

INDUSTRIA TEKNOLOGIAREN INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

BILBOKO INGENIARITZA ESKOLAKO ENERGIA FOTOVOLTAIKOAREN POTENTZIALAREN ANALISIA

Alumno/Alumna: Uriarte Rodríguez, Ane

Directora (1): Martínez de Alegría Mancisidor, Itziar

Directora (2): Lago Aurrecoechea, Rosa María

Curso: 2019-2020

Data: 10-02-2020

ABSTRACT

Gradu Amaierako Lan hau EHUKhi proiektuaren parte da, administrazio eta zerbitzuen langileen, irakasleen eta ikasleen lankidetzaren talde bat Campus Bizia Lab (CBL) programaren ondorioz sortu egin dena Unibertsitateko jasangarritasun erronkei erantzuteko.

Lan honen helburua, Bilboko Ingeniaritza Eskolaren potentzial fotovoltaikoaren produkzioa aztertzea da. Lan honekin edozein eraikinen potentzial fotovoltaikoaren kalkularen oinarri metodologikoak finkatzea bilatu da.

Horretarako, eraikinen mapak eta inguruneko orografia biltzen duten mapak, hala nola, potentzial fotovoltaikoa kalkulatzeko funtsezkoak diren beste elementuak (adb. Irradiazioa, maldak, orientazioa...) konbinatuz, eraikin bakoitzaren urteko, hileko eta eguneko ekoizpena kalkulatu. Horretaz gain, oinarriko analisi energetikoa burutu da (eraikin bakoitzaren hornikuntza tasa eta panelen pay back energetikoa kalkulatu).

Este trabajo de fin de grado forma parte del proyecto EHUKhi, un grupo de trabajo compuesto de personal de administración y servicios, profesores y alumnado que se ha formado gracias al programa Campus Bizia Lab (CBL) que tiene como objetivo responder a retos de sostenibilidad dentro la propia Universidad.

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo analizar la producción del potencial fotovoltaico en la Escuela de Ingenieros de Bilbao. Mediante este trabajo se han establecido las bases metodológicas para el cálculo del potencial fotovoltaico de cualquier edificio.

Para ello, se han combinado mapas de edificios con mapas que contienen la orografía de los alrededores, así como mapas que contienen la información necesaria para calcular el potencial fotovoltaico (por ejemplo, radiación, pendiente, orientación...) para poder obtener la producción de cada edificio, tanto por año, como por mes y por horas diarias. Además de eso, se ha llevado a cabo un análisis energético básico (a través del cálculo de la tasa de suministro de cada edificio y el pay back energético de los paneles).

This End of Degree Project is part of the EHUKhi project, a working group made up of administration and services staff, teachers and students that has been formed thanks to the Campus Bizia Lab (CBL) programme, which aims to respond to sustainability challenges within the University itself.

This End of Degree Project aims to analyse the production of the photovoltaic potential in the University of Engineers of Bilbao. Through this work, the methodological bases for the calculation of the photovoltaic potential of any building have been established.

For this purpose, building maps have been combined with maps containing the orography of the surroundings, as well as maps containing the necessary information to calculate the photovoltaic potential (for example, radiation, slope, orientation...) in order to obtain the production of each building, both per year, per month and per hour per day. In addition, a basic energy analysis has been carried out (through the calculation of the supply rate of each building and the energy pay back of the panels).

SIGLAK

PV	Fotovoltaiko
BIE	Bilboko Ingeniaritza Eskola
Glb	Erradiazio Teoriko Maximo Globala
GIHb	Erradiazio Teoriko Maximo Globala Gainazal Horizontalekiko
GIn	Gehienezko Erradiazio Netoa
CNIG	Centro Nacional de Información Geográfica
PBE	Pay Back Energetikoa
PPBE	Pay Back Energetikoa higadura kontsideratuz
EPV	Potentzial fotovoltaikoa
EPG	Erradiazio potentzial gordina
EB	Europar Batasuna
EROI	Energia Itzulera Tasa
GIS	Geografia Informazio Sistema

AURKIBIDEA

ABSTRACT.....	2
SIGLAK.....	4
1. SARRERA.....	7
2. AURREKARIAK.....	9
2.1. GEOGRAFIA INFORMAZIO SISTEMAK.....	10
2.2. GEOGRAFIA INFORMAZIO SISTEMA ERABILIAK	10
3. HELBURUA.....	12
4. METODOLOGIA.....	13
4.1. PAUSUA: MAPA DESBERDINEN DEFINIZIOA ETA LORPENA	19
4.1.1. LIDAR, RASTER ETA MAPA BEKTORIALEN DEFINIZIOAK.....	19
4.1.2. MAPAK LORTZEKO JARRAITUTAKO PAUSUAK	21
4.2. PAUSUA: PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOAREN KALKULUA ETA HORRETARAKO BEHAR DIREN MAPEN LORPENA GRASS GIS APLIKAZIOAREN BITARTEZ	25
4.2.1. GRASS GIS KONFIGURAZIOA.....	25
4.2.3. IRRADIAZIO TEORIKO MAXIMO GLOBALAREN KALKULUA (Glb).....	33
4.2.4. GEHIENEZKO IRRADIAZIO NETOA (Gln)	40
4.2.5. PIXEL BAKOITZEKO PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOA	40
4.2.6. HILABETEKO ETA URTEKO PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOEN MAPEN LORPENA	41
4.2.7. PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOEN MAPEN FILTRAKETA.....	41
4.3. PAUSUA: QGIS-EN LANTZEA: ERAIKINEN ETA PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOEN MAPAK ...	42
4.3.1. MAPAK GRASS GIS-ETIK ESORTATU	42
4.3.2. ERAIKINEN MAPA BEKTORIALA QGIS-EN KARGATU ETA LAN GUNERA MUGATU.....	42
4.3.3. IRRADIAZIO RASTERRAK MAPA BEKTORIALEAN BIHURTU (POLIGONIZATU)	47
4.3.4. GEOMETRIAK ZUZENDU	49
4.3.4. IRRADIAZIO BALOREAK ERAIKINEN MAPAN ESLEITU.....	50
5. AZTERKETAKO EMAITZAK.....	53
5.1. BIEKO ERAIKINEN MAPEN EMAITZAK.....	53
5.2. EMAITZEN GRAFIKOAK: HILABETEKO ETA EGUNEKO PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOA	56
5.3. EMAITZEN TAULAK: HILABETEKO ETA ORDUKO DATUAK.....	59
5.4. ANALISI ENERGETIKOA: HORNIKUNTZA TASA	66
6. ONDORIOAK	67
6.1. ETORKIZUNERAKO AZTERKETAK.....	68
BIBLIOGRAFIA.....	69
ERANSKINA 1.....	72

LIDAR MAPAK RASTER MAPAK BIHURTU CLOUD COMPARE ERABILIZ	72
ERANSKINA 2: NOMENKLATURA ETA MAPAK KARPETA DESBERDINETAN GORDETZEA.....	77
RASTER MAPEN NOMENKLATURA	77
MAPAK KARPETA DESBERDINETAN GORDETZEA.....	78
ERANSKINA 3.....	79
PYTHONEN ERABILITAKO PROGRAMAZIOA.....	79

1. SARRERA

Azken hamarkadan, berotze globala, erregai fosiletan oinarritutako energiaren sorreraren ondorioz dauden gas isurketak, kezka handia sortarazi du. Estimatzen da sortzen den elektrizitatearen %16.7-a energia berriztagarrien iturrietatik datorrela Europan eta %18.7-a mundu osotik. 2007 urtean, Europar Batasuneko (EB) zuzendari guztiak bildu egin ziren akordio batera heltzeko, 2020 urterako EBan sortutako energiaren %20-a gutxienez energia berriztagarrietatik etortzea [1].

2018 urtean aldatu egin zen EBko energia berriztagarrien erabileraren 2030 urteko helburu portzentajea, %27 izatetik %32ra. Gaur egun, energia eolikoa eta hidraulikoa dira gehien laguntzen dutenak EBko energia berriztagarriaren sorkuntzan, ondoren energia fotovoltaikoa (PV) aurkituz [2].

Ez dago dudarik energia PVA dela energia elektrikoaren iturririk garbienetariko bat eta erregai fosiletan oinarritutako sistema elektrikoarekin batera, energia iturri konbentzionalenak kontsideratuta daude. Instalaturako eguzki energia 2004an 3,7GWko potentzia metatua izan zen eta 2014an 177GW izatera pasatu da, potentzia metatua ia 50 aldiz handiagotuz azken hamar urteetan. Energia berriztagarrien inbertsioa handituz joan da etengabe eta bost aldiz handitu da 2004 urtetik aurrera. Eguzki teilatuetan eta beste eguzki panel PVko proiektuetan egindako inbertsioen kuota azkarrago hazten ari da, aurreko urtean egin zen inbertsioa baino %12 handiagoa izan zen, munduko hazkunde azkarrenetariko batean bihurtuz [3].

Estimatzen da eraikinak direla energia kontsumoaren %40 erantzuleak eta EBko CO₂ emisioen %36 eragileak. Horrenbestez, EBk proposatzen du beren esfortzuak zentratzea etxeen diseinuan ahalik eta gutxien kutsa dezaten eta horrez gain, energetikoki efizienteak edo energia baxuko edo ia zero energiako etxe adimentsuak eraikitzean. Politika horrek suposatzen duen gehiegizko kostea erregaien aurrezpenaren bitartez berreskuratzea espero da [4]–[6]. Hau lortzeko, instalazio PVk instalatzea izan liteke aukerarik aproposena, gainera, panel PVk erabiltzeko erraz diren sistemak dira, teilatuari erantsita doazenak eta eraikinaren diseinuan ez da inolako aldaketarik egin behar instalatzerako orduan [7].

Eraikinetan eguzki fotovoltaikoaren hedapena sustatzeko eta eguzki panel PVko instalazio sistemen etorkizuneko planak eta politikak garatzeko, ezinbestekoa da ulertzea eta kuantifikatzea teilatuko eguzki fotovoltaikoaren potentziala. Hiri-eremuetan, non altuera handiko eraikinak ugariak dira, panel fotovoltaikoen instalaziorako eskuragarri dagoen teilatu

eremua gutxiagoa da eraikin altuenak beste eraikinengan itzala sortzen dutelako. Beraz, kalkuluak egiterako orduan ez dira kontuan hartuko itzalean dauden eraikinen teilatuak [8].

Gradu amaierako lan honetan, geografia informazio sistemen bitartez, zehazki, Grass Gis eta QGis softwaren laguntzarekin, Bilboko Ingeniaritza Eskolako (BIE) potentzial fotovoltaiakoaren analisia egin da.

Lan hau bost atalez osatuta dago. Lehenengo atalean, aurrekariak deritzona, azterketarako erabilitako materialaren deskripzioa azaltzen da. Bigarren atalean, lanaren helburua aurki dezakegu. Ondoren, hirugarren atalean, lanean erabilitako metodologia azaltzen da, jarraitutako pauso guztiak argibide eta irudiekin. Jarraituz, laugarren atalean, azterketan lortutako emaitzak dauzkagu, grafiko eta taulen bitartez adierazita. Eta bukatzeko, bosgarren atalean, kontsumoko analisi orokor bat aurki dezakegu.

2. AURREKARIAK

Campus Bizia Lab (CBL) programa administrazio eta zerbitzu langileen, ikasleen eta irakasleen arteko lankidetzaren prozesua abiarazi nahi duen ekimena da, Unibertsitatearen barruan jasagarritasun erronkei erantzuteko. Campus Bizia Lab-a ikerketa eta ekintza prozesuan datza, ikasleen artean eragin handiko praktika garatu nahi duena, irakasleek haien praktikaren ikertzaileak izango direlako [9].

EHUkhi proiektua CBLtik sortu den lankidetzaren talde bat da EHUko potentzial fotovoltaikoa garatzeko helburua duena, trantsizio energetikoa bultzatzeko eta klima aldaketaren aurka borrokatzeko.

Eguzkiak emititzen duen erradiazioa energian bihurtzeko daiteke. Ideia honetan oinarritzen da EHUkhi proiektua, eguzki erradiazioa energian bihurtzea, panel fotovoltaikoen inplementazioari esker. Proiektu honetan kontsideratu da BIEko eraikinen teilatuetan panel PVko instalazio bat jartzea eta aztertzea zein izango den eguneko, hilabeteko eta urteko produkzio PVkoa, gerora analisi energetikoa egiteko. Ikerketa hau aurrera eramateko, kontuan hartu behar izan da teilatu horiei heltzen zaien erradiazio kantitatea egunean zehar. Hortaz gain, beste hainbat faktore izan dira kontuan: panelen inklinazioa, ondoko eraikinek teilatuen gain sortzen duten itzala, panelen errendimendua, panelen azalera efektiboa eta eskuragarri dagoen eremua.

Teilatuetara heltzen den erradiazio kantitatea neurtzeko metodo anitz daude. Kalkulu matematikoak erabili ahal dira, neurketen bitartez lortutako balioak formula matematikoetan sartuz gero. Existitzen dira ere eguzkiaren erradiazioa neurtzen duten gailuak. Lan honetan ordea, eguzki erradiazioa era numeriko batean kalkulatu dezaketen software-ak erabili dira. Software horiek, erradiazioa kantitatea neurtzeko gai izateaz gain, kontuan hartu beharreko beste aldagaiak manipulatzeko ahalbidetzen dute.

Software horiei Geografia Informazio Sistemak (GIS) deritze eta existitzen diren guztietatik proiektu honetan Grass GIS eta QGIS-ekin lan egin da. Software horiek ez ezik, Cloud Compare softwarea erabiliko da, beharrezkoa den informazioa formatu egokira pasatzeko.

Gradu amaierako lan honetan erabilitako software-ak, hain zuzen, Geografia Informazio Sistemak, zehazki zer diren ulertzeko azalpen bat egiten da (ikus beharago), zertarako balio duten eta zein datu maneiatzen dituzten argitzeko.

2.1. GEOGRAFIA INFORMAZIO SISTEMAK

Geografia Informazio Sistema (GIS) bat osagai espezifiko batzuen multzo bat da erabiltzaileei kontsultak sortzea, integratzea, aztertzea eta era eraginkor batean lurralde bati erreferentziatutako informazio geografikoa irudikatzea ahalbidetzen diena. Naturan agertzen diren elementu gehienak forma geografikoen bitartez adieraz ditzakete (puntuak, lerroak edo poligonoak, hau da, bektorialki) edo informazioa duten gelaxken bitartez (Raster) [10]. Erabiliko den informazio geografikoa osagai espazialen bat duen informazio hori izango da, hots, kokagune bat. Horrez gain, aipatutako elementu horri buruz gehiago zehazten duen atributu-informazioa erabiliko da. Kokapen hori, esate baterako, kale bateko izen batekin definitu ahal izango da, edo koordinatu espazialekin [11].

Sistema hauen erabilera mapetan lortutako datuak bistaratzeko errazten du, edozein motatako fenomeno geografiko islatzeko eta erlazionatzeko helburuarekin, errepide mapetatik nekazaritza lursailak edo biztanleria dentsitatea identifikatzeko sistemetaraino. Bestalde, kontsultak egiteko aukera ematen du eta lortutako emaitzak era arin eta intuitiboan web inguruneetan irudikatzea ahalbidetzen du, plangintza eta kudeaketa konplexuko arazoak konpontzeko.

Sektore gehienetan, Geografia Informazio Sistemak kudeaketa eta erabakiak hartzeko laguntza tresna gisa erabiltzen dira.

2.2. GEOGRAFIA INFORMAZIO SISTEMA ERABILIAK

Badaude GIS edo Geografia Informazio Sistemaren oinarritzen diren hainbat tresna eta software. Behean azaltzen dena, lan honetan erabiliko direnak izan dira.

2.2.1. CLOUD COMPARE

CloudCompare 3D puntuko hodeiak (eta sare triangularrak) sortzeko eta prozesatzeko softwarea da. Jatorriz, 3D puntu laino trinkoen arteko konparaketa zuzena egiteko diseinatu da. Puntu hodeiak konparatzeko tresnak eskaintzen ditu, baita puntu hodeien eta sare triangularraren arteko konparaketa egiteko ere. Puntu hodeiak prozesatzeko software orokor batera zabaldu da, algoritmo aurreratu ugari biltzen dituena (birmoldaketa, kolore/normala/eskalako eremuen kudeaketara, estatistika kalkulueta, segmentazio interaktiboetara, etb) [12].

2.2.2. GRASS GIS

Grass GIS (Geographic Resources Analysis Support System) edo Grass bezala ezagutzen dena, datu geospazialen kudeaketa eta analisisia egiteko, irudiak prozesatzeko eta grafikoak eta mapak sortzeko software libre eta dohainekoa da. Grass GIS gaur egun mundu osoko ingurune akademiko eta komertzialean erabiltzen da, baita gobernu agentziek eta ingurumen arloko aholkularitza enpresek ere [13].

GRASS softwarea QGIS softwarearekin konbinatzeko ahalmena dauka, irudi digitalen tratamenduan, horri esker datu bektorialen analisi eta zuzenketetarako irtenbide ezin hobean bihurtu da.

2.2.3. QGIS

QGIS informazio geografikoko sistema bat da kode irekiarekin. Datuak ikusi, kudeatu, editatu eta aztertzeko aukera ematen du eta inprimatu ahal diren mapak diseinatu. Datu bektorialen, Rasterreko datuen eta datu baseen formatu eta funtzionalitate ugari onartzen ditu. Open Source Geospatial Foundation-en (OSGeo) proiektu ofizial bat da, Linux, Unix, Mac, OSX, Windows eta Android sistema operatiboekin lan egitea ahalbidetzen duena [14].

3. HELBURUA

Gratu amaierako lan honen helburua Bilboko Ingeniaritza Eskolako eraikinen potentzial fotovoltaikoaren produkzioa kalkulatzeko da, ondoren, lortutako datuekin, analisi energetiko orokor bat egin ahal izateko. Aipatu denez, lan hau Bilboko Ingeniaritza Eskolako talde batek egiten ari den proiektu batean oinarrituta dago, eskolan panel fotovoltaikoak jarri gero, sortu dezaketen elektrizitatea kalkulatzeko, elektrizitate gastuak murrizteko eta unibertsitatea autosufizienteagoa bihurtzeko.

Helburu orokor horiek lortzeko honako azpi-helburuak bete izan dira:

- Mapak lortu behar izan dira, formatu egokira eraldatu eta haietatik aldagaien datuen mapak lortu.
- Irradiazio maximoko mapak lortu behar izan dira, ondoren formula baten bitartez, potentzial fotovoltaikoko mapak lortu ahal izateko.
- Potentzial fotovoltaikoko mapak eta BIEko eraikinen mapak konbinatuz emaitzak lortu dira, pay back energetikoa (hasierako inbertsioa amortizatzeko behar diren urte kopurua zehazten duen faktorea) kontuan izanik.
- Unibertsitateko urteko kontsumoa jakinik, unibertsitatearen hornikuntza tasa kalkulatu da.

4. METODOLOGIA

Lan hau garatu ahal izateko erabilitako mapak programa hauen bitartez lortu izan dira Cloud Compare, Grass GIS eta QGIS, hain zuzen. Aipatu berri izandako programak interneten aurki ditzakegu eta era libre batean deskargatu ahal dira, hau da, ez da behar inolako lizentziarik. Link hauen bitartez erabili diren softwareak deskargatu ahal dira.

- Raster-ekin lan egiteko -> GRASS: <https://grass.osgeo.org/download/>
- Bektorialekin lan egiteko -> QGIS: <https://www.qgis.org/es/site/forusers/download.html>
- LIDAR-ekin lan egiteko -> Cloud Compare: <http://www.danielgm.net/cc/release/>

Hurrengo grafikoan (Grafika 1) lanaren metodologia orokorra azaltzeko mapa kontzeptuala erakusten da. Aipatzekoa da, mapa desberdinak topatu ditzakegula. Mapen formatuaren arabera hiru motatako mapak daude: LIDAR (Light Detection and Ranging), Raster eta bektorialak. Mapa bakoitza zer den edo zer adierazten duen jakiteko mapa bakoitzaren azalpen txiki bat egingo da (ikusi beheiago).

Grafikan ikusten den bezala, lehenengo pausua gure helbururako beharrezkoak diren hurrengo LIDAR mapak eta mapa bektorialak lortzea da:

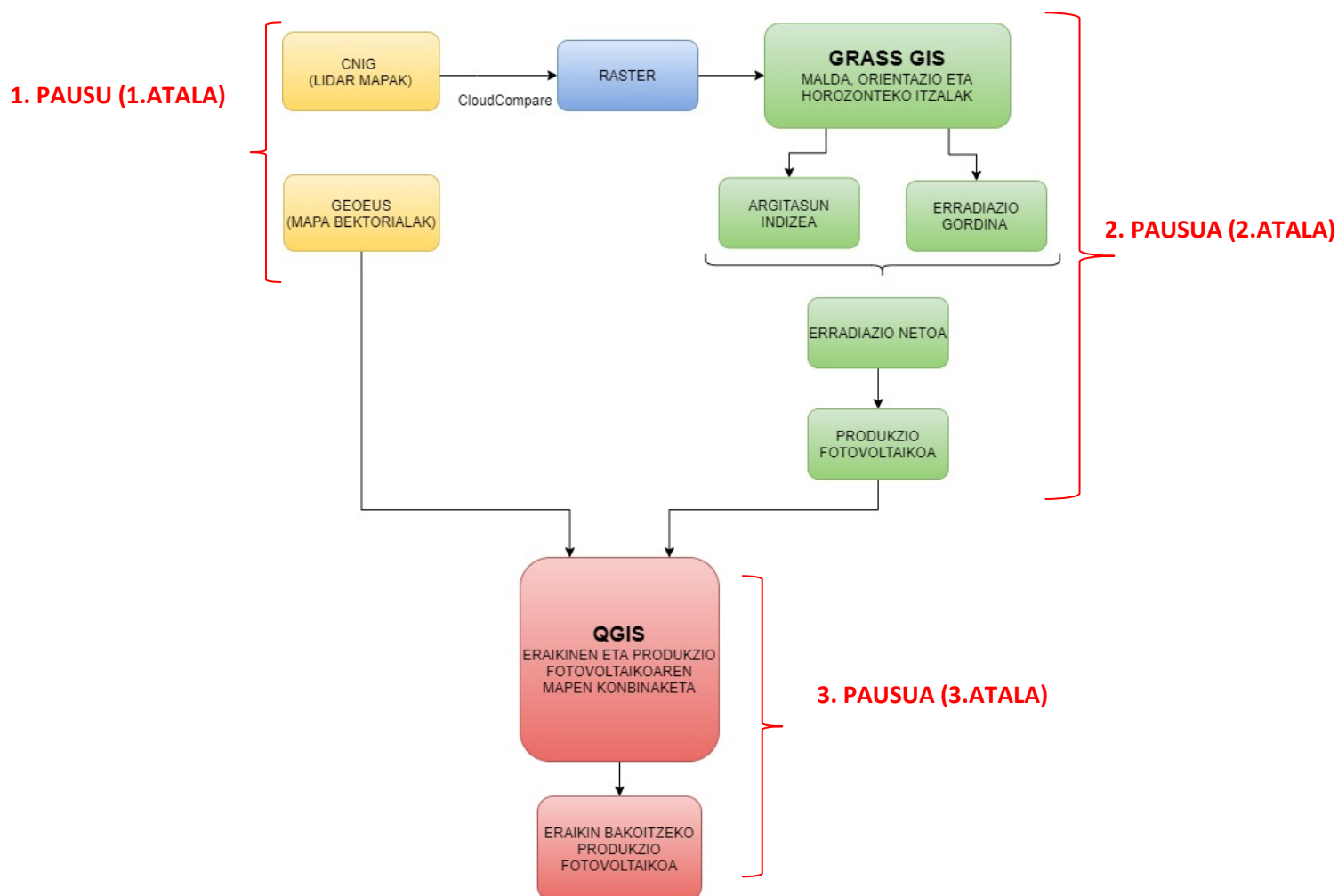
LIDAR datuak, gainazalen modelo digitalak dituzten datuak dira eta beraz, LIDAR mapak informazio osagarri hori duten mapak dira. Mapa hauek erabiltzeko, Grass GIS-en Raster formatuan dauden mapak soilik landu ahal direnez, Cloud Compare programa erabiltzea beharrezkoa izan da Raster formatura pasatzeko (ikusi ERANSKINA 1). Mapa hauek Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)eko Centro de Descargas webgunetik lortu dira [15].

Mapa bektorialak Bilboko eraikinen mapak dira, bertan Bilboko Ingeniaritza Eskolako (BIEko) eraikinak topatzen ditugu. Mapa hauek Geo Euskaditik lortu dira [16] (ikusi 1. Atala).

Bigarren pausua Grass GIS-en Raster mapetatik abiatuta, behar diren beste aldagaien mapak lortzea izango da (altuerak, maldak...) eta behin hori izanda hilabeteko eta urteko produkzio fotovoltaiakoaren mapak lortu ahal izango dira. Lortzen diren mapa hauek guztiak Raster formatuan daude ere (Ikusi 2. Atala).

Hirugarren pausua, mapa (eraikinen) bektorialak (Geo Euskaditik lortuak) eta produkzio fotovoltaiakoen (Raster-ak) mapak (2. pausuan lortutakoak) QGIS-en irekitzea izango da, eta hauek konbinatuz BIEko eraikinen sabaietan panel fotovoltaiakoak jarritz gero, hauek produzitu dezaketen energia PV zehaztuko duten mapa bektorialak lortu dira (Ikusi 3. Atala).

Lanean zehar mapa kantitate askorekin lan egingo denez, egokiena izendatze metodo bat definitzea izango da, mapen izendatzea eta ordenatzeko modua eranskinetan azalduko da (Ikusi ERANSKINA 2). Izendatze metodo hau erabilgarria izango da mapak manipulazioa errazteko.



Grafika 1. Metologiaren mapa kontzeptuala.

Aipatu den bezala, lan honen azken helburua, BIEko eraikinetatik lortu daitekeen energia fotovoltaiakoaren potentziala kalkulatzeko izango da kWh (E_{pv}). Horretarako, hurrengo elementuak zehaztu beharko dira:

A) URTE OSOKO BIE ERAIKINEN ERRADIAZIO POTENZIAL GORDINA (EPG) KALKULATU:

EPG kalkulatzeko, LIDAR altuera mapetik abiatuz berauek Raster formatura bihurtzen dira (Cloud Compare erabiliz, Eranskina 1ean adierazten den bezala). Beraz, Raster formatuko altuera mapak erabiliz, ondoren hurrengo 3 mapa mota lortu behar dira: malda, norabidea eta altuerakoak (horizonte).

Horiek lortzeko GRASS-en integratuta dagoen r.sun aplikazioa erabiliko da. Ondoren, GRASSEko r.sun aplikazio-an sartu behar diren formulak adierazten dira:

A.1) Malda mapak lortzeko: **r.slope.aspect**

A.2) Norabidea mapak lortzeko: **r.slope.aspect**

A.3) Altuera mapak lortzeko: **r.horizon**

Ondoren, egun eta orduko ekoizpen PV kalkulatzen da (ikusi 2. Pausua), horretarako:

- ✓ Hilabeteko egun adierazgarri bat hartzea erabaki da kalkuluak egiteko (Adibidez urtarrilerako Urtarrilak 15-a)¹.
- ✓ Ondoren, aukeratutako egun horretako erradiazio-ordu guztiak kontutan hartzen dira, hau da, egunsentitik ilunabarrera arte. Beraz, 12 egun * 24 ordu; horrek esan nahi du 288 mapa lortzen direla. Mapa horiek ondoren filtratu behar dira erabilgarria den teilatuaren azalera egokitzeko (Ikusi beheerago "ERABILIKO DIREN FILTROAK").

B) BIEKO ERAIKINEN TEILATUKO AZALERA HORIZONTALA ALA INKLINATUA IZANGO DEN ZEHAZTU.

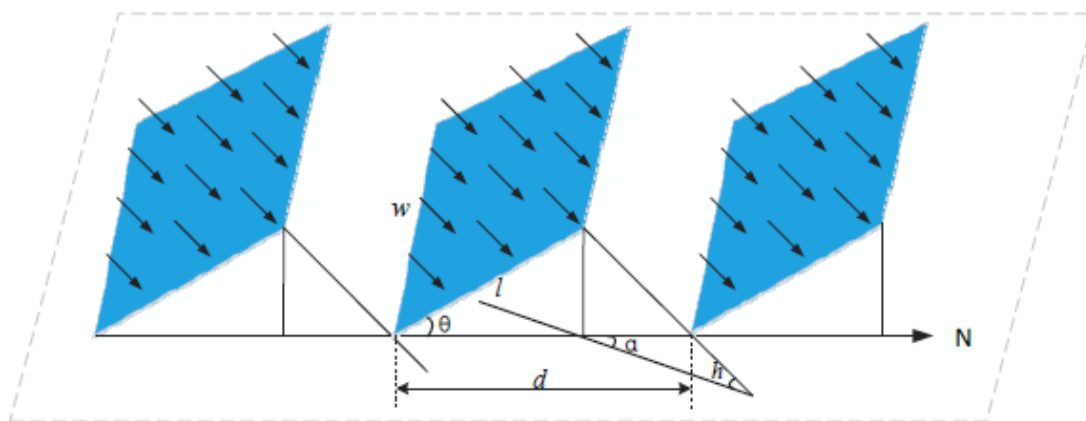
Horren arabera, eraikinen potentzial PVaren kalkulua desberdina baita:

Teilatu laua: F1

Inklinazio gabeko teilatuen kasuan, panel PVk inklinazioarekin jarri behar dira, erradiazio gehiago har dezaten. Panelak inklinazioarekin jartzea eragiten du kontuan izatea eguzkia panelen gain irradiatzen duenean, panelen inklinazioa atzeko panelaren gain itzala sortzen duela eta ondorioz, panel sareak distantzia jakin batera bereizitako errenkadetan jarri behar direla. Distantzia hori, itzal-galerak sortzen dituen galerak minimizatzeko kontuan hartzen da.

$$d = l \cdot \cos\theta + l \cdot \sin\theta \cdot \cot h \cdot \cos\alpha$$

¹ Izatez, aukeratutako egunaren ekoizpen fotovoltaikoa *31 eginez gero, edota hilabeteko egun bakoitza*hortutako energia ekoizpena eginez gero, antzeko emaitzak lortzen direla ikusi denez, sinplifikatzeko egun adierazgarri baten ekoizpena hartzea erabaki da.



Non:

l : Panel PVko sarearen luzera

w : Panel PVkoen errenkaden zabalera

θ : Sare PVkoaren inklinazioa

α : Desbideratze horizontalaren angelua

h : Altuera angelua

Hori kontuan izanik, teilatuaren benetako azalera (S_a) honela kalkulatu da:

$$S_a = \frac{S_R}{\cos\theta + \sin\theta \cdot \cot h \cdot \cos\alpha} \cdot$$

Azalera horrek eragina izango du potentzial PVkoan eta ondorioz honela geratuko da formula:

$$E_{PV}^i = \frac{GIn \cdot Sr \cdot \eta_{pv} \cdot PR}{\cos\theta + \sin\theta \cdot \cot h \cdot \cos\alpha} \longrightarrow 0.5 \cdot GIn \cdot Sr \cdot \eta_{pv} \cdot PR$$

Non:

GIn : Gehienezko Irradiazio Netoa (Wh/m^2)

Sr : Teilatuaren azaleraren proiektzioa (m^2)

η_{pv} : Panel PVkoen errendimendua

PR : Panel PVkoen zuzenketa faktorea

Teilatu inklinatua: F2

Teilatu inklinatuetan aldiz, panel PV teilatuaren gainean jartzea erabaki da teilatuen inklinazio hori aprobetxatuz. Panelak kokatzeko estimatu den benetako azalera, teilatuko azalera proiektatua (azalera efektiboa) zati teilatuaren inklinazioaren cosenoa izan da.

$$S_a = \frac{S_R}{\cos\theta}$$

Lehen kasuan gertatu den bezala, azalera efektiboa eragina izango du produkzio PVko formularen, honela geratuz:

$$E_{PV}^i = \frac{GIn \cdot Sr \cdot \eta_{pv} \cdot PR}{\cos\theta}$$

Non:

GIn: Gehienezko Irradiazio Netoa (Wh/m²)

Sr: Teilatuaren azaleraren proiektzioa (m²)

η_{pv}: Errendimendu PVA

PR: Zuzenketa Faktorea

θ: Sare PVkoaren inklinazioa

Lan honetan F2 (Teilatu inklinatua) kasua aztertu da EHUKhi proiektuko azterketarako lehen urratsa izan delako eta kasu hau behin bukatuta, etorkizuneko beste proiektu berrietarako eredu bezala erabiliko da.

C) ERABILIKO DIREN FILTROAK

Hasierako momentuan, BIEko eraikinetan jar ditzakegun panelen ekoizpena egiteko teilatuaren azalera osoa kontutan hartuko da (ikus 1. Pausua). Baina geroago, hurrengo filtroak gaineratzen dira:

Mapa guztiak esportatu beharrean, erabaki da kWh-ko datuak (E_{pv}) iragaztea jakiteko zein izango den eremu zehaztu batean energia PVkoaren bitartez lortu daitekeen berreskuratze energetikoa. Horretarako, aukeratutako filtroa Pay Back Energetikoa (PBE) izan da.

$$PBE = \frac{EE}{\sum_i E_{PV}^i}$$

Energi-eskari metatua (EE) produktu bat ekoizteko eta mantentzeko behar den energia kontuan hartzen du. Esate baterako, zentral elektriko bat eraikitzeke, mantentzeko eta bere erabilera aurrera eramateko erabiltzen den energia kopurua. Bere balio tarte honetan zehazten da: 1087-1729 kWh/m² panel eraikia [17].

Lan honetan baliorik altuera kontsideratu da 1729 kWh/m², zuhurrak izateko, egoera txarrean jartzeko eta suposatuz panelen Pay Back-a benetan dena baino altuago izango dela. Modu honetan, panelekin arazoren bat egonez gero aurretik kontuan izan da.

$$EE = 1729 \text{ kWh/m}^2 \cdot S_a$$

Eta aukeratutako kasuaren arabera, benetako azalera:

$$S_a = \frac{S_R}{\cos\theta}$$

Irizpidea: PBE 15 edo gehiagoko eremuak baztertzea, baztertutako gunek horiek 15 urte edo gehiago behar izango dutelako panelen fabrikazioan, garraioan eta bere birziklapenean kontsumitutako energia berreskuratzeke. Nahiz eta panelen zehaztapenetan jarri 20 urteko bizitza dutela, filtraketa muga murriztea erabaki da panelak desgastearen ondorioz matxurak izan ditzaketelako. Beraz, aurreikuspen hori kontuan izanik espero da gutxienez 15 urtez baldintza hoberenetan funtzionatzea.

Hala ere, PBEaren formula erabiliko da baina amortizazioarekin, hain zuzen, PPBE formula zeina kontuan hartzen duen panelen higadura bere bizitza erabilgarrian zehar.

$$PPBE = \frac{-\ln\left(1 - \frac{d \cdot EE}{\sum_i E_{PV}^i}\right)}{\ln(1 + d)}$$

Non:

d : Degradazio tasaren beherakada-ratioa (%0.1)

Filtraketa hau Grass Gis-en egin da, **r.mapcalc** komandoa erabiliz eta aipatutako baldintza formula hau erabiliz ezarri da:

$$if(PPBE < 15, E_{pv}, 0)$$

Hortaz gain, panelen analisi energetikoa egiteko panelen energia itzulera tasa (EROI) kalkulatu da.

Energia Itzulera Tasa (EROI) gailu baten efizientzia energetikoa zehazten du, gailuaren energia itzulera denbora gailu horren bizitza erabilgarriarekin alderatuz [18]. Panelen bizitza denbora 25 urtekoa dela zehaztu da [19].

$$EROI = \frac{E_{out}}{E_{inv}} = \frac{\text{Panelen bizitza denbora}}{\text{Pay Back Energetikoa}}$$

Non:

E_{out}: Panelak sortutako elektrizitatea bere bizitza osoan

E_{inv}: Inbertitutako energia

Ondorengo azpiataletan, aipaturiko 3 pausua eta eraikin desberdinen ekoizpen fotovoltaiakoko potentziala lortzeko jarraituko den metodologia zehaztasunez azalduko da.

4.1. PAUSUA: MAPA DESBERDINEN DEFINIZIOA ETA LORPENA

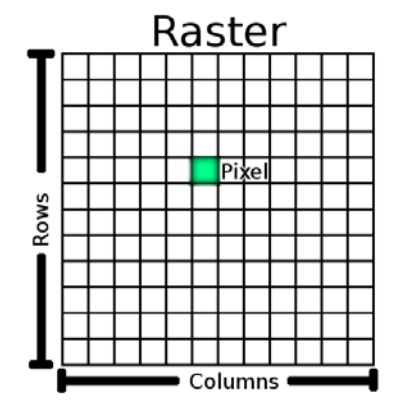
4.1.1. LIDAR, RASTER ETA MAPA BEKTORIALEN DEFINIZIOAK

BIEko aztertze eremuko beste gainazalen mapak deskargatzeko metodologia berdina erabili da. Lehendabiziko pausua mapak internetetik lortzea da, baina hori azaldu baino lehen mapa formatu bakoitzaren azalpena egingo da.

LIDAR-a teledetekzio optiko teknika bat da non laser argia erabiltzen da luraren gainazaleko lagin trinko bat lortzeko x, y eta z ardatzetan. LIDAR-a sentsore optiko bat da, zeina mugitzen den bitartean laser izpiak objektibo bati transmititzen dizkionak. Laser honen islapena sentsoreak dauzkan errezeptoreak detektatu eta analizatzen ditu, baita laser izpi horiek sentsoretik askatu diren momentutik sentsorerera bueltatzeko behar duen denbora erregistratzen du eta horren arabera zehatzen du zein distantziara dagoen objektiboa sentsoretik [20].

LIDAR prozesutik lortutako datuak puntu hodeiko datu bezala ezagutzen dira, eremu batean era antolatu batean dauden datuak direnak, hau da, LIDAR mapak puntuz osatutako mapak dira. Laser izpiak aurkitzen duen guztia izango da puntu hodeiko datuak, hala nola, lurraren altuerak, eraikinak eta autobideko pasabideak.

Raster bat mundu erreala irudikatzen duen matrize bat da gelaxkaz (edo pixelaz) beteta, zutabe eta herrenkadetan (laukietan) antolatuta dituena (ikusi irudia 1.). Gelaxka bakoitza informazio baten balio bat dauka, esate baterako, tenperatura edo altuera. Rasterrak sateliteko irudiak, irudi digitalak edo eskaneatutako mapak izan daitezke [21].



Irudia 1. Raster-a.

Mapa bektorialak naturako objektuak espazialak lerroz, puntuz eta poligonoz irudikatzen dituzten mapak dira. Objektu espazial bektorialak atributuak dauzkate, objektu espazialak deskribatzen duten testuak edo informazio osagarria direnak. Beraz mapa bektorialak objektu espazialen geometria eta informazio gehigarria duten mapak dira [22] [23].



Irudia 2. Mapa bektoriala.

4.1.2. MAPAK LORTZEKO JARRAITUTAKO PAUSUAK

4.1.2.1. MAPA BEKTORIALAK: ERAIKINEN MAPAK

Geo Euskadi web orrialdetik oinarrizko kartografiako mapak deskargatuko dira (mapa bektorialak), zehazki, eraikinen mapak, bakoitza bere atributuekin. Hauek eraikinen siluetak irudikatzen dituzte eta honi esker mugatu ahal izango da ikasketaren lan gunea. Mapa hauek QGIS programarekin landuko dira, Grass GIS programan landuko diren Raster formatuko mapekin batera.

Raster mapak datu orografikoak dituzten mapak dira, lehen esan bezala. Hori kontuan izanda, lan honetan Bilboko hiriarri buruzko eraikinen mapak behar izango dira, bertan aurkitzen direlako BIEko eraikinak (Geo Euskadi web orrialdetik mapak jarraian deskargatu ordez, ordenagailuan web orrialde horretako sare kokapena jartzea gomendatzen da, bertatik jarraian mapetara joan ahal izateko Geo Euskadira sartu behar izan gabe). Hurrengo pausuak eman jarraitu dira:

Geo Euskadira sartzeraoan “Descargar datos” botoia sakatu eta bertan agertzen diren Link-etatik <ftp://ftp.geo.euskadi.eus/cartografia> kopia da. Ondoren gure ordenagailuko “Explorador de Archivos/Windows” –en “Este Equipo” menuan sakatu eta bertan eskumako botoia sakatzean agertzen diren aukeretatik “Agregar Ubicación de red” aukeratu eta lehen kopiautako Link-a jarri. Behin hori eginda, jarri berritako karpeta sakatu eta agertzen diren kapetetatik “Cartografia_Basica” aukeratu. Horren barruan BTA izena duen karpeta sakatu eta “EDIFICACIONES” klikatu. Bertan zip formatuko bi karpeta aurkitzen dira, ia berdin izendatuta, A eta L bakarrik desberdintzen dituenak. A karpetak, eraikinen azalera dauka eta L karpetak, eraikinen perimetroak. Lan honetan eraikinen azalerekin lan egingo denez A karpeta deskargatu eta deskonprimatu da. Karpeta hori irekitzerakoan 4 dokumentu agertzen dira eta haietatik .shp formatua daukan mapa erabili da. Mapa hori GIS DATABASE izendatutako karpeta batean gordeko da, (ikus ERANSKINAK 2) gero erabiltzeko.

- BTA_EDI_EDIFICACIONES_A_5000.shp

4.1.2.2. RASTER MAPAK EDO ALTUERA MAPAK (MAPAS DE ELEVACIÓN)

LIDAR mapak aldiz, gainazalen modeloak zehazten dituzten mapak dira, puntu hodeien bidez irudikatuta. CNIG-eko Centro de Descargas interneten jarri eta agertzen den lehenengo

aukeran “Descargas” sakatu (ikusi Irudia 3.). Web orrialdean ezkerreko menuan “Division Administrativa” botoia sakatu (ikusi Irudia 4.) eta bertan “Municipio” aukeratu, (gure kasuan Bilbao). Agertzen den fitxategitik “Modelos Digitales de Elevaciones” atalean “LIDAR 1ª Cobertura (2008-2015)” aukeratu eta bertan agertuko dira erabiliko diren mapak (ikusi Irudia 5. eta 6.).

Mapak aukeratzekoan kontu handia izan behar da. Izatez, behar dugun informazioa ez da soilik gure intereserako funtsezkoak diren eraikinen altueren mapei mugatzen, baizik eta gure eraikinen teilatuengain gerizpea suposatuko duen edozein elementuren (mendiak, antenak, ondoko eraikinak...) altuerari buruzko mapak ere kontutan hartu behar dira. Guzti hori kontutan izanda, mapa guztietatik hauek dira behar direnak: (ikusi irudia 6.)

- PNOA_2012_LOTE_502-4792_ORT-CLA-COL.laz
- PNOA_2012_LOTE_504-4790_ORT-CLA-CIR.laz
- PNOA_2012_LOTE_504-4792_ORT-CLA-CIR.laz
- PNOA_2012_LOTE_502-4790_ORT-CLA-CIR.laz

Lan honetan erabiliko den lan-gunea 4 mapen eremuetan aurkitzen da, beraz geroago hauek mapa bakar batean batu beharko dira (4.2. Atala ikusi). Beraz, mapa horiek deskargatu eta “GISS DATABASE” izeneko karpetan gordetzen dira (ikusi ERANSKINA 2). Ondoren, 4 mapa horiek laz formatuan daudenez, Grass GIS-en erabiltzeko formatua aldatu behar izan zaie (hau da, LIDAR formatutik Raster formatura). Hau egiteko Cloud Compare erabiltzen da (ikusi ERANSKINA 1).

Google centro de descargas

Aproximadamente 434.000.000 resultados (0,30 segundos)

Centro de Descargas del CNIG (IGN)
centrodescargas.cnig.es
 En el Centro de Descargas del CNIG puede descargarse gratuitamente la información geográfica digital producida en el IGN.

Descargas
 En el Centro de Descargas del CNIG puede descargarse ...

Mapas en formato imagen
 Mapas en formato imagen.
 Imágenes georreferenciadas ...

Ortofotos del vuelo PNOA ...
 Mosaico nacional Sentinel 2.
 Descripción: Imagen generada ...

Centro de Descargas del ...
 En el Centro de Descargas del CNIG puede descargarse ...

Modelos Digitales de ...
 Modelos Digitales de Elevaciones.
 Información altimétrica que ...

Centro Nacional de ...
 En el Centro de Descargas del CNIG puede descargarse ...

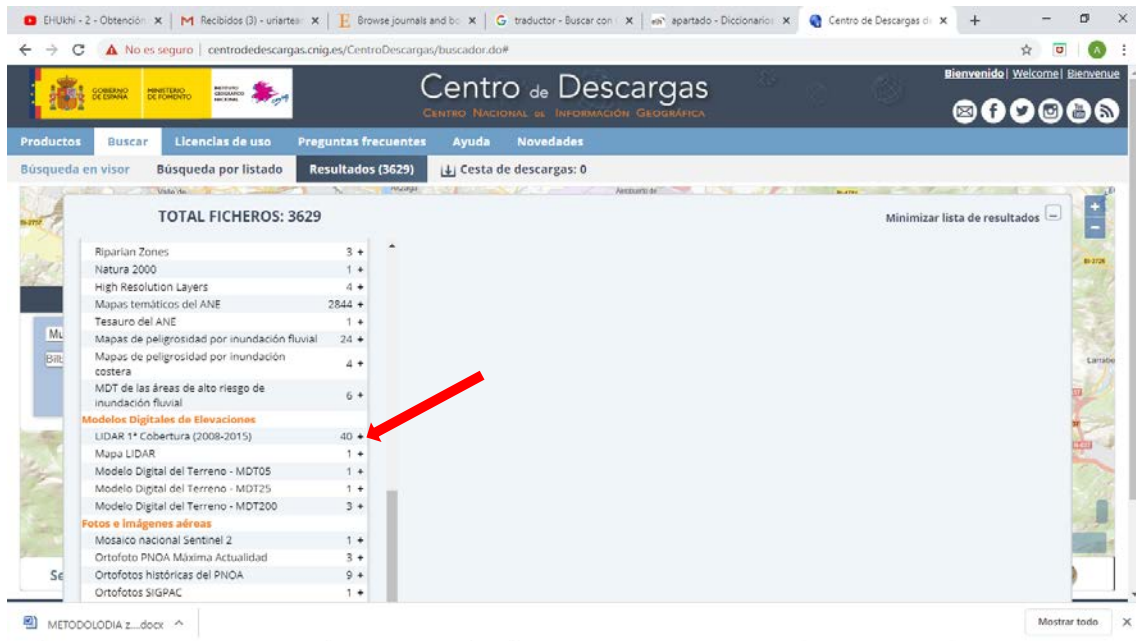
Más resultados de cnig.es »

Instituto Geográfico Nacional
www.ign.es
 Imagen Fondo_descargas. Centro de descargas · Tienda virtual (CNIG) · Servicio

Irudia 3.

The screenshot shows the web interface of the Centro de Descargas. At the top, there is a navigation bar with 'Productos', 'Buscar', 'Licencias de uso', 'Preguntas frecuentes', 'Ayuda', and 'Novedades'. Below this is a search bar with the text 'Buscar por topónimo, dirección o código postal'. A red arrow points to the 'DIVISIÓN ADMINISTRATIVA' section, which contains a 'Municipio' dropdown menu and a search input field with the placeholder text 'Escriba nombre de municipio'. Below the search input is a 'Buscar' button. The main content area features a map of Spain with various cities labeled, and a 'Selección de productos' and 'Selección de capas' section at the bottom.

Irudia 4.



Irudia 5.

		Nombre	Formato	Tamaño (MB)	Fecha	Localizar	Descargar	
Riparian Zones	3 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-540-4782-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	32.04	2012	📍	⬇️	Añadir
Natura 2000	1 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-540-4784-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	28.33	2012	📍	⬇️	Añadir
High Resolution Layers	4 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-540-4786-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	23.89	2012	📍	⬇️	Añadir
Mapas temáticos del ANE	2844 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-542-4780-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	22.80	2012	📍	⬇️	Añadir
Tesoro del ANE	1 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-542-4782-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	31.29	2012	📍	⬇️	Añadir
Mapas de peligrosidad por inundación fluvial	6 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-542-4784-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	23.90	2012	📍	⬇️	Añadir
Modelos Digitales de Elevaciones		Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-542-4786-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	32.48	2012	📍	⬇️	Añadir
LIDAR 1* Cobertura (2008-2015)	24 -	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-544-4780-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	17.90	2012	📍	⬇️	Añadir
Mapa LIDAR	2 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-544-4782-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	35.83	2012	📍	⬇️	Añadir
Modelo Digital del Terreno - MDT05	1 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-544-4784-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	25.49	2012	📍	⬇️	Añadir
Modelo Digital del Terreno - MDT25	1 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-544-4786-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	29.62	2012	📍	⬇️	Añadir
Modelo Digital del Terreno - MDT200	5 +	Coloreado (IRC) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-546-4780-ORT-CLA-CIR.LAZ	LAZ	39.67	2012	📍	⬇️	Añadir
Fotos e imágenes aéreas		Coloreado (RGB) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-540-4782-ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	33.33	2012	📍	⬇️	Añadir
Mosaico nacional Sentinel 2	1 +	Coloreado (RGB) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-540-4784-ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	29.69	2012	📍	⬇️	Añadir
Ortofoto PNOA Máxima Actualidad	3 +	Coloreado (RGB) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-540-4786-ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	24.60	2012	📍	⬇️	Añadir
Ortofotos históricas del PNOA	7 +	Coloreado (RGB) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-542-4780-ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	23.33	2012	📍	⬇️	Añadir
		Coloreado (RGB) 2012 - PNOA-2012-LOTE-PV-542-4782-ORT-CLA-COLLAZ	LAZ	33.55	2012	📍	⬇️	Añadir

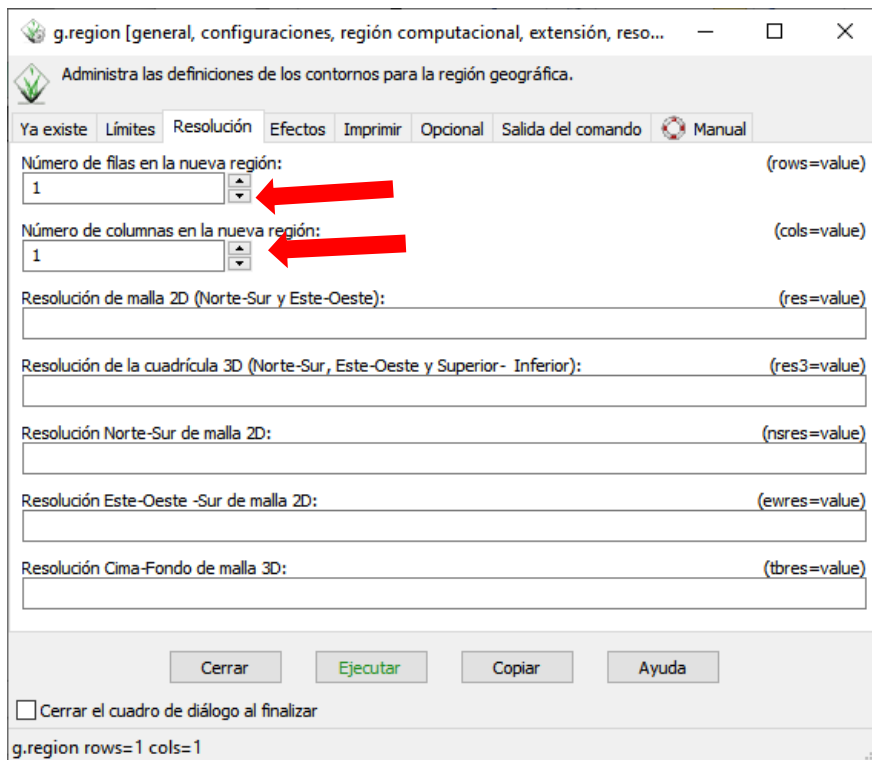
Irudia 6.

4.2. PAUSUA: PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOAREN KALKULUA ETA HORRETARAKO BEHAR DIREN MAPEN LORPENA GRASS GIS APLIKAZIOAREN BITARTEZ

4.2.1. GRASS GIS KONFIGURAZIOA

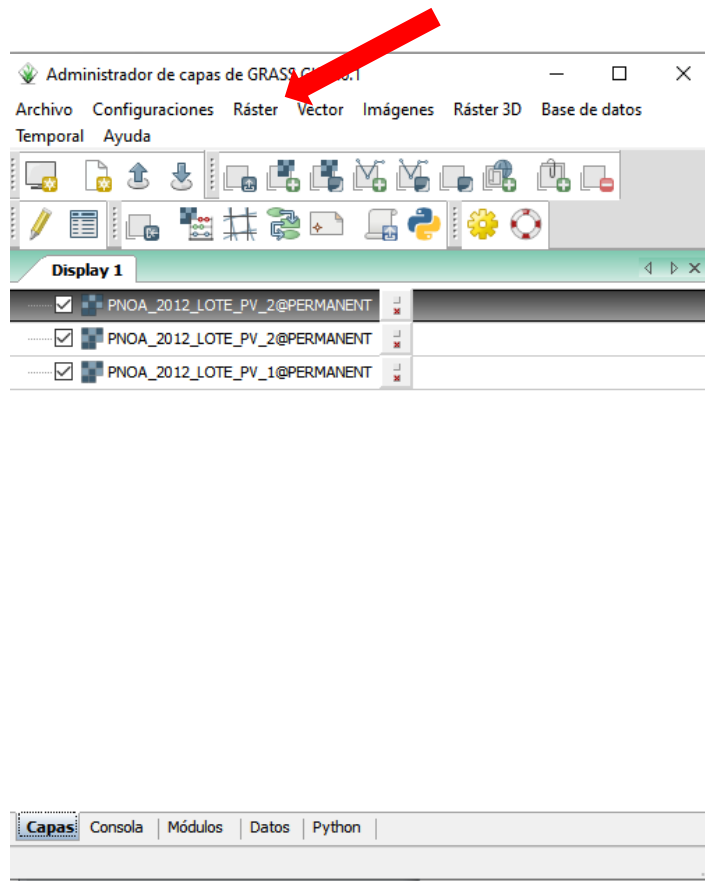
GRASS GIS erabiltzen hasteko karpeta berri bat sortu behar da non bertan proiektuan erabiliko diren mapa osoak gordetzen joango diren. “*Nuevo*” botoia sakatu ondoren “Localización del proyecto” esparruan Hiria_utm nomenklatura idatziko da aukeratutako lurraldearen arabera , “Nombre de localización” atalean hiriaren izena jarriko da eta ondoren proiektzioa aukeratu behar izango da mapa guztiak bistaratze berdina izateko. Kasu honetan erabili den proiektzioa **ETRS89 / UTM zone 30N** izanda da. Proiektzio hori azkarrago bilatzeko **25830** kodigoa sartu ahal da, proiektzio guztien artean bilatzen egotea aurrezten duena. Hemendik aurrera lan karpeta sortuta egongo da eta hurrengo aldietarako Grass GIS-en sartzeko egin den gauza bakarra sortutako karpeta aukeratzea izan da eta ondoren sesioa hasieratu.

Behin Grass GISen “Configuraciones” menua sakatu da eta bertan “Región computacional” aukeratu eta irekitzen den beste aukeretatik “Estableceer región” sakatu. Komandoaren panela irekitzeko beste era bat da “Consola”-n **r.region** komandoa idaztea eta “Enter” sakatzea. Irekitzen den panelean “Resolución” atalean definitu da zutabe eta errenkaden kopurua 1x1 izateko (ikusi Irudia 7.) eta ondoren exekutatu.



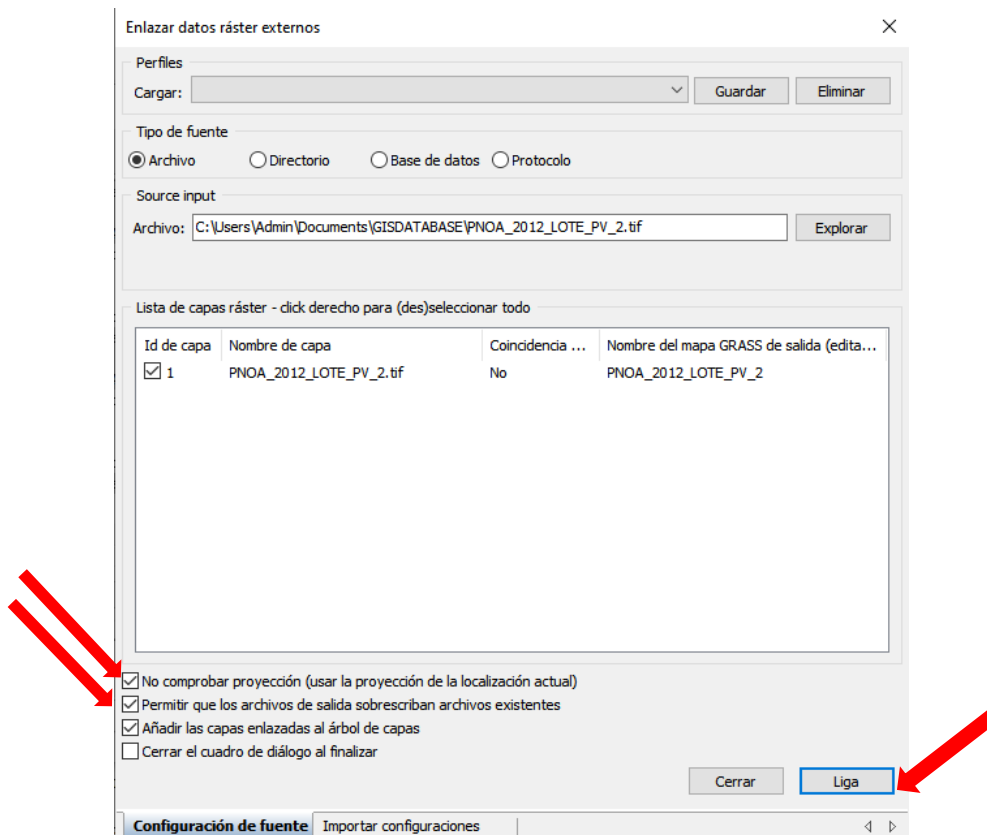
Irudia 7. r.region panela.

GRASS programan Raster motatako mapekin bakarrik lan egin denez, Raster menuan (ikusi Irudia 8.) dauden komandoak izango dira erabili diren bakarrak.



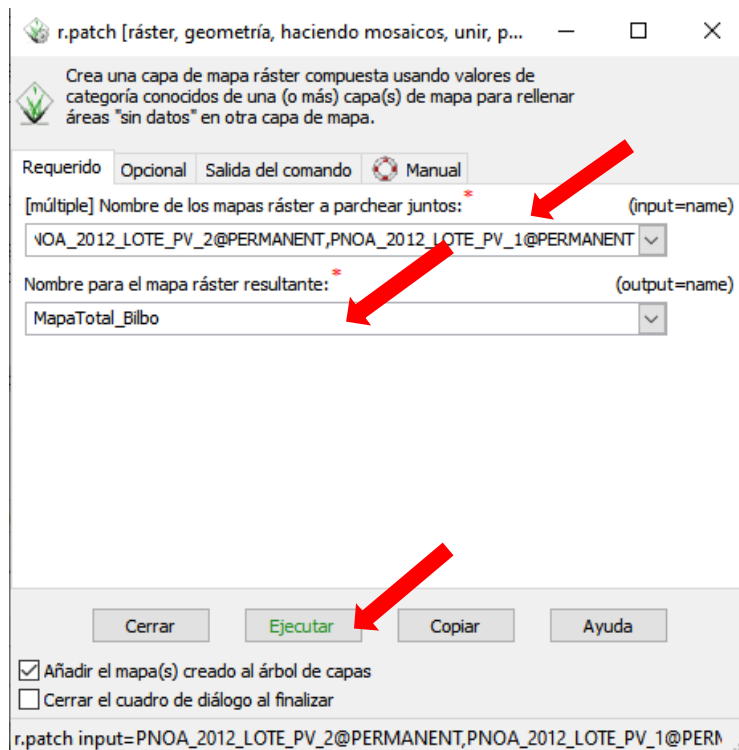
Irudia 8. Grass Gis-en komandoen panela.

Altuera mapak (Raster formatuan) Grass GIS programan estekatuko dira esportatu beharrean. Horretarako, “Archivo” menuan sartu, “Enlazar datos externos” aukeratu eta agertzen diren aukeren artean “Raster externos” sakatu. Raster-ak estekatzeko panelean nahi den mapa bilatuko da GIS DATABASE karpetatik eta “Liga” botoia sakatu baino lehen beheko partean agertzen diren “No comprobar proyección” eta “Permitir que los archivos de salida sobrescriban archivos existentes” laukiak aukeratu (ikusi Irudia 9.), gerora arazorik ez egoteko.



Irudia 9. Raster-ak linkatzeko panela.

Lehen aipatu bezala, oraindik Bilboko 4 guneen Raster mapak banandutik daude eta bakar batean bihurtu dira, aztertuko diren mapak Raster bakar batean egoteko. Horretarako **r.patch** komandoa "Consolan" idatzi da honen panela irekitzeko. Input bezala, batu nahi diren 4 mapak sartu dira eta output bezala, (ikusi Irudia 10.) mapa bakarra lortzen da (bere izendapenerako ikusi ERANSKINA 2).



Irudia 10. r.patch panela.

4.2.2. ORIENTAZIO, MALDA ETA HORIZONTEKO MAPEN LORPENA

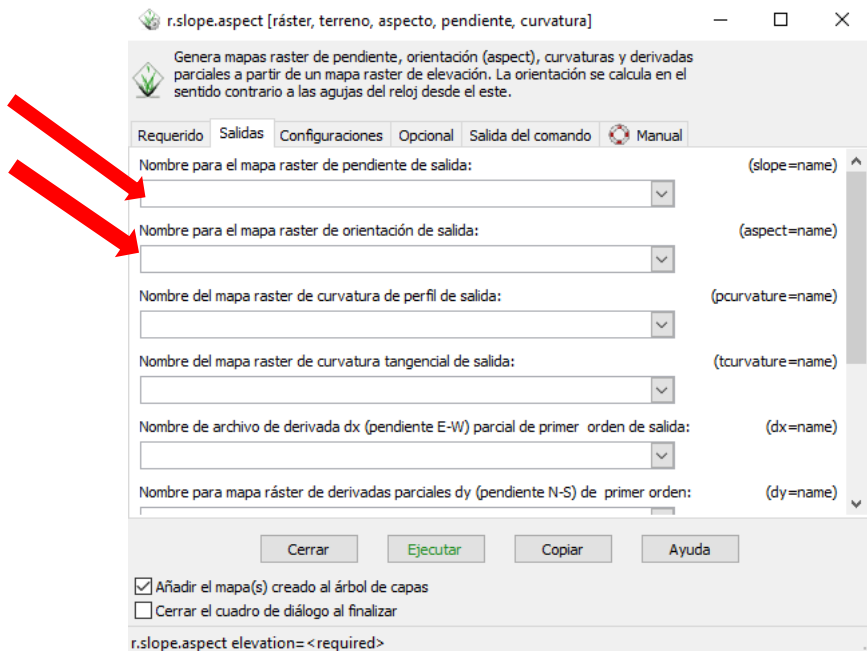
Orientazio, malda eta horizonteko mapak lortzeko, mapa kontzeptualean islatzen den bezala, Grass Gis programa erabili da.

4.2.2.1. ORIENTAZIO ETA MALDA MAPEN LORPENA

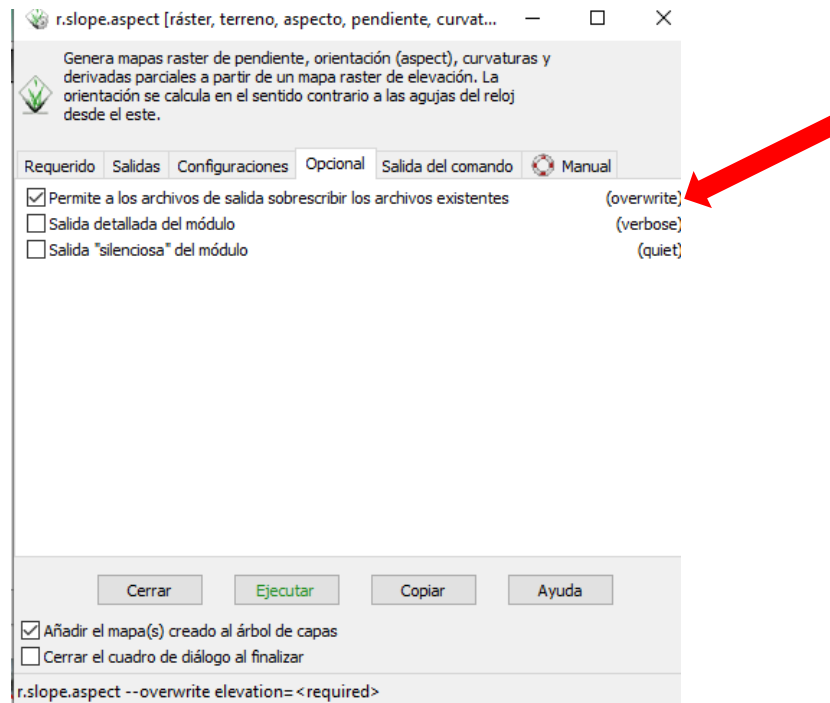
Orientazio mapa, kokapen zehatz baten pixel bakoitzak orientazio angeluari buruzko informazioa ematen duen mapa da, eta malden mapa zera da, maparen pixel bakoitzak kokapen horren angeluaren maldaren informazioa duena. Mapa horiek lortzeko pauso hauek jarraitu dira.

Bilboko aztergai guneko mapak batuta izanda Raster menuan sartuz "Análisis del terreno" klikatu eta gero **r.aspect.slope** komandoa daukan aukera erabili da. Input bezala Bilboko mapa erabili da eta output bezala Raster-eko maldak (slope, gradutan) eta orientazioak (aspect, gradutan) (ikusi Irudia 11.) adierazten duten bi mapa ezberdin sortu dira "Ejecutar" botoia sakatu ondoren (ikusi Irudia 13. eta Irudia 14.).

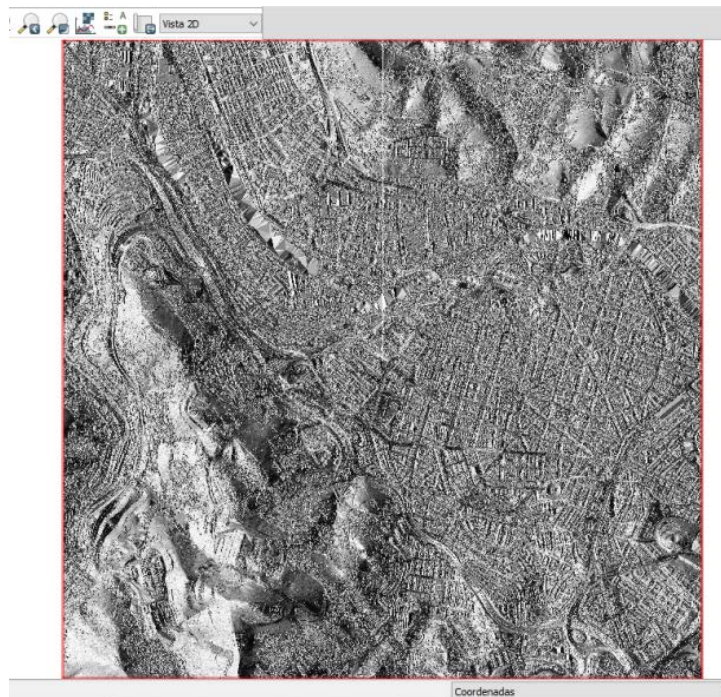
Gerta daiteke komandoa exekutatzean errorea ematea dagoeneko mapa horiek aurretik sortuak izan direlako. Hori ez gertatzeko gainidaztea gomendatzen da (ikusi Irudia 12.).



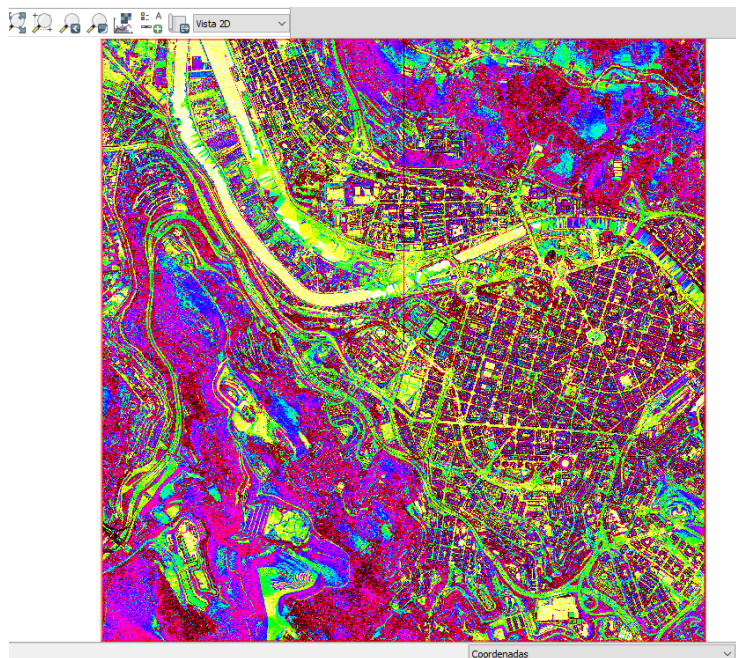
Irudia 11. Input-ak zein lekutan jarri adierazten duen panela.



Irudia 12. Gainidazteko aukeratu beharreko laukia.



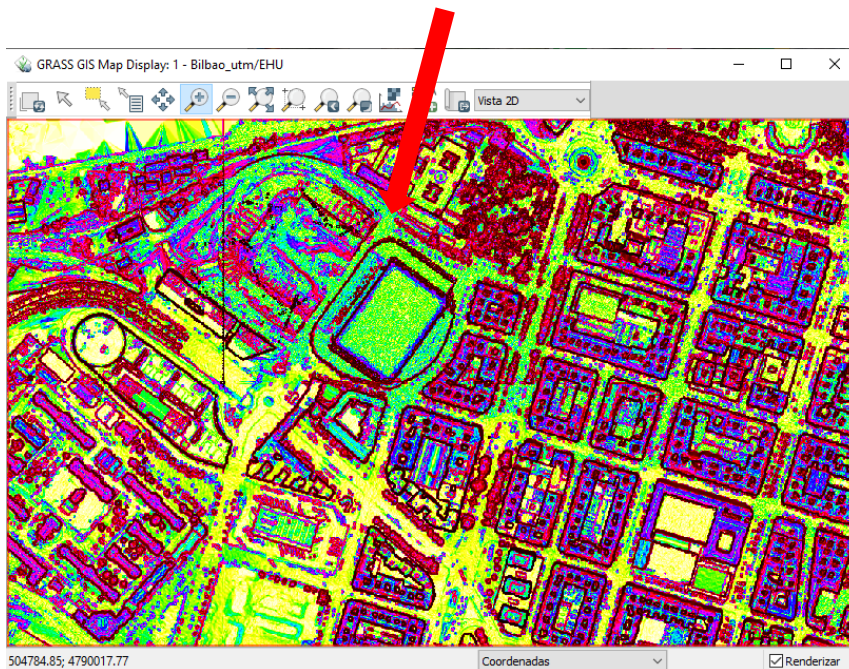
Irudia 13. Malden mapa.



Irudia 14. Orientazioen mapa.

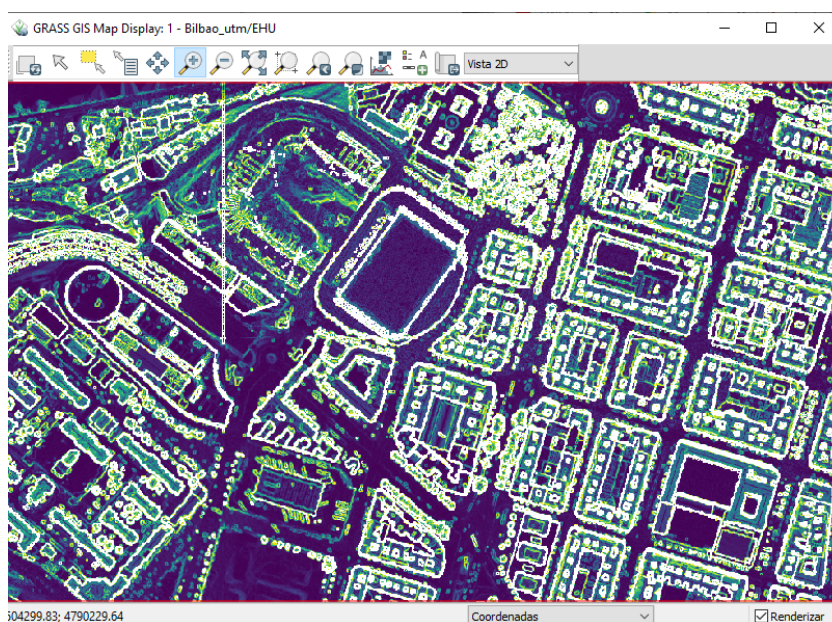
4.2.2.1.1. MALDAK DAUZKAN MAPAREN ZUZENKETA

Pixel bakoitzak sortzen duen produkzio fotovoltaikoa kalkulatzeko malden mapa erabili da, baina mapa honetan aldaketa bat egin behar da kalkuluak ondo atera daitezen. Lehen lortutako malden mapan eraikinen ertzen eta zoruaren arteko altuera diferentzia oso handia denez, hobeto esanda, ez da malda baizik eta bertikal bat, mapan lerro beltz bat bezala adierazten da eraikin guztien inguruan (ikusi Irudia 15.).



Irudia 15. Malden mapa zuzendu gabe.

Hori konpontzeko **r.mapcalc** komandoa erabiliko da eta baldintza bat ezarriko da: 60° baino inklinazio gehiago duten pixelak 90° izatera pasatzea, besteak aldiz, berdin mantenduz. Ondoren, 90° -ko inklinazioa duten pixelak **r.null** komandoarekin 0 balioa emango zaie, inklinazio handia dutenez ez direlako interesgarriak hauek aztertzea. Komando horretan input bezala malden mapa izango da, eta 0 balioa hartuko duten gelaxkak 90° dituztenak izango dira (ikusi Irudia 16.) (mapan lerro zuriak direnak).

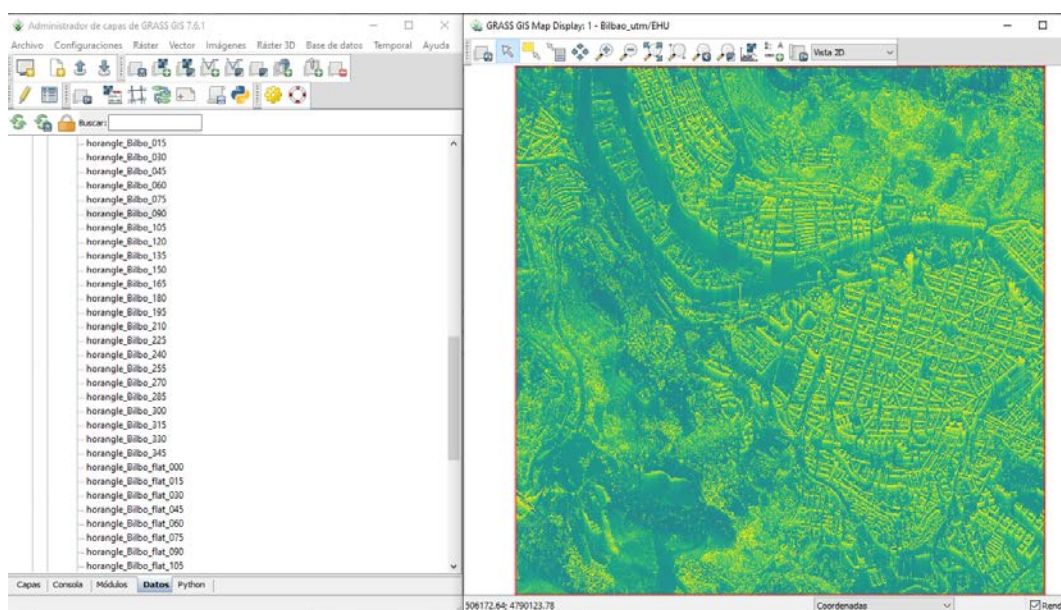


Irudia 16. Malden mapa zuzenduta.

4.2.2.2. HORIZONTEKO ALTUEREN MAPEN KALKULUA

Horizonteko (horizon) mapak kalkulatzeko pixel bakoitzerako zein izango litzateke horizonteko altuera, baina altuera hori begiratzen den norabidearen arabera denez, 360ºko ekortze bat egin da, hau da, buelta oso bat, angelu urrats batekin, kasu honetan 15ºkoa. Angelu urrats hau erabiltzea 24 mapa sortzea eragin du, lanerako behar den zehaztasuna lortuz.

Raster interfasearen menuetik hasita, “Análisis del Terreno” sakatu da eta bertan *r.horizon* komandoa aukeratu da. Input bezala koten mapa aukeratu da, angelu urratsa 15ºkoa zehaztu da eta output bezala “Modo raster” jartzen duen hegalean “Nombre base del mapa raster de salida”-n jarri da lortu nahi den maparen izena. Komandoa exekutatu eta programak 24 mapa sortu ditu, bakoitza norabide desberdinetik kalkulatu.



Irudia 17. Eskuman horizonteko altueren mapa bat eta ezkerrean lortutako beste mapa guztien zerrenda.

4.2.3. IRRADIAZIO TEORIKO MAXIMO GLOBALAREN KALKULUA (G1b)

4.2.3.1. EGUN BATEKO IRRADIAZIO TEORIKO MAXIMO GLOBALAREN KALKULUA (G1b)

Egun bateko irradiazio globala kalkulatzeko egun horretako 24 orduen irradiazio mapak lortu dira eta behin hau izanda mapa guztien gehiketa egin da. Kasu honetan aldiz, ikusi da hilabeteko erdiko eguna hartzarekin nahikoa dela hilabeteko erradiazio globala kalkulatzeko,

errorea oso txikia delako, konparatuz hilabeteko egun guztietako irradiazioaren batza bestekoarekin. Beraz, hilabete bakoitzeko egun bat hartu da kontuan, kasu honetan hilabeteko hamabosgarren eguna aztertu da. Bilboko ingurunekeo mapa eta aurretik lortutako malda, orientazio eta horizonteko altueren mapak erabiliz, **r.sun** komandoaren bitartez eraikin bakoitzari orduz-ordu heltzen zaion erradiazio globaleko mapak lortu dira eta ondoren **r.mapcalc**-ekin mapak gehitu egin dira.

Sarrera bezala, hiri-eremuko mapa, malda mapa, orientazio mapa, horizonteko mapak eta 15ºko angelu urratsa sartu dira (ikusi Irudia 18.). Denbora menuan (ikusi Irudia 19.) zehaztu da hilabeteko eguna (hilabeteko erdiko eguna izango dena) eta eguneko ordua (1-24 ordu sistema). Irteera bezala irradiazio globaleko Raster mapa lortzea aukeratu da (ikusi Irudia 20.), komandoa exekutatu eta mapa lortu da (ikusi Irudia 21.).

Prozesu berdina egin da hilabeteko egun bakoitzeko 24 orduentzako. Denbora asko daraman prozesua denez, python-en kode bat programatu da hilabeteko egun bateko ordu osoen irradiazio mapak lortzeko aldi berean (ikusi ERANSKINA 3).

Modelo de irradiancia e irradiación solar. Procesa mapas ráster de irradiación solar directa (rayo), difusa y reflejada para un día, latitud, superficie y condiciones atmosféricas dados. Los parámetros solares (ej. horas de salida y puesta del sol, declinación, irradiancia extraterrestre, duración del día) se guardan en el archivo histórico del mapa. De forma alternativa, se puede especificar una hora local para procesar el ángulo de incidencia solar y/o mapas ráster de irradiancia. El efecto de sombreado de la topografía se puede incorporar opcionalmente.

Entrada Salida Tiempo Opcional Salida del comando Manual

Nombre del mapa ráster de elevación de entrada [metros]: (elevation=string)

Nombre del mapa ráster de orientación (orientación del terreno o azimut del panel solar) [grados decimales]: (aspect=string)

Un único valor de orientación, 270 es el sur: (aspect_value=float)

Nombre del mapa ráster de pendiente de entrada (pendiente del terreno o inclinación del panel solar) [grados decimales]: (slope=string)

Un valor único de inclinación (pendiente): (slope_value=float)

Nombre del mapa ráster de coeficiente de turbidez atmosférica Linke de entrada [-]: (linke=string)

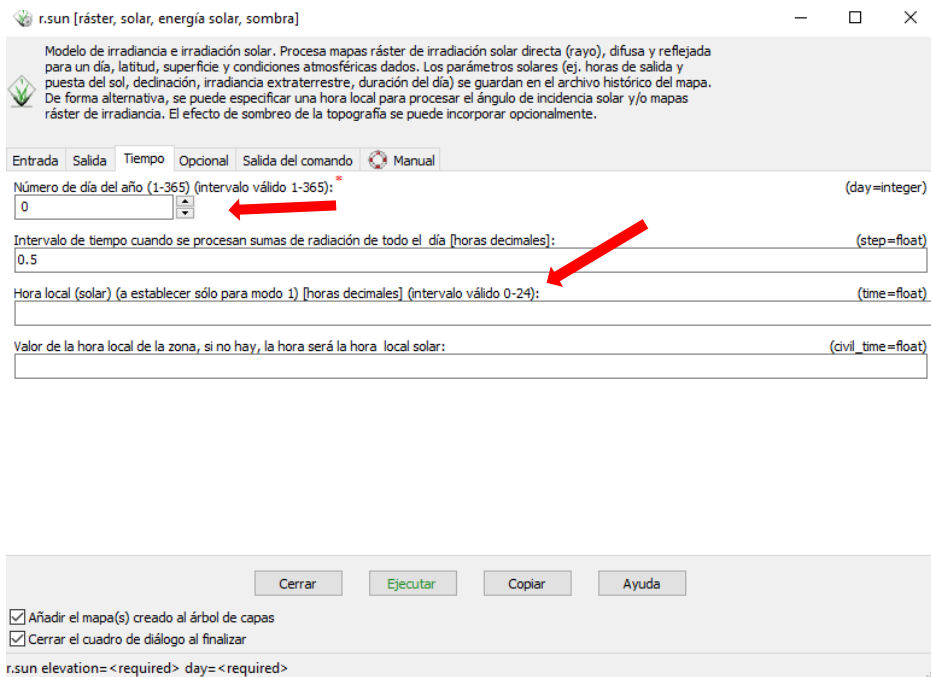
Un valor único del coeficiente de turbidez atmosférica Linke [-]: (linke_value=float)

Cerrar Ejecutar Copiar Ayuda

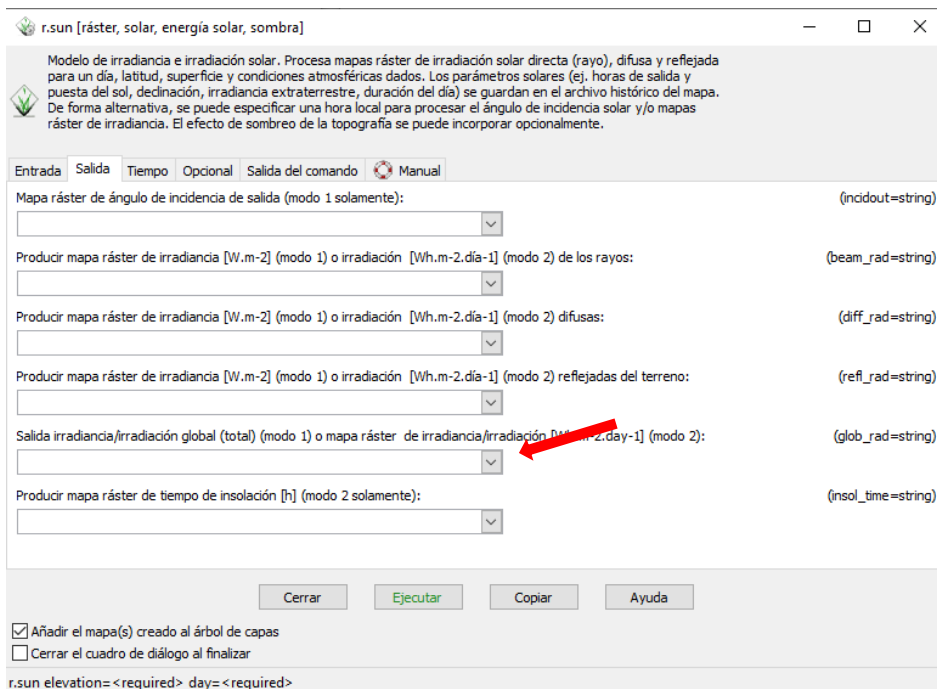
Añadir el mapa(s) creado al árbol de capas
 Cerrar el cuadro de diálogo al finalizar

r.sun elevation=<required> day=<required>

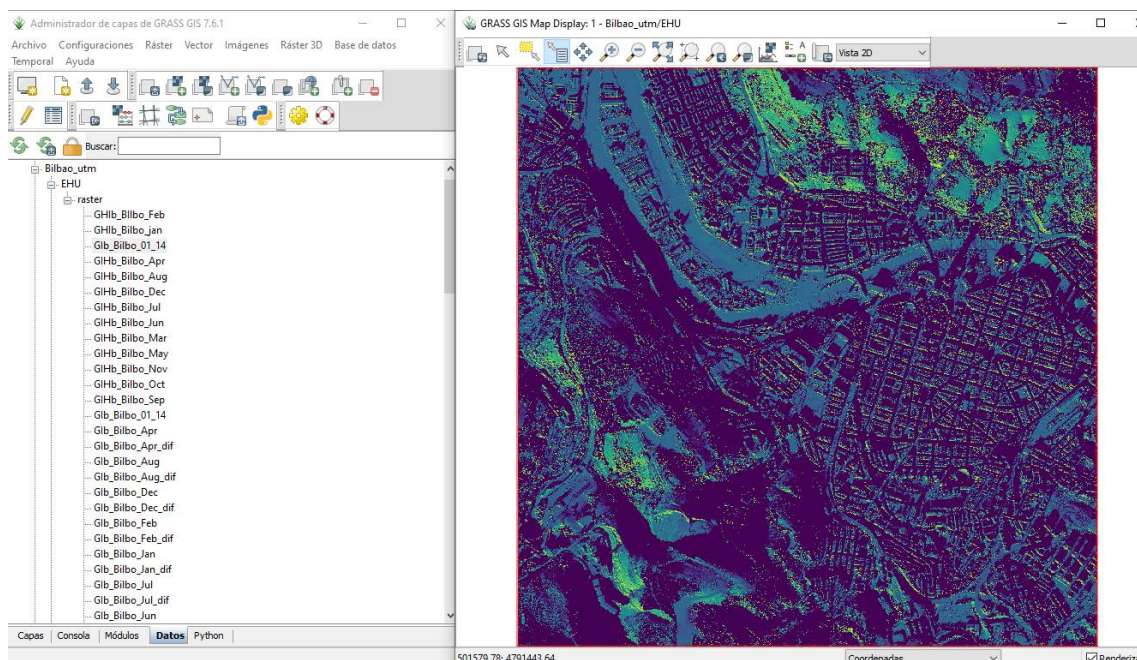
Irudia 18. Sarrera mapak (input-ak) sartu behar diren panela.



Irudia 19. Denbora panela.



Irudia 20. Irteera mapa (output) izendatzeko panela.



Irudia 21. Urtarrileko 14h-ko irradiazio globaleko mapa.

4.2.3.1.1. AUKERATUTAKO HILABETEKO EGUNAK

Irradiazio globaleko mapen kalkulurako hilabete bakoitzeko egun zehatz bat aukeratu da. Egunak 1-etik 365-ra doaz, urte bisustua kontsideratu gabe. Hauek izan dira hautatutako egunak:

HILABETEA	EGUNAK
URTARRILA	15
OTSAILA	46
MARTXOA	74
APIRILA	105
MAIATZA	135
EKAINA	166
UZTAILA	196
ABUZTUA	227
IRAILA	258
URRIA	288
AZAROA	319
ABENDUA	349

Taula 1. Azterketarako aukeratutako egunak.

4.2.3.2. GEHIENEZKO IRRADIAZIO HORIZONTAL GORDINA (GHIB)

Orain arte egindako erradiazio kalkuluak irradiazio zuzena izanik egin dira baina benetan irradiazioak oztopoak dauzka lurrera heltzean, lainoak hain zuzen. Beraz, eragiketa honen bitartez lurrera helduko litzatekeen irradiazio kantitate totala kalkulatu da irradiazioa inolako oztoporik izan gabe bere bidean. Eraikinen teilatuek inklinaziorik ez dutela kontsideratu da aldagai hau kalkulatu ahal izateko, hau da, Bilboko mapa plano bat kontsideratuko da, altuera konstante batekin.

Kontsideratu da horizontaleko erradiazioa hilabete bateko egun baterako eta hori egin ahal izateko Bilboko altueren Raster mapa berri bat egin behar izan da, kasu honetan altuera konstantea duena. Mapa lortzeko **r.mapcalc** komandoa aplikatuz formula matematiko baten bitartez kalkulatu da. Bilboko altuera konstantea 59 m metro direla kontsideratu da, kontuan izanik BIEko eraikinen altuerak 59m eta 43mko altueren artean daudela.

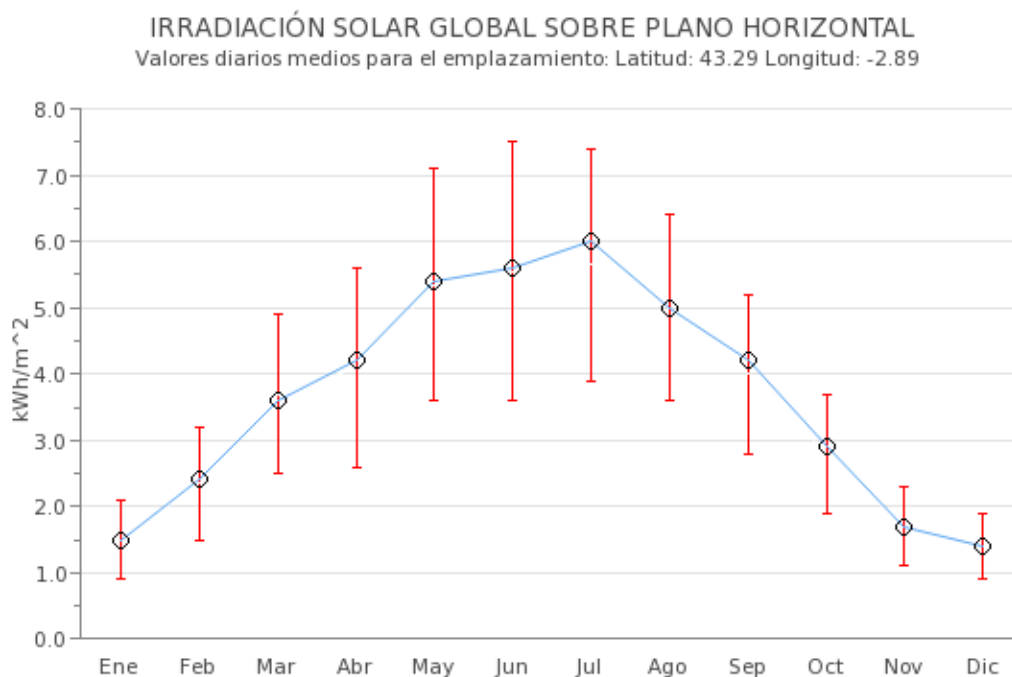
$$Raster_{Bilbo_{flat}} = Raster_{Bilbo} * 0 + Bilboko\ altuera\ konstantea$$

Behin Raster hori lortuta, beste kasuetan azaldu den bezala orientazio eta malda Raster-ak lortu behar izan dira (**r.slope.aspect** komandoarekin) baina kasu honetan Bilboko mapa horizontala kontsideratuz. Gauza berdina egin behar izan da **r.horizon** egiterakoan. Ondoren, GIB maparen kasuan jarraitutako pauso berdina jarraitu egin dira (ikusi 4.2.3.1. atala). Egon diren desberdintasun bakarrak izan dira erabilitako mapak kota konstantearen mapatik lortuak izan direnak (malda eta orientazio mapa berriak) erabili direla eta hilabeteko egunaren ordua ez dela zehaztua izan, horrela egun osoko ordu guztiak kontsideratu dira.

Lortutako mapari **r.stats** komandoa aplikatu zaio, mapa horren balio estatistikoak lortzeko. Datu estatistiko horien artean irradiazio globalaren balioa aurkitzen da, gehienezko irradiazio gordin horizontala (GHIB) deritzona .

4.2.3.2.1. ARGITASUN INDIZEA (INDICE DE CLARIDAD IC)

ADRASE web gunean erradiazio mapak aurki ditzakegu, konkretuki Espainiako bataz besteko hilabeteko erradiazio mapa dago, meteorologia-estazioetatik lorturiko emaitzak dauzkana. Bilboko eguneko bataz besteko horizontaleko irradiazio teorikoa lor dezakegu mapa horietatik [24].



(kWh/m ²)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Percentil 75	2.1	3.2	4.9	5.6	7.1	7.5	7.4	6.4	5.2	3.7	2.3	1.9
Valor medio	1.5	2.4	3.6	4.2	5.4	5.6	6.0	5.0	4.2	2.9	1.7	1.4
Percentil 25	0.9	1.5	2.5	2.6	3.6	3.6	3.9	3.6	2.8	1.9	1.1	0.9

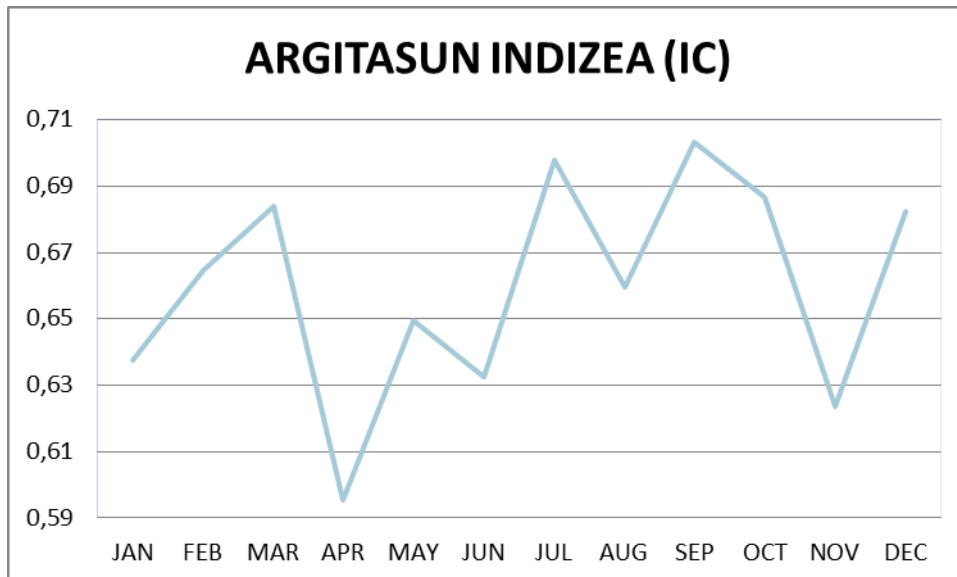
Grafika 2. Bilbora heltzen den eguzki erradiazio erreala.

Argitasun indizea lurreko atmosferaren gardentasun maila adierazten du. Bataz besteko eguneroko erradiazio maximo teorikoaren eta gehieneko irradiazio horizontal gordinaren arteko erlazioa da. Parametro hau kalkulatzeko garrantzitsua da jakiteko benetan zein erradiazio kantitate heltzen den lurrazalera.

$$\text{Argitasun indizea} = \frac{\text{Bataz besteko eguneroko erradiazio maximo teorikoa}}{\text{Gehieneko erradiazio horizontal gordina}}$$

URTEKO HILABETEA	BALIO ERREALA (WH/m ²)	GIHB (WH/m ²)	ARGITASUN INDIZEA (IC)
JAN	1500	2.352,33	0,64
FEB	2400	3.611,38	0,66
MAR	3600	5.263,05	0,68
APR	4200	7.053,85	0,60
MAY	5400	8.313,04	0,65
JUN	5600	8.855,20	0,63
JUL	6000	8.598,26	0,70
AUG	5000	7.579,32	0,66
SEP	4200	5.973,42	0,70
OCT	2900	4.222,32	0,69
NOV	1700	2.726,10	0,62
DEC	1400	2.051,79	0,68

Taula 2. Argitasun indizeen taula.



Grafika 3. Argitasun indizearen balioak.

4.2.4. GEHIENEZKO IRRADIAZIO NETOA (GIn)

Gehienezko irradiazio netoa gainazal inklinatuetara heltzen den benetako irradiazioa adierazten du. Mapa hau **r.mapcalc** komandoarekin kalkulatu da gehienezko irradiazio gordineko Raster-a eta argitasun faktorea erlazionatzen duen formula aplikatuz. Honen bidez Raster-eko pixel bakoitzari heltzen zaion irradiazio netoa zein jakitea posible izango da.

$$GIn = Gb * Laino faktorea$$

4.2.5. PIXEL BAKOITZEKO PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOA

Gehienezko irradiazio netoko mapak izanik, egun bakoitzeko produkzio fotovoltaikoa kalkulatu da. Hau lortzeko, behean agertzen den formula erabili da.

$$E_{pv} = \frac{GIn * A * \eta_{pv} * PR}{\cos\beta}$$

β : Panel fotovoltaikoaren inklinazioa

GIn : Gehienezko irradiazio netoa (W/m^2)

η_{pv} : Elektrizitatearen produkzioaren errendimendua (0,18) [25].

PR: Zuzenketa faktorea (Performance Ratio) : Laborategiko estimazioak zuzentzeko erabiltzen den faktorea da produkzioa baldintza errealean lortu ahal izateko. Lan honetan erabiliko den zuzenketa balioa 0,75 da [17].

A: Pixelaren azalera proiektatua (pixel bakoitzaren azalera $1m^2$ dela kontsideratu da)

Formula hau egun bakoitzeko 24 orduetara aplikatu zaie **r.mapcalc** komandoarekin eta ondoren, komando berdina erabiliz egun horretako orduen produkzio fotovoltaiko guztiak batu egin dira, hilabeteko batzuetako bateko produkzio fotovoltaikoa lortuz. Prozedura berdina jarraitu da urteko produkzioa kalkulatzeko, hau da, hilabeteko kontsumoa kalkulatu da eta ondoren denak batu.

4.2.5.1. EGUN BAKOITZEKO ARGI ORDUEN AUKERAKETA

Egun bakoitzeko produkzio fotovoltaikoa kalkulatzeko orduan bakarrik kontuan izan dira eguzkia ematen duten orduak, hau da, gaueko orduak ez dira kontsideratu, eguzkia ez dagoenez, panelak ez dutelako energia sortuko. Hori kontuan izanda, egunez-egun aztertu egin da zein orduetan dagoen eguzki irradiazioa.

HILABETEA	ORDUA
	(Agertzen direnak barne)
JAN	8-16 h
FEB	7-17 h
MAR	7-17 h
APR	6-18 h
MAY	5-19 h
JUN	5-19 h
JUL	5-19 h
AUG	6-18 h
SEP	6-18 h
OCT	7-17 h
NOV	8-16 h
DEC	8-16 h

Taula 3. Hilabete bakoitzeko eguneko eguzki orduak

4.2.6. HILABETEKO ETA URTEKO PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOEN MAPEN LORPENA

Orduko produkzio fotovoltaikoko mapak izanda, **r.mapcalc** komandoarekin hilabete bakoitzean sortzen den produkzio fotovoltaikoa kalkulatu da, egun bateko ordu mapa guztiak batuz eta hilabete bakoitzeko egun kopuruarekin biderkatuz. Era berean, pausu berdina jarraitu dira urteko produkzio fotovoltaikoa kalkulatzeko, komando berdina erabiliz, hilabete guztien produkzio fotovoltaikoaren mapen gehiketa egin da.

4.2.7. PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOEN MAPEN FILTRAKETA

Potentzial fotovoltaikoen mapa guztiak izanda (urteko, hilabeteko eta ordukoak), metodologiaren sarreran azaldutako filtraketa egin zaie, kontuan hartzeko soilik 15 urte baino gutxiagoko PBEkoa duten produkzio balioak. Hau egiteko, **r.mapcalc** komandoa erabili da eta mapa bakoitzerako baldintza formula (ikusi metodologiaren sarrera) aplikatu zaie. (Nomenklaturarako ikusi ERANSKINA 2).

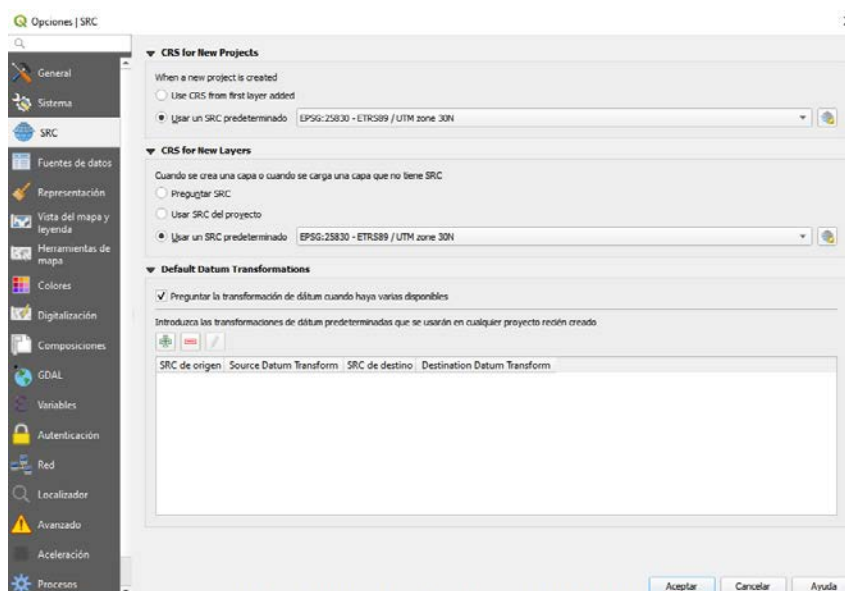
4.3.PAUSUA: QGIS-EN LANTZEA: ERAIKINEN ETA PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOEN MAPAK

4.3.1. MAPAK GRASS GIS-ETIK ESPORTATU

Grass-en lortutako mapak GTiff formatuan esportatu dira QGis-en erabili ahal izateko. Hori egiteko “Archivo” menuan “Exportar mapa Raster” aukeratu da eta bertan agertzen diren aukeretatik lehenengoa sakatu, hau dena, “Formatos de exportación comunes”. Input bezala esportatu nahi den mapa jarri da, irteerako maparen izena aukeratu eta GTiff formatua aukeratu da, komandoa exekutatu baino lehen. Esportatutako mapak GRASS deituriko karpeta gordeko dira (ikusi ERANSKINA 2). Pausu hau errepikatu da orduko, hilabeteko eta urteko produkzio fotovoltaikoko mapak esportatzeko, hauek izan direlako gerora QGis-en landu direnak.

4.3.2. ERAIKINEN MAPA BEKTORIALA QGIS-EN KARGATU ETA LAN GUNERA MUGATU

QGis irekitzerakoan, programarekin lanean hasi baino lehen egin den lehenengo gauza proiektzioa egokia aukeratzea da, Grass-en bezala (Ikusi Grass konfigurazioa) **ETRS89 / UTM zone 30N** proiektzioa ezarri da. “Configuraciones” menuan “Opciones” sakatu eta irekitzen den panelean “SRC”-n proiektzioa aukeratu da (ikusi Irudi 22.).

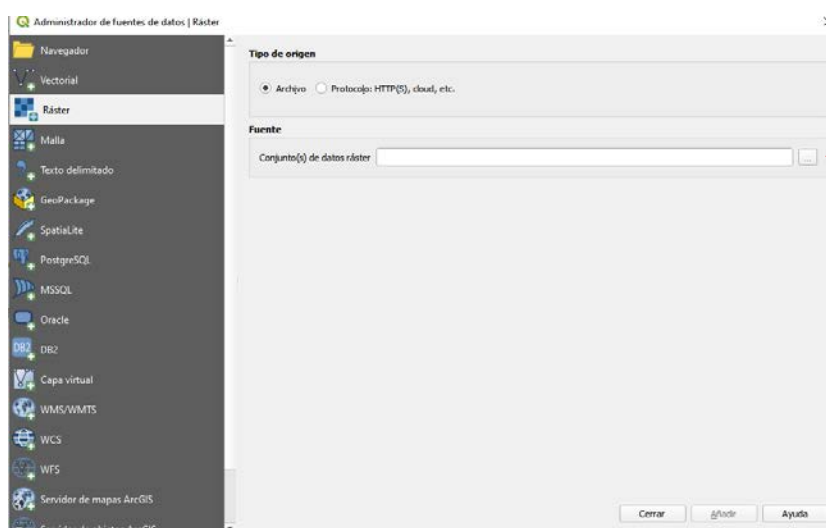


Irudia 22. Proiektzioa zehazteko panela.

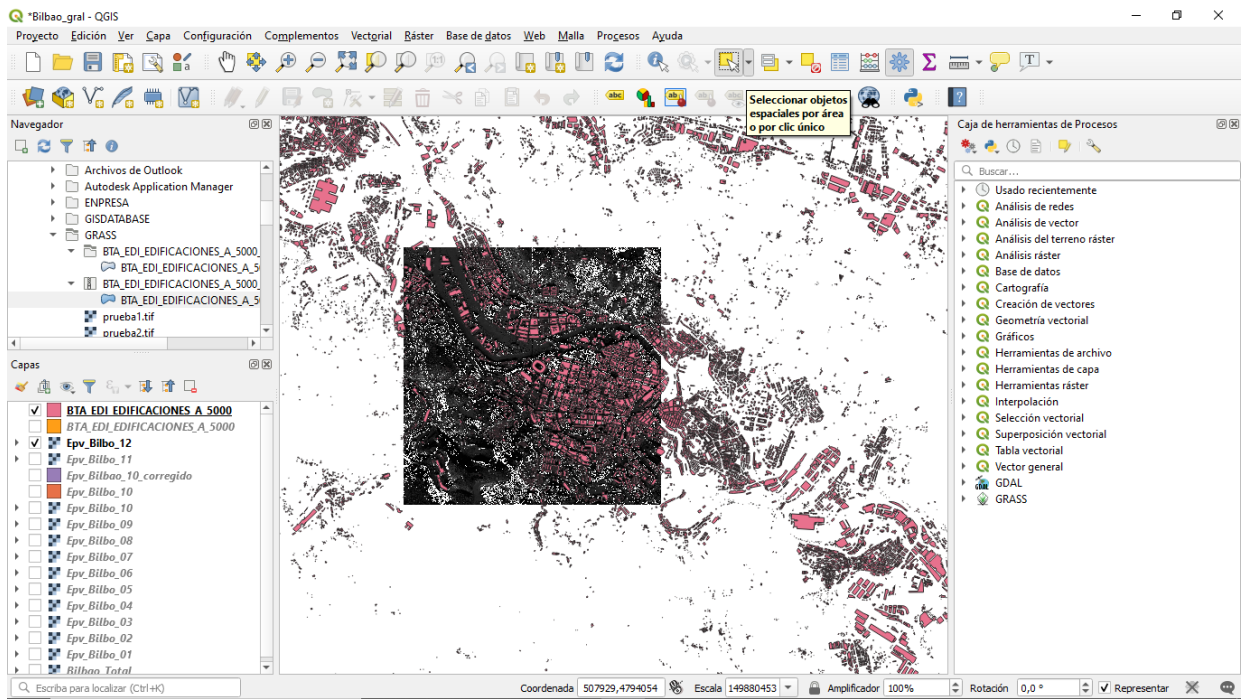
Geo Euskaditik deskargatutako eraikinen mapa bektoriala txertatu da programan, horretarako, “Capa” menua sakatu da, bertan “Añadir capa”- n agertzen diren aukeren artean “Añadir capa vectorial” sakatu da eta agertzen den panelan “Examinar” botoiari sakatuz (ikusi

Irudia 23.), ordenagailuko dokumentuetara bideratzen du eta bertatik mapa aukeratu (shp formatuan) eta txertatu da. Argibide berdinak jarraitu dira potentzial PVko Raster mapa (Epv-ko mapa) bat QGis-en kargatzeko baina kasu honetan “Añadir capa Raster” aukeratu behar da. Era azkarrago batean egiteko, mapa gordeta dagoen karpetetatik hartu eta QGis-era herrestan eraman ahal da, honela automatikoki mapa QGis-era erantsiko da.

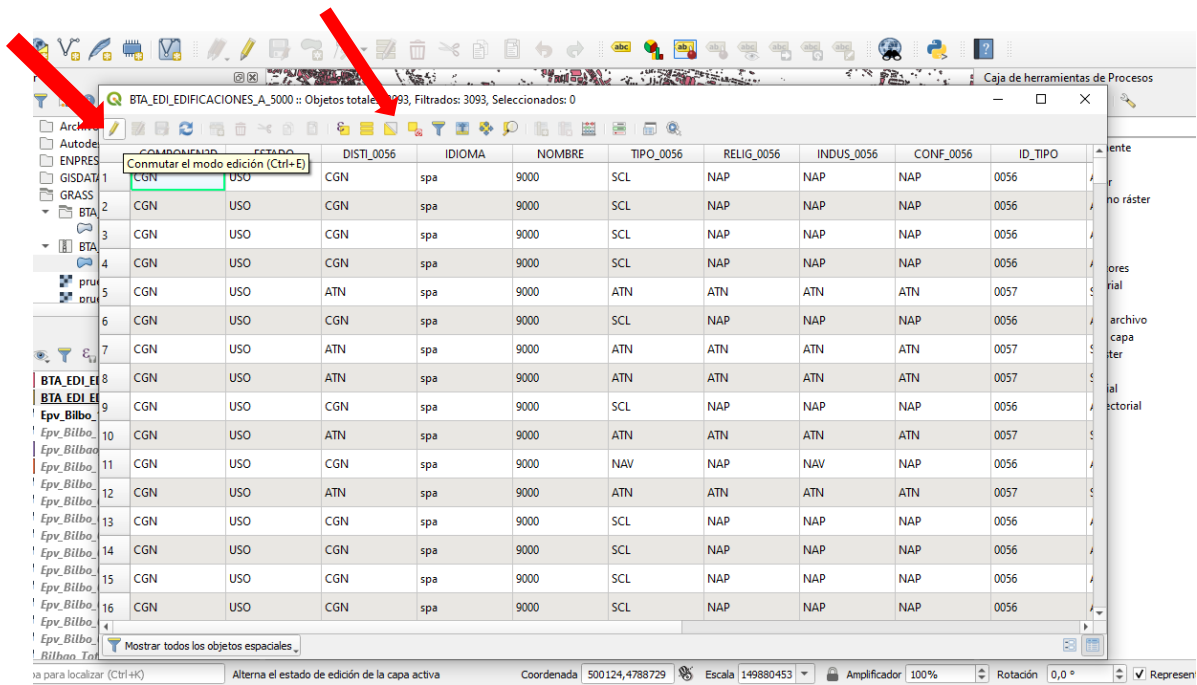
Eraikinen mapa (mapa bektoriala), Euskadiko eraikin guztiak dauzka baina lan honetan mapa horretako gune zehatz bat bakarrik aztertu nahi izan da eta horretarako eraikinen mapa aztergai gunera mugatu da (lehen aipatu da Epv-ko mapa bat izatea baina edozein mapa izan ahal da azterketa eremua erakusten duen mapa baldin bada) . Hori lortzeko QGis-en txertatutako bi mapak (Rastera eta bektoriala) irudikatu dira (ikusi Irudia 24.) eta goiko menuan dagoen “Identificar objetos espaciales” botoia (ikusi Irudia 24.) sakatuz mapa bektorialean (eraikinen) azterketa gunea aukeratu da. Eraikin gune hori aukeratuta izanik, ezkerreko panelean agertzen den eraikinen mapa aukeratu eta eskumako botoia sakatuz, agertzen den panel berrian “Abrir tabla de atributos” klikatu da. Eraikinen mapak dauzkan atributuen (eraikinen informazioa) taula bat agertzen da atributu batzuk daudenak soilik aukeratuta (lehen aukeratu direnak). Taulako goiko menuan “Invertir selección” botoia (ikusi Irudia 25.) sakatu da, horrela hautatuta geratu dira nahi ez ditugun eraikinak eta menuan dagoen “Conmutar el modo edición” (ikusi Irudia 25.) botoia sakatuz, selekzionatutako aldagaiak ezabatu dira, nahi den eraikin eremua lortuz (ikusi Irudia 26.).



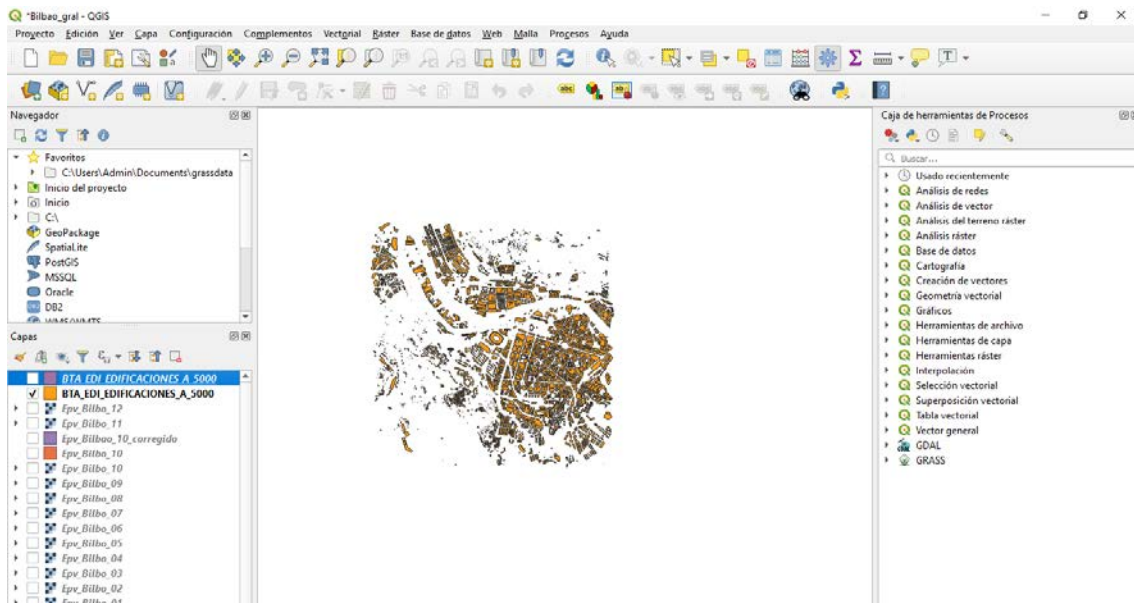
Irudia 23. Mapa QGis-en gehitzeko panela



Irudia 24. Epv eta Eraikinen mapak batera irudikatuta.

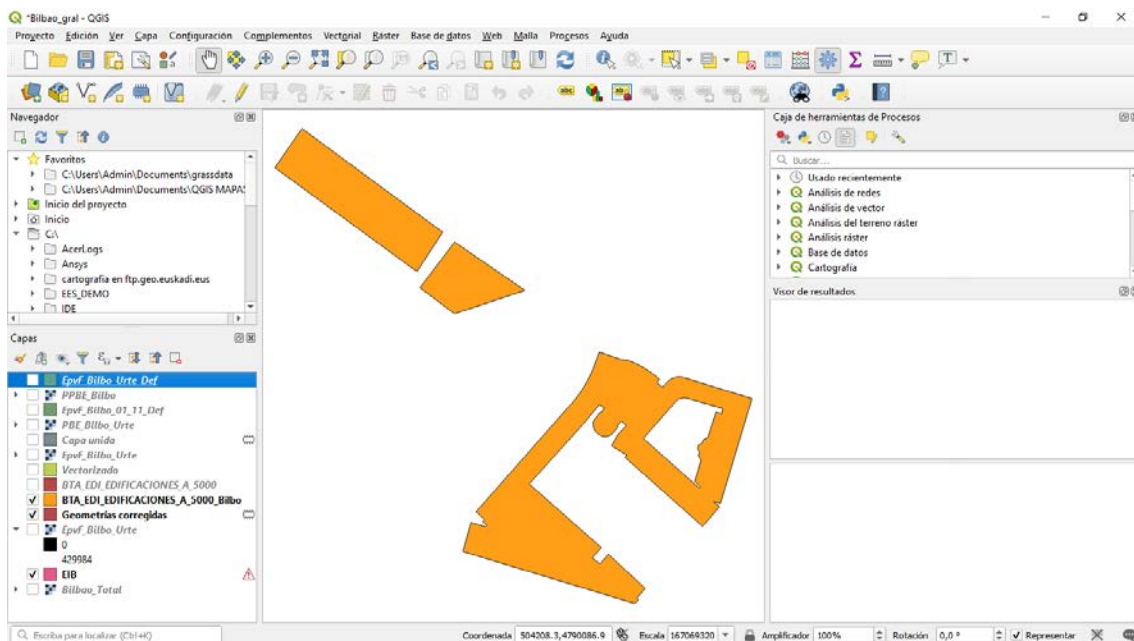


Irudia 25. Atributuen taula.



Irudia 26. Eraikinen aztergai eremua.

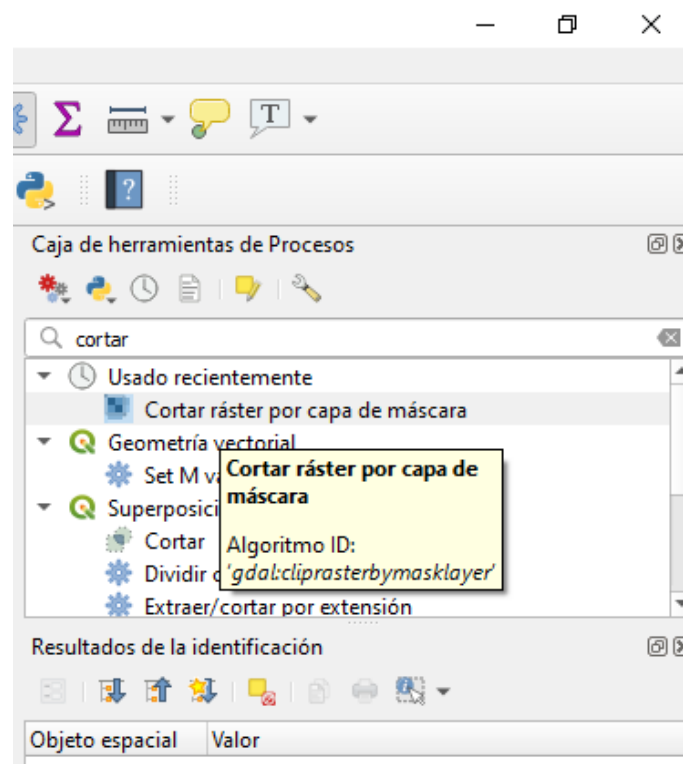
Lan honetan BIEko eraikinak aztertuko direnez soilik, gure aztergai eremua are gehiago murriztu da, hain zuzen, BIEko eraikinetara. Goian azaldutako pauso berdinak jarraitu dira, aldatu den gauza bakarra izan da eraikinen mapatik bakarrik aukeratu direla BIEko eraikinak, ondoren beste guztiak ezabatzen (ikusi Irudia 27.).



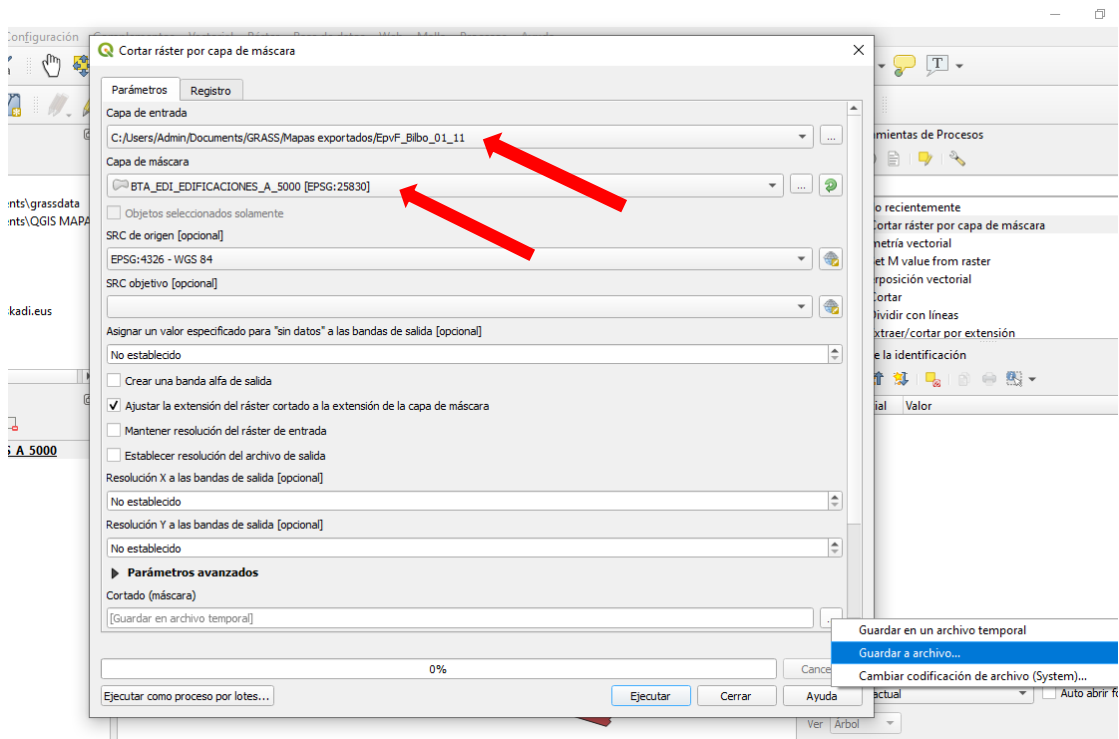
Irudia 27. BIEko eraikinak.

BIEko eraikinen mapa izanik, mapa hau erabili da potentzial PVko (Epv) Raster-ak mozteko. Eskumako “Caja de herramientas de Procesos” menuan (ikusi Irudia 28.) “Cortar Raster por capa de máscara” aukeratu da. Irekitzen den panelean “Capa de entrada” bezala, moztu nahi

den mapa jarri da, kasu honetan, produkzio PVkoa eta “Capa de máscara” bezala eraikinen mapa moztua (ikusi Irudia 29.) jarri da. Lehen aipatu bezala, mapa berri hau gorde egin da karpeta batean (ikusi ERANSKINA 2) eta komandoa exekutatu. Gomendagarria da “Abrir el archivo de salida después de ejecutar el algoritmo” hautatu gabe ustea erroreak sortu ahal dituelako komandoa exekutatu ondoren.



Irudia 28. Eskumako menua.



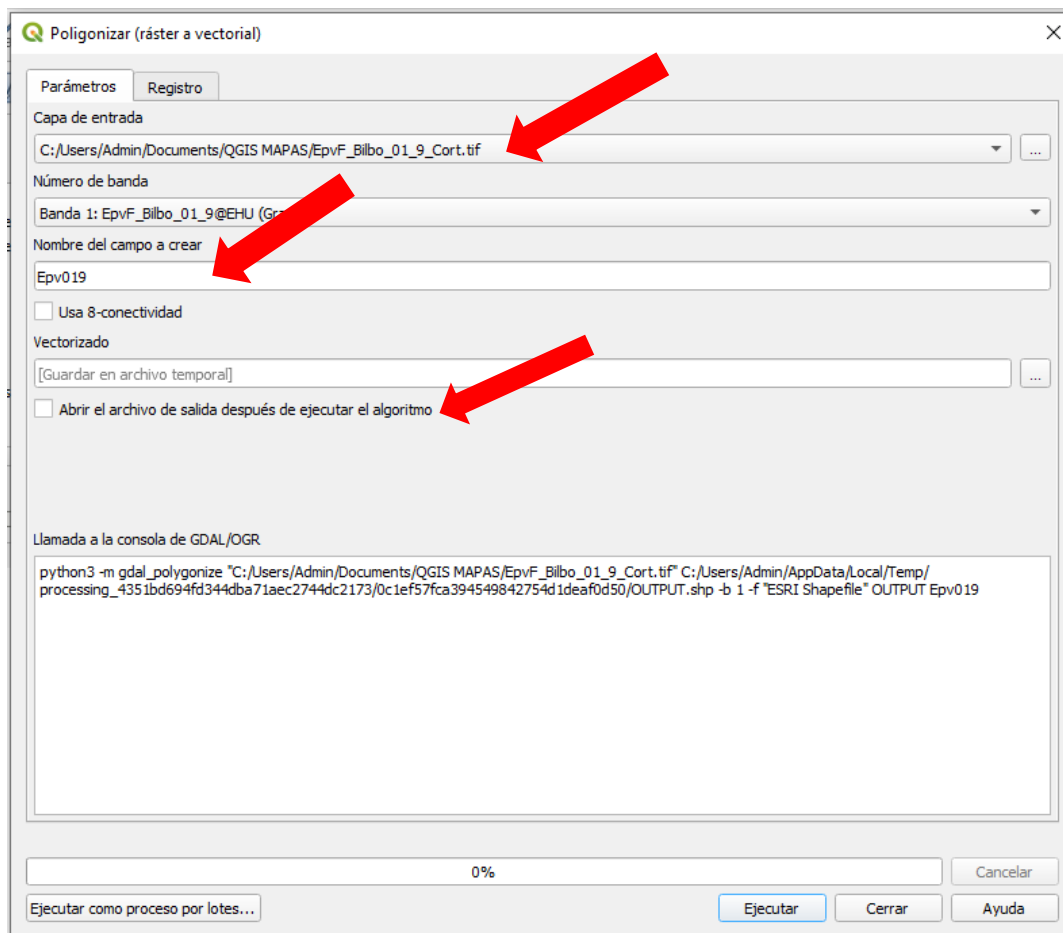
Irudia 29. "Cortar raster por capa de máscara" panela.

4.3.3. IRRADIAZIO RASTERRAK MAPA BEKTORIALEAN BIHURTU (POLIGONIZATU)

Produktzio PVko Raster mapak bektorial bihurtu behar izan dira ondoren eraikinen maparekin konbinatu ahal izateko. Prozesu hau, Raster-a osatzen duten pixel-ak (lauki txikiak) lerro perimetralak izatera bihurtzean datza. Prozesu hau ez da egin eraikinen maparekin, dagoeneko mapa hori bektoriala delako.

Raster mapak bektorial bihurtzeko poligonarizatu (bektorializatu) dira, hain zuzen, aurreko atalean moztu berri diren produktio PVko mapak (orduko, hilabeteko eta urteko erradiazioenak). Eskumako menuan "Píxeles ráster a polígonos" komandoa bilatu eta aukeratu da. Komandoaren panela irekitzerakoan "Capa de entrada" bezala "Examinar" sakatu da ordenagailuko karpetak irekitzen duena eta bertatik aztergai gunera mugatu den mapa (aurreko pausoa lortutakoa) aukeratu da tif formatuan. "Nombre del campo a crear" jartzen duen tokian poligonizatu den aldagai zehaztu da, kasu honetan, potentzial PVkoa (E_{PV}), adierazten duen hilabetea eta ordua zehaztuz (ikusi Irudia 30.). "Vector" atalean mapa berria izendatu egin da (ikusi ERANSKINA 2) eta sortutako mapa gordetzeko (shp formatuan), aurreko atalean egin den gauza berdina egin da (ikusi 4.3.2. atala) eta komandoa exekutatu da (mapa

izendatzeko (ikusi ERANSKINA 2). Oharra: “Abrir el archivo de salida después de ejecutar el algoritmo” aukeratu gabe utzi beti.



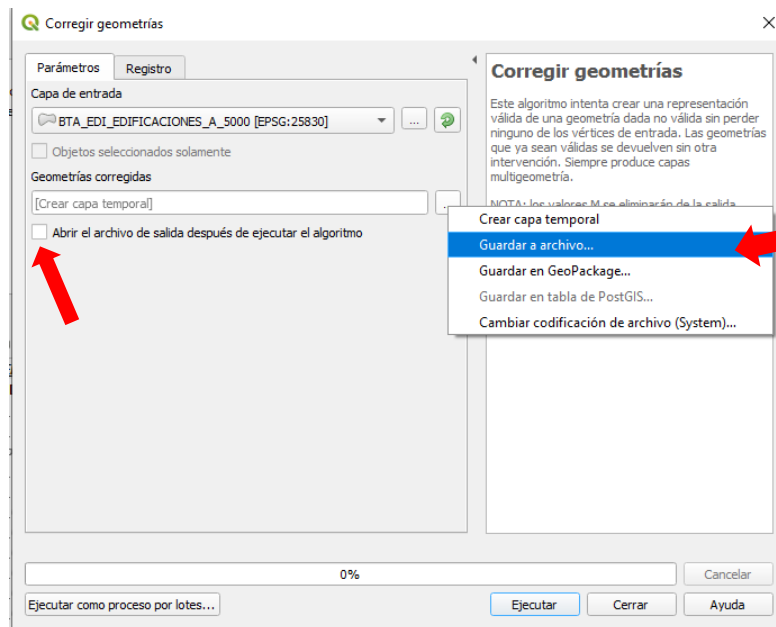
Irudia 30. Poligonizatzeko panela.



Irudia 31. Poligonizatutako irradiazio mapa.

4.3.4. GEOMETRIAK ZUZENDU

Poligonizatutako mapa bektorialen eta eraikinen mapa bektorialeko geometriak zuzentzea beharrezkoa da. Hori egiteko eskumako panelean “Caja de herramientas de Procesos” jartzen duen tokian “Corregir Geometrias” bilatu da. Aukera hori sakatzean, agertzen den panelean zehaztu da zein den zuzendu beharreko mapa (poligonizatutako potentzial PVko mapak eta eraikinen mapa), hau gorde (ERANSKINA 2 arabera) egin da (izendatzeko ikusi ERANSKINA 2) hurrengo botoia sakatuz (ikusi Irudia 32.) eta exekutatu egin da. Beste komandoetan bezala, “Abrir el archivo de salida después de ejecutar el algoritmo” hautatu gabe utzi da.

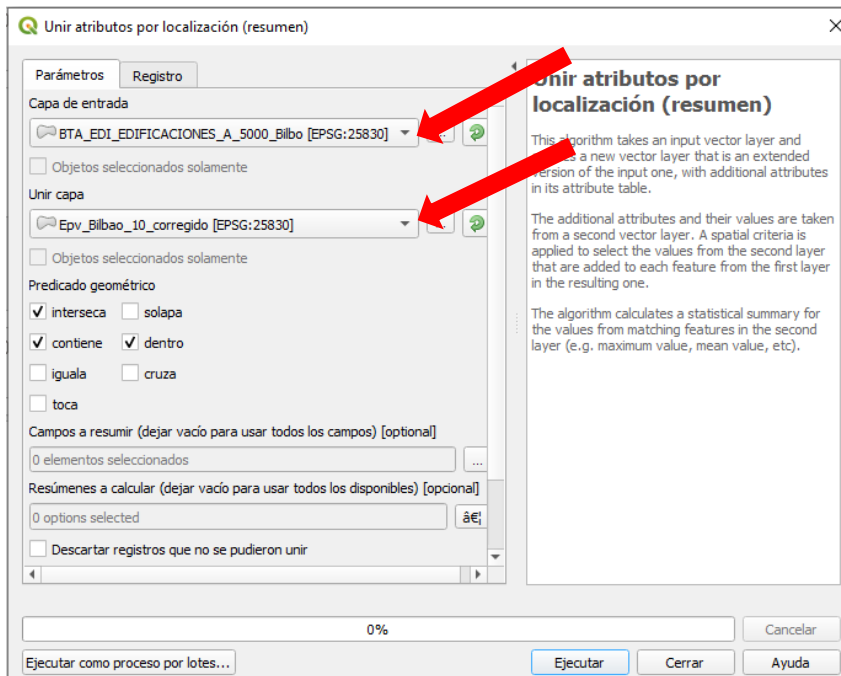


Irudia 32. Geometrien zuzenketaren panela.

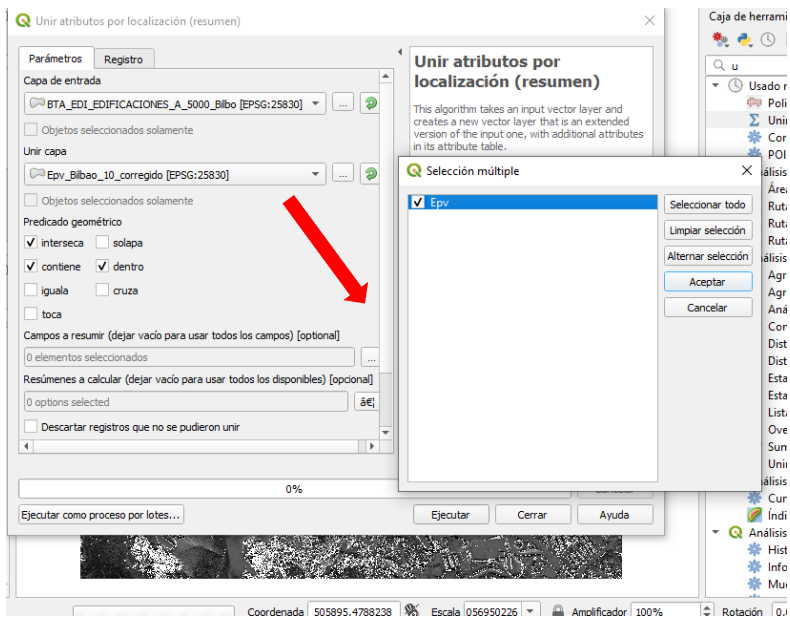
4.3.4. IRRADIAZIO BALOREAK ERAIKINEN MAPAN ESLEITU

Potentzial PVko mapak bektorializatuak izanik, mapa horiek daukaten informazioa (atributuak) eraikinen mapan esleitu dira, horrela, eraikin bakoitzeko produkzio fotovoltaikoa zenbatekoa den jakin da. Hori lortzeko pausu hauek jarraitu dira:

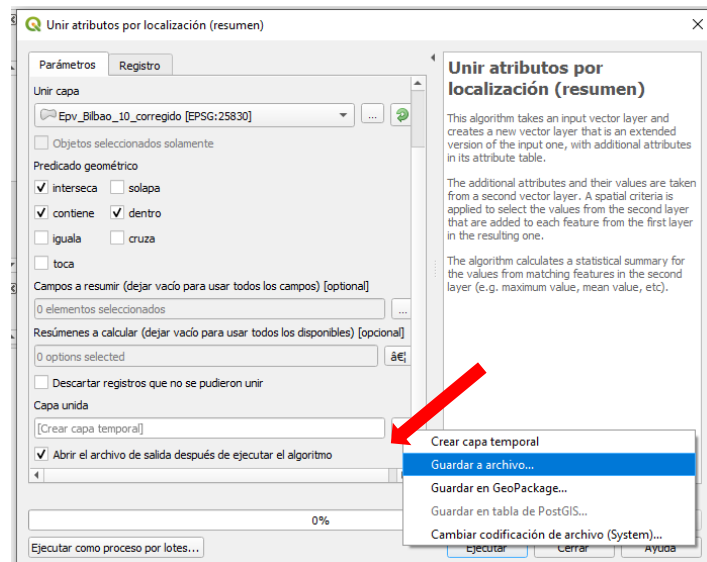
Eskumako menura joan da eta “ΣUnir atributos por localización (resumen)” komandoa bilatu eta aukeratu da. Sarrerako geruza EDIFICIOS mapa izan da eta batuko den geruza erradiazio mapa bektorial zuzendua shp formatuan (ikusi Irudia 33.). Informazio transferentzia egiteko kontsideratuko diren puntuak erakinaren azaleraren barne daudenak (dentro), elkar ebakitzen diren puntuak (interseca) eta barne daudenak (contiene) izan dira. Transferitu den eremua Epv izango da (ikusi Irudia 34.) eta “Resumenes a calcular” sakatzerakoan aukera ematen du hautatzeko zein motatako eragiketak egin nahi diren. Agertzen diren eragiketa guztietatik maximoa, minimoa, gehiketa eta bataz bestekoa aukeratu dira. Beste kasuetan bezala sortutako mapa gorde egin da karpetan (ikusi Eranskina 2) shp formatuan (ikusi Irudia 35.) eta azkenik komandoa exekutatu.



Irudia 33. Atributuak pasatzeko komandoaren panela.



Irudia 34. Transpasatuko den informazioa aukeratzeko panela



Irudia 35. Mapa gordetzeko klikatu behar den botoia.

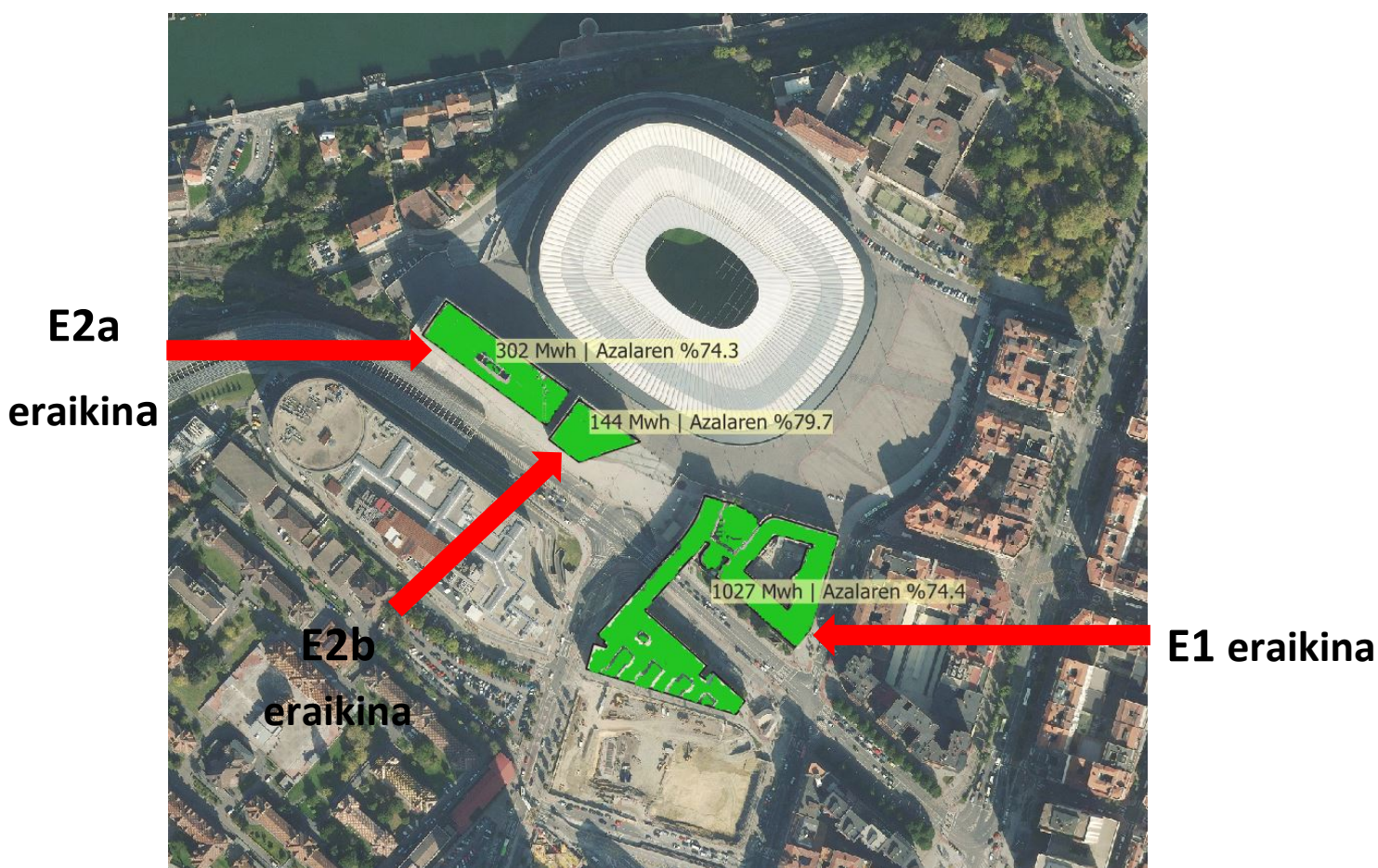
Pauso hau potentzial PVko mapa guztiekin egin da (orduko, hilabeteko eta urtekoa), haien atributuak eraikinen mapara esleitzeko. Mapa bakar batean atributuen datu guztiak izateko azken mapari esleitu zaion informazioa jarriko da “Capa de entrada” bezala eta horrela datu guztiak izatea lortu da. Lan luzea izan denez, prozesu hau phyton-en programatu da hilabeteko ordu bakoitzerako.

5. AZTERKETAKO EMAITZAK

Atal honetan lortutako emaitzak agertzen dira, mapen, grafikoen eta datuen taulen bitartez adierazita. Ekoiztutako potentziala BIEko eraikin bakoitzaren arabera adierazita dago, grafiko, mapa eta tauletan.

5.1. BIEKO ERAIKINEN MAPEN EMAITZAK

GRASS GISetik lortutako mapak behin QGISera eramanda, eraikinen mapekin batera landu dira eta eraikin bakoitzeko urteko produkzioa eta azalera erabilgarriaren portzentaia lortu egin da, beheko irudian ikus daitekeenez.



Irudia 36. BIEko eraikin bakoitzaren produkzioa.

Hemen eraikin bakoitzaren taulak agertzen dira:

E1 ERAIKINA	
Azalera	8962,545 m ²
Azalera Erabilgarria	74,40%
Panel Mota	Inklinazio Gabe
Urteko produkzio fotovoltaikoa	1027 MWh
PPBE	12,96 urte
Hornikuntza Tasa	56,67%
Altuera	42,94m
Inklinazioa	16,142°
Orientazioa (ekialdean jarrita erreferentzia sistema eta erlojuen orratzen kontra joanez)	175,79°
EROI	1,93 urte

Taula 4.

E2a ERAIKINA	
Azalera	2972,988 m ²
Azalera Erabilgarria	74,30%
Panel Mota	Inklinazio Gabe
Urteko produkzio fotovoltaikoa	302 MWh
PPBE	14,31 urte
Hornikuntza Tasa	19,90%
Altuera	58,87m
Inklinazioa	19,387°
Orientazioa (ekialdean jarrita erreferentzia sistema eta erlojuen orratzen kontra joanez)	166,74°
EROI	1,75 urte

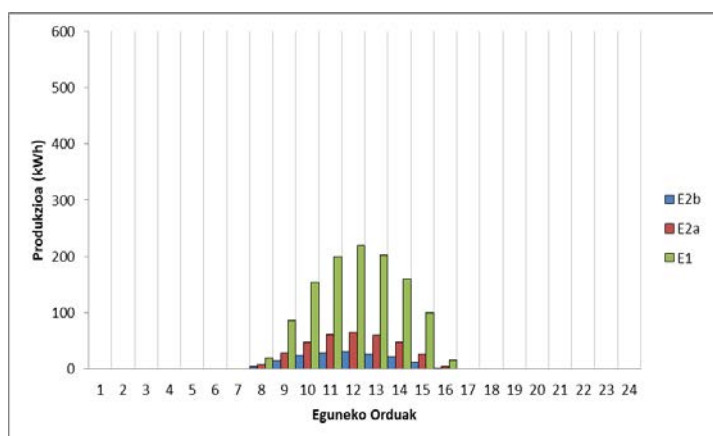
Taula 5.

E2b ERAIKINA	
Azalera	1351,075 m ²
Azalera Erabilgarria	79,70%
Panel Mota	Inklinazio Gabe
Urteko produkzio fotovoltaikoa	144 MWh
PPBE	14,7 urte
Hornikuntza Tasa	17,46%
Altuera	59,28m
Inklinazioa	20,339°
Orientazioa (ekialdean jarrita erreferentzia sistema eta erlojuen orratzen kontra joanez)	160,6°
EROI	1,70 urte

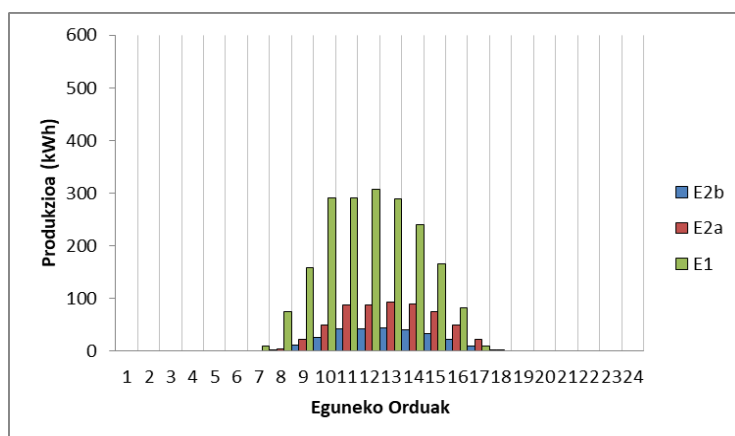
Taula 6.

5.2. EMAITZEN GRAFIKOAK: HILABETEKO ETA EGUNEKO PRODUKZIO FOTOVOLTAIKOA

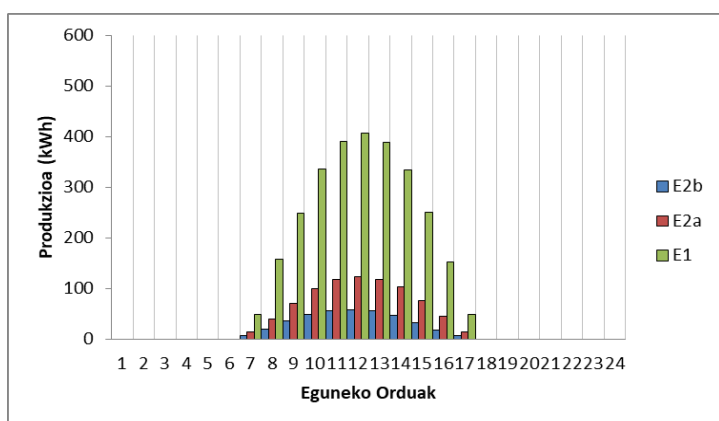
Hemen agertzen dira hilabete bakoitzeko egunek daukaten produkzioa orduen arabera eta hilabeteko produkzio totala. Metodologian azaldu den bezala, kalkuluak egiteko hilabete bakoitzeko egun bat (hilabeteko erdiko eguna) aztertu egin da eta produkzio hori bider hilabete osoko egunak eginez hilabete osoaren produkzioaren berdina da. Potentzial PVko mapak PPBEarekin filtratu egin dira ($PPBE < 15$), ziurtatuz aztertutako azalera panel PVak jarriz gero, hauek produzitzen dutenarekin 15 urte baino gutxiago behar izango direla hasierako inbertsioa berreskuratzeko.



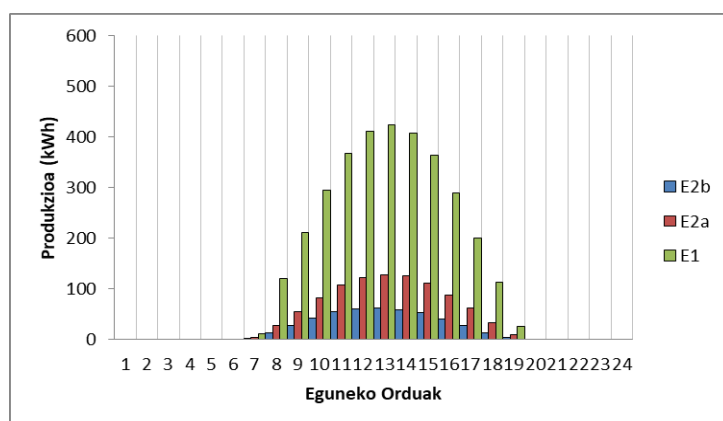
URTARRILA



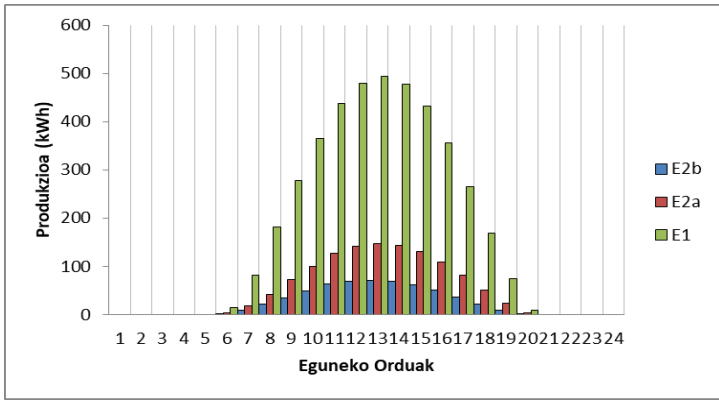
OTSAILA



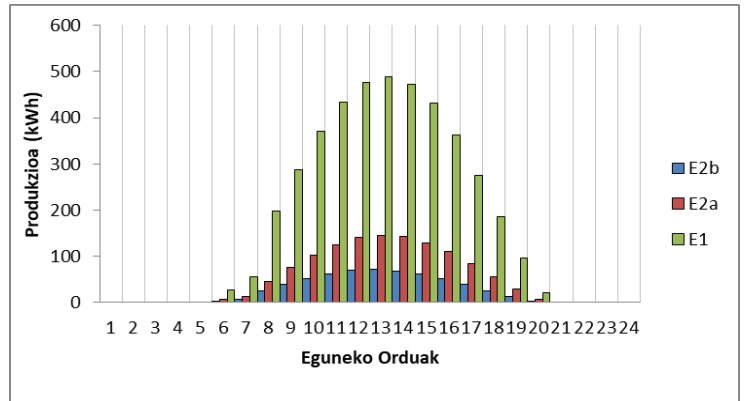
MARTXOA



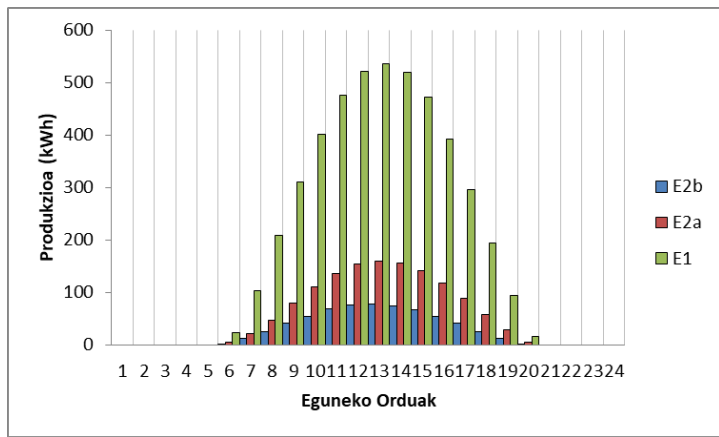
APIRILA



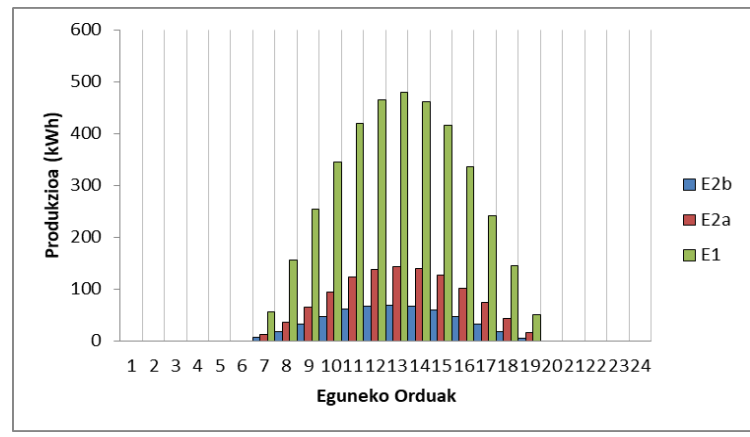
MAIATZA



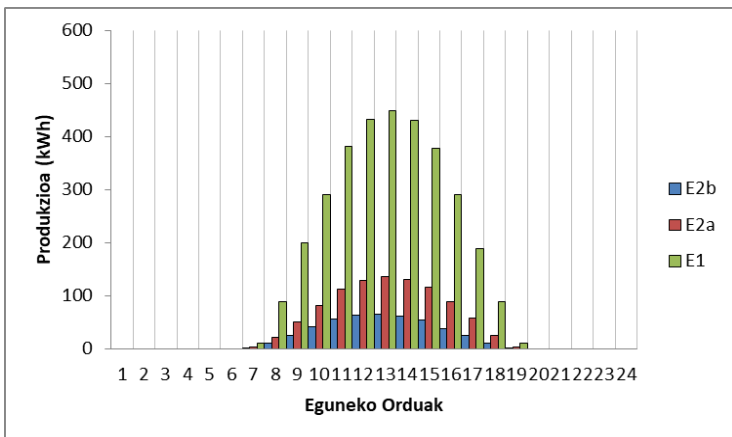
EKAINA



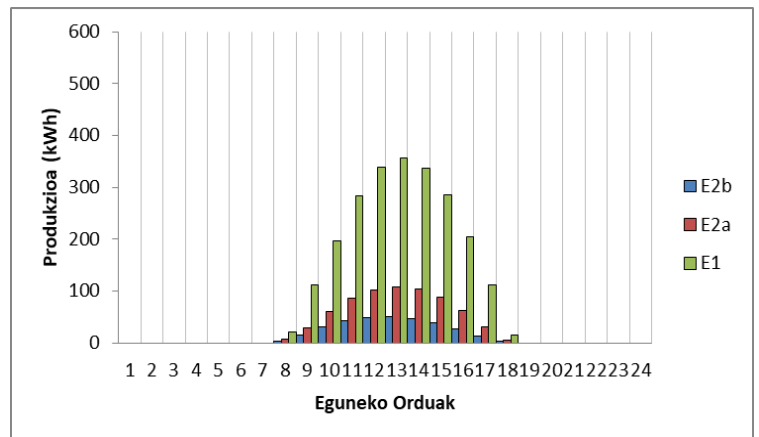
UZTAILA



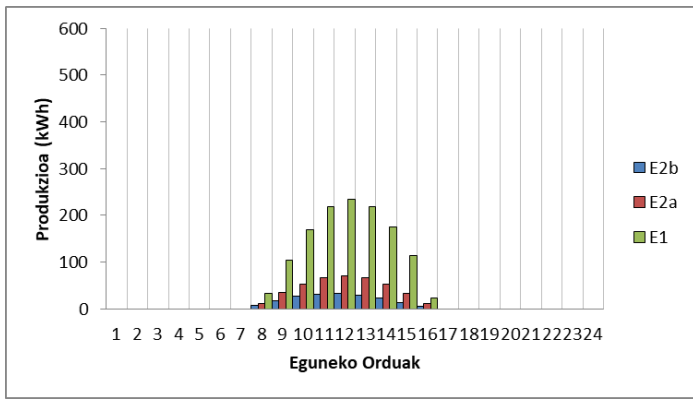
ABUZTUA



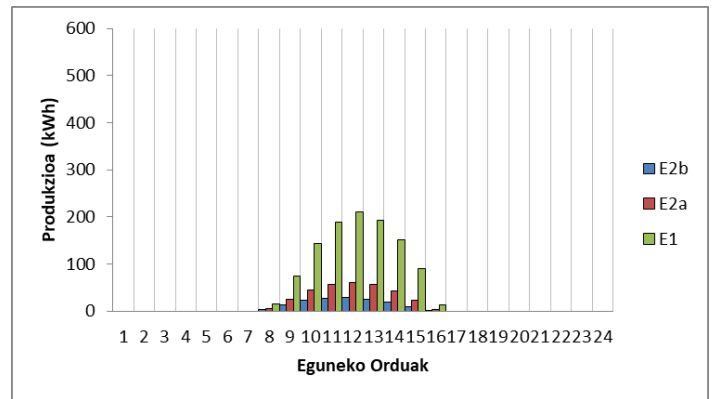
IRAILA



URRIA



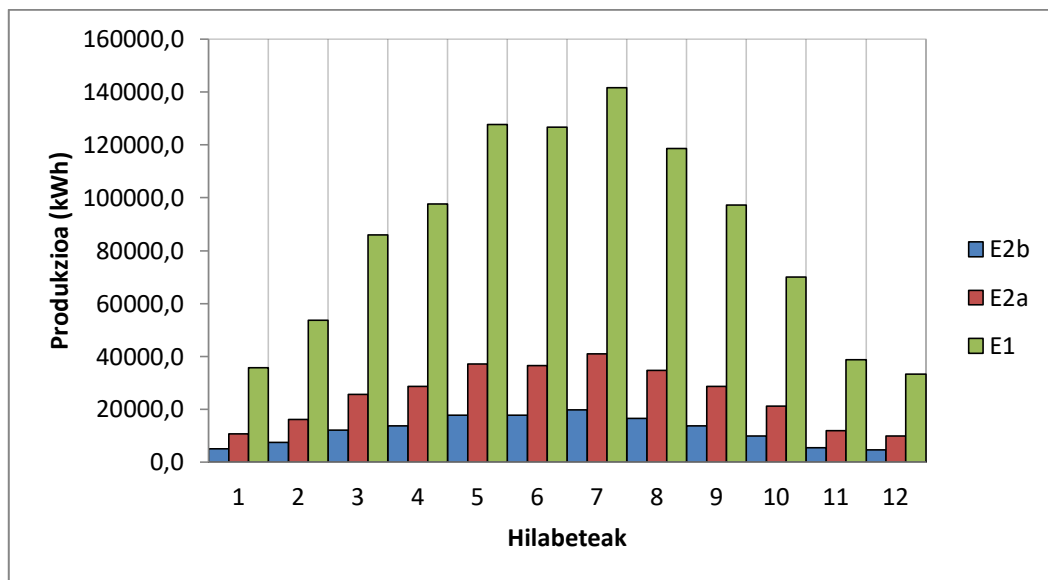
AZAROA



ABENDUA

Taula hauetan ikusi daitekeenez, eta logikoaenez, maiatzean, ekainean, uztaian, abuztuan eta irailean produkzioa askoz handiagoa da eguzki irradiazioa handiagoa delako. Aldiz, batez ere, urtarrilean, otsailean, azaroan eta abuztuan produkzioa asko gutxitzen da, irradiazio falta dela eta.

Urteko produkzioa hilabetez-hilabete ikusita hobeto ikusten da joera hori. Baita aztertutako hiru eraikinetatik E1 eraikina dela produkzio handiena duena, azalera handiagoa delako.



Grafika 4. Urteko produkzioa hilabete bakoitzeko.

5.3. EMAITZEN TAULAK: HILABETEKO ETA ORDUKO DATUAK

Atal honetan hilabete bakoitzaren produkzio fotovoltaikoaren eta hilabete bakoitzeko eguneko produkzio fotovoltaikoaren balioak agertzen dira.

URTARRILA	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
E2B(kWh)	4,321	14,506	23,759	27,868	30,119	26,659	20,676	11,426	2,236
E2A(kWh)	7,446	28,640	47,217	60,560	64,735	60,311	47,009	26,361	4,582
E1(kWh)	19,751	85,892	153,757	198,964	218,428	201,692	159,958	99,719	15,555

Taula 7. Eguneko orduko produkzioa.

OTSAILA	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
E2b(kWh)	1,732	11,544	25,357	42,210	42,210	43,609	40,000	32,358	21,449	8,901	1,401
E2a(kWh)	3,211	21,491	49,142	87,613	87,613	93,293	88,625	74,020	49,823	22,351	2,872
E1(kWh)	9,751	75,112	158,103	291,193	291,193	307,688	289,684	239,304	166,307	81,690	9,751

Taula 8. Eguneko orduko produkzioa.

MARTXOA	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h
E2b(kWh)	7,259	19,855	36,978	50,094	57,202	58,940	55,990	47,048	33,615	18,766	7,259
E2a(kWh)	14,212	40,473	70,988	100,098	117,874	123,138	118,846	103,666	76,531	45,983	14,212
E1(kWh)	48,446	157,594	248,445	336,891	389,980	406,681	387,832	335,077	250,656	153,120	48,446

Taula 9. Eguneko orduko produkzioa.

APIRILA	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h
E2b(kWh)	1,820	13,449	27,617	41,997	53,838	60,064	61,763	59,175	52,267	40,122	27,200	13,655	3,939
E2a(kWh)	3,304	27,774	53,957	81,352	108,139	122,707	127,748	124,599	111,801	87,983	61,860	33,643	9,417
E1(kWh)	11,525	120,531	210,738	294,886	367,075	410,189	423,428	407,685	363,965	288,742	200,460	112,542	26,273

Taula 10. Eguneko orduko produkzioa.

MAIATZA	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
E2b(kWh)	1,540	10,091	21,774	35,405	49,794	63,452	69,931	71,660	69,256	62,015	50,179	36,955	22,010	9,597	1,679
E2a(kWh)	3,219	17,609	41,447	72,018	100,515	127,603	142,497	147,941	144,369	131,263	108,329	81,033	51,079	23,182	3,797
E1(kWh)	14,170	82,698	181,002	277,719	365,489	436,865	479,966	493,437	477,401	432,792	356,636	265,391	169,595	74,821	10,170

Taula 11. Eguneko orduko produkzioa.

EKAINA	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h
E2b(kWh)	2,850	6,922	24,579	38,223	50,305	62,396	69,051	70,745	68,419	61,208	50,866	38,678	24,906	12,053	3,201
E2a(kWh)	6,191	12,528	45,478	74,886	101,825	124,879	140,715	145,794	142,429	129,239	109,286	83,112	55,294	28,594	7,410
E1(kWh)	27,732	56,220	197,327	287,586	369,932	434,160	475,656	488,046	473,209	431,261	361,508	275,517	184,680	94,994	19,856

Taula 12. Eguneko orduko produkzioa.

UZTAILA	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h
E2b(kWh)	2,459	12,966	25,855	41,231	54,609	68,458	75,818	77,620	75,109	67,032	55,269	41,638	26,032	12,126	2,788
E2a(kWh)	5,442	22,212	48,335	80,703	110,091	137,171	154,585	160,066	156,415	141,805	118,911	89,854	58,644	28,882	6,429
E1(kWh)	24,115	103,444	208,700	310,409	402,215	475,337	521,576	535,515	518,832	471,844	392,667	296,739	195,255	94,328	16,933

Taula 13. Eguneko orduko produkzioa.

ABUZTUA	7	8	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h
E2b(kWh)	6,922	18,490	32,971	46,770	61,173	67,779	69,593	67,155	59,923	47,229	33,339	18,344	6,532
E2a(kWh)	12,528	36,469	65,160	95,362	123,357	138,381	143,830	140,455	126,948	102,385	74,734	43,828	16,022
E1(kWh)	56,220	155,772	254,508	344,507	419,841	464,622	478,768	462,058	415,879	336,129	242,057	145,367	51,008

Taula 14. Eguneko orduko produkzioa.

IRAILA	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h
E2b(kWh)	1,820	10,679	25,159	41,976	56,078	63,527	65,297	62,421	54,154	39,226	24,759	10,453	1,496
E2a(kWh)	3,304	22,041	50,412	81,362	111,957	129,784	135,664	131,582	116,006	88,491	58,429	25,424	3,066
E1(kWh)	11,522	89,148	199,814	290,689	380,680	432,822	448,812	430,038	377,907	290,539	189,357	89,772	10,409

Taula 15. Eguneko orduko produkzioa.

URRIA	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
E2b (kWh)	3,816	14,319	30,825	42,869	49,480	51,082	47,174	39,022	26,650	12,929	2,250
E2a (kWh)	6,551	29,428	59,429	85,677	102,678	108,023	103,567	88,303	62,222	31,432	4,610
E1(kWh)	20,096	111,962	196,517	283,443	338,907	356,657	337,691	284,544	204,142	111,629	15,652

Taula 16. Eguneko orduko produkzioa.

AZAROA	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
E2b(kWh)	6,198	17,129	26,315	30,931	33,035	29,727	23,240	13,901	4,484
E2a(kWh)	11,187	33,750	52,495	65,861	70,720	66,023	52,414	32,239	10,527
E1(kWh)	33,186	103,464	168,064	218,216	234,909	218,627	175,352	114,234	23,595

Taula 17. Eguneko orduko produkzioa.

ABENDUA	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h
E2b(kWh)	3,253	12,888	22,154	26,001	28,335	24,899	19,286	9,944	1,935
E2a(kWh)	5,611	24,984	44,189	57,216	61,254	56,659	42,748	22,966	3,966
E1(kWh)	14,043	73,809	143,755	188,084	209,507	192,568	150,578	89,540	13,465

Taula 18. Eguneko orduko produkzioa.

HILABETEA	URTARRILA	OTSAILA	MARTXOA	APIRILA	MAIATZA	EKAINA	UZTAILA	ABUZTUA	IRAILA	URRIA	AZAROA	ABENDUA
E2b(kWh)	5008,7	7581,6	12167,6	13774,3	17835,5	17714,9	19809,3	16622,9	13711,4	9932,9	5548,8	4609,6
E2a(kWh)	10752,7	16241,5	25673,5	28745,7	37072,9	36529,5	40905,9	34703,2	28725,7	21139,6	11856,5	9907,4
E1(kWh)	35765,2	53753,7	85956,9	97731,6	127662,7	126724,4	141605,2	118628,8	97245,2	70098,4	38689,4	33335,8

Taula 19.Hilabeteko produkzioa.

5.4. ANALISI ENERGETIKOA: HORNIKUNTZA TASA

BIEko eraikinen produkzio fotovoltaikoa izanda, urteko kontsumoarekin alderatu egin da. Kontsumo datuak BIEk sortutako kontsumo inbentarioetik lortu dira [26].

ERAIKINA	Elektrizitate kontsumoa	
E1	Elektrizitate kontsumoa	1812243 kWh
E2b	Elektrizitate kontsumoa	825759 kWh
E2a	Elektrizitate kontsumoa	1517240 kWh

Taula 20. Elektrizitate kontsumoa.

Eraikin bakoitzaren hornikuntza tasa kalkulatu egin da, eta ikusi da eraikin bakoitzak sortzen duen potentzial fotovoltaikoa ez dela nahikoa daukan kontsumo totala asetzeko, hain zuzen E1 eraikinak kontsumitzen duen elektrizitatetik %56,67 ekoizteko gai da eta E2a eta E2b eraikinen kasuetan, kontsumoaren faktura batera egiten denez, bi eraikinen produkzioa batu egin da eta bien kontsumoaren baturarekin alderatu da, kasu honetan hornikuntza tasa %19,04 izanik.

ERAIKINAK	Produkzioa (kWh)	Kontsumoa (kWh)	Hornikuntza tasa
E1	1026998,37	1.812.243,00	56,67%
E2a	301894,85	2.342.999,00	19,04%
E2b	144136,58		

Taula 21. BIEko urteko produkzio vs kontsumo elektrikoa.

6. ONDORIOAK

Gradu Amaierako Lan honetan BIEko potentzial PVkoaren analisia egin da eta azterketa honi esker, urteko, hilabeteko eta eguneko potentzial fotovoltaiakoaren produkzioa ikusi ahal izan da. Emaitz hauek oso lagungarriak izango dira BIEk hausnartzeko pena merezi duen panel fotovoltaiakoen instalazio bat jartzea edo ez, kontuan izanik urteko produkzioa. Datu horiek izatearekin ez da nahikoa jakitea instalazioa jartzea ideia ona den ala ez, horregatik, beharrezkoa izango litzateke analisi energetiko zehatzago bat egitea eta hortaz gain, analisi ekonomiko bat, jakiteko instalazioa errentagarria izango den.

Orduko produkzioa oso komenigarria da BIEk energia modu eraginkorragoan administratu dezan, jakinik zein ordutan ekoizten den energia gehiena, energia kontsumo handieneko orduak produkzio handiagoko orduetara aldatu ahal izatea, kanpotik datorren energia gutxiago behar izateko, eta beraz, kontsumo faktura murrizteko.

Potentzial PVkoaren ekoizpena BIEren urteko elektrizitate kontsumoarekin alderatu ahal izan da. Konparaketa honek, argi erakusten du panelen instalazioarekin BIEk ez dela gai behar duen energia osoa ekoizteko, hau da, autosufizientea izatea. Hau gertatzen da, batez ere neguko eta udazkeneko hilabeteetan eguzki irradiazioa txikia denez, panelen produkzioa ere oso baxua delako. Hori dela eta, panelen instalazioan sortutako elektrizitatea eskolako autokontsumorako modu gisa har daiteke baina energia iturri bakarra bihurtu gabe, eta beraz, beste energia iturri bat behar izango da aipatutakoaz gain.

Bestalde, kontuan izan behar da azterketa honetan BIEko teilatuen azalera osoa erabilgarria dela suposatu egin dela, baina benetan ez da horrela, jadanik panelen instalazio bat existitzen delako eta horretaz gain, antena baten edozein instalazio azalera erabilgarria murriztu duelako. Horregatik, aldagai horiek guztiak kontuan izan beharko lirateke azterketa zehatzago bat egiterako orduan.

Bukatzeko, azpimarratu beharra dago BIEko potentzial fotovoltaiakoaren lehenengo azterketa dela, eta ondorioz, lortutako emaitzak ez dira guztiz zehatzak. Beste hainbat azterketa egin beharko lirateke potentzial fotovoltaiakoaren analisi osoa egiteko.

6.1. ETORKIZUNERAKO AZTERKETAK

Lan hau EHUkhi proiektuaren lehen pausua izan da, gerora, etorkizuneko proiektuetarako balio izango duena, analisi oso eta zehatz bat izateko beste hainbat arlotan sakondu behar izango delako.

Ondorio orokorretan aipatu bezala, BIEko eraikinetako teilatuen azalera osoa kontsideratu da azalera erabilgarritzat, baina hori benetan egia ez denez, azalera erabilgarriaren azterketa bat egitea komenigarria izango litzakete, jakiteko zein den panelak jartzeko dagoen azalera baliagarria.

Instalazioaren kostuaren eta mantenimenduaren aldetik, analisi ekonomikoa egitea beharrezkoa izango litzateke. Jakiteko zenbat diru behar den hasierako inbertsioa egiteko eta horrela zehazteko zenbat urte behar izango diren hasierako inbertsio hori errekuiperatzeko. Hori analizatuz, instalazioa errentagarria den edo ez ondoriozta liteke.

Panelen diseinuak ere analisi baten beharra dauka, klima eta azalera efektiboa direla eta, panel egokienak instalatzea premiazkoa delako. Bertan panelen materiala, errendimendua, eguzkirako orientazioa eta halako faktoreak analizatu behar dira. Klima aztertuz, lurralde euritsua dela ikusiko litzateke eta ondorioz, klimatologia horri hoberen egokitzen diren panelak jarri beharko lirateke.

Egindako analisi energetikoarekin ez da nahikoa zehazteko panelen instalazio horrek erabilgarria izango den BIEko autokontsumorako edo ez, ondorioz, analisi sakonago bat egitea gomendagarria litzateke.

Laburbilduz, Gradu Amaierako Lan honetan egindako analisi honek bultzatuko du etorkizunean arlo desberdinetako beste azterketa asko egitera.

BIBLIOGRAFIA

- [1] «Lee et al. - 2012 - Rooftop photovoltaic (PV) systems for industrial h.pdf». .
- [2] «Fina et al. - 2020 - Cost-optimal economic potential of shared rooftop .pdf». .
- [3] M. Goel, «Solar rooftop in India: Policies, challenges and outlook», *Green Energy & Environment*, vol. 1, n.º 2, pp. 129-137, jul. 2016, doi: 10.1016/j.gee.2016.08.003.
- [4] «European Commission. (2011a). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A Roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050. Brussels, 8.3.2011. COM(2011) 112 fin. Brussels. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu>». .
- [5] «European Commission. (2011b). Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Energy Efficiency Plan 2011. Brussels, 8.3.2011. COM(2011)». .
- [6] «European Commission. (2017). Nearly zero-energy buildings | Energy. Retrieved September 22, 2017, from <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings/nearly-zero-energy-buildings>». .
- [7] B. Lee, M. Trcka, y J. L. M. Hensen, «Rooftop photovoltaic (PV) systems for industrial halls: Achieving economic benefit via lowering energy demand», *Frontiers of Architectural Research*, vol. 1, n.º 4, pp. 326-333, dic. 2012, doi: 10.1016/j.foar.2012.09.003.
- [8] T. Hong, M. Lee, C. Koo, J. Kim, y K. Jeong, «Estimation of the Available Rooftop Area for Installing the Rooftop Solar Photovoltaic (PV) System by Analyzing the Building Shadow Using Hillshade Analysis», *Energy Procedia*, vol. 88, pp. 408-413, jun. 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.06.013.
- [9] «Campus Bizia Lab». [En línea]. Disponible en: <https://www.ehu.es/es/web/iraunkortasuna/campus-bizia-lab-2018-2019>. [Accedido: 13-feb-2020].
- [10] «Vectores y Raster». [En línea]. Disponible en: sig.cea.es/tipos_SIG. [Accedido: 07-feb-2020].
- [11] «• <https://geoinnova.org/cursos/que-son-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig/>». .

- [12] «Cloud Compare». [En línea]. Disponible en:
<http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf>. [Accedido: 05-feb-2020].
- [13] «GRASS GIS». [En línea]. Disponible en:
<https://mappinggis.com/2016/05/puedo-grass-gis-7/>.
- [14] «QGis». [En línea]. Disponible en: <https://www.mancomun.gal/es/artigo-tic/qgis-solucion-de-sistema-de-informacion-xeografica-con-software-libre/>. [Accedido: 05-feb-2020].
- [15] «CNIG». [En línea]. Disponible en:
<http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/buscador.do>. [Accedido: 18-dic-2019].
- [16] «Geo Euskadi». [En línea]. Disponible en: <https://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es/>. [Accedido: 10-feb-2020].
- [17] K. P. Bhandari, J. M. Collier, R. J. Ellingson, y D. S. Apul, «Energy payback time (EPBT) and energy return on energy invested (EROI) of solar photovoltaic systems: A systematic review and meta-analysis», *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 47, pp. 133-141, jul. 2015, doi: 10.1016/j.rser.2015.02.057.
- [18] «Manero - ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.pdf». .
- [19] M. Raugei, P. Fullana-i-Palmer, y V. Fthenakis, «The energy return on energy investment (EROI) of photovoltaics: Methodology and comparisons with fossil fuel life cycles», *Energy Policy*, vol. 45, pp. 576-582, jun. 2012, doi: 10.1016/j.enpol.2012.03.008.
- [20] «LIDAR». [En línea]. Disponible en:
<https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/las-dataset/what-is-lidar-data-.htm>. [Accedido: 04-feb-2020].
- [21] «Raster». [En línea]. Disponible en:
https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html.
- [22] «Datos Vectoriales». [En línea]. Disponible en:
https://docs.qgis.org/2.8/es/docs/gentle_gis_introduction/vector_data.html. [Accedido: 05-feb-2020].
- [23] «Formator Raster y Vectorial.» [En línea]. Disponible en:
https://www.um.es/geograf/sigmur/temariohtml/node25_mn.html. [Accedido: 10-feb-2020].
- [24] «ADRASE», 07-feb-2020. [En línea]. Disponible en: <http://www.adrase.com/>.

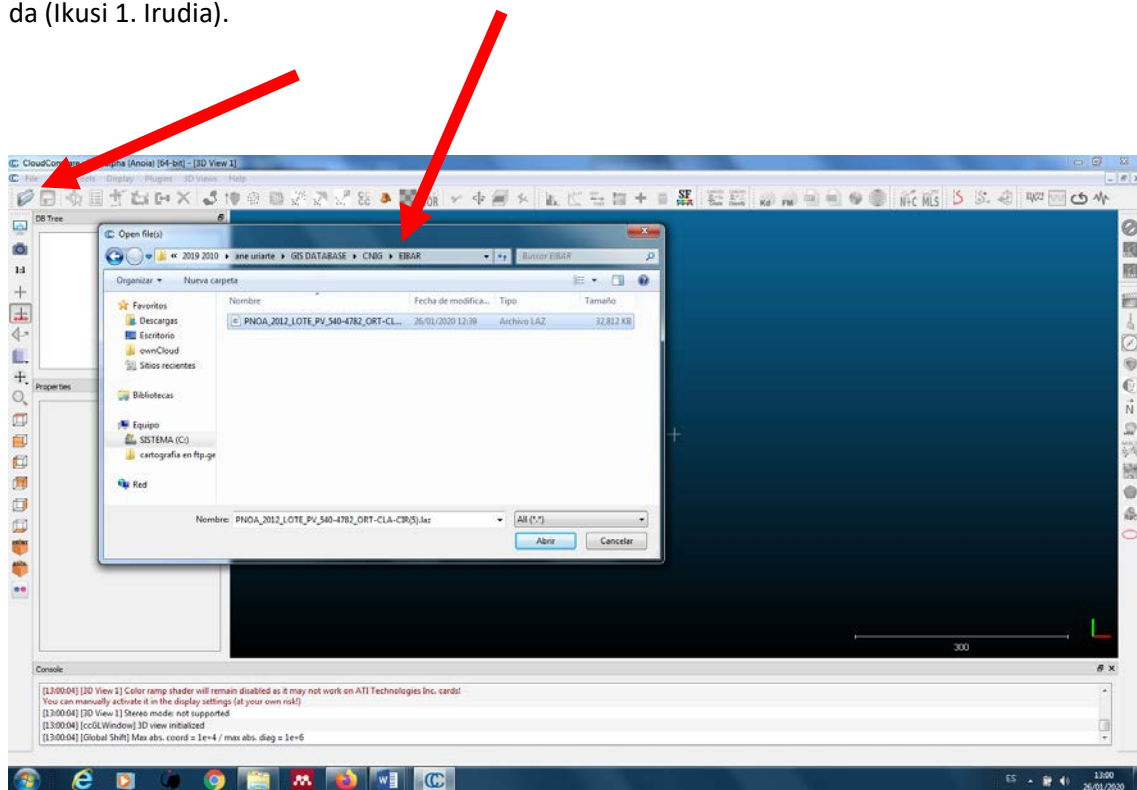
- [25] «Emery, Keith. 2011. “Measurement and Characterization of Solar Cells and Modules.” In Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, 797–840. John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470974704.ch18>.»
- [26] «2019-07-04 INBENTARIO EIB Bilbao.xlsx». .

ERANSKINA 1

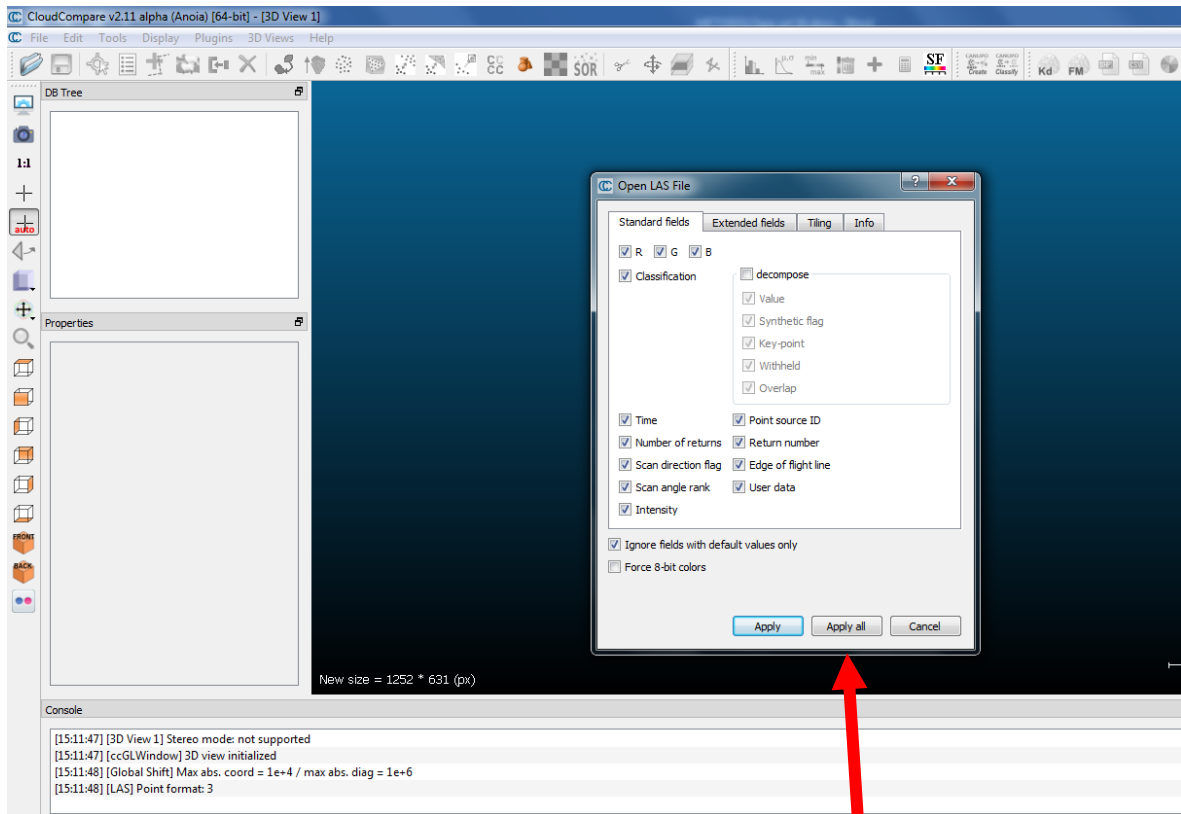
LIDAR MAPAK RASTER MAPAK BIHURTU CLOUD COMPARE ERABILIZ

LIDAR (.laz) ➡ Raster (.tiff)

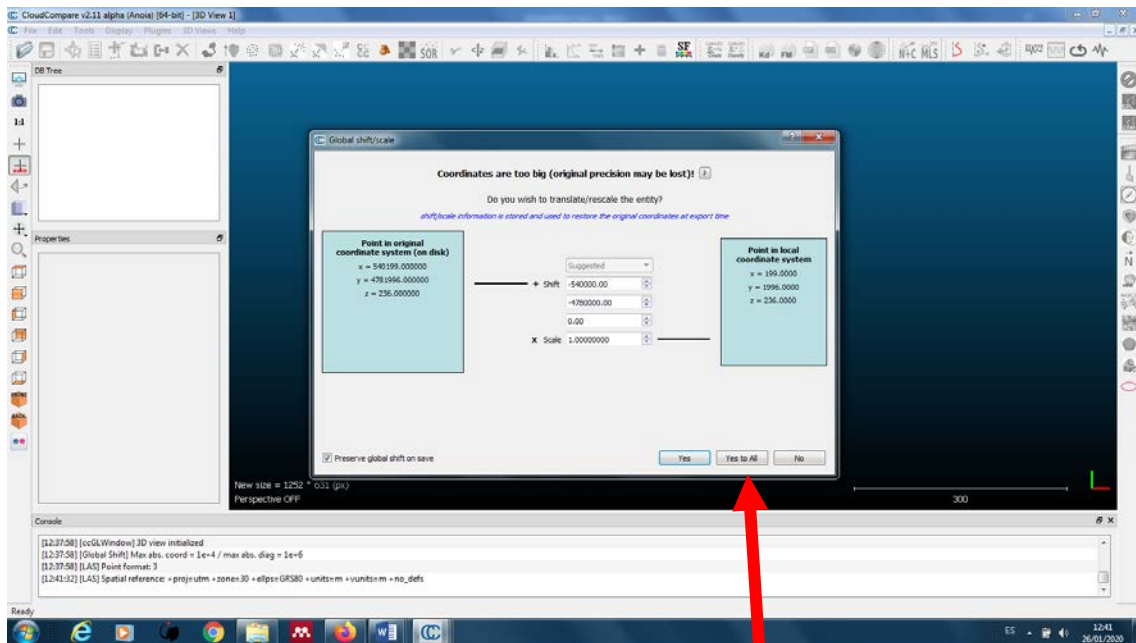
LIDAR mapak deskargatzerakoan .laz formatuan gorde dira gure ordenagailuan (Gis DATABASE-CENIG-Eibar karpetan; Ikusi Eranskina 2), baina material horrekin lan egiteko, Raster (.tif) formatura pasatu behar dira. Hori egiteko Cloud Compare programa erabili da, deskargatutako mapak programa horrekin ireki (Ikusi E. Irudia 1) eta Raster mapak bihurtzeko 5. Irudietan gezi gorri batez markatuta dauden botoiak sakatu. (Gure kasuan, "GIS DATABASE" karpetan dagoen Eibar karpetaren barruan gordeta dagoen LIDAR mapa Raster formatura pasatu nahi da (Ikusi 1. Irudia).



E. Irudia 1.

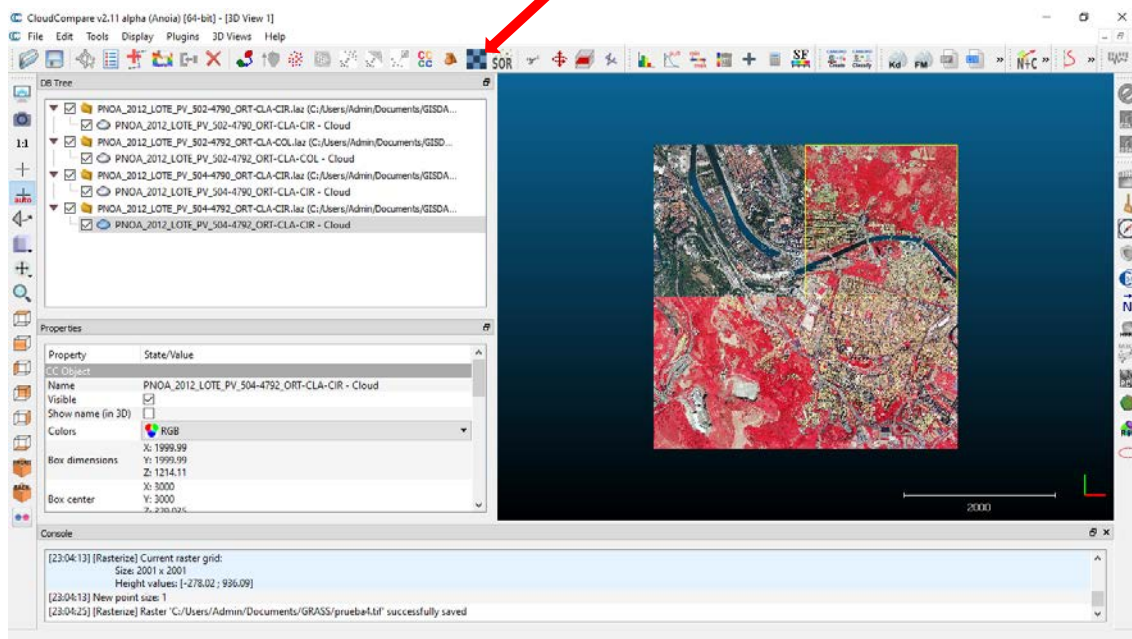


E. Irudia 2.



E. Irudia 3.

Beraz, Raster bezala esportatzeko, E. Irudia 4-ean interesatzen den mapa aukeratu da eta ondoren gezi gorri batez adierazten den laukia aukeratu da.



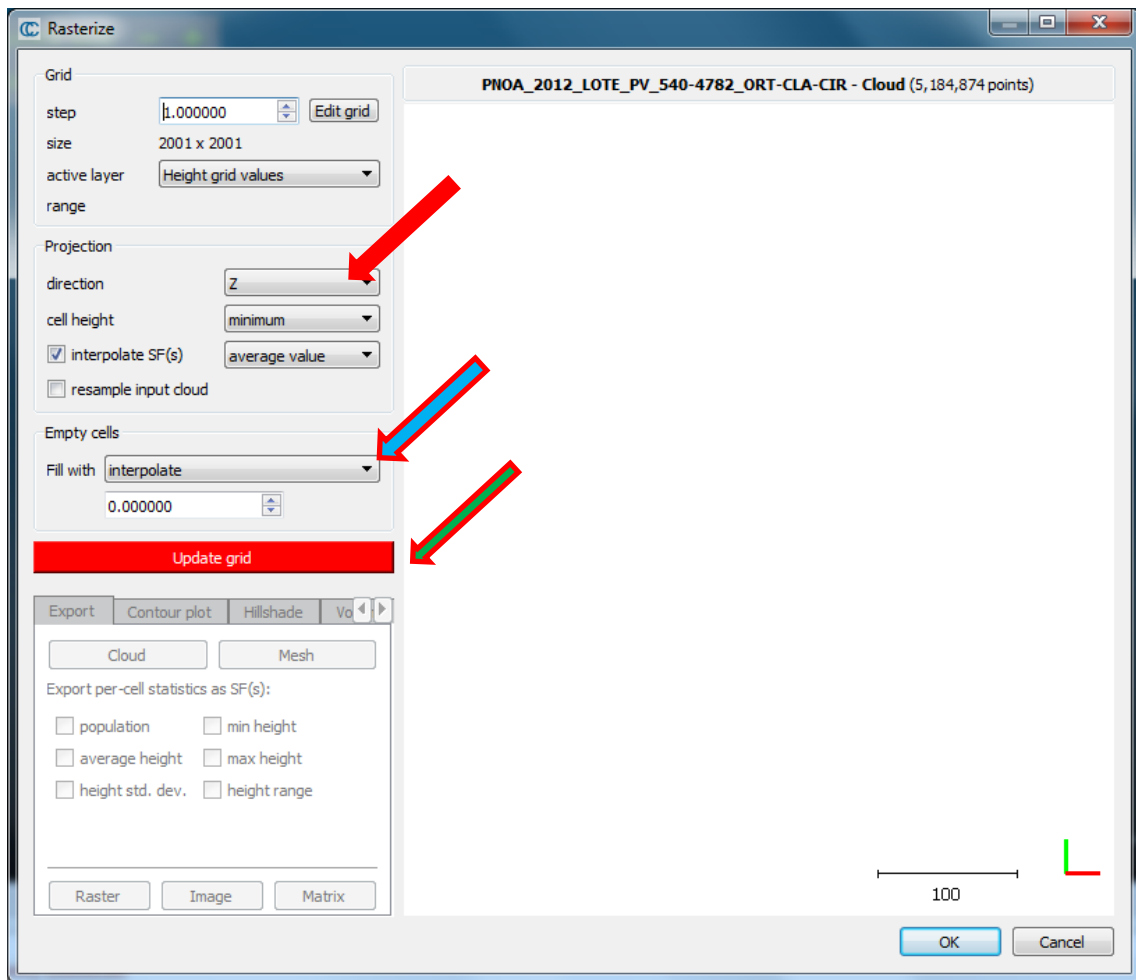
E. Irudia 4.

Behin botoi hori sakatuta panel berri bat agertu da (Ikusi E. Irudia 5). Oso garrantzitsua da mapa desberdinen prezisio egokia izatea, horretarako mapak 1m·1m erresoluzioan ateratzea gomendatzen da. Hori lortzeko honakoa kontutan hartzea beharrezkoa da:

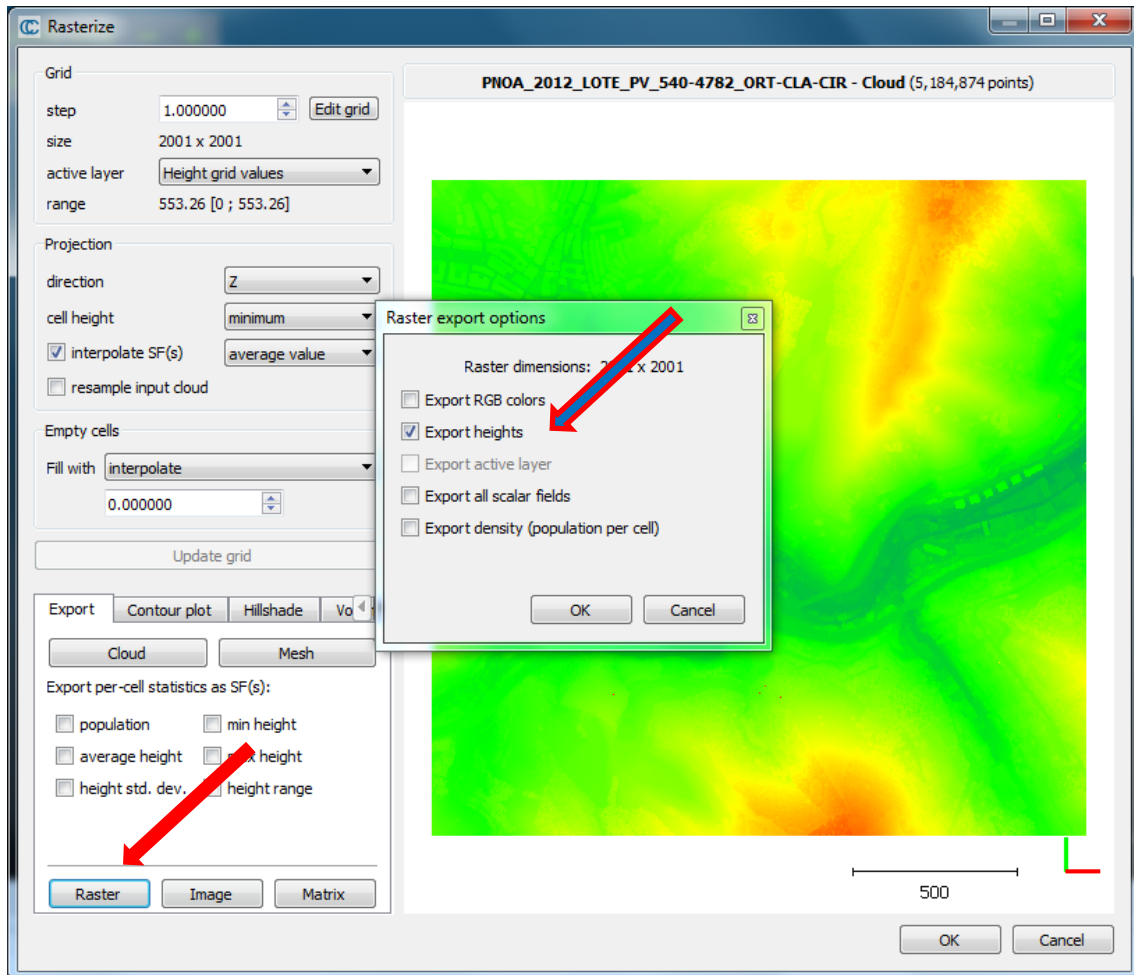
- ✓ Lehenik eta behin “projection” jartzen duen atalean “direction” Z ardatza jarrita dagoela (ikusi gezi gorria E. Irudia 5ean), horrek esan nahi du mapa goitik ikusten dela.
- ✓ Bigarrenez, “Empty cells” atalean *interpolate* aukeratu behar da, horrela Rasterreko pixel guztiak balio bat izateko, hau da, huts dauden pixel-ik ez egoteko (ikusi gezi urdina E. Irudia 5ean).

Ondoren, “update grid” eri eman zaio (ikusi gezi berdea E. Irudia 5ean).

Nola esportatzen da mapa? E. Irudia 6ean ikusten den bezala, “Raster” aukeratu da (Ikusi gezi gorria). Eta altuerak direnez interesatzen dutenak, “export heights” aukeratu da (ikusi gezi urdina). Ondoren GIS DATABASE karpetan gorde da Eibar karpetaren barruan (Gis DATABASE-CENIG-Eibar karpetan; Ikusi Eranskina 2)



E. Irudia 5.



E. Irudia 6.

Ondoren, gorriz agertzen de "Update grid" botoia sakatuz gero mapa bat sortu da eta gero Raster botoia sakatu (Ikusi Irudia 5.). Behin hori eginda dagoeneko lehenengo Raster mapa eginda egongo da, .tif formatua duena. Pauso berdinar jarraitu behar dira beste mapentzako.

ERANSKINA 2: NOMENKLATURA ETA MAPAK KARPETA DESBERDINETAN GORDETZEA

RASTER MAPEN NOMENKLATURA

Hona hemen mapen nomenklatura eta bere unitateak. Izendatze metodo bat zehaztu da mapa guztiak izendatze formatu berdina jarrai dezaten: Letra larriz idatziko dira mapen izena osatzen duten hitz bakoitzaren hasierako letra, besteak berriz, letra xehez. Salbuespena, iragazitako mapak dira, iragazita daude adierazteko F letra larriz adierazita daudenak (ikus produkzio PVkoa iragazitako mapen nomenklatura).

- Altuera mapa: [MapaTotal_Bilbo](#) [m]
- Orientazio mapa: [Aspect_Bilbo](#) [°]
- Malden mapa: [Slope_Bilbo](#) [°]
- Malden mapa zuzenduta: [Slope_Bilbo_Corregido](#) [°]
- Altuera konstanteko mapa: [MapaTotal_Bilbo_Flat](#) [m]
- Horizonteko mapa: [Horangle_Hiria_InklinazioAngelua](#) (Norabidea: 0-360) [rad]
- Irradiazio gordineko mapa: [Glb_Hiria_HilabeteZenbakia_OrduZenbakia](#) (Hilabetea: 01-12// Ordua=: 0-24 h) [Wh/m²]
- Irradiazio horizontaleko mapa: [GHlb_Hiria_HilabeterarenLehenengoHiruLetrak](#) (Hilabetea: Jan-Dec) [Wh/m²]
- Orduko produkzio fotoboltaikoa: [Epv_Bilbo_HilabeteZenbakia_OrduZenbakia](#) (Hilabetea: 0-12// Ordua: 0-24 h) [Wh/m²]
- Hilabeteko produkzio fotoboltaikoa: [Epv_Bilbo_HilabeteZenbakia](#) (Hilabetea: 01-12) [Wh]
- Urteko produkzio fotoboltaikoa: [Epv_Bilbo_Urte](#) [Wh]
- Urteko produkzio fotoboltaiko iragazia: [EpvF_Bilbo_Urte](#) [Wh]
- Lanera mugatutako eremura eraikinen mapa zuzendua: [EDIFICIOS](#) (Eraikinen siluetak, poligonoak)
- Irradiazio mapa bektorial zuzendua: [Epv_Bilbo_HilabeteZenbakia_Corregido](#) [Wh] (Hilabetea: 01-12)
- Orduko produkzio fotoboltaikoa iragazita: [EpvF_Bilbo_HilabeteZenbakia_OrduZenbakia](#) [W/m²] (Hilabetea: 0-12// Ordua: 0-24 h)
- PPBE: [PPBE_Bilbo_Urte](#) [Urte]
- Moztutako mapak: [EpvF_Bilbo_HilabeteZenbakia_OrduZenbakia_Cort](#) [W/m²]

- Mapa poligonizatuak (bektorializatuak):
[EpvF_Bilbo_HilabeteZenbakia_OrduZenbakia_Polig](#) [W/m²]
- Geometria zuzendutako mapak: [EpvF_Bilbo_HilabeteZenbakia_OrduZenbakia_Cor](#) [W/m²]
- Atributoen bitartez elkartutako mapak: [EIB_HilabeteZenbakiaOrduZenbakia](#) [W/m²]
Adibide bezala: [EIB_066](#) (Ekaineko egunaren 6. ordua)

MAPAK KARPETA DESBERDINETAN GORDETZEA

Mapak deskargatu eta lantzen ditugun bitartean beharrezkoa da mapak karpeta batean gordetzea. Lan honetan mapa kantitate handi batekin lan egin denez karpeta desberdinak sortu egin dira maparen erabileraren arabera.

- GIS DATABASE: Hemen deskargatutako mapak eta amaierako mapak gordetzeko.
 - QGIS MAPAK: QGIS softwarearekin lortutako tarteko mapak gordetzeko.
- GRASS: Hemen GRASS softwarearekin lortu eta landu diren tarteko mapak gordetzeko.

ERANSKINA 3

PYTHONEN ERABILITAKO PROGRAMAZIOA

Egun bateko 24h-en mapak kalkulatzeko pythonen idatzitako script-a

```
1 import grass.script as gscript
2 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
3 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
4 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
5 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
6 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
7 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
8 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
9 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
10 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
11 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
12 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
13 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
14 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
15 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
16 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
17 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
18 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
19 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
20 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
21 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
22 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
23 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
24 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
25 gscript.run_command ('r.sun', overwrite='TRUE', elevation='MapaTotal_Bilbo@EHU' , aspect='aspect_Bilbo@EHU' ,
```

E. Irudia 1.Egun bateko 24h egiteko mapen script-aren lehenengo partea.

```
1
2 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_1' ,day=349, time=1)
3 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_2' ,day=349, time=2)
4 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_3' ,day=349, time=3)
5 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_4' ,day=349, time=4)
6 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_5' ,day=349, time=5)
7 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_6' ,day=349, time=6)
8 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_7' ,day=349, time=7)
9 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_8' ,day=349, time=8)
10 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_9' ,day=349, time=9)
11 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_10' ,day=349, time=10)
12 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_11' ,day=349, time=11)
13 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_12' ,day=349, time=12)
14 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_13' ,day=349, time=13)
15 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_14' ,day=349, time=14)
16 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_15' ,day=349, time=15)
17 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_16' ,day=349, time=16)
18 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_17' ,day=349, time=17)
19 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_18' ,day=349, time=18)
20 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_19' ,day=349, time=19)
21 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_20' ,day=349, time=20)
22 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_21' ,day=349, time=21)
23 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_22' ,day=349, time=22)
24 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_23' ,day=349, time=23)
25 EHU', slope='slope_Bilbo@EHU', horizon_basename='horangle_Bilbo', horizon_step=15 ,glob_rad='GIb_Bilbo_12_24' ,day=349, time=24)
26
```

E. Irudia 2.Egun bateko 24h mapak egiteko script-aren bigarren partea.