsionatu.

Jadanik kalkulatu den moduan, diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoak asebeste beharreko kontsumoa ez da konstantea izango hilabete guztietan zehar. Hori dela eta, egokiena izango da diseinu periodo moduan urte osoa hartzea; izan ere, ekoiztutako energia maximoa izatea bilatuko da urte osoan zehar.

Ezarriko diren eguzki-zelulen orientazioari dagokionez, euren aurpegi aktiboa Hegoalde geografikoari begira egotea izango da aukerarik eraginkorrena. Azimut angelua ( $\alpha$ ) deritzo eguzki-zelularen aurpegi aktiboak Hegoalde geografikoarekin osatzen den angeluari. Oro har, posiblea izatekotan aukera komenigarriena izango da angelu hori nulua izatea, energia aprobetxamendua maximoa izan dadin. BIEko II-I Eraikineko teilatua laua izateak, eguzki-zelulak hegoalderantz begira kokatzea ahalbidetuko du.

*Google Earth*-en bitartez [8], eraikinaren orientazioa determinatu ahal izan da. Goitik begiraturaz, eraikinaren ertz horizontalak iparraldearekiko 126°-ko angelua eratzen duela determinatu da. Era berean, 180°-ko angelua, hots, hegoalde geografikoa, ere kokatu ahal izan da. Gauzak horrela, eguzki-zelulen aurpegi aktiboak norabide horretan

orientatzeko, alde horizontalarekiko  $35^\circ$ -ko angelua eratuz kokatu beharko dira, 7.2. Irudian antzeman daitekeen moduan.



### 7.2. Irudia. Eguzki-zelulen orientazioaren eskema.

Erreparatu beharreko beste baldintzetako bat da modulu fotovoltaikoen inklinazioa ( $\beta$ ). Zelulek eguzki-erradiazioa ahal den mailan perpendikularki jasotzea bilatuko da, hartutako diseinu periodoan. Eguzki-zelulen inklinazio-angelu optimoa kokatuko diren eremu geografikoaren latitudearen araberakoa izango da. Hartutako diseinu-periodorako panelen inklinazio optimoa hurrengo eran kalkulatu da.

$$\beta_{opt} = latitudea - 10^\circ = 43^\circ - 10^\circ = 33^\circ \quad (5)$$

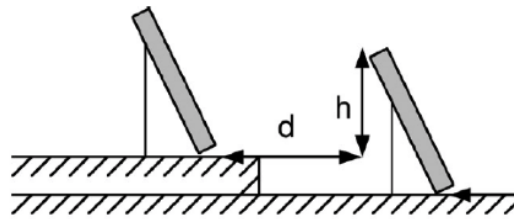
Hortaz, kokatuko diren moduluak  $33^\circ$ -ko inklinazioa izango dute plano horizontalarekiko. Inklinazio angelu hori kontsideratuz, modulu fotovoltaikoek osatuko duten ilara bakoitzaren artean egon beharreko distantzia minimoa determinatuko da, euren artean itzalik sor ez dezaten. Distantzia hori hurrengo ekuazioaren bidez kalkulatu daiteke,  $d$  zein  $h$  parametroak 7.3. Irudian ikus daitezke.

$$d = \frac{h}{\tan(61^\circ - latitudea)} \quad (6)$$

Non,  $d$ : itzalik ez egoteko moduluen arteko distantzia.

$h$ : inklinazio optimorako moduluak izango duten altuera.





7.3. Irudia. Modulu fotovoltaikoen zenbait ilaren arteko tartea.

*Iturria: Ingelibre [11].*

Moduluak lurzoruarekiko maila berdinean kokatzekotan, ilara bakoitzaren artean mantendu beharreko distantzia kalkulatu da. Jakinik, aukeratutako eguzki-zelulek 1,665 m-ko luzera dutela eta 33°-ko inklinazioaz kokatu direla, modulu baten goiko ertzetik zorura dagoen distantzia ondoriozta daiteke. Hortik abiatuz, aipatutako distantzia kalkulatu da.

$$h = 1,665 \text{ m} \cdot \sin 33^\circ = 0,91 \text{ m} \quad (7)$$

$$d = \frac{0,91 \text{ m}}{\tan (61^\circ - 43^\circ)} = 2,8 \text{ m} \quad (8)$$

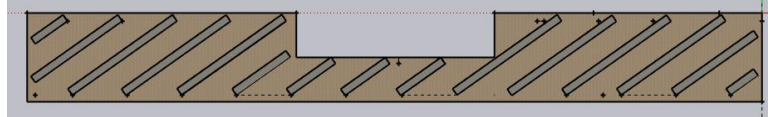
Modulu fotovoltaikoen ilarak altuera berean kokatzekotan, beraz, 2,8 m-ko aldea utzi beharko da aurreko zelularen goiko ertza eta atzekoaren beheko aldearen artean.

### 7.3.- Autokontsumorako PV instalazioaren bideragarritasunaren azterketa

Behin modulu fotovoltaikoen orientazio zein kokapen optimoak definituta, eskuragarri dagoen teilatuko eremuarekin hor ezarriko den instalazio fotovoltaikoak izango lukeen potentzia-ahalmen maximoa determinatu da. Lortutako emaitzak aintzat hartuz, BIEko II-I Eraikineko luminariaren energia eskaria asebetete daitekeen ala ez determinatu da.

Aurretik kalkulatu den moduan, BIEko II-I Eraikineko teilatuan 924,52 m<sup>2</sup>-ko eremua dago instalazio fotovoltaikoa ezartzeko. Eguzki-zelulak kokatzeko kontuan izan beharko dira euren dimentsioak alde batetik, eta definitu diren kokapen eta orientazio optimoak bestetik. Horrela, eguzki-zelulak teilatuaren alde horizontalarekiko 35°-ko

angeluaz kokatuz eta ilara bakoitzaren artean 4 m-ko distantzia minimoa errespetatuz, eguzki-zelulek teiltuan beteko luketen espazioa estimatu da (ikus 7.4. Irudia). BIEko II-I Eraikineko teiltuaren simulazioa *Google Sketchup* [12] programaren bitartez gauzatu da.



7.4. Irudia. Modulu fotovoltaikoen ilaren kokapena planoan (goiko bista).

Irudi horretan ikus daitezkeen plano inklinatuak eguzki-moduluez osatutako ilaren adierazpena dira. Teiltuaren perimetroaren inguruan 1 m-ko zabaleradun tartea utzi da moduluen manipulazioa ahalbidetzeko, pasabide moduan. Gauzak horrela, teiltua eguzki-moduluz betetzean honako ahalmena lortu daitekela estimatzen da:

- 16 panel biltzen dituzten 7 ilara.
- 13 paneleko ilara bat.
- 12 paneleko ilara bat.
- 8 paneleko ilara bakarra.
- 7 paneleko 3 ilara.
- 5 paneleko ilara bat.
- 4 paneleko ilara bat.

Hortaz, BIEko II-I Eraikineko teiltuan 175 modulu fotovoltaiko ezarri daitezke. Instalazioan erabiliko diren eguzki-zelulen potentzia izendatua 325 W-koa den aldetik, moduluen piku-potentziaren balioa kalkulatzeko dago.

$$P_{mp} = \text{Modulu kopurua} \cdot P_{p,panel} \quad (9)$$

Non,  $P_{mp}$ : instalazioaren piku-potentzia.

$P_{p,panel}$ : modulu bakoitzaren piku-potentzia.

$$P_{mp} = 175 \text{ modulu} \cdot 325 \text{ W} = 56,875 \text{ kW} \quad (10)$$

Modulu fotovoltaikoen piku-potentzia instalazioaren potentzia nominala baino handiagoa izango da, %5 eta %20 artean handiagoa, alegia. Eguzki-panelen

piku-potentziaren areagotze hori ematen da euren potentzia nominala baldintza berezietan determinatu izanagatik. Hori dela eta, moduluek ohiko funtzionamendu baldintzetan potentzia gutxiago ekoizteko gai izango dira. Praktikan, %15eko areagotzea onartu ohi da, hau da, instalazioaren potentzia-ahalmena ( $P_N$ ) eguzki moduluek osatutako multzoaren piku-potentziaren %85ekoaren berdina izango da.

$$P_N = P_{mp} \cdot \eta \quad (11)$$

Non,  $P_N$ : instalazioaren potentzia nominala.

$P_{mp}$ : instalazioaren piku-potentzia.

$\eta$ : modulo multzoaren errendimendua.

$$P_N = 56,875 \text{ W} \cdot 0,85 = 48,344 \text{ kW} \quad (12)$$

Era berean, PVGIS aplikaziotik eskuratutako datuen arabera jakina da 2,15 h-ko eguzki-piku orduak balioarekin lan egin daitekeela eremu honetan. Ildo beretik, ezarri nahi den instalazio fotovoltaikoak asebate dezakeen energia eskaria estimatu daiteke.

$$\text{Energia kontsumoa} = P_N \cdot HSP \quad (13)$$

Non,  $P_N$ : instalazioaren potentzia nominala.

HSP: eguzki-piku orduak.

$$\text{Energia kontsumoa} = 48,344 \text{ kW} \cdot 2,15 \text{ h} = 103,939 \text{ kWh} \quad (14)$$

Estimazio horietan oinarrituz, hortaz, egoerarik txarrean, hots, eguzki-erradiazio gutxieneko hilabetean, ezin izango da eraikineko luminariak eskatzen duen energia kontsumoa asebate; izan ere, eguneko bataz besteko energia kontsumoa urtarrilean 336,9 kWh-koa da. Balio hori hilabete horretan instalazio fotovoltaikoaren potentzia ahalmenetik urrun geratzen da.

Eguneko bataz besteko eguzki-erradiazioaren balioak zein energia kontsumoa biltzen dituen taulari erreparatuz (7.2. Taula), eta balio horiekin lan eginez, urtean zeharreko gainerako hilabeteetan asebate daitekeen energia kontsumoa zein den aztertuko da. Hasiera batean, udako hilabeteetan (ekainean, uztailean eta abuztuan) nabarmentzen dira irradiantziaren baliorik altuenak, baita energia kontsumo eskakizunik murriztenak ere. Era horretan, hilabete horietan luminariaren energia eskaria asebate ezin bada, gainerako urtaroeetan zehar ere ezin izango da kontsumo hori guztiz asebate.

Urtarrilean instalazio fotovoltaikoak elikatu dezakeen energia kalkulatzeko erabili den prozedura berari jarraituz, urte osoan instalazioak asebate dezakeen energia kontsumoa definitu eta taularatu da (7.3. Taula):

	<b>Instalazioaren potentzia ahalmena [kW]</b>	<b>Eguzki-piku orduak (HSP) [h]</b>	<b>Asebete daitekeen energia eskaria [kWh]</b>	<b>Eguneko bataz besteko energia kontsumoa [kWh]</b>
<b>Urtarrila</b>	48,344	2,15	103,9396	336,90
<b>Otsaila</b>	48,344	2,50	120,86	463,81
<b>Martxoa</b>	48,344	4,05	195,7932	439,52
<b>Apirila</b>	48,344	4,45	215,1308	346,73
<b>Maiatza</b>	48,344	4,87	235,43528	299,81
<b>Ekaina</b>	48,344	5,16	249,45504	295,02
<b>Uztaila</b>	48,344	5,41	261,54104	178,22
<b>Abuztua</b>	48,344	5,39	260,57416	88,77
<b>Iraila</b>	48,344	4,64	224,31616	330,23
<b>Urria</b>	48,344	3,86	186,60784	439,52
<b>Azaroa</b>	48,344	2,38	115,05872	454,01
<b>Abendua</b>	48,344	2,67	129,07848	306,82

7.3. Taula. PV instalazioaren energia ekoizpena.

Ebidentzia horietan oinarrituz esan daiteke saretik isolatutako instalazio fotovoltaikoa diseinatzea ez dela bideragarria BIEko II-I Eraikineko luminariaren kontsumoa erabat asebate nahi bada urte osoan zehar. Hain zuzen ere, uztaileko eta abuztuko bataz besteko egunetan baino ez da lortzen energia eskari hori asebetetzea. Beraz, eguzki-erradiazio gutxiagoko eta energia kontsumo altuagoko hilabeteetan ezinezkoa litzateke eguzki-energia bidezko horniketa gauzatzea eskuragarri dagoen eremuarekin. Gainera, kontuan hartu behar da, eraikin horretan argindarra luminaria hornitzeko ez ezik makinariaren funtzionamendurako ere erabiltzen dela.

Halaber, urteko hilabete gehienetan teknologia fotovoltaiko bidez ekoiztu daitekeen energia nahiko urrun dago suposatutako luminariaren kontsumoarekin. Hori

dela eta, zenbatespen horiek moldatzekotan ere energia eskakizun horiek ez litzateke asebeteko.

Zenbatespenetan oinarritutako kalkulu horiek datu errealekin indartu nahi izan dira. Helburu horrekin BIEko zuzendaritzaren eskutik 2019ko kontsumo elektrikoaren historikoa eskuratu da. Horren arabera BIEko II Eraikin osoaren batz besteko kontsumoa hilabetean 172.745,00 kWh-koa da. Suposatuz kontsumoaren %70 inguru II-I Eraikinari dagokiola eta ehuneko horretatik luminariaren kontsumoa %10ekoa dela, eguneko batz besteko kontsumoa kalkulatu daiteke.

$$E(\text{hilabete}) = 172.745 \text{ kWh} \cdot 0,75 \cdot 0,1 = 12.092,15 \text{ kWh} \quad (15)$$

$$E(\text{egun}) = \frac{49.892,15 \text{ kWh}}{30 \text{ egun}} = 403,08 \text{ kWh} \quad (16)$$

### Histórico del Consumo / Kontsumoaren historikoa



El consumo medio mensual del periodo facturado es / Fakturatutako epearen batez besteko hileko kontsumoa hau da: 172.745,00 kWh.

El consumo medio mensual histórico es / Historikoaren batez besteko hileko kontsumoa hau da: 169.283,23 kWh.

#### 7.5. Irudia. 2019ko kontsumoaren historikoa.

Gauzak horrela, instalazio fotovoltaikoaren diseinua sarera konektatutako sistema baterantz bideratuko da. Era horretan, energia fotovoltaikoaren bidez ekoiztu daitekeen energia elektrikoa erabiliko da BIEko II-I Eraikineko energiaren horniketa osatzeko.

#### **7.4.- Sistema fotovoltaikoaren definizioa**

Behin diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoak izan ditzakeen ezaugarriak aztertuta soluzio egokiena autokontsumoan oinarritutakoa dela hartu da; sarera konektatutako instalazioa, alegia. Instalazioa indibiduala izango da, BIEko II-I Eraikineko luminariaren energia eskaria soilik asebetetzeko erabiliko den aldetik eta gertuko sarera konektatuta egongo da.

Esan bezala, instalazio fotovoltaikoa autokontsumora bideratuta egongo da, 244/2019 Errege Dekretuaren [13] marko erregulatzaileak barne hartzen dituen eskakizunak betez. Aztergai den instalazioaren autokontsumoko modalitatea soberakinak dituen izango da, konpentsaziorik gabekoa. Horrela, momentuan kontsumitzen ez den energia sarera irauli eta merkatu elektrikoaren prezioaren arabera salduko da.

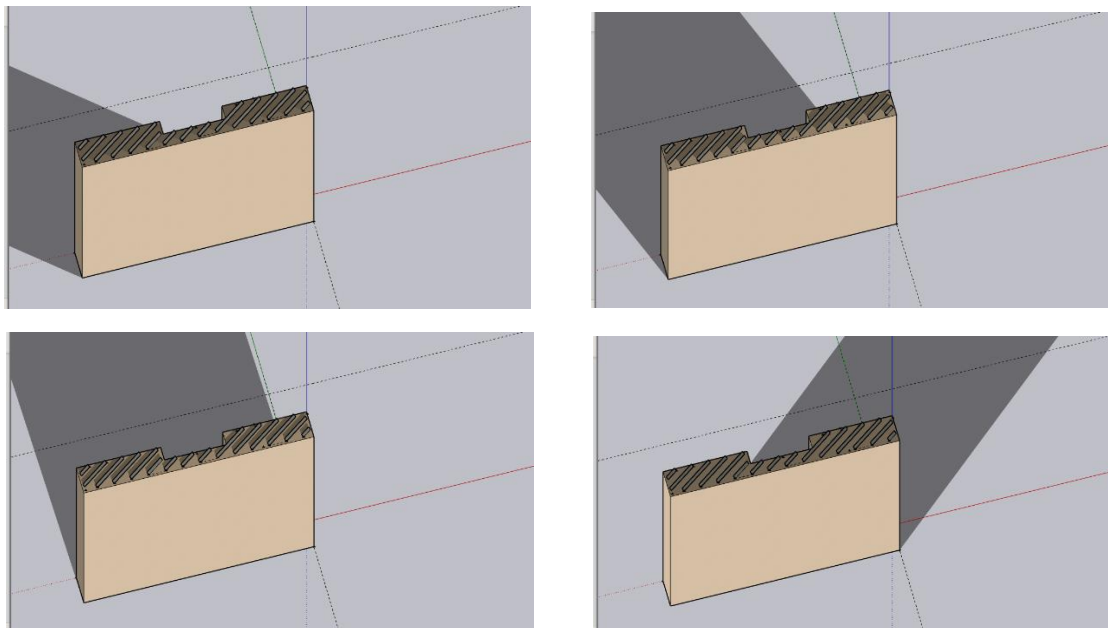
#### **7.5.- Itzalen ondoriozko galeren kalkulua**

Instalazio fotovoltaikoaren errendimenduan eragina izango duen beste faktore bat itzalak izango dira. Instalazioa garatu nahi den eremuaren kokapena dela eta, estimatzen da inguruan dauden eraikinek ez dutela itzalik sortuko eguzki-paneletan, BIEko II-I Eraikineko teilatuaren altuera handiagoa baita.

Bestalde, panelek euren artean sor ditzaketen itzalak aintzat hartu behar dira. Horiek izango dira, hain zuzen ere, itzalen ondoriozko galeren kalkuluan aztertuko direnak. Azken horri dagokion partetik, modulu fotovoltaikoen dimentsionamendua eta, ondorioz, euren kokapena, panelek beraiek sor ditzaketen itzalek gainerako moduluetan ez eragiteko moduan burutu da.

Itzalen analisia gauzatzeko *Google Sketchup* [12] aplikazioa erabili da, eraikinaren 3D-ko simulazioa gauzatzea ahalbidetzen duena. Behin BIEko II-I Eraikinaren maketa birtuala edukita, urteko sasoi eta eguneko ordu desberdinetan zehar itzalek egingo duten ibilbidea definitzea badago.

Jarraian ageri diren irudietan (7.6. Irudia) aipatutako itzalen mugimendu hori ikus daiteke.



7.6. Irudia. Itzalen ibilbidea: abenduak 21, 9:10 AM - 4:39 PM.

Aurreikusi den eran, goizeko lehen orduetan izan ezik, zeinetan moduluen parte txiki batek itzalak jasango dituen, ez da itzalen ondoriozko galera nabarmenik emango. Hala ere, itzalekin arazoak sor daitezkeen orduetan eguzki-erradiazioa baxua izango da. Hori dela eta, itzalen ondoriozko galerak arbuiautuko dira.

### 7.6.- Alderanzgailuaren eta modulu fotovoltaikoen aukeraketa irizpideak

Alderanzgailuaren aukeraketa burutzeko instalatu nahi den potentzia determinatu beharra dago, hots, instalazioaren potentzia nominala. Hori izango da, beraz, instalazio fotovoltaikoa administratiboki definituko duena. Aurreko ataletan determinatu den bezala, instalatu nahi deneko instalazio fotovoltaikoaren potentzia  $P_N = 48,344$  kW-ekoa izango da. Aukeratuko den alderanzgailuaren potentziak ere balio horretakoa izan beharko du.

Praktikan, alderanzgailuen potentzia izendatuaren balio normalizatuak aukeratu behar direnez gero,  $P_N = 50$  kW-eko potentzia nominala duena hautatu da: *Ingecon Sun Power 50*. Hurrengo 7.4. Taulan alderanzgailuaren ezaugarri adierazgarrienak bildu dira.



SARRERAKO BALIOAK		IRTEERAKO BALIOAK		SISTEMAREN DATUAK	
<b>DC potentzia maximoa</b>	65 kW <sub>p</sub>	<b>Potentzia nominala</b>	50 kW	<b>Errendimendu maximoa</b>	%96,3
<b>MPP tentsio-tartea</b>	405 – 750 V	<b>Potentzia maximoa</b>	55 kW	<b>Ingurugiro tenperatura</b>	-10 °C eta +65 °C artean
<b>Sarrerako tentsio maximoa</b>	900 V <sub>cc</sub>	<b>Tentsioa</b>	400 V <sub>ca</sub>	<b>IP babes maila</b>	IP20
<b>Sarrerako korrontea</b>	143 A <sub>cc</sub>	<b>Irteerako korrontea</b>	93 A <sub>ca</sub>	<b>Dimentsioak</b>	1000 x 820 x 1710 mm
		<b>Potentzia-faktorea</b>	1		

7.4. Taula. 50 kW-eko alderanzgailuaren ezaugarri teknikoak.

### 7.7.- Modulu fotovoltaikoen interkonexioa zehaztea

Jadanik definitu den moduan, BIEko II-I Eraikineko teiltuan 175 modulu fotovoltaiko ezarri nahi dira, argindarra asebetetzeko helburuarekin. Eguzki-zelula horiek hornituko duten tentsio zein intentsitateak ahalik eta eraginkortasun altuenarekin aprobetxatzeko asmoz, euren arteko konexioak seriean edo paraleloan gauzatzea erabakiko da.

Oro har, ahalik eta modulu gehien seriean dituzten adarrak osatzea bilatuko da. Horrela, adar bakoitzaren guztizko tentsioa handiagoa da, modulu bakoitzak sortzen duenaren batura den aldetik. Beraz, zirkulatzen duen intentsitatea txikiagoa izango da potentzia bererako eta korronte zuzeneko galerak txikiagoak izango dira.

Nahiz eta jadanik eguzki-zelulek BIEko II-I Eraikineko teiltuan izango duten kokapena dimentsionatu den, proposamen horren egokitasuna aztertu behar da; izan ere, seriean konektatuko diren moduluen potentzia maximoa urteko egunik beroenean zein hotzenean alderanzgailuaren sarrerako tentsio-tartearen barnean mantentzen direla ziurtatu behar da.

Helburu horrekin, instalazioa gauzatu nahi den eremuan ematen diren muga-temperaturak eta egun horiei dagozkien eguzki-erradiazioaren balioak ezagutu behar dira. Bilbo hirian emango den temperatura maximoa 35 °C-ekoa hartuko da eta temperatura minimoa, aldiz, -5 °C-ekoa. Egun horietan, temperaturak muturrekoak direnean, eguzki-erradiazioa 1000 W/m<sup>2</sup> eta 100 W/m<sup>2</sup>-koa da, hurrenez hurren.

Ingurugiro temperaturak balio horiek hartzen dituztenean eguzki zelulek hartuko dituzten temperaturak kalkulatu dira orain. Horretarako, TONC temperaturaren balioa behar da, fabrikatzaileak emandakoa eta 8.3. Taulan biltzen dena. Panelek hartuko duten temperatura ingurugiro temperaturaren eta irradiantziaren balioen arabera izango da eta hurrengo ekuazioaren laguntzaz kalkulatu daiteke.

$$T_{panel} = T_{ing} + \frac{TONC-20}{800} \cdot I \quad (18)$$

Non,  $T_{panel}$ : panelak hartuko duen temperatura.

$T_{ing}$ : ingurugiro temperatura.

TONC: zelularen funtzionamendu nominaleko temperatura.

I: irradiantzia.

$$T_{max,panel} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C} + \frac{45 \text{ }^{\circ}\text{C} - 20 \text{ }^{\circ}\text{C}}{800 \text{ W/m}^2} \cdot 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 66,25 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (19)$$

$$T_{min,panel} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C} + \frac{45 \text{ }^{\circ}\text{C} - 20 \text{ }^{\circ}\text{C}}{800 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}} \cdot 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = -1,875 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (20)$$

Era berean, panelen piku-potentzia temperatura baldintza jakinetan dago zehaztuta, 25 °C-etan alegia. Hori dela eta, piku-potentziak izan ditzakeen muturreko balioak kalkulatzeko beharra agertzen da. Potentziak temperaturarekiko duen aldakuntzaren koefizientea jakinik (8.3. Taulako  $\gamma$  aldagaia) hurrengo ekuazioak definituko du piku-potentziaren balioa:

$$P_p(T) = P_p(25 \text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot \left[ 1 + \frac{\gamma}{100} \cdot (T - 25) \right] \quad (21)$$

Non,  $P_p$ : panelak tenperatura jakin batean izango duen potentzia.

$\gamma$ : potentziak tenperaturarekiko duen aldakuntza-koefizientea.

T: panelaren tenperatura.

$$P_p(T_{max}) = 325 \text{ W} \cdot \left[ 1 + \frac{-0,39}{100} \cdot (66,25 - 25) \right] = 272,72 \text{ W} \quad (22)$$

$$P_p(T_{min}) = 325 \text{ W} \cdot \left[ 1 + \frac{-0,39}{100} \cdot (-1,875 - 25) \right] = 359,06 \text{ W} \quad (23)$$

Lortu nahi dena panel bakoitzaren irteerako tentsioaren balioa da, potentzia maximoa den punturako, tenperaturaren arabera izango dena. Nahiz eta eguzki panelen intentsitatea ere tenperaturaren arabera izan, bere aldakuntza koefizientea arbuigarria da, tentsioaren aldakuntza koefizientearekin konparatzen bada. Hortaz, intentsitatea konstante moduan hartuko da,  $I_{pm} = 9,80 \text{ A}$ -koa. Geroz eta tenperaturaren balioa altuagoa izan eguzki zelulak tentsio gutxiago hornituko duen aldetik, tentsioaren muturreko balioak potentzia maximorako ondokoak izango dira:

$$V_{pm} = U_{pm}(T) = \frac{P_p(T)}{I_{pm}} \quad (24)$$

Non,  $V_{pm}$ : panelak tenperatura jakin batean sortuko duen tentsioa.

$P_p$ : panelak tenperatura jakin batean izango duen potentzia.

$I_{pm}$ : panelaren potentzia maximoko intentsitatea.

$$V_{pm,min} = U_{pm}(T_{max}) = \frac{P_p(T_{max})}{I_{pm}} = \frac{272,72 \text{ W}}{9,80 \text{ A}} = 27,83 \text{ V} \quad (25)$$

$$V_{pm,max} = U_{pm}(T_{min}) = \frac{P_p(T_{min})}{I_{pm}} = \frac{359,06 \text{ W}}{9,80 \text{ A}} = 36,64 \text{ V} \quad (26)$$

Kalkulatutako informazioarekin adar bakoitza osatzeko seriean konektatu daitezkeen eguzki-panelen kopuru maximoa eta minimoa definitu daiteke. Eguzki-panelak seriean konektatzen direnean horien irteerako tentsioa handitzeko asmoarekin

egiten da. Ondorioz, serieko konexio horiek mugatuko dituztenak alderanzgailuaren sarrerako tentsio-tartearen muturreko balioak izango dira. 7.4. Taulan ikus daitezkeen moduan, muga horiek 405 V eta 750 V dira.

$$V_{pm,min} \cdot \text{Serieko panel kop.} > 405 V \rightarrow \text{Serieko panel kop.} > 14$$

$$V_{pm,max} \cdot \text{Serieko panel kop.} < 750 V \rightarrow \text{Serieko panel kop.} < 20$$

Nahiz eta seriean konektatu daitezkeen panel kopurua 14 eta 20 artekoa izan daitezkeen, alderanzgailuaren sarrerako tentsioari dagokionez, aldi berean bere sarrerako tentsioaren balio maximoa gainditzen ez dela ziurtatu behar da. Kasu honetan balio hori 900 V-ekoa da korrante zuzenean (7.4. Taula). Eguzki panelen irteerako tentsio maximoa da zirkuitu irekian ematen dena. Halaber, horien tenperatura koefizientearen balioa negatiboa denez tentsioaren balio horietan, tentsio maximoa emango da tenperaturarik baxuenarentzat. Gauzak horrela, iterazioen bidez alderanzgailuaren sarrerako tentsio maximoa gaindituko ez duten seriean konektatu daitezkeen modulu kopuru maximoa definituko da.

20 modulu seriean konektatuz:

$$V_{max} = 20 \cdot V_{oc}(T_{min}) = 20 \cdot [V_{oc}(25 \text{ }^{\circ}\text{C}) + \beta \cdot (T - 25)] = 20 \cdot [39,6 V - 0,30 \cdot (-1,875 - 25)] = 953,25 V > 900 V \quad (27)$$

19 modulu seriean konektatuz:

$$V_{max} = 19 \cdot V_{oc}(T_{min}) = 19 \cdot [V_{oc}(25 \text{ }^{\circ}\text{C}) + \beta \cdot (T - 25)] = 19 \cdot [39,6 V - 0,30 \cdot (-1,875 - 25)] = 905,59 V > 900 V \quad (28)$$

18 modulu seriean konektatuz:

$$V_{max} = 18 \cdot V_{oc}(T_{min}) = 18 \cdot [V_{oc}(25 \text{ }^{\circ}\text{C}) + \beta \cdot (T - 25)] = 18 \cdot [39,6 V - 0,30 \cdot (-1,875 - 25)] = 857,93 V < 900 V \quad (29)$$

Aurreko kalkuluetan oinarrituz, aukera optimoa 18 eguzki panelez osatutako array-ak instalatzea litzateke. Hala ere, eskuragarri dagoen espazioa eta moduluen

orientazio optimoa direla eta, gehienez 16 eguzki-panelek osatutako lerroak izango ditu diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoak.

Oraindik ere, egiaztatzeke dago sorgailu fotovoltaikoaren gehienezko zirkuitulaburreko intentsitateak alderanzgailuak onartzen duen mugaren barne dagoela (143 A). Modulu fotovoltaikoetan zirkuitulaburreko intentsitatearen aldakuntza koefizientea positiboa izanik, intentsitatearen balio maximoa lortuko da panelak tenperatura maximoa jasaten duenean. Modulu bakarraren kasuan korrante maximo hori (30) ekuazioaren bidez kalkulatu da.

$$I_{sc,max} = I_{sc}(T_{max}) = I_{sc}(25\text{ }^{\circ}\text{C}) \cdot \left[ 1 + \frac{\alpha_{Isc}}{100} \cdot (T_{max} - 25) \right] \quad (30)$$

Non,  $I_{sc,max}$ : zirkuitulaburreko korrante maximoa.

$I_{sc}(25\text{ }^{\circ}\text{C})$ : zirkuitulaburreko korrantea 25 °C-tan.

$\alpha_{Isc}$ : intentsitateak tenperaturarekiko duen aldakuntza-koefizientea.

T: panelaren tenperatura.

$$I_{sc,max} = I_{sc}(66,25\text{ }^{\circ}\text{C}) = 10,32\text{ A} \cdot \left[ 1 + \frac{0,06}{100}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \cdot (66,25 - 25)\text{ }^{\circ}\text{C} \right] = 10,575\text{ A} \quad (31)$$

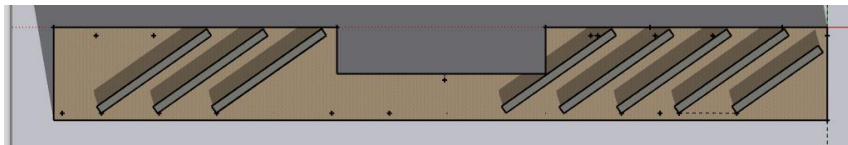
Paraleloan konektatuta egongo diren 15 adar egotea planteatzen denez, sorgailu fotovoltaikoaren zirkuitulaburreko intentsitatearen balioa ondokoa litzateke:

$$I_{sc,max} = 15 \cdot 10,575\text{ A} = 158,625\text{ A} > 143\text{ A} \quad (32)$$

Hortaz, seriean konektatuko diren eguzki-panelen dimentsionamendua berriz garatzeaz gain, paraleloan konektatuko diren adar kopurua ere murriztu beharko da. Izan ere, proposatutako diseinu hori ez da alderanzgailuaren sarrerako parametroetara egokitzen.

## 7.8.- Hasierako dimentsionamenduaren zuzenketa

Hasiera batean proposatutako dimentsionamendua instalazioaren eskakizunetara egokituz, determinatu da seriean konektatutako 16 eguzki-panelez osatutako 7 ilara eta serieko konexioa duten 14 eguzki-paneleko ilara bakarra instalatuko direla. Ilarak edo *array*-ak euren artean paraleloan konektatuta egongo dira. Gauzak horrela, 7.7. Irudian proposamen berri horren maketa ikus daiteke, *Google Sketchup* aplikazioa dela medio.



7.7. Irudia. Modulu fotovoltaikoen ilaren kokapena planoan (goiko bista).

Hortaz, 126 eguzki-zelula izango ditu PV instalazioak. Aurretik eraman den prozedura berari jarraituz, instalazioaren potentzia ahalmena kalkulatu daiteke. Era berean, kontuan izango da eguzki-moduluek osatutako multzoaren errendimendua %85 dela.

$$P_{mp} = 126 \text{ modulu} \cdot 325 \text{ W} = 40,95 \text{ kW} \quad (33)$$

$$P_N = 40,95 \text{ W} \cdot 0,85 = 34,81 \text{ kW} \quad (34)$$

Jadanik kalkulatu den 2,15 h-ko eguzki-piku orduak balioarekin lan eginez, ezarri nahi den instalazio fotovoltaikoak asebate dezakeen energia eskaria estimatu daiteke.

$$\text{Energia kontsumoa} = 34,81 \text{ kW} \cdot 2,15 \text{ h} = 74,836 \text{ kWh} \quad (35)$$

Instalazio fotovoltaikoaren potentzia nominalean eman den aldaketa horrek alderantzgailua egokitzeko beharra sortuko du. Hori dela eta, *Ingecon Sun 30* modeloa erabiltzea erabaki da, 30 kW-eko potentzia izendatuekin lan egiteko egokia. 8.4. Taulan alderantzgailu horren ezaugarri nabarmenenak bildu dira. Gailu horretan MPP (Potentzia Maximoko Puntua) sarrerako tentsio tarte aurretik proposatutako alderantzgailuaren berdina den aldetik, modulu fotovoltaikoen interkonexioa ez dago birkalkulatu beharrik.

Planteamendu berri horrekin, asebate daitekeen energia eskaria ere aldatuko da.

7.5. Taulan balio berri horiek kalkulatu eta eguneko batz besteko eskariarekin alderatu dira.

	<b>Instalazioaren potentzia ahalmena [kW]</b>	<b>Eguzki-piku orduak (HSP) [h]</b>	<b>Asebate daitekeen energia eskaria [kWh]</b>	<b>Eguneko batz besteko energia kontsumoa [kWh]</b>
<b>Urtarrila</b>	34,81	2,15	74,8415	336,90
<b>Otsaila</b>	34,81	2,50	87,025	463,81
<b>Martxoa</b>	34,81	4,05	140,9805	439,52
<b>Apirila</b>	34,81	4,45	154,9045	346,73
<b>Maiatza</b>	34,81	4,87	169,5247	299,81
<b>Ekaina</b>	34,81	5,16	179,6196	295,02
<b>Uztaila</b>	34,81	5,41	188,3221	178,22
<b>Abuztua</b>	34,81	5,39	187,6259	88,77
<b>Iraila</b>	34,81	4,64	161,5184	330,23
<b>Urria</b>	34,81	3,86	134,3666	439,52
<b>Azaroa</b>	34,81	2,38	82,8478	454,01
<b>Abendua</b>	34,81	2,67	92,9427	306,82

7.5. Taula. PV instalazioaren energia ekoizpena.

Dimentsionamendu berri honen egokitasuna erabat egiaztatzeko, sorgailu fotovoltaikoaren zirkuitulaburreko intentsitate maximoa alderanzgailuaren sarrerako mugekin bateragarria den determinatu beharra dago. Parametro hori paraleloan konektatu nahi den adar kopuruak baldintzatuko du. Aurreko ataleko kalkuluetatik abiatuz ((31) ekuazioaren emaitza), eta paraleloan konektatutako 8 adar egotea proposatzen denez,

sorgailu fotovoltaikoaren guztizko zirkuitulaburreko korrontearen balioa hurrengoia izango da:

$$I_{sc,max} = 8 \cdot 10,575 A = 84,6 A < 86 A \quad (36)$$

Hortaz, proposatutako diseinu horrekin alderanzgailuaren sarrerako parametroen mugak errespetatzen direla bermatu da.

### **7.9.- Kableatuaren kalkulua**

Eguzki-instalazio fotovoltaikoan erabiliko den kableatuaren dimentsionamendua gauzatzeko zenbait alderdiri erreparatu beharko zaie; hala nola instalazio-tartearen araberrako kable mota egokiaren aukeraketa, kableatuaren instalazio sistemaren aukeraketa eta kablearen sekzioaren kalkulua.

Kableek izan beharreko ezaugarriak desberdinak izango dira instalazio fotovoltaikoan kokatuko diren lekuaren arabera; izan ere, lan-baldintzak kablearen eginkizunaren araberrakoak izango dira. Hori dela eta, kableatu mota bereiziko da korronte zuzeneko zirkuituan eta korronte alternoko zirkuituan erabiliko diren araberr.

#### **7.9.1.- Korronte zuzeneko zirkuitua: modulu-alderanzgailu konexioa**

Korronte zuzenari dagokion instalazioaren atala da lan-baldintza gogorrenak jasango dituen. Atal horretan erabiliko diren kableak PV ZZ-F motakoak izango dira, isolamendu bikoitzeko kable unipolarrak, alegia, ingurugiro baldintzekiko erresistentzia altua dutenak. Izan ere, instalazio fotovoltaikoetan erabiltzeko bereziki diseinatuak daude.

Kableatua dimentsionatzeko tentsio erorketaren irizpideari jarraitu zaio. Horren araberr, kablearen sekzioaren balio minimoa aurkitu nahi da, kablean eman daitezkeen tentsio-erorketak gehiegizkoak izan ez daitezzen. Hala balitz, zirkuituaren amaierako tentsioa ez litzateke nahikoa izango energia eskaerari behar bezala erantzuteko.



Kateen arteko konexioa paraleloan egiteko konexio-kutxa bakarria erabiltzea erabaki da. Hortaz, 16 panelez osatutako 7 kate eta 14 panelez osatutako kate bakarria izanik, 16 paneleko modulu-multzoen irteerako tentsioa 531,2 V-koa eta 14 paneleko modulu-multzoena, aldiz, 464,8 V-koa izango da.

$$V = 16 \cdot V_{pm} = 16 \cdot 33,2 V = 531,2 V \quad (37)$$

$$V = 14 \cdot V_{pm} = 14 \cdot 33,2 V = 464,8 V \quad (38)$$

Moduluek osatutako 8 kateak konexio-kutxarekin zuzenean konektatu daitezke, zortzi sarrera posible baititu. Hortaz, kate bakoitzetik aterako den kableak eroango duen korrante maximoa sorgailu fotovoltaikoaren potentzia maximoa intentsitatea da, 9,8 A, alegia.

REBT-en (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión [14]) ezarritako baldintza legaletan oinarrituz, %2-eko tentsio-erorketa maximoa onartzen da korrante zuzeneko zirkuituetan, sorgailu fotovoltaikotik alderanzgailuraino. Beraz, kalkulaturako tarterako baimendutako tentsio-jauzi maximoa hurrengo litzateke:

$$e_{16} = \left( \% \frac{2}{100} \right) \cdot V = 0,02 \cdot 531,2 V = 10,624 V \quad (39)$$

$$e_{14} = \left( \% \frac{2}{100} \right) \cdot V = 0,02 \cdot 464,8 V = 9,296 V \quad (40)$$

Eroalearen konduktibitatea definitzeko, bere tenperatura maximoa 90 °C-ekoa dela hartuko da ( $\sigma_{90 \text{ °C}}(\text{Cu}) = 44 [\text{m} \cdot \Omega^{-1} \cdot \text{mm}^{-2}]$ ). Kablearen luzerari dagokion aldetik, 50 m eta 100 m arteko estimazioa egingo da, ezin izan baita determinatu konexioen-kutxa, alderanzgailua eta bestelako neurketa gailuak non kokatuko diren. Hasierako planteamendua da BIEko II-I Eraikineko teilatuaren beheko mailan kokatzea, baina COVID-19-aren egoera dela eta, ez da sarbidea ahalbidetu.

Informazio hori eta zirkuituaren ezaugarriak aintzat hartuz, (41) ekuazioan balioak ordezkatu eta kablearen sekzioa lortuko da.

$$S_d = \frac{2 \cdot L \cdot I_{pm}}{\sigma \cdot e} \quad (41)$$

Non, L: kablearen luzera (m).

$I_{pm}$ : lerro nagusian potentzia maximoko intentsitatea (A).

$\sigma$ : eroalearen konduktibitatea ( $m \cdot \Omega^{-1} \cdot mm^{-2}$ ).

e: baimendutako tentsio-jauzi maximoa (V).

16 panelek osatzen dute kateetatik aterako diren kableen sekzioa hurrengo tartean egongo da:

$$S_{d,50 m} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 9,8}{44 \cdot 10,624} = 2,1 \text{ mm}^2 \quad (42)$$

$$S_{d,100 m} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 78,4}{44 \cdot 10,624} = 4,19 \text{ mm}^2 \quad (43)$$

Prozedura berari jarraituz, 14 panelek osatzen duten kateko eroalearen sekzioa kalkulatu da:

$$S_{d,50 m} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 9,8}{44 \cdot 9,296} = 2,39 \text{ mm}^2 \quad (44)$$

$$S_{d,100 m} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 78,4}{44 \cdot 9,296} = 4,79 \text{ mm}^2 \quad (45)$$

Beraz, 6 mm<sup>2</sup>-ko sekzioa duten kableak erabiliko dira, ez baitira 4,79 mm<sup>2</sup> edota 4,19 mm<sup>2</sup>-ko sekzioa duten kableak fabrikatzen. 100 m-ko luzerak eskatzen duen sekzioa aukeratu da bi kasuetan, hori baita baldintza mugatzaileenak ezartzen dituen.

### 7.9.2.- Korrante alternoko zirkuitua: alderanzgailu-lerro nagusia

Korrante alternoko zirkuituan erabiliko den kableatua, ITC-BT-30 instrukzioan adierazten den moduan, RB-K izango da (UNE 21123-2 araua), 0,6/1 kV-eko tentsio izendatukoa [15].

Hasteko, kableatuaren fase bakoitzetik igaroko den korrantearen kalkulua burutuko da, sarerako konexioa trifasikoa izanik. Horretarako (46) ekuazioa erabiliko da.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\varphi} \quad (46)$$

Non, P: instalazioaren potentzia izendatua.

$U_L$ : lerro tentsioa.

cos  $\varphi$ : potentzia-faktorea, 0,85 balioa hartuko da.

$$I = \frac{34.810 \text{ W}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,85} = 59,11 \text{ A} \quad (47)$$

REBT-ek gomendatutako %3-ko tentsio-jauzi maximoa errespetatuz, onartzen den ghienezko erorketa kalkulatu da oraingoan ere.

$$e = \left( \% \frac{3}{100} \right) \cdot V = 0,02 \cdot 230 \text{ V} = 6,9 \text{ V} \quad (48)$$

Azkenik, (41) ekuazioa aplikatuz kableak izan beharreko sekzio minimoa kalkulatu da. Kasu honetan ere 50 m eta 100 m arteko luzerako kabletarako gauzatuko dira kalkuluak.

$$S_{d,50 \text{ m}} = \frac{2 \cdot 50 \cdot 59,11}{44 \cdot 6,9} = 19,47 \text{ mm}^2 \quad (49)$$

$$S_{d,100 \text{ m}} = \frac{2 \cdot 100 \cdot 59,11}{44 \cdot 6,9} = 38,94 \text{ mm}^2 \quad (50)$$

Beraz, kable normalizatuekin lan egiteko 50 mm<sup>2</sup>-ko sekzioa dutenak aukeratuko dira.

## 8. PV INSTALAZIOAREN OSAGAIEN AUKERAKETA

Behin PV instalazioaren dimentsionamendua gauzatu eta elementu bakoitzak bete beharreko eskakizunak finkatu direla, sistema osatuko duten osagaiak aukeratuko dira. Hori da, hain zuzen ere, atal honen helburua.

### 8.1.- Eguzki zelula

Atal honetan diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoa hornituko duten modulu fotovoltaikoen aukeraketa gauzatuko da. Erabakia era arduratsuan hartzeko asmoz, bi aspektu nagusiri erreparatuko zaie: eguzki-zelula osatzen duen silizioaren egitura kristalinoari eta moduluaren fabrikatzaileari.

#### 8.1.1.- Silizioaren egitura kristalinoa

Aldez aurretik azaldu den moduan, eguzki-zelula osatzen duen materiala silizioa izan ohi da eta bere egitura kristalinoak eragin zuzena izango du eguzki-panelaren errendimendu energetikoan.

Aztergai den aplikaziorako komenigarrien suertatuko den silizioaren egitura kristalinoa zein izango den determinatzeko *Yingli Solar* etxeko bi eguzki-zelula analizatuko dira. Bi panel horien nolakotasunak berdintsuak dira energia ekoizpen ahalmenari dagokion aldetik, bakoitzaren siliziozko egitura kristalinoa ezberdina izanik; bata silizio monokristalinozko modulu fotovoltaikoa da eta, bestea, silizio polikristalinozkoa.

- YL325D-30b

Modulu fotovoltaiko hauek YLM serieko 60 zeluladunak dira, zelula horiek P-motako silizio monokristalinozkoak direlarik. 325 W-eko potentzia izendatua izanik, potentzia maximoko korrrontea 9,80 A-koa da eta potentzia maximoko tentsioa, aldiz, 33,2 V-ekoa. Errendimendu energetikoari dagokionez, eguzki-erradiazioaren %19,5 aprobetxatzeko gaitasuna dute mota honetako moduluek. Ezaugarri mekanikoei erreparatuz, zelula hauetako bakoitzaren azalera 1,668 m<sup>2</sup>-koa da, euren pisua 18,6 kg-koa izanik. Azkenik, zelula hauen merkatuko prezioa 134,36 €-koa da.



*8.1. Irudia. YL325D-30 b.*

*Iturria: Yingli Solar [16].*

- YL325P-35b

Mota honetako modulu fotovoltaikoak YGE serieko 72 zeluladunak dira, horiek silizio multikristalinoz eratuta daudelarik. Modulu hauen potentzia nominala 325 W-ekoa da. Kasu honetan potentzia maximoan definitutako korrante eta tentsioa 8,82 A eta 36,9 V-ekoak dira, hurrenez hurren. Errendimendu energetikoari dagokionez, modulu hauek eguzkitik datorren erradiazioaren %16,7 aprobetxatu ahal izango dute gehienez energia elektriko moduan erabiltzeko. Modulu bakoitzaren dimentsioei erreparatuz, 1,944 m<sup>2</sup>-ko azalera dute eta euren pisua 22 kg-koa izango da. Modulu fotovoltaiko hauen merkatuko prezioa 315,00 €-koa da.



8.2. Irudia. YL325P-35 b.

Iturria: Yingli Solar [16].

Aztergai diren bi modulu fotovoltaiko mota horien ezaugarriak nabarmenenak 8.1. Taulan bildu dira. Ezaugarri horiek dira, hain zuzen ere, siliziozko kristal mota aukeratzeko erabakigarriak izan daitezkenak.

	YL325D-30b	YL325P-35b
<b>Egitura kristalinoa</b>	Monokristalinoa	Polikristalinoa
<b>Potentzia maximoa (<math>P_{max}</math>)</b>	325 W	325 W
<b>Potentzia maximoko intentsitatea (<math>I_{Pmax}</math>)</b>	9,80 A	8,82 A
<b>Potentzia maximoko tentsioa (<math>V_{Pmax}</math>)</b>	33,2 V	36,9 V
<b>Moduluaren efizientzia</b>	% 19,5	% 16,7
<b>Dimentsioak</b>	1665 x 1002 x 35 [mm <sup>3</sup> ]	1960 x 992 x 40 [mm <sup>3</sup> ]
<b>Pisua</b>	18,6 kg	22 kg
<b>Prezioa (unitateko)</b>	134,36 €	315,00 €

8.1. Taula. YL325D-30b vs YL325P-35b.

Aprobetxamendu energetikoa optimizatzeko helburuarekin, **silizio monokristalinoz** eratutako zelulak aukeratuko dira. Nahiz eta silizio monokristalinoz osatutako zelulak faktore ekonomikoaren ikuspuntutik polikristalinoak baino garestiagoak suertatzen diren, epe luzerako aukera onargarria lirateke. Gainera, errendimendu altuagoa dute eta tenperaturarekiko ere egonkorragoak dira.

### 8.1.2.- Zenbait fabrikatzaileen eskaintza

Instalazio fotovoltaikoaren muina izango den elementurik, hots, eguzki-panelik, egokiena aukeratzeko hainbat fabrikatzaileen eskaintzen artean aztertzeko beharra ikusi da. Gauzak horrela, merkatuan lehiatzen duten lau fabrikatzaileen modulu fotovoltaikoen arteko konparaketa gauzatuko da: *SunPower*, *Yingli Solar*, *HanWha Q Cells* eta *Suniva*. Helburu horrekin, potentziaren ikuspuntutik ezaugarri berdintsuak dituzten eguzki-panelak hautatu dira, bat fabrikatzaile bakoitzeko.

- E-Series Residential Solar Panels | E20 – 327

*SunPower* fabrikatzaile amerikarraren modulu fotovoltaiko hauek silizio monokristalinozko 96 zelulaz osatuta daude. 327 W-eko potentzia izendatua dute, potentziaren balio maximo horretarako korrante eta tentsioen balioak 5,98 A eta 54,7 V-ekoak izanik, hurrenez hurren. Moduluaren zirkuitulaburreko korrontea 6,46 A-koa da eta zirkuitu irekiko tentsioa, ordea, 64,9 V-ekoa. Sistema elikatu daitekeneko tentsio maximoa 1000 V-koa da korrante zuzenean, IEC estandarrak definitutako parametroen arabera. Eguzki-panelaren potentziako tenperatura koefizientea  $-0,35 \text{ \%}/^{\circ}\text{C}$ -ekoa da, bere efizientzia bataz beste  $\%20,4$ koa izanik. Moduluaren azalera  $1,6297 \text{ m}^2$ -koa da eta bere pisua 18,6 kg-koa.



SPR-E20-327

### 8.3. Irudia. E-Series Residential Solar Panels | E20 – 327

- YL325D-30b

Modulu fotovoltaiko hauek erabiliko diren eguzki-zelulen silizioaren egitura kristalinoa aztertzean hautatu den P-motako silizio monokristalinozkoak dira, *Yingli Solar* fabrikatzailearenak. 325 W potentzia izendatua du eta bere espezifikazioak aurrez azaldutakoak dira. Modulu honen itxura 8.1. Irudian dago ikusgai.

- Q.PRIME L – G5 325

325 W-ko potentzia izendatutun modulu fotovoltaikoak dira, *HanWha Q Cells* fabrikatzailearenak. Potentzia nominalarentzat korronteari eta tentsioari esleitutako balioak 8,67 A eta 37,5 V-ekoak dira, hurrenez hurren. Zirkuitulaburreko korronteari dagokionez, 9,22 A-takoa da eta zirkuitu irekiko tentsioa 45,6 V-ekin definitzen da. Modulu fotovoltaiko hau elikatzeke erabili daitekeen tentsio-iturria 1000 V-ekoa izan daiteke gehienez korrante zuzenean, IEC estandarrari jarraiki. Moduluaren potentziari dagokion tenperatura-koefizientea -0,40 %/K-koa da eta moduluaren eraginkortasun minimoa %16,7koa izango da. Parametro fisikoei dagokienez, modulua 72 siliziozko zelula monokristalinoz eratuta dago, horien guztizko azalera 1,9424 m<sup>2</sup>-koa izanik. Moduluaren pisua 22,5 kg-koa da,  $\pm$  %5eko tolerantziarekin.





#### 8.4. Irudia. Q.PRIME L – G5 325.

- OPT325 – 72 – 4 – 100

Eguzki-panel hauek *Suniva* fabrikatzailearenak dira eta silizio monokristalinozko 72 zelulek osatzen dute. Moduluaren potentzia nominala 325 W-ekoa da, potentziaren balio horretan fabrikatzaileak definitutako korronea 8,67 A-koa eta tentsioa 37,5 V-ekoa direlarik. Zirkuitu irekian tentsioa 45,8 V-ekoa izango da; kontrara, zirkuitulaburrean korronea 9,42 A-takoa izango da. Modulu hau elikatzeko ere, gehienez 1000 V-koa izan daiteke korronte zuzenean (IEC estandarrean definitutakoaren arabera). Moduluaren eraginkortasunari dagokionez, hori %16,66koa izango da eta potentziako tenperatura koefizientea -0,420 %/°C-ekoa. Moduluaren dimentsioak 1970 x 990 mm-koak dira, bere pisua 23 kg-koa izanik.



8.5. *Irudia.* OPT325-72-4-100.

Hurrengo 8.2. Taulan modulu fotovoltaikoak aukeratzeko planteatzen diren alternatiben koadro konparatiboa biltzen da.

	<b>E-Series Residential Solar Panels   E20-327</b>	<b>YL325D-30b</b>	<b>Q.PRIME L – G5 325</b>	<b>OPT325 – 72 – 4 - 100</b>
<b>Fabrikatzailea</b>	SunPower	Yingli Solar	HanWha Q Cells	Suniva
<b>Tentsio izendatua</b>	1000 V <sub>DC</sub> (IEC)	1000 V <sub>DC</sub> (IEC)	1000 V <sub>DC</sub> (IEC)	1000 V <sub>DC</sub> (IEC)
<b>Zirkuitulaburreko korronea (I<sub>CC</sub>)</b>	6,46 A	10,32 A	9,22 A	9,42 A
<b>Zirkuitu irekiko tentsioa (V<sub>ac</sub>)</b>	64,9 V	39,6 V	45,6 V	45,8 V
<b>Potentzia maximoko intentsitatea (I<sub>Pmax</sub>)</b>	5,98 A	9,80 A	8,67 A	8,67 A
<b>Potentzia maximoko tentsioa (V<sub>Pmax</sub>)</b>	54,7 V	33,2 V	37,5 V	37,5 V
<b>Piku-potentzia edo potentzia maximoa (P<sub>P</sub>)</b>	327 W	325 W	325 W	325 W
<b>Moduluaren efizientzia</b>	%20,4	%19,5	%16,7	%16,66
<b>P<sub>P</sub> tenperatura koefizientea (γ)</b>	-0,35 %/°C	-0,39 %/°C	-0,40 % / K	-0,42 % / °C
<b>Iraunkortasuna</b>	25 urte	25 urte	25 urte	25 urte
<b>Prezioa (unitateko)</b>	544,23 €	134,36 €	91,28 €	300,18 €

8.2. Taula. Modulu fotovoltaikoen alternatiben konparaketa.

### 8.1.3.- Yingli Solar: YL325D-30b

Instalazio fotovoltaikoa osatuko duten eguzki-zelulak *Yingli Solar* etxekoak izatea da proposamena. Zehazki, YL325D-30b modeloa hautatu da, p-motako siliziozko zelula monokristalinoz eratutakoa.

Zelula horren espezifikazio elektrikoak (fabrikatzaileak emandakoak) 8.3. Taulan agertzen dira bilduta. Balio horiek neurtu direneko baldintzak hurrengoak izanik:

- Irradiantzia erasotzailea: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Irradiatze-espektroa: AM 1,5g
- Zelularen tenperatura: 25 °C

EZAUGARRI ELEKTRIKOAK		TENPERATURA KOEFIZIENTEAK	
Zirkuitu irekiko tentsioa (V <sub>oc</sub> )	39,6 V	Potentzia aldakuntza maximoa (γ)	- 0,39 % / °C
Potentzia maximoko tentsioa (V <sub>pm</sub> )	33,2 V	Zirkuitulaburreko korrontearen aldakuntza (α <sub>Isc</sub> )	+ 0,06 % / °C
Zirkuitulaburreko korrontea (I <sub>sc</sub> )	10,32 A	Zirkuitu irekiko tentsioaren aldakuntza (β <sub>Voc</sub> )	- 0,30 % / °C
Potentzia maximoko korrontea (I <sub>pm</sub> )	9,80 A	<b>ERAIKUNTZA-DATUAK</b>	
Piku-potentzia	325 W	Dimentsioak	1665 x 1002 x 35 mm
Efizientzia [%]	19,5	Pisua	18,6 kg
TONC [°C]	45 +/- 2		

8.3. Taula. YL325D-30b zelularen espezifikazio elektrikoak.

## 8.2.- Alderanzgailua

Diseinatu nahi den instalazio fotovoltaikoa osatuko duen beste funtsezko elementu bat alderanzgailua da. Bere aukeraketa instalazioaren potentzia ahalmenaren arabera gauzatu beharra dago. Aztergai den kasuan 34,81 kW potentzia nominalarekin lan egin ahal izatea nagusituko da aukeraketa prozesuan.

Gauzak horrela, *Ingeteam* taldeko *IngeconSun Smart 30* alderanzgailua erabiltzea erabaki da, 30 kW-eko potentzia izendatuduna. Izan ere, alderanzgailu hori erabiltzean 35 kW eta 39 kW arteko potentzia ahalmeneko instalazio fotovoltaikoa konektatzea da egokiena (fabrikatzailearen gomendioetan oinarrituz). Gainera, sarera konektatzeko baldintzak betetzen ditu. Hurrengo 8.4. Taulan alderanzgailuaren espezifikazio nabarmenenak islatzen dira.

SARRERAKO BALIOAK		IRTEERAKO BALIOAK		SISTEMAREN DATUAK	
DC potentzia tartea	35-39 kWp	Potentzia nominala	30 kW	Errendimendu maximoa	%95,6
MPP tentsio-tartea	405 – 750 V	Potentzia maximoa	33 kW	Ingurugiro tenperatura	-10 °C eta +65 °C artean
Sarrerako tentsio maximoa	900 V <sub>cc</sub>	Tentsioa	400 V <sub>ca</sub>	IP babes maila	IP54
Sarrerako korrontea	86 A <sub>cc</sub>	Irteerako korrontea	50 A <sub>ca</sub>	Dimentsioak	740 x 550 x 1270 mm
		Potentzia-faktorea	1		

8.4. Taula. 30 kW-eko alderanzgailuaren ezaugarri teknikoak.

### 8.3.- Euskarri egiturak

Memoria teknikoaren 7. atalean kalkulatu den bezala, paraleloan konektatutako zortzi kate izango ditu instalazioak. Horietako zazpi 16 eguzki-panelek osatuta egongo dira eta beste azken bat seriean konektatutako 14 modulu fotovoltaiko izango ditu. Gauzak horrela, *SunFields* taldeko euskarri-egiturak aukeratu dira: “*Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana 12V*”. Egitura horiek bat eta sei modulu artean kokatzeko aukera dutenez, aztergai den instalazioaren berezitasunetara egokitzeko aukera dago.

Horrela, 14 modulu fotovoltaikok osatzen duen katearentzat 6 paneleko bi euskarri-egitura eta 2 paneleko beste egitura bat erabiliko dira. Kontrara, 16 eguzki-panelek osatzen dutenetan 6 zelulako ahalmena duten bi egiturez gain, 4 modulu onartzen dituen beste bat erabiliko da.



8.6. Irudia. Euskarri-egitura.

Euskarri-egitura mota horiek egokiak dira inklinaziorik gabeko gainazal batean egin nahi den instalazio fotovoltaikoetan erabiltzeko. Egitura horietan, eguzki-panelek ezartzen diren gainazalarekiko  $20^\circ$  eta  $35^\circ$  arteko inklinazioa izateko egokitu daitezke.

Euskarri-egituren arteko loturak gauzatzeko fabrikatzaileak gomendatutako tresnak erabiliko dira (*S15 Kit unión*).

#### 8.4.- Kableatua

Instalazio fotovoltaikoaren diseinua garatzerako orduan azaldu den moduan, korronte zuzeneko zirkuituaren atalean eta korronte alternoko zirkuituaren eskakizunak desberdinak dira. Hortaz, atal bakoitzean erabiliko den kableatua ere ez da berdina izango.

Sorgailu fotovoltaikoa eta alderanzgailuaren arteko konexioa, hots, korronte zuzeneko zirkuituaren konexioa, gauzatzeko PV ZZ-F motako kableak erabiliko dira. Aukeratu dena TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K izan da, 6 mm<sup>2</sup>-ko sekzioa duena.

Era berean eta REBTEk zehaztutako betebeharreri jarraituz, korronte alternoko zirkuiturako erabiliko den kableatua aukeratu da; alderanzgailutik lerro nagusirako konexioa gauzatzea ahalbidetuko duena, hain zuzen ere. Instalazioa atari zabalean gauzatzea planteatzen den aldetik, ITC-BT-30 instrukzioak ezarritako betekizunak bete beharko dira. Hori dela eta, instalazioaren atal honetan erabiliko den kableatua RZ1-K (AS) 0,6/1 kV izango da (UNE 21123-4). Instalazioaren diseinurako RZ1-K (AS) 0,6/1 kV CPR modeloa aukeratu da.

#### 8.5.- Konexio-kutxa

Instalazio fotovoltaikoan konexioak gauzatzeko *STC8 100A* konexio kutxa aukeratu da, zortzi sarrera onartzen dituen. Horrela, sistemako kate guztien paraleloko konexioa ahalbidetuko da, alderanzgailurako sarrera prestatuz. Gainera, sarrera horiek fusibleen bidezko babesa dute. Irteerari dagokionez, 1000 Vdc eta 100 A-rainokoa izan daiteke.

Ezaugarri fisikoei dagokienez, isolamendu bikoitzeko kutxa gardenean muntatuta dago eta IP55 babes-maila du. Bere neurriak 380 x 760 x 225 mm-koak dira. Korronte zuzeneko gaintentsioen aurreko babesa ere badauka, 2 motakoa 1000 Vdc-raino. Hurrengo 8.7. Irudian konexio-kutxaren itxura ikus daiteke. Gainerako ezaugarriak konexio-kutxari dagokion ezaugarri-orrian aurki daitezke.



8.7. Irudia. Konexio-kutxa.

### 8.6.- Kontadorea

Instalazioaren energia neurtzeko Schneider taldeko *Schneider Electric acti 9 serie iEM3000* gailua aukeratu da. Gailu honen bidez energia kontsumoa zein ekoizpenaren neurketa gauzatu daiteke, hornitutako eta jasotako energia aktiboa eta erreaktiboa neurtzen dituelarik. Bere tentsio izendatua 100 V eta 277 V artekoa da eta intentsitatea, aldiz, 63 A-koa. 8.8. Irudian kontadore horren irudia ageri da.



8.8. Irudia. Kontadorea.



## 9. PLANGINTZA

Diseinu eta dimentsionamendu lan honen garapena ahalbidetzeko zenbait ekintza planteatu eta antolatu dira. Ekintza horiek proiektua planteatzen den momentutik memoriari amaiera emateraino jarraitu den prozedura definitzen duten zereginak dira. Horrela, zeregin horiek definituz eta euren kronologia zehaztuz, diseinua pausoz pauso garatu da.

### 9.1.- Zereginen deskribapena

Ondoren, zeregin horietako bakoitza deskribatzeari ekingo zaio, bere helburua definituz. Halaber, zeregin bakoitzak entregagai bat izango du lotuta, diseinu lanean aurrera egin ahala ezarritako helburuak bete direla egiaztatzeko ebidentzia moduan.

## 1. ZEREGINA

Helburua: proiektuaren testuingurua zehaztu.

Entregagaiak:

- GrALa eta GIHen arteko lerrokatzea justifikatzen duen dokumentua.
- “2. Helburuak – Norainokoak”
- “3. Metodologia”

### 1. ZEREGINA

#### 1.1. ZEREGINA

Helburua: proiektua kokatu garapen jasangarria eta energia berriztagarrien markoan.

Entregagaia: proiektuaren helburuak garapen iraunkorrerako helburuekiko lerrokatzearen justifikazioa eta etorkizunari begira ekar ditzakeen onurak zehatzen dituen idazkia, GIHen eta GrALaren arteko koherentzia bermatuz.

#### 1.2. ZEREGINA

Helburua: proiektuaren xedeen definizioa eta hortik abiatuz helburu zehatzagoak zehaztea.

Entregagaiak:

- memoriaren “2. Helburuak – Norainokoak” atala definitu.
- proiektua garatzeko metodologia zehazten duen atala idatzi: “3. Metodologia”.

## 2. ZEREGINA

Helburua: eskuragarri dagoen abiapuntuaren zehaztapena.

Entregagaiak:

- BIEko II-I Eraikineko teiltuaren plano akotatuaren irudia.
- BIEko II-I Eraikineko argi moten ezaugarriak biltzen dituen taula.
- “Argindarra: Aurrekariak” kalkulu-orria.

### 2.1. ZEREGINA

Helburua: PV instalazioa kokatzeko eskuragarri dagoen eremuaren azterketa.

Entregagaia: PV instalazioa ezarriko den eremuaren, hots, BIEko II-I Eraikineko teiltuaren, plano akotatuaren irudia. Era berean, eskuragarri dagoen eremu horren azalera eta bestelako informazioaren bilketa aurrera eraman beharko da.

### 2.2. ZEREGINA

Helburua: momentuko luminariaren azterketa, argi motak eta argi kopurua zehaztuz.

Entregagaiak:

- gaur egun BIEko II-I Eraikina argizatzen duten argi mota guztiak biltzen dituen koadro deskriptiboa, bakoitzaren erabilera eremua adieraziz.
- “Argindarra: Aurrekariak” kalkulu-orria. Bertan solairu bakoitzeko argi kopurua bilduko da, argi motaren arabera sailkatuz.

### 3. ZEREGINA

Helburua: luminariaren analisisa eta ordezkapenaren proposamena zehaztu.

Entregagaiak:

- egun mota guztien kasuistikaren deskribapena.
- hilabete bakoitzean bereizten diren egun motak bilduko dituen taula.
- Ordezkapen proposamen moduan aurkezten diren lanparen ezaugarri-orriak.
- “Energia kontsumoa: Aurrekariak” kalkulu-orria.
- “Energia kontsumoa: Ordezkapena” kalkulu-orria.
- bi egoeretan emango den kontsumo energetikoaren konparaketa grafikoa.

#### 3.1. ZEREGINA

Helburua: eraikin bateko energia kontsumoaren kalkulua nola gauzatzen den ikertu.

Entregagaia: energia kontsumoa kalkulatzeko prozedura laburbiltzen duen eskema.

#### 3.2. ZEREGINA

Helburua: BIEko II-I Eraikinean luminariaren funtzionamendu-orduak estimatu, egun mota guztien kasuistikak kontuan izanik.

Entregagaiak:

- begiesten diren egun motak definitzen dituen eskema, egun horietako bakoitzean luminariaren estimatutako erabilpen denbora zehaztuz.
- urteko hilabete bakoitzak biltzen dituen mota bakoitzeko egun kopurua zehaztuko duen taula.

#### 3.3. ZEREGINA

Helburua: argiztapenaren ordezkapenerako aukerak aztertu eta proposamena burutu.

Entregagaia: ordezkapen aukera moduan proposatzen diren lanparen ezaugarri-orriak.

### **3.4. ZEREGINA**

Helburua: luminariaren ondoriozko energia kontsumoaren murrizketa gaur eguneko zein ordezkapen proposameneko argiteriarekin.

Entregagaia:

- “Energia kontsumoa: Aurrekariak” kalkulu-orria, gaur egun BIEko II-I Eraikinean luminariaren ondorioz xahutzen den energia kuantifikatuz.
- “Energia kontsumoa: Ordezkapena” kalkulu-orria, BIEko II-I Eraikineko luminaria ordezkatzuz xahutuko den energia kantitatearen hurbilketa biltzen duena.
- bai barra diagrama moduan, baita taula formatuan aipatutako bi egoeretan emango den energia kontsumoaren konparaketa.

### **4. ZEREGINA**

Helburua: energia fotovoltaikoaren zein PV instalazioen funtzionamenduaren inguruan ikertu, proiektuaren oinarri teorikoa definituz.

Entregagaia:

- “4. Kontzeptu teorikoak”.

### **5. ZEREGINA**

Helburua: PV instalazioa diseinatu eta dimentsionatzea.

Entregagaiak:

- “6. Instalazio eremuaren azterketa”.
- “7. Luminaria hornikuntza PV bidez. Diseinua”.
- “8. PV instalazioaren osagaien aukeraketa”.

### 5.1. ZEREGINA

Helburua: PV instalazioa ezarriko den eremuaren definizioa: eguzki-energia eskuragarria eta eremuak eskaintzen dituen dimentsionamendu aukeren zehaztapena.

Entregagaia:

- datu-base batetik eskuratutako eguzki-irradiazioaren balioak denboraldi batean zehar, Bilboko hirian: “7.1. Eguzki energia erabilgarriaren kalkulua”.
- BIEko II-I Eraikineko teilatuaren plano akotatuaren irudia.

### 5.2. ZEREGINA

Helburua: eguzki-zelulen eta horiei dagokien euskarrien aukeraketa.

Entregagaiak:

- eguzki-zelulen alternatiben analisia.
- aukeratutako zelularen ezaugarri-orria.
- aukeratutako euskarri-egituren ezaugarri-orria.

### 5.3. ZEREGINA

Helburua: eguzki-energiaren aprobetxamendua ahalik eta altuena izan dadin zelulen kokapena eta orientazioa determinatu.

Entregagaia:

- BIEko II-I Eraikineko erreferentzia batekiko eguzki-zelulen orientazio optimoa definituko duen dokumentua. Halaber, modulu horien inklinazio optimoa ere determinatu eta justifikatuko da.
- zelulen arteko distantzia minimoa definituko duen dokumentua, aukera hori justifikatuko duten kalkuluekin batera.
- BIEko II-I Eraikineko teilatuaren planoaren irudian eguzki-zelulen posizioa grafikoki definituko duen irudia.

#### **5.4. ZEREGINA**

Helburua: modulu fotovoltaikoetan itzalen eraginez eman daitezkeen galeren estimazioa burutu.

Entregagaiak:

- *Sketchup* software-ren bidez eguzkiaren mugimenduak sortutako itzalen ibilbidea definitzen duen simulazioa (bideoa, irudi bilduma, etab.).
- “7.4. Itzalen ondoriozko galeren kalkulua” atalaren garapena.

#### **5.5. ZEREGINA**

Helburua: saretik isolatutako sistema fotovoltaiko baten bideragarritasuna aztertu, instalatuko den sistema mota determinatzeko.

Entregagaia: “7.3. Autokontsumorako instalazio fotovoltaikoaren bideragarritasunaren azterketa”.

#### **5.6. ZEREGINA**

Helburua: sorgailu fotovoltaikoak ekoiztutako energia elektrikoa sarera konektatzeko egokituko duen alderanzgailua aukeratzea. Era berean, alderanzgailuak baldintzatuta, momenturaino gauzatutako diseinua egokitu.

Entregagaiak:

- “7.5. Alderanzgailuaren eta modulu fotovoltaikoen aukeraketarako irizpideak”.
- “7.6. Modulu fotovoltaikoen interkonexioa zehaztea”.
- “7.7. Hasierako dimentsionamenduaren zuzenketa”.

#### **5.7. ZEREGINA**

Helburua: sistemaren kableatuaren plangintza: eroaleen sekzioa, erabiliko den kable mota zein osagarrien aukeraketa.

Entregagaiak: “7.8. Kableatuaren kalkulua”.

## 6. ZEREGINA

Helburua: instalazio fotovoltaikoak erregulatzen dituen araudiari buruzko informazioa bildu eta diseinatutako instalazioari egokitu.

Entregagaia: “12. Marko legala”.

## 7. ZEREGINA

Helburua: analisi ekonomikoa.

Entregagaia: “10. Analisi ekonomikoa”.

### 7. ZEREGINA

### 7.1. ZEREGINA

Helburua: proiektu proposamenak ekarriko duen kostu ekonomikoa determinatzea, bai baliabide materialei dagokien aldetik, baita giza baliabideei dagokien partetik ere.

Entregagaiak:

- “10.1. Luminariaren ordezkapenaren aurrekontua”.
- “10.2. PV instalazioaren aurrekontua”.
- “10.3. Diseinu lanaren aurrekontua”.
- “10.4. Aurrekontu orokorra”.

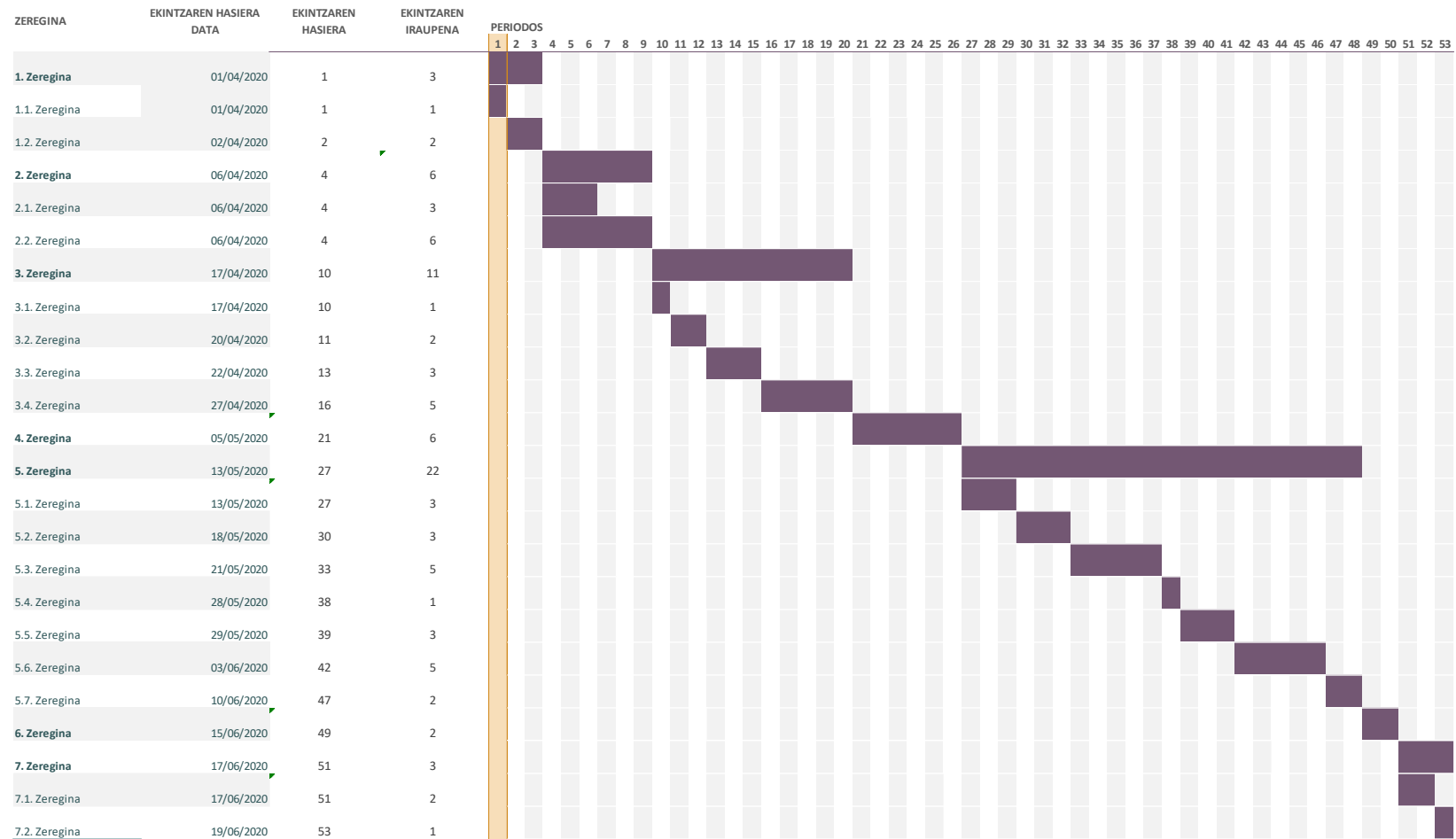
### 7.2. ZEREGINA

Helburua: proiektua ezartzekotan hasierako inbertsioa amortizatzeko beharko den denboraren estimazioa gauzatzea.

Entregagaiak: “10.5. Amortizazio analisia”.

## 9.2.- Gantt-en diagrama

Aurrekoaren harira, proiektuaren diseinua aurrera eramateko garatu diren zereginak Gantt-en diagrama batean bildu dira (9.1. Irudia). Horrela, ekintza bakoitzak denboran izan duen iraupena planteatu da. Guztira, 53 lan egun behar izango dira diseinu lana burutzeko.



9.1. Irudia. Gantt diagrama



## 10. GASTU EKONOMIKOAK

Dokumentu teknikoaren atal honetan proiektuaren aspektu ekonomikoak definituko dira. Alde batetik, instalazio fotovoltaikoaren ezarpenak ekarriko lituzkeen kostu zuzenak aztertuko dira. Era berean, BIEko II-I Eraikineko luminaria ordezkatzekak suposatuko lukeen inbertsioa ere aztertuko da. Bestalde, proiektuaren garapenaren alderdi ekonomikoei erreparatuko zaie, hots, diseinu eta dimentsionamendu lana gauzatzeko erabilitako giza-baliabideei.

Analisi ekonomiko hori gauzatzekoan euren balioaren %21-eko BEZa aplikatu zaie elementu materialei.

### 10.1.- Luminariaren Ordezkapenaren Aurrekontua

Gaur egun BIEko II-I Eraikinean dagoen argiztapena ordezkatzeari dagokionez, dokumentu honen 5. Atalean egindako ordezkapen proposamenaren kostu ekonomikoa hurrengo 10.1. Taulan biltzen da.

OSAGAIAK	PREZIOA (unitateko)	KOPURUA	BIZITZA ERABILG.	PREZIO TOTALA (BEZik gabe)	PREZIO TOTALA (BEZa barne)
CorePRO LED PL-C 9W 840 4P G24-q3	9,23 €	432	30.000 h	3.989,56 €	4.827,37 €
CorePRO LEDtube 600mm 8W 865	5,13 €	1478	30.000 h	7.582,14 €	9.174,39 €
MASTER LEDtube Universal 1200mm UO 16W 865 T8	20,13 €	2792	60.000 h	56.200,73 €	68.002,88 €
MASTER LEDtube Universal 1500mm UO 24W 865 T8	10,74 €	328	60.000 h	3.522,72 €	4.262,49 €
<b>PREZIOA GUZTIRA (BEZik gabe)</b>				<b>71.295,15 €</b>	
<b>PREZIOA GUZTIRA (BEZa barne)</b>				<b>86.267,13 €</b>	

10.1. Taula. Luminariaren ordezkapen aukeren aurrekontua.

Gauzak horrela, luminariaren ordezkapen proposamenak eskatuko lukeen hasierako inbertsioa 86.267,13 €-koa izatea espero da.

## 10.2.- PV Instalazioaren Aurrekontua

BIEko II-I Eraikineko teiltuan diseinatutako instalazio fotovoltaikoa ezartzean erabiliko diren baliabide materialen kostu ekonomikoa estimatuko da orain. Horretarako, 10.2. Taulan PV instalazioan erabiliko diren osagaien aurrekontua dago eskuragarri.

OSAGIAK	PREZIOA (unitateko)	KOPURUA	BIZITZA ERABILG.	PREZIO TOTALA (BEZik gabe)	PREZIO TOTALA (BEZa barne)
<b>Modulu fotovoltaikoa: <i>YL325D-30b</i></b>	134,36 €	126	25 urte	16.929,76 €	20.485,01 €
<b>Euskarri- egitura: <i>Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana 12V (6 modulu)</i></b>	226,73 €	16	25 urte	3.627,68 €	4.592,00 €
<b>Euskarri- egitura: <i>Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana 12V (2 modulu)</i></b>	90,06 €	1	25 urte	90,06 €	114,00 €
<b>Euskarri- egitura: <i>Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana 12V (4 modulu)</i></b>	153,26 €	7	25 urte	1.072,82 €	1.358,00 €

OSAGAIAK	PREZIOA (unitateko)	KOPURUA	BIZITZA ERABILG.	PREZIO TOTALA (BEZik gabe)	PREZIO TOTALA (BEZa barne)
<b>Loturako gailuak:</b> <i>Kit unión S15</i>	6,32 €	16	25 urte	101,12 €	128,00 €
<b>Alderanzgailua:</b> <i>IngeconSun Smart 30</i>	1.580,00 €	1	25 urte	1.580,00 €	2.000,00 €
<b>Kableatua CC:</b> <i>TOPSOLAR H1Z2Z2-K 6 mm</i>	1,63 €	800	30 urte	1.301,92 €	1.575,32 €
<b>Kableatua AC:</b> <i>General cable RZ1-K 1x50 mm2</i>	5,69 €	100	30 urte	569,00 €	688,00 €
<b>Konexio-kutxa:</b> <i>STC8 100A</i>	375,00 €	1	-	375,00 €	453,75 €
<b>Kontadorea:</b> <i>Acti 9 iEM3000</i>	235,48 €	1	18 hilabete	235,48 €	284,93 €
<b>PREZIOA GUZTIRA (BEZik gabe)</b>				<b>25.882,84 €</b>	
<b>PREZIOA GUZTIRA (BEZa barne)</b>				<b>31.679,01 €</b>	

10.2. Taula. PV instalazioa osatzen duten elementuen aurrekontua.

Aurrekoa aintzat hartuz, instalazio fotovoltaikoaren elementuak eskuratzearen kostu ekonomikoa 31.679,01 €-koa izango dela estimatzen da. Aurrekontu horren barruan ez da kontuan hartu ekipo guztiak ezartzeak izango lukeen kostua. Proiektu proposamen hau aurrera aterako balitz eta instalazioa burutzea erabakiko balitz erreparatu beharko litzakeen alderdia dela hartu baita.

### 10.3.- Diseinu Lanaren Aurrekontua

Gastu ekonomikoen azterketa borobiltzeko dokumentu teknikoaren aurrekontua garatu beharra dago. Atal honetan kontuan izango dira dokumentuaren idazketarako erabilitako baliabideak; halaber giza baliabideak eta baliabide materialak.

10.3. Taula eta 10.4. Taulan aspektu horiek proiektuaren garapenean izango duten eragin ekonomikoa biltzen da. Alde batetik, giza baliabideek sortutako gastuak aurreikusi dira, hots, diseinu lana garatzen ibili diren ingeniarien soldatak. Bestetik, memoria teknikoaren garapenean erabilitako baliabide teknologikoak kontuan izan dira (bai *software*, baita *hardware* baliabideak ere). Azken horien kasuan estimatu da erabilitako gailu eta lizentziak jadanik amortizatu direla.

<b>Giza Baliabideak</b>				
	<b>UNITATEA</b>	<b>KOPURUA</b>	<b>KOSTUA (unitateko)</b>	<b>KOSTU TOTALA</b>
<b>Junior Ingeniaria</b>	h	424	20,00 €	8.480,00 €
<b>Senior Ingeniaria</b>	h	30	60,00 €	1.800,00 €
<b>Giza baliabideen kostua</b>				<b>10.280,00 €</b>
<b>Baliabide Materialak</b>				
			<b>KOSTUA</b>	
<b>Ordenagailua</b>			0 €	
<b>Microsoft Office lizentzia</b>			0 €	
<b>Windows 10</b>			0 €	
<b>Google Sketchup</b>			0 €	
<b>Baliabide materialen kostua</b>			<b>0 €</b>	
<b>GUZTIZKO KOSTUA</b>			<b>10.280,00 €</b>	

10.3. Taula. Giza baliabide zein baliabide materialen aurrekontua.

Beraz, instalazio fotovoltaikoa diseinatzeak eta horri dagokion memoria teknikoaren idazketak izango duen kostua 10.280,00 €-koa izango litzateke guztira.

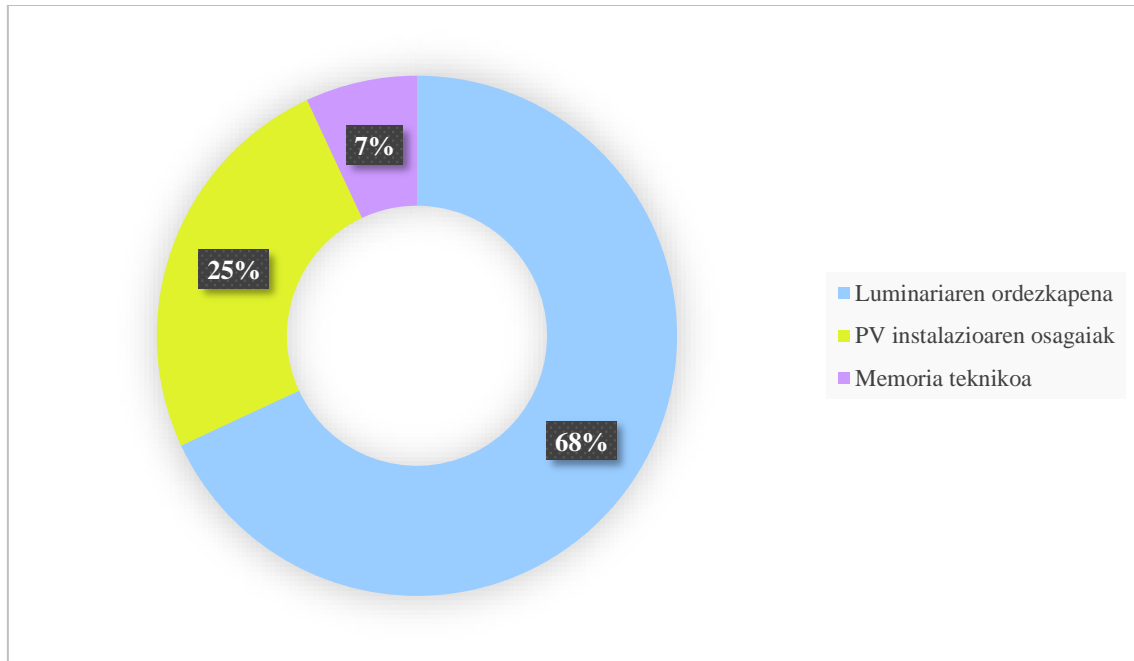
#### 10.4.- Aurrekontu Orokorra

BIEko II-I Eraikinean energia aprobetxamendua bultzatzeko gauzatu nahi diren bilakaeren kostu totalari erreparatuko zaio orain. Aurreko ataletan analizatutako alderdiak izan beharko dira kontuan: bai luminariaren ordezkapenak izango duen kostua, bai energia hori hornitzeko ezarri nahi den instalazio fotovoltaikoak beharko lukeen inbertsioa, baita diseinu lanak dakartzan kostuak ere. Era horretan, 10.4. Taulan bildu da diseinu proposamenak eskatzen duen hasierako inbertsioa.

	<b>KOSTUA</b>
<b>Luminariaren ordezkapena</b>	86.267,13 €
<b>PV instalazioa</b>	31.679,01 €
<b>Diseinu lanean erabilitako baliabideak</b>	10.280 €
<b>GUZTIZKO KOSTUA</b>	<b>128.226,14 €</b>

10.4. Taula. Aurrekontu orokorra.

Proiektu proposamen honek eskatzen duen hasierako inbertsioa, hortaz, 128.226,14 €-koa izatea zenbatesten da. Zenbateko hori osatzen duten aspektu bakoitzak zein proportzioan eragiten duen aztertzeko 10.1. Irudia sortu da. Hor ikus daitekeen moduan, hasierako inbertsioaren %68 luminariaren ordezkapenera zuzenduta egongo litzateke, %25 instalazio fotovoltaikoaren osagaiak erostera eta %7, aldiz, diseinu lanaren garapenera.

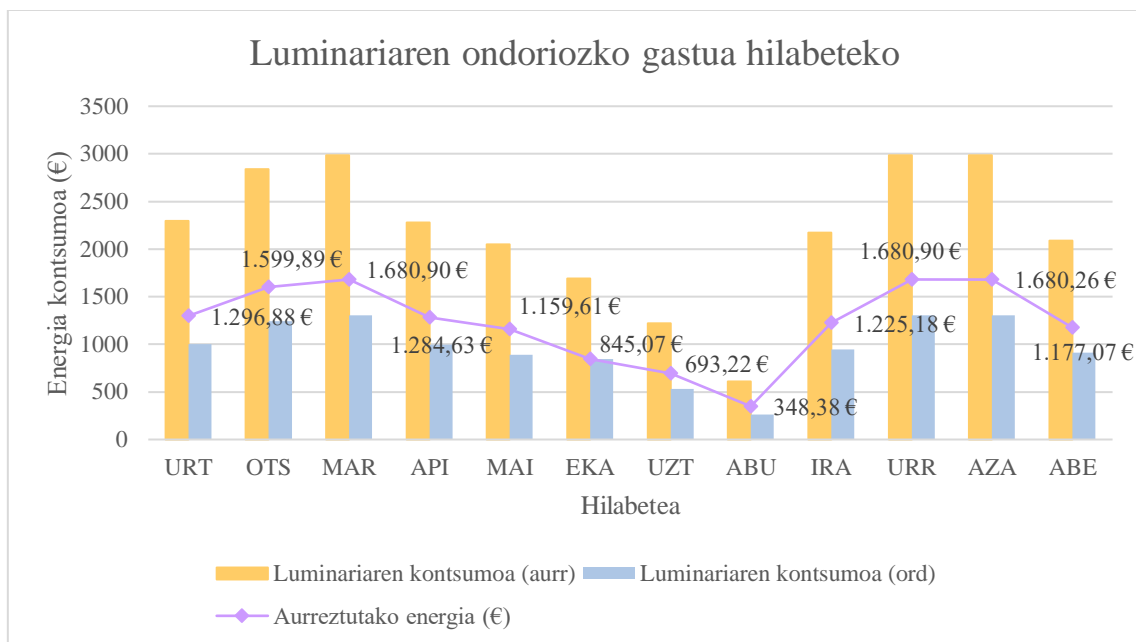


10.1. Irudia. Aurrekontu orokorraren banaketa.

### 10.5.- Proiektuaren Errentagarritasunaren Analisia

Proiektuaren analisi ekonomikoari dagokion beste alderdietako bat diseinu proposamenaren errentagarritasuna da. Hori dela eta, PV instalazioaren zein luminariaren ordezkapenaren amortizazioa aztertuko dira.

Luminaria ordezkatzeko ekarriko duen aprobetxamendu energetikoa aztertu denean ikusi ahal izan den bezala, ekintza horrek ekarriko duen aurreztea nabarmena izango da. 10.2. Irudian argiztapen aukera bakoitzarekin (gaur eguneko eta ordezkapen proposamenari dagokiona) BIEko II-I Eraikineko energiaren fakturaren zenbatespena ikus daiteke. Era berean, ordezkapen proposamena ezartzeak hilabetero suposa dezakeen aurrezte ekonomikoa adierazten da. Estimazioak egiteko energiaren kostua 0,096 €/kWh-koa dela hartu da [17].



### 10.2. Irudia. Luminariaren ondoriozko gastua hilabeteko.

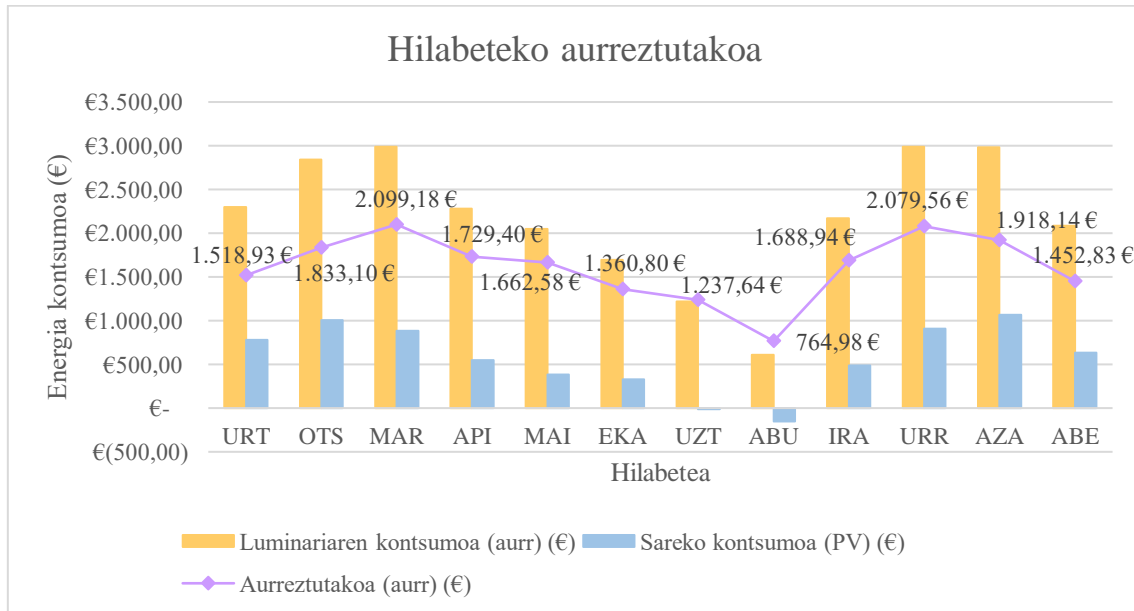
Grafikoan ikus daitekeen moduan BIEko II-I Eraikinean energia eraginkortasuna sustatzearekin batera energiaren fakturan ere energia kontsumo jasangarriago hori nabarituko da. Oro har, aurrezterik handiena kontsumo gehieneko hilabeteetan emango da. Hala ere, proportzioan, hilabete guztietan gaur eguneko gastuaren %56 aurreztuko litzateke luminariaren ordezkapen proposamena ezarriko balitz.

Soilik luminaria aldatzeko proposamenari jarraituz, beraz, urtero 14.672 € aurrezte lortuko litzateke.

Proiektua bere osotasunean aurrera eramango balitz, hots, luminariaren ordezkapenaz gain energia horniketa energia fotovoltaikoaren bitartez burutuko balitz, aurrezte ekonomikoa zein energetikoa areagotuko litzateke. Autokontsumorako instalazio fotovoltaikoak ahalbidetuko luke luminariak eskatzen duen energiaren zati esanguratsua asebetetzea. Are gehiago, eguzki-erradiazio gehien eta kontsumo gutxien duten hilabeteetan (uztaila eta abuztua) energia soberakinak ekoiztuko direla aurreikusten da, horiek sarera saltzeko aukerarekin. Autokontsumoari lotutako 244/2019 Errege Dekretuan oinarrituz, ekoiztutako energia gehigarri hori 0,05 €/kWh-ko prezioan saltzea



estimaten da. 7.5. Taulako estimazioetatik abiatuz, aurrezte hori kalkulatu eta 10.3. Irudian bistaratu da.



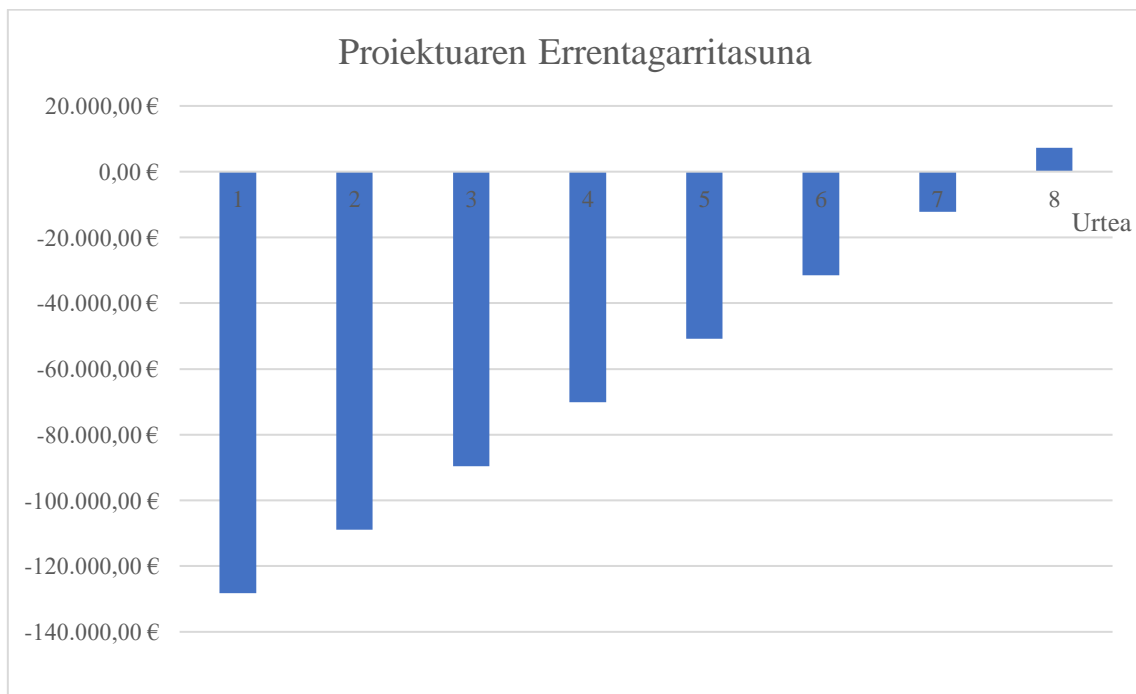
### 10.3. Irudia. Guztizko aurrezte hilabeteko.

Agerian geratzen da aurrezte nabaria dela luminariaren kontsumoa planteatzen den autokontsumorako instalazio fotovoltaikoaren bidez hornitzen bada. Aurreikusten zen eran, udako hilabeteetan izango da eraginkorra aukera hori; izan ere uztailean zein abuztuan ez da saretik energia erosteko beharrik. Are gehiago, hilabete horietan behar baino energia gehiago kontsumituko dela aurreikusten da. Gauzak horrela, urte osoan zehar 19.346,07 € aurreztu daitezkeela estimatzen da, gaur eguneko egoerarekin alderatuz.

Proiektuaren ezarpenak egungo egoerarekin konparatuz aprobetxamendu energetikoa zein aurrezte ekonomikoa ekarriko baditu ere, kontuan hartzekoa da instalazioak ez duela irabazi garbirik sortuko. Hau da, luminariaren energia eskaria erabat asebetetzea ezinezkoa denez, eremuaren ezaugarriak direla eta, urteko hilabete gehienetan saretik energia erosten jarraitu beharko da, nahiz eta orain baino kantitate nabarmen txikiagoan.

Luminariaren energia hornikuntzan urtero aurrezten dena eta hasieran gauzatu beharreko inbertsioa, 128.226,14 €-koa, kontuan hartuz, 10.4. Irudian ageri den grafikoa

irudikatu da. Grafikoan ikus daiteke hasieran egin beharreko inbertsio horren hainako aurrezte metatua lortuko dela 7 eta 8 urte bitarteko epean. Hortaz, nahiz eta ezin den esan instalazioa amortizatuko denik, proiektua errentagarria dela esan daiteke; izan ere zenbait onura ekonomiko zein energetiko ekarriko dituela agerian geratzen da.



10.4. Irudia. Proiektuaren errentagarritasuna.

## 11. ONDORIOAK

“BIEko II-I Eraikineko Luminaria Autokontsumorako Instalazio Fotovoltaikoaren Bidez Hornitzea: diseinua eta dimentsionamendua” proiektuaren garapenetik zenbait ondorio atera daitezke.

Lehenik eta behin, nabarmendu beharra dago proiektu honek garapen iraunkorreko helburu zein erronkekin duen konpromezua. Izan ere, energia berriztagarrien, zehazki energia fotovoltaikoaren, erabilera bultzatuz, gaur egun BIEn erabiltzen den energia ekoizteko modua erabat aldatzea planteatzen da. Ildo horretatik, ingeniartzaren alorretik ere ingurumenarekiko errespetuzko jarrerak eta jokabide jasangarriak izatea posiblea dela agerian geratu da.

Diseinu lanaren aurreneko gatazka BIEko II-I Eraikineko argiteriarekiko izan da. Jada aurretik planteatu den bezala, gaur egun eskolan dagoen argiztapenaren kontsumo energetikoa hein handian murrizteko aukera ikusi da. Aurreikusi den moduan, dokumentu teknikoan zehar gauzatutako kalkuluek agerian utzi dute bai aprobetxamendu energetikoa, baita gastu ekonomikoan emandako aurrezte ere, nabariak izan daitezkeela.

Sistema fotovoltaikoaren diseinua eta dimentsionamendua aurrera eraman ahal izateko funtsezkoa izan da zenbait *software*-n erabilera. Bereziki eremuaren azterketa gauzatzeko orduan beharrezkoak izan da sare espezializatuen erabilera; hala nola PVGIS sistemarena, eguzki-erradiazioari eta bestelako parametro meteorologikoren informazioa biltzeko. Halaber, instalazio fotovoltaikoaren 3D-ko maketa digitala eraikitzeko *Google Sketchup* aplikazioa erabili da, itzalen ibilbidea analizatzea ahalbidetu duena.

Instalazio fotovoltaikoari dagokion partetik, zenbait aldaketa burutu behar izan dira hasierako planteamenduari dagokionez; izan ere, ezin izan da BIEko II-I Eraikineko luminariak eskatzen duen kontsumo energetikoa urte osoan zehar erabat asebetu. Alternatiba moduan autokontsumorako instalazioa diseinatu da. Horrela, nahiz eta sareko energiaren beharra izango den, modu garbian ekoiztutako energia ere erabili ahalko da, horrek dakartzan onurekin.

Halaber, proiektuaren bideragarritasuna ere ziurtatuta geratu da dokumentu teknikoan burututako analisietan. Nahiz eta instalazio fotovoltaikoak ez duen irabazi zuzenik ekarriko, energia kontsumoaren fakturan murrizketa nabaria suposatuko du: urtean 19.346,07 € aurreztuko dira. Proiektu osoaren ezarpenari dagokionez, 128.226,14 €-ko hasierako inbertsioa eskatzen badu ere, bai aspektu ekonomikoaren, bai energia aprobetxamenduari dagokion alderditik ere onuragarria izan daiteke; bereziki, epe luzerako inbertsioa baita.

Horretaz guztiaz gain, EHUko eraikinetako batean ezarri nahi den sistema honek antzeko praktikak sustatzeko aurrekaria ezarri dezake (ikerkuntzarako helburuekin, energia aprobetxamenduari begira, eta abar).

Laburbilduz, proiektu proposamen honen bitartez energia aprobetxamendua eta horren ekoizpen garbia sustatzen duen kontsumo modalitate baten aukera aurkeztea lortu da. Alde batetik, garrantzi handia izango duen energia ekoizteko modua integratuz, eguzki energia fotovoltaikoa, eta, bestetik, energia aprobetxamenduaren auziaren aurrean soluzio bideragarria proposatuz.

Ikuspuntu pertsonalago batetik begiratzuz, proiektuaren garapena zenbait aspekturi dagokionez probetxugarria suertatu da. Energia berriztagarrien munduarekin kontaktu zuzena ezartzeko aukera izan da. Graduan zehar etengabeko aipamena duen arloa da energia berriztagarriena; hala ere, orokorrean, ez dago aukera gehiegirik horretan sakontzeko. Beraz, teknologia mota horiek, eguzki-energia fotovoltaikoarena zehazki, hobeto ezagutu ahal izan dira. Horrekin lotuta, teknika jasangarrien garapenean dagoen aukera aniztasuna ere ezagutzea posiblea izan da.

## 12. MARKO LEGALA

Diseinatutako instalazio fotovoltaikoaren ezarpenerako kontuan izan beharreko marko legala ondoren agertzen den legeriak definitzen du estatu mailan.

- Abuztuaren 2ko **842/2002 Errege Dekretua**, Behe Tentsioko Araudi Elektroteknikoa onartzen duena (2002-08-03ko BOE) [15].
- Maiatzaren 25eko **661/2007 Errege Dekretua**, erregimen berezian energia elektrikoaren ekoizpena onartzen duena (2007-05-25eko BOE) [18].
- Azaroaren 18ko **1699/2011 Errege Dekretua**, potentzia txikiko energia elektrikoaren ekoizpenerako instalazioen sarerako konexioaren arauketa onartzen duena (2011-11-18ko BOE) [19].
- Sarera konektatutako eguzki energia fotovoltaikoko instalazioentzat Baldintza Teknikoen Agiria. IDAE [20].

Autokontsumoari dagokion legeria “Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo” gidan [21] laburbiltzen da. Abenduaren 26ko **24/2013 Legean** [22], Sektore Elektrikoari dagokiona, autokontsumoa definituta geratzen da eta zenbait modalitate bereizten dira 9. artikuluan. Lege horren erreforma jasotzen duten zenbait Errege Dekretu ere kontuan hartzekoak dira:

- Urriaren 9ko **900/2015 Errege Dekretua**, autokontsumoaren modalitateen baldintza administratiboak, teknikoak eta ekonomikoak arautzen dituena (2015-10-10ko BOE) [23].
- Urriaren 5eko **15/2018 Errege Lege Dekretua**, zeinetan Espainiako kontsumoaren arauketan aldaketa nabarmenak ezartzen diren, kontsumitzaileak, ekoizleak eta gizarteak, oro har, jarduera horrek ekar ditzakeen abantailez baliatu ahal izateko (2018-10-06eko BOE) [24].
- **224/2019 Errege Dekretua**: autokontsumoan eragina duten zenbait Errege Dekretuetan aldaketak gauzatzen ditu (2019-04-06eko BOE) [13].

### 13. BIBLIOGRAFIA ETA ERREFERENTZIAK

- [1] Nazio Batuen Erakundea, Garapen Iraunkorreko Helburuen web ofiziala [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/> [Azken sarbidea: 2020-03-23]
- [2] Euskal Herriko Unibertsitatearen web orri ofiziala, «IKD i<sup>3</sup> estrategia», [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://www.ehu.eus/eu/web/iraunkortasuna/ehuagenda-2030/ikd-i3-estrategia> [Azken sarbidea: 2020-02-17]
- [3] EcoInventos. (2019ko otsailaren 4a). [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://ecoinventos.com/celulas-solares-fotovoltaicas/> [Azken sarbidea: 2020-04-22]
- [4] Jorge Mírez. (2013ko ekainaren 5a). Componentes de la radiación solar. [Blog batean argitaratua]. Hemendik eskuratua: <https://jmirez.wordpress.com/2013/06/05/j585-componentes-de-la-radiacion-solar/> [Azken sarbidea: 2020-04-22]
- [5] AELEC-en web orri ofiziala, [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://aelec.es/> [Azken sarbidea: 2020-05-14]
- [6] SunFields-en web orri ofiziala, [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/> [Azken sarbidea: 2020-04-22]
- [7] Cenit Solar-en web orri ofiziala [En línea]. Hemendik eskuratua: [http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica\\_red\\_esquema.php](http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_red_esquema.php) [Azken sarbidea: 2020-04-22]
- [8] Google Earth [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://www.google.com/intl/es/earth/> [Azken sarbidea: 2020-06-01]
- [9] Solargis-en web orri ofiziala, Solar resource maps of Europe, [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/europe> [Azken sarbidea: 2020-03-03]
- [10] Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis> [Azken sarbidea: 2020-06-03]

- [11] Ingelibre, «Cálculo de la distancia mínima entre placas solares», (2014ko urriaren 28a). [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://ingelibreblog.wordpress.com/2014/01/18/calculo-de-la-distancia-minima-entre-placas-solares/> [Azken sarbidea: 2020-05-14]
- [12] Google, «Sketchup», 2020. [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://www.sketchup.com/es> [Azken sarbidea: 2020-06-22]
- [13] Espainia. Trantsizio Ekologikorako Ministerioa. (2019). *Real Decreto por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.* (244/2019 ED). Madril: BOE.
- [14] Industria, Merkataritza eta Turismo Ministerioa, «Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión», Madril, 2019ko azaroa. [En línea]. Hemendik eskuratua: [http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt\\_guia.aspx](http://www.f2i2.net/legislacionseguridadindustrial/rebt_guia.aspx) [Azken sarbidea: 2020-07-12]
- [15] Espainia. Zientzia eta Teknologia Ministerioa. (2002). *Real Decreto por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.* (842/2002 ED). Madril: BOE.
- [16] LM8 Solar-en web orri ofiziala, Yingli Solar, [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://lm8solar.com/paneles-solares/yingli-solar/> [Azken sarbidea: 2020-04-12]
- [17] Selectra, «Precio de la luz por horas», (2020ko uztailaren 10a). [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://tarifaluzhora.es/> [Azken sarbidea: 2020-07-10]
- [18] Espainia. Industria, Turismo eta Merkataritza Ministerioa. (2007). *Real Decreto por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.* (661/2007 ED). Madril: BOE.
- [19] Espainia. Industria, Turismo eta Merkataritza Ministerioa. (2011). *Real Decreto por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia.* (1699/2011 ED). Madril: BOE.
- [20] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), «Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red», Madril, 2011ko

- uztaila. [En línea]. Hemendik eskuratua:  
[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_FV\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_a\\_red\\_C20\\_Julio\\_2011\\_3498eaaf.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf)  
[Azken sarbidea: 2020-07-12]
- [21] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), «Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo», Madril, 2019ko abuztuaren 8a. [En línea]. Hemendik eskuratua: <https://www.idae.es/publicaciones/guia-profesional-de-tramitacion-del-autoconsumo> [Azken sarbidea: 2020-07-12]
- [22] Espainia. Parlamentua. (2013). *Ley del Sector Eléctrico*. (24/2013 Legea). Madril: BOE.
- [23] Espainia. Industria, Energia eta Turismo Ministerioa. (2015). *Real Decreto por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo*. (900/2015 ED). Madril: BOE.
- [24] Espainia. Parlamentua. (2018). *Real Decreto-ley de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores*. (15/2018 Errege-Lege Dekretua). Madril: BOE.
- [25] Narciso Moreno Alfonso eta Lorena García Díaz, «Instalaciones de Energía Fotovoltaica», Madril, 2010.
- [26] Colectivo, «Instalaciones de Energía Fotovoltaica. Manual del Instalador», Sevilla, 2002.
- [27] Ingeteam-en web orri ofiziala, [En línea]. Hemendik eskuratua: [https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/s15\\_24\\_p/productos.aspx](https://www.ingeteam.com/es-es/sectores/energia-fotovoltaica/s15_24_p/productos.aspx) [Azken sarbidea: 2020-06-19]
- [28] Philips Lighting-en web orri ofiziala, [En línea]. Hemendik eskuratua: [https://www.lighting.philips.es/prof/led-lamparas-y-tubos#pfpath=0-LED\\_GR](https://www.lighting.philips.es/prof/led-lamparas-y-tubos#pfpath=0-LED_GR)  
[Azken sarbidea: 2020-04-25]