



IKER
GAZTE
NAZIOARTEKO
IKERKETA EUSKARAZ

V. IKERGAZTE NAZIOARTEKO IKERKETA EUSKARAZ

2023ko maiatzaren 17, 18 eta 19a
Donostia, Euskal Herria

ANTOLATZAILEA:
Udako Euskal Unibertsitatea (UEU)



Aitortu-PartekatuBerdin 3.0

INGENIARITZA ETA ARKITEKTURA

Vitoria-Gasteizko egoitza
publikoen estalkien ebaluazioa,
plaka fotovoltaikoak instalatzeko

*Mikel Garro Aguilar eta
Ana Picallo Perez*

35-41 or.

<https://dx.doi.org/10.26876/ikergazte.v.03.04>

ANTOLATZAILEA:



BABESLEAK:



LAGUNTZAILEAK:



Vitoria-Gasteizko egoitza publikoen estalkien ebaluazioa, plaka fotovoltaikoak instalatzeko

Mikel Garro-Aguilar¹, Ana Picallo-Perez¹

(1)ENEDI ikerketa taldea, Ingeniaritza Energetikoa Saila, Euskal Herriko Unibertsitatea
(UPV/EHU); Alameda Urquijo, S/N, 48013 Bilbo, Bizkaia, Espainia E-posta:
mikel.garro@ehu.eus

Laburpena

Azterlan honetan, kalkulatzen da Vitoria-Gasteizko etxebizitza-parkeko egoitza publikoetan plaka fotovoltaikoak instalatzeko azalera optimoa eta horien potentziala. 2019. urtean zehar metatutako eguzki-erradiazioa kalkulatzen da, eta plaka fotovoltaikoen irizpide espezifiko batzuen arabera, estalkiak edota eremuak zehazten dira, baita estalki horiek jasoko luketen erradiazio kantitatea eta potentziala ere. Era berean, estalkien egoera ulertzeko hainbat adierazle zehazten dira.

Hitz gakoak: Potentzial fotovoltaikoa, Vitoria-Gasteiz, Eguzki erradiazioa, Estalkiak.

Abstract

This study calculates the optimal area and potential for installing photovoltaic panels in the public dwelling buildings of the Vitoria-Gasteiz housing park. By calculating the accumulated solar radiation during 2019, and according to specific criteria of photovoltaic panels, the roofs and/or areas are determined, as well as the amount or potential of radiation that those roofs would receive and would have. Some indicators are also defined for better understand the situation of the roofs under study.

Keywords: Photovoltaic potential, Vitoria-Gasteiz, Sun radiation, Roofs.

1. Sarrera eta motibazioa

Espainiak, bertako klima eta kokapen geografikoa dela-eta, urtean eguzki-ordu kopuru nabarmena du, eta, honek, energia garbia ustiatzeko aukera ematen du, energia-beharrak asetzeko potentzial nabarmenarekin. Kontuan hartuta munduko biztanleriaren zati handi bat hirietan biltzen dela, beharrezkoa da hiri-inguruneen garapen iraunkorra bermatzeko hiri-planak ezartzea, eskura dauden giza baliabideez eta teknologiaz baliatuta. Gainera, kontsumitutako energia guztiaren ia % 40 eraikinei dagokie, eta, beraz, aukeretako bat da eguzki-teknologiaren bidez energia ekoiztea, hala nola, eraikinen estalkietan plaka fotovoltaikoak kokatuz. Horrela, lan honek Vitoria-Gasteiz hiriararen eguzki-potentziala aztertzen du, eguzki-plakak instalatzeko ezaugarri egokiko eremu geografikoa baita. Izan ere, zenbait azterlanek biztanle-dentsitate handiko eremuak, adibidez, hiriguneak, eguzki-ekoizpenerako potentzial handiko tokizat identifikatu dituzte, hala nola Miraflores de la Sierra (Madril) (Ávila eta Zamora, 2015).

Bideragarritasun-analisiari dagokionez, askotan analisia eguzki-erradiazioa kalkulatzera mugatzen da, baina, hala ere, ingurunea funtsezkoa da. Gainera, azterketa are zehatzagoa egin daiteke, Valentziako etxebizitzaren kasuan bezala (Aparisi, 2019), zeinetan estalkiaren orientazioa eta aldameneko eraikinena kontuan hartu behar baitira, eta baita teilen inklinazioa ere. Bestalde, Gijongo ingeniarietza eskola politeknikoak bideragarritasun fotovoltaikoa aztertu zuen Asturiasen (Guerrero, 2021).

Nazioarte mailan, Peru eguzki-erradiazio handia duen herrialde bat denez, energia fotovoltaikorako ikerketa ugari garatu dira, Pedro Ruiz Galloren unibertsitate nazionalak egindako ikerketa kasu (Guevara, 2018). Antzeko ikerketa kasu bat Suedian ere garatzen da (Haegermark eta Dalenbäck, 2017).

2. Arloko egoera eta ikerketaren helburuak

Lan honetan 31 egoitza publikoen 159 atalondo aztertzen dira Vitoria-Gasteiz hirian, non horien batz besteko adina 16 urtekoa den. Gainera, 31 eraikinen % 84ak D eta E letrako energia-eraginkortasun ziurtagiria du, alegia, nahiko balio eskasa dute.

Energia-kontsumoan zentratuz, eskuragarri dauden datuak kontuan hartuz eta atalondoetako etxebizitza kopuruaren zein kontsumoen batz besteko bat eginda, atalondo bakoitzak 40,3 MWh/urte kontsumitzen ditu. Hala eta guztiz ere, 31 eraikinetatik 21ek energia berriztagarri motako eguzki-sistema termikoak instalatuta dauzka jada, baina oraindik lekua dago instalazioa handitzeko.

Hau guztia kontuan hartuta, ikerketa honen helburu nagusiak hurrengoak dira:

- Eraikinen estalkien potentzial fotovoltaikoa estimatzea.
- Eraikinen egoera erreala aztertzea.

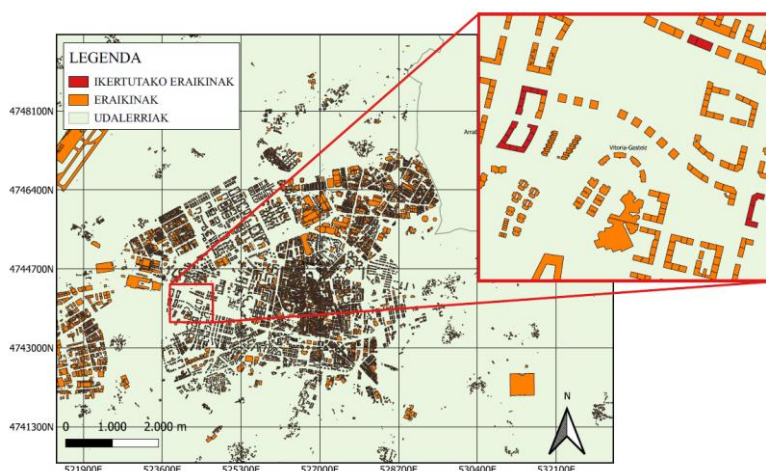
3. Ikerketaren muina

Atal honetan, metodologia deskribatzen da.

3.1 Azterketa eremua

Vitoria-Gasteizko egoitza publikoko estalkien eguzki-erradiazioa aztertzeko, QGIS georreferentziario-softwarea erabili da (sarbide irekiko Informazio Geografikoko Sistema). Tresna honek munduko leku zehatz baten datu-bolumen handiak antolatzen ditu, datuak biltegitatzeko, manipulatzeko, aztertzeko eta modelatzeko aukera emanez, ikusi 1. irudia.

1. irudia. Azterlanaren egoera-mapa



3.2 Datuak

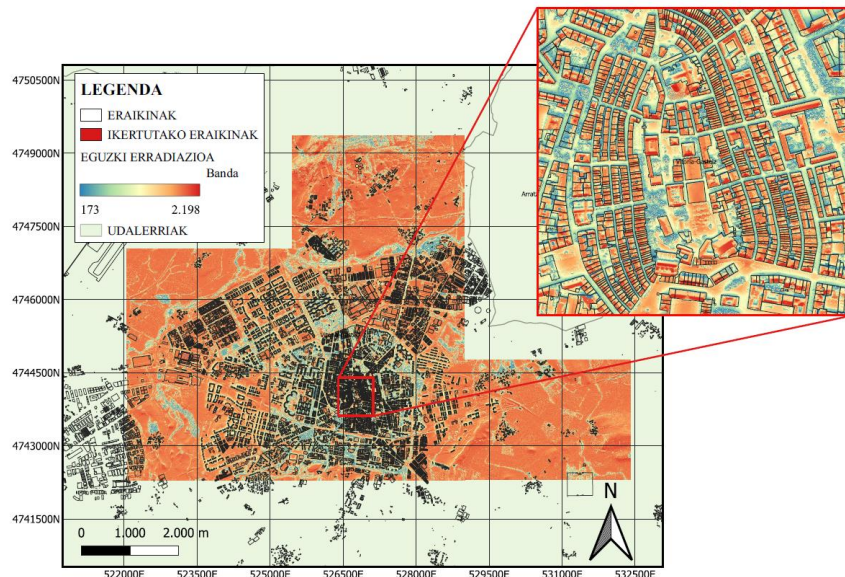
Datu topografikoak GeoEuskadi-tik (<http://www.geo.euskadi.eus>) lortu dira, zeinek Euskal Autonomia Erkidego (EAE) osoko datuak biltzen baitituen. Hauek, LIDAR (“Light Detection and Ranging”) motakoak dira eta teledetekzio optikoaren bidez lortzen dira laser-argi baten bidez. Hau da, x-y-z neurketa zehatzekin luraren gainazalaren lagin trinko bat definitzen dute airezko laser-irudien aplikazio kartografikoetan bezala. Datu horiek EAeko herri guztien katastroko informazioa dute, hala nola eraikinen, hiriguneen, landa-eremuen, trenbide-lineen, errepideen eta abarren datuak, bai eta udalerrri bakoitzaren muga-datuak ere. Gainera, beste datu batzuk ditu MDS orrietan (Azaleraren Eredu Digitala), luraren azalerako elementu guztiak irudikatuzko, hala nola landaredia, eraikinak, azpiegitura eta lurra bera.

3.3 Metodo eta adierazleak

Datu topografikoak softwarean lortu eta deskargatu ondoren, ETRS89/UTM zone 30N motako erreferentzia-sistema bat esleitzen zaie, eta QGISko gainerako geruzetan ere esleitzen dira.

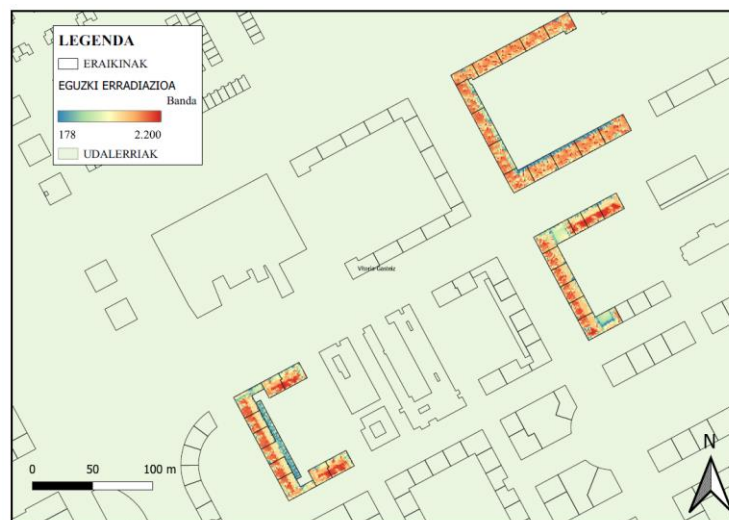
Geruza horien artean, “Potential Incoming Solar Radiation” izeneko tresnaren bidez erradiazio-metatua lortzen da. Tresna horri esker, denbora jakin bateko erradiazio-metatua simulatzen da, eta, gainera, hautatutako erradiazio mota kontuan hartzen da. Azterlan honen kasuan, urtebeteko epea zehaztu da, 2019ko urtarrilaren 1etik 2019ko abenduaren 31ra, 7 egun eta ordu bateko jauziarekin eta erradiazio osoa edo globala kontuan hartuta, hau da, erradiazio zuzen, lauso, intzidente, islatu eta xurgatuaren batura. Horrela, 2. irudiko geruza lortzen da.

2. irudia. Urteko erradiazioa MDS orrietan



Jarraian, MDS simulazio-orriaren tamaina bereko geruza moztu egiten da, eraikinekin (egoitza-publikoekin) bat datozen erradiazio-datuak soilik jasotzeko; ikusi 3. irudia.

3. irudia. Urteko erradiazioa azterlanaren eraikinetan



Horrela, egoitzen estalkien erradiazio-potentziala lortu ondoren, estalki egokiak identifikatzeko hiru irizpide hauek planteatzen dira:

- Estalkiek gutxienez 800 kWh/m² eguzki-erradiazio izan behar dute.

- Estalki egokien maldak 45 gradukoa edo txikiagoa izan behar du, malda aldapatsuek eguzki-argi gutxiago jasotzeko joera baitute. 45 graduko muga Vitoria-Gasteizko latitudearen arabera definitzen da, hau da, 42.85°; izan ere, inklinazio optimoa tokiko latitudearekiko $\pm 10^\circ$ baita.
- Iparralderantz orientatuta eta eguzki-argi gutxiago jasotzen duten estalkiak baztertu egiten dira.

Hiru irizpide horiek estalkien errealitatea ulertzeko baliagarriak dira, eta besteak beste, eremu horren oztopoak bistaratuko ditu.

Urrats horren ondoren, adierazle erabakigarri hauek zehaztuko dira:

- Atalondoan estalkien azalera optimoa [m²]

Aurrez definitutako irizpideen arabera plaka FV instalatzeko estalkiaren azalera egokia adierazten du.

- Azalera optimoaren portzentajea [%]

Eraikinaren azalera optimoaren eta guztizkoaren arteko ratioa da.

$$\text{Azalera opt. portzen. (\%)} = \frac{\text{Azalera opt. (m}^2\text{)}}{\text{Azalera atal. (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

- Azalerako energia elektrikoa [MWh/m²]

Erlazionatu egiten ditu atalondo bakoitzeko ekoizpen elektrikoaren ahalmena eta bere estalkiaren azalera, potentzial fotovoltaiako absolutu handiena duten eraikinak identifikatzeko.

$$\text{Azalerako energ. elek. (MWh/m}^2\text{)} = \frac{\text{Produzitutako energ. elek. (MWh)}}{\text{Azalera atal. (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

- Eraginkortasun fotovoltaikoa [%]

Atalondo bakoitzaren ahalmen fotovoltaikoa eta kontsumo elektrikoa erlazionatzen ditu. Adierazle honi esker, eraikin bakoitzaren testuingurua zehatz azter daiteke.

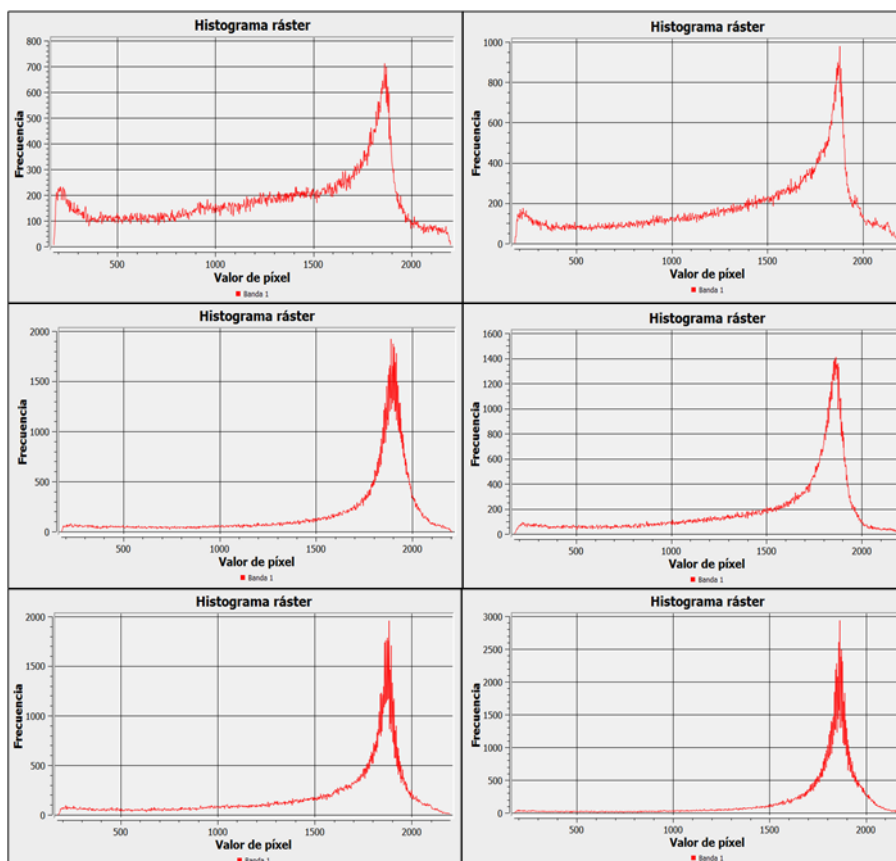
$$\text{Eraginkortasun fotov. (\%)} = \frac{\text{Produzitutako energ. elek. (MWh)}}{\text{Kontsumo elek. (MWh)}} \quad (3)$$

4. Emaitzak

Hona hemen emaitzarik esanguratsuenak:

- Lehen kalkuluan oinarritutako erradiazioaren histogramak.
- Eraikinen azalera optimoa, estalkiei hiru irizpideak aplikatu ondoren.
- Estalki bakoitzaren erradiazio-ehunekoa FV instalazio bat sartzeko.
- Adierazleak.

4. irudia. Urteko erradiazio metatuaren histograma



4. irudiko histogramen arabera, metatutako erradiazioa 2210 kWh/m² eta 174 kWh/m² artekoa da, eta urtean zehar gehien errepikatzen den erradiazioaren balioa 1870 kWh/m² ingurukoa.

Esan bezala, egoitza bakoitza 3 irizpideren arabera aztertzen da, estalki egokiak identifikatzeko, eta hurrengoa lortzen da, ikusi 1. taula:

1. taula. Hiru irizpideen emaitzak

Erradiazioa + Inklinazioa+ Orientazioa		
Azal_opt (m ²)	Azal_atal (m ²)	Portzentajea (%)
27.040,18	53.372,97	50,66

Plaka FVak instalatzeko %50.66ko ahalmen-datua ez da guztiz erreala; izan ere, eremu asko ez baitira panel fotovoltaiko bat jartzeko egokiak. Horrez gain, oztopoak dituzten eremuak daude, hala nola tximiniak, antenak, etab.

Beraz, emaitzak zehatzago iragazi eta azertu behar dira, estalkiko eremu zehatzak identifikatzeko. Hala, hiru irizpideri jarraiki iragazi da:

- Alde batera uzten dira % 25etik beherako azalera egokiko eraikinak.
- % 30etik beherako azalera optimoko eta 100 m²-tik beherako azalera optimoko eraikinak ezabatu dira.
- Alde batera uzten dira 10 m²-tik beherako azalera eremu egokiak.

Irizpide horiek kontuan hartuta, eraikin egokien kopurua 159tik 157ra jaitsi da, eta eraikinen estalkien ehuneko optimoa % 50,66tik % 47,57ra, 2. taulan ikus daitekeenez.

2. taula. Azken irizpideen emaitzak

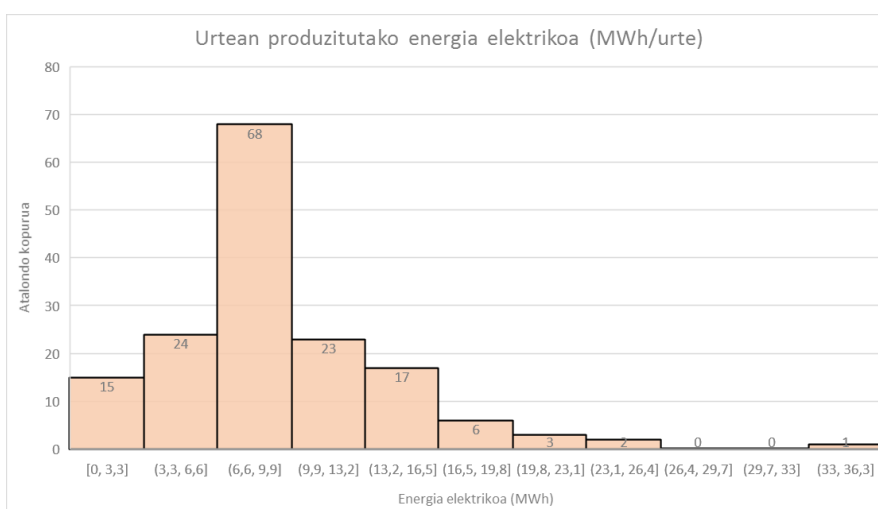
Azken irizpideak		
Azal_opt (m ²)	Azal_atal (m ²)	Portzentajea (%)
25.390,39	53.372,97	47,57

Balio horiei gaineratu zaie gainazal optimotik % 25 soilik panel fotovoltaikoz estali ahal izango dela (panelen itzal-galerak, inklinazioa, egitura eta abar saihesteko). Gainera, panel fotovoltaikoek % 16ko errendimendua eta % 86ko PRa (Performance Ratio) dutela estimatu da. Hortaz, egoitza publikoen estalkietako urteko elektrizitate-ekarpena 1478,45 MWh-koa da, formula honen arabera:

$$Prod. \text{ elek. (MWh)} = Azal_{opt} * 0,25 * Eguzki \text{ Errad}_{bb} * 0,16 * 0,86 \tag{4}$$

1478,45 MWh horiek 5. irudian banatzen dira.

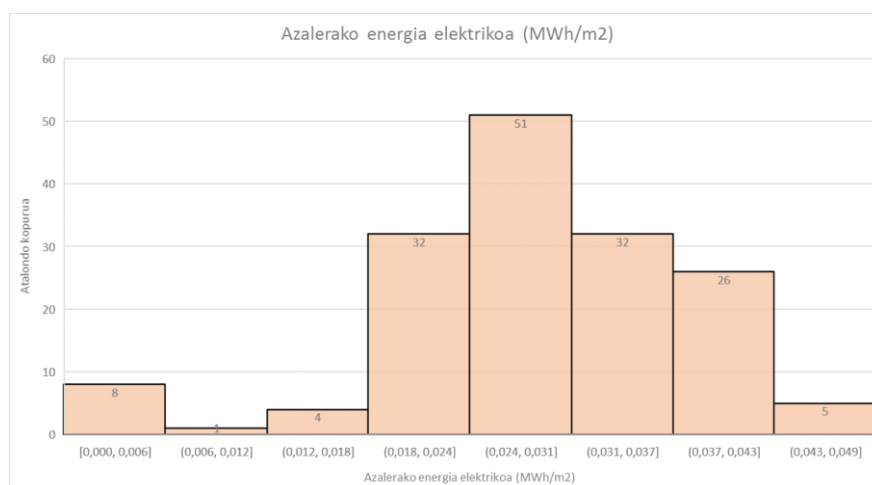
5. irudia. Urtean ekoiztutako energia elektrikoa



5. irudiko grafikoaren arabera, 68 atalondok (% 42,76), urtean 6,6 eta 9,9 MWh artean ekoizten dute, eta soilik 6 atalondok 20 MWh baino gehiago ekoizten dute.

Halaber, azalerako energia elektrikoaren adierazlea 6. irudiko grafikoan adierazten da.

6. irudia. Urteko azalera energia elektrikoa



Ikus daitekeenez, eraikin denek urtean 50 kWh baino gutxiago ekoizten dute m²-ko, eta eraikin gehienek (% 32,07) 25 kWh/m² inguru ekoizten dute urtean.

Azken emaitza esanguratsu da atalondo bakoitzaren eraginkortasun fotovoltaikoen batz bestekoa. Balio hori % 23 da, alegia, gaur egungo gailu elektrikoaren eskariak mantentzen badira, instalazio fotovoltaikoak gai dira atalondo bakoitzaren kontsumo elektrikoaren % 23a asetzeko. Beraz, nahiko balio onargarria lortzen da.

4. Ondorioak

Ondorio nagusia da Vitoria-Gasteizko egoitza publikoetan panel fotovoltaikoak instalatzea bideragarria dela. Halere, estalkien potentziala energia-eskariarekin lortu beharko da datorren ikerketa batean.

Laburbilduz, 2019ko urte osoko simulazioen arabera eta zehaztutako irizpideen arabera, eraikin guztietako estalkien azaleraren % 47,57 egokia da instalazio fotovoltaiko bat sartzeko.

3. taula. Laborpen taula

Azal_opt (m ²)	Azal_atal (m ²)	Portzentajea (%)
25.390,39	53.372,97	47,57

Gainera, egoitza publikoen multzoak autokontsumorako 1478,45 MWh elektriko inguru sor ditzake; gainera, atalondo bakoitzeko banatuz gero, ia % 43k 6,6 eta 9,9 MWh artean ekoizten dute; 25 kWh/m² inguru ekoizten dira atalondoan %32an; eta atalondoan kontsumo elektrikoaren % 23a asetzeko gai dira.

Datu horiek energia elektriko fotovoltaikoa ekoizteko lehen hurbilketa sakonaren ondorio dira. Horregatik, oro har, Vitoria-Gasteizko egoitza publikoen parkeak ahalmen nahikoa du bere estalkietan sortutako energia autokontsumitzeko, nahiz eta sare elektrikoaren kontsumo elektriko beharrezkoa izan.

5. Etorkizunerako planteatzen den norabidea

Etorkizuneko lanetan analisia are gehiago sakonduko da, egoitza publikoen eskariak aztertuz eta eraikin bakoitza bere ezaugarri zehatzekin ezaugarrituz.

6. Erreferentziak

- Ávila, A. M. M., & Zamora, A. B. (2015). *Estudio del potencial fotovoltaico sobre los tejados del núcleo urbano de Miraflores de la Sierra*. Ciemat.
- Aparisi Cerdá, I. (2019). *Estudio de viabilidad económica de instalaciones fotovoltaicas en entorno urbano. Aplicación a 4 casos de estudio en la provincia de Valencia* (Doktorego tesia, Universitat Politècnica de València).
- Guerrero Gallego, A. J. (2021). *Viabilidad de uso de paneles fotovoltaicos como mecanismo de ahorro energético/CO2 en Asturias*.
- Guevara Sempertegui, C. I. (2018). *Viabilidad de un sistema fotovoltaico para suministrar energía eléctrica a la estación base celular de la empresa Claro ubicado en el Caserío Santa Rosa-Sallique-Jaén Cajamarca*.
- Haegermark, M., Kovacs, P., & Dalenbäck, J. O. (2017). Economic feasibility of solar photovoltaic rooftop systems in a complex setting: A Swedish case study. *Energy*, 127, 18-29.
- QGIS Development Team, (2023). QGIS Geographic Information System. *Open Source Geospatial Foundation Project*. <https://qgis.org>
- Ayuware (2021(e)ko abenduaren 22a). Herramientas GIS para georreferenciación de direcciones. *Ayuware bloga*; <https://www.ayuware.es/blog/herramientas-gis/>
- ArcGIS Desktop. (d. g.). *¿Qué son los datos LIDAR?*. Berreskuratuta 2023(e)ko otsailaren 1a, -(e)tik, <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data-.htm>
- ArcGIS. (d. g.). *Estimar el potencial de energía solar*. Berreskuratuta 2023(e)ko otsailaren 1a, -(e)tik <https://learn.arcgis.com/es/projects/estimate-solar-power-potential/>

7. Eskerrak eta oharrak

Eskerrak eman nahi zaizkio Eusko Jaurlaritzako Eraikinen Kalitate Kontrolerako Laborategiari, batez ere Jose Maria Salari, Juan Mari Hidalgori eta Imanol Ruiz de Vergarari.