

INDUSTRIA TEKNOLOGIEN  
INGENIARITZAKO GRADUA  
**GRADU AMAIERAKO LANA**

***BIZITEGI-SEKTOREKO INSTALAZIO  
TERMIKOEN OPTIMIZAZIO  
EKONOMIKOA***

**Alumno/Alumna:** Deba Olaso, Nerea

**Director/Directora:** Perez Iribarren, Estibaliz

**Curso:** 2017-2018

**Fecha:** <20, 07, 2018>

## AURKIBIDEA

LABURPENA .....	7
AKRONIMOEN ZERRENDA .....	8
1. SARRERA .....	9
2. TESTUINGURUA .....	10
3. HELBURUA ETA IRISMENA.....	15
3.1. Biomasa galdara .....	16
3.2. Kondentsazio galdara .....	17
3.3. Aire ur bero ponpa .....	18
3.4. Eguzki kolektoreak .....	19
3.5. Kosorkuntza (Stirling motorra).....	20
4. PROIEKTURAREN ONURAK .....	22
4.1. Onura teknikoak .....	22
4.2. Onura ekonomikoak.....	22
4.3. Ingurumeneko onurak.....	23
5. METODOLOGIA.....	24
5.1. HASIERAKO DATUAK .....	24
5.1.1. Etxebizitzaren energia eskaria.....	24
5.1.2. Ekipoen datu teknikoak.....	28
5.1.3. Ekipoen kostuak .....	30
5.2. HELBURU FUNTZIOAREN DEFINIZIOA .....	31
5.3. BALDINTZAPENEN DEFINIZIOA.....	32
5.3.1. Elektrizitate horniketaren balantzea.....	32
5.3.2. Hornidura termikoaren balantzea.....	33
5.3.3. Teknologia ezberdinetan aplikatutako balantzeak .....	33
5.3.3.1. Aire ur bero ponpa .....	33
5.3.3.2. Kondentsazio galdara .....	35
5.3.3.3. Biomasa galdara .....	35
5.3.3.4. Stirling motorra .....	36

---

5.3.3.5.	Eguzki kolektorea .....	36
5.3.3.6.	Depositua .....	37
5.3.3.7.	Ekuazio gehigarriak .....	38
6.	EMAITZAREN AZALPENA .....	39
6.1.	Aukerarik ekonomikoena .....	39
6.2.	Eszenario ezberdinak.....	42
6.2.1.	Elektrizitatearen eta gas naturalaren prezio aldaketa.....	42
6.2.2.	Elektrizitatearen eta biomasaren prezio aldaketa .....	45
6.2.3.	Elektrizitatearen eta biomasaren prezio aldaketa bortitzagoa .....	46
7.	ALTERNATIBA .....	48
7.1.	Alternatibaren datuak eta funtzioak .....	48
7.2.	Alternatibaren emaitza .....	50
8.	ZEREGINEN DESKRIBAPENA (GANTT).....	53
9.	AURREKONTUA.....	57
10.	ONDORIOAK.....	59
	BIBLIOGRAFIA .....	60
	ERANSKINAK .....	61

## IRUDIEN AURKIBIDEA

1.Irudia. Biomasa galdararen eskema .....	16
2.Irudia. Kondentsazio galdararen eskema .....	17
3.Irudia. Aire ur bero ponparen eskema .....	18
4.Irudia. Eguzki kolektoreen eskema .....	19
5.Irudia. Stirling motorraren eskema .....	20
6.Irudia. Gantt diagrama .....	56

## GRAFIKEN AURKIBIDEA

1. Grafikoa. EU 28-ko amaierak energia kontsumoa.....	10
2. Grafikoa. 2015. urteko EB-ko bizitegi sektoreko amaierako kontsumo energiaren iturriak .....	11
3. Grafikoa. EU 28 an urtero bizitegi-sektorea isuritako negutegi efektuko CO2 baliokideren ehunekoa sektore guztien isuriekiko .....	11
4. Grafikoa. Espainian bizitegi sektorean kontsumitutako energia ktep-etan.....	12
5. Grafikoa. Espainian, 2015. urtean bizitegi sektoreko kontsumoen banaketak .....	13
6. Grafikoa. Gasteizko etxebizitzaren eskari termikoaren urteko profila .....	25
7. Grafikoa. Urtarrileko erreferentziazko egunaren berokuntza eskariaren bilakaera	25
8. Grafikoa. Urte osoko UBS-ren eskariaren bilakaera.....	26
9. Grafikoa. Udako eta neguko erref. bateko UBS-ren eskarien bilakaera .....	27
10. Grafikoa. Elektrizitatearen eskariaren bilakaera urtean zehar .....	27
11. Grafikoa. Elek. kontsumoaren bilakaera urtarrileko erref. egunean .....	28
12. Grafikoa. AWHP-k ekoiztutako beroa urtarrileko eta abuztuko erref egunetan .	40
13. Grafikoa. Inertzia deposituaren funtzionamendua (urtarrila) .....	40
14. Grafikoa. Inertzia deposituaren funtzionamendua (abuztua).....	41
15. Grafikoa. Urteko elektrizitate kontsumo totala .....	41
16. Grafikoa. CB eta eguzki kolektoreen kontsumoaren ekarpena.....	43
17. Grafikoa. CB-ren udako eta neguko erref. eguneko berokuntza ekoizpena.....	44
18. Grafikoa. Inertzia deposituaren funtzionamendua (urtarrila) .....	44
19. Gradikoa. Inertzia deposituaren funtzionamendua (abuztua).....	45
20. Grafikoa. Biomasa galdarak ekoiztutako beroa urtarrileko eta abuztuko erref. egunetan.....	51
21. Grafikoa. Inertzia deposituaren funtzionamendua (urtarrila) .....	51
22. Grafikoa. Inertzia deposituaren funtzionamendua (abuztua).....	52

## TAULEN AURKIBIDEA

1.Taula. Ekipoen datu teknikoak .....	30
2.Taula. Ekipoen prezioak.....	30
3.Taula. Lehengaiak prezioak .....	31
4. Taula. 1. eszenarioaren lehengaien prezioa .....	42
5.Taula. 2. eszenarioaren lehengaien prezioa .....	45
6.Taula. 3. eszenarioaren lehengaien prezioa .....	46
7. Taula. Fabrikazioan ekoiztutako CO2 isuriak.....	49
8. Taula. Barne orduak.....	57
9. Taula. Amortizazioak .....	57
10. Taula. Gastuak .....	58
11. Taula. Gastu totalak.....	58

## LABURPENA

### EUSKERA

- *Laburpena:* Proiektu honekin etxebizitzaren instalazio termikoa osatzen duten ekipo desberdinen jardute eta diseinuaren optimizazio ikuspuntu ekonomikotik aztertuko da. Aipaturiko analisirako programazio matematiko linealean oinarrituta dagoen metodologia azaltzen da, ekipo desberdinak aztertuz ingurumenaren eta ekonomiaren ikuspuntutik teknologia egokiena hautatuz.
- *Hitz gakoak:* isurien optimizazioa, jardute estrategia, bizitegi-sektorea , instalazio termikoak , dimentsionamendua, analisisa.

### ENGLISH

- *Abstract:* This project aims to analyze the economic optimization of the operation and the dimensioning of different equipments that make up the thermal installations of a house. For this analysis, a methodology based on linear mathematical programming is presented, analyzing the different equipments available, and selecting the optimum technology from the economic point of view.
- *Keywords:* Environment optimization, strategy operation, sizing, thermal installations, residential sector, analyse.

### ESPAÑOL

- *Resumen:* Con este proyecto se pretende analizar la optimización económica de la operación y del dimensionamiento de los diferentes equipos que conforman las instalaciones térmicas de la vivienda. Para dicho análisis se presenta una metodología basada en programación matemática lineal, analizando los diferentes equipos disponibles, y seleccionando la tecnología óptima desde el punto de vista económico.
- *Palabras clave:* optimización de las emisiones, estrategia de operación, sector residencial, instalación térmica, dimensionamiento, análisis

## AKRONIMOEN ZERRENDA

- EU 28, Europa 28 herrialde barne
- UBS, Ur bero sanitarioa
- GrAI, Gradu amaierako lana
- CHP, Kosorkuntza / Stirling
- CB, Kondentsazio galdara
- SC, Eguzki kolektoreak
- COP, Eraginkortasun koefizientea
- AWHP, Aire ur bero ponpa
- kW, Kilowatt
- kWh, kolilowatt orduko
- TES, Inertzia depositua
- GN, Gas naturala
- BB, Biomasa galdara
- Ktep, Kilotonelada petrolio baliokide



## 1. SARRERA

Dokumentu honetan, etxebizitza sektorean instalatzen diren teknologia termiko ezberdinen analisia eta optimizazio ekonomikoa egiten da. Lan honetan egindako instalazioaren simulazioa Gasteizen kokatuta dagoen etxebizitza familiabakar bateko eskarietan oinarrituta egin da, hain zuzen ere, berokuntza, ur bero sanitarioa (UBS) eta elektrizitate eskariak abiapuntutzat hartuta.

Proiektuari hasiera emateko testuingurua aztertuko da, egungo bizitegi sektoreko egoera energetikoaren hausnarketa egiteko.

Jarraitzeko, proiektuaren helburuak eta irismena ezarri dira, simulaziorako erabili diren teknologien azalpenarekin batera, gerora, proiektuak burutzeak ekarriko dituen onurak azaltzeko.

Hemendik aurrera, programa egiteko aurrera eraman diren pauso ezberdinak azalduko dira. Lehendabizi, hasierako datuen bilaketa eta ondoren, analisirako eta optimizaziorako erabili diren funtzioak ezarri dira. Metodologiaren atala amaitu eta programa eginda, honek eskaintzen dituen emaitzak aztertu dira.

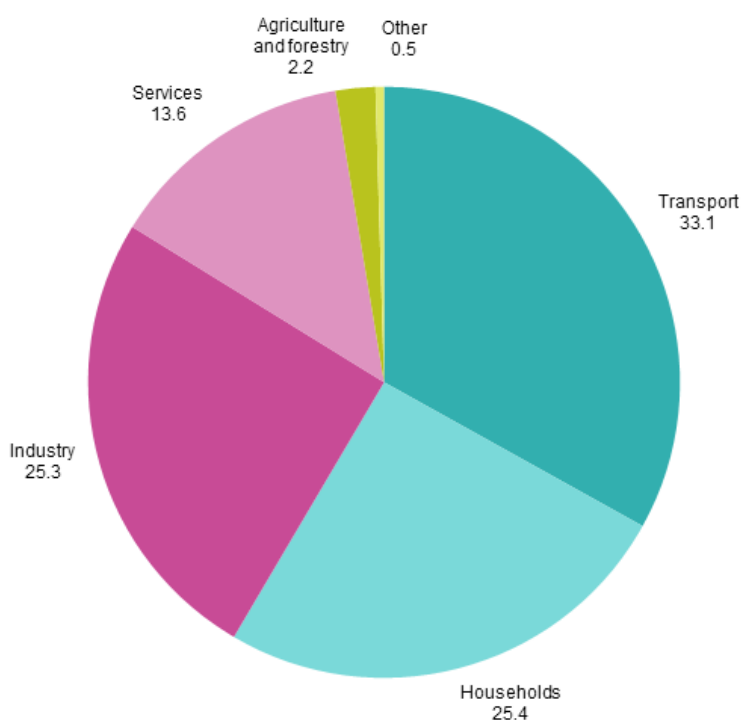
Emaitzen ondorioak zehatzagoak izan daitezen, ikuspuntu ekonomikotik hainbat eszenario aztertu dira eta azkenean, ingurumen inpaktua aintzat hartzen duen alternatiba proposatu da.

Lanarekin amaitzeko, proiektuaren planifikazioa azaldu da, lana aurrera eramateko egin diren etapa ezberdinak azalduz eta kronologikoki ordenatuz. Horretaz gain, txostenari proiektua egin ahal izateko gastuen alta gehitu zaio.

Azkenik, proiektu osoan zehar ateratako ondorio garrantzitsuenak adierazi dira.

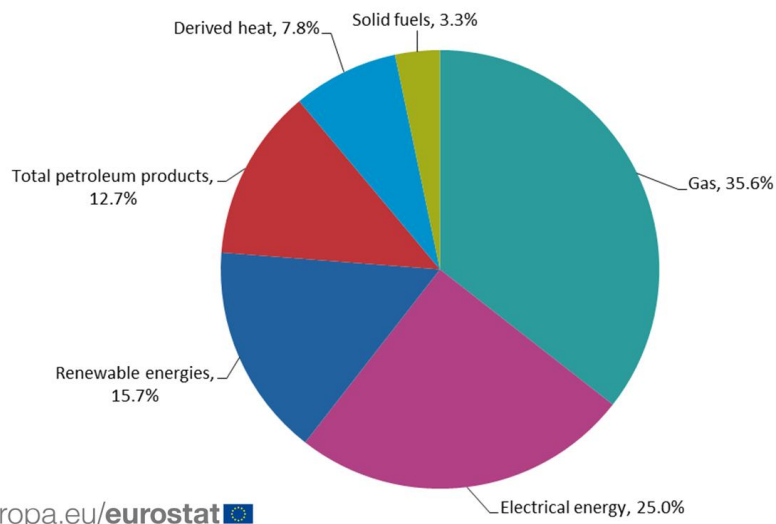
## 2. TESTUINGURUA

Egun, bizitegi-sektoreak amaierako kontsumo energetikoan garrantzi handia du. Hain zuzen, EU 28-an garraio, etxebizitza eta industria sektoreak gehien kontsumitzen duten sektoreak dira. 2015. urtean EU 28-an bizitegi sektorean energia totalaren laurdena baino gehiago kontsumitu zen (amaierako kontsumo energetiko totalaren % 25,4), garraioa energia gehiago kontsumitu zuen sektore bakarra izanik (%33,1) (Eurostat, 2015b).



1.Grafikoa: EU 28-ko amaierako energia kontsumoa (Eurostat, 2015)

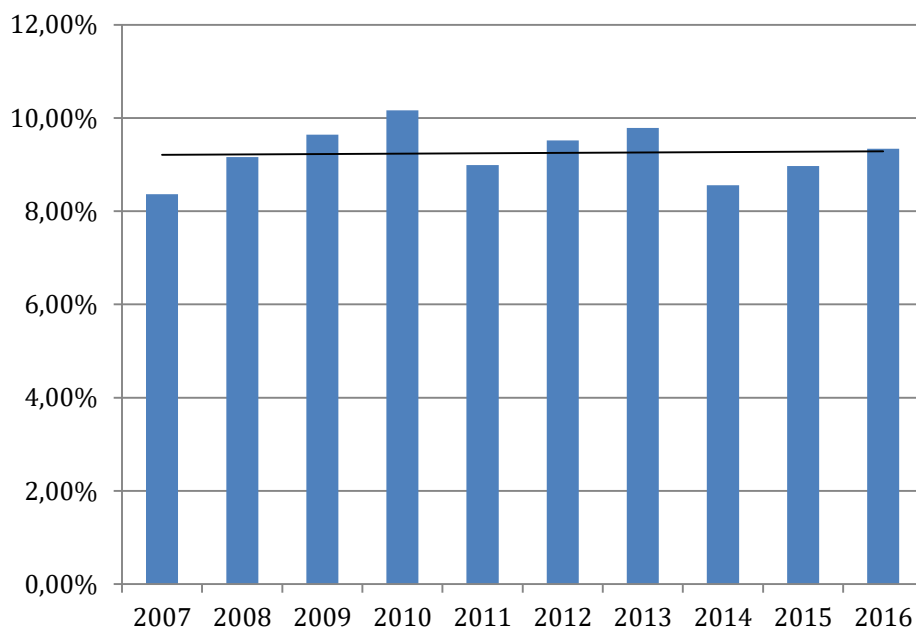
Esan bezala, bizitegi-sektoreko energia kontsumoa asetzeko energia asko behar da eta beraz, hainbat energia iturriren erabilera ezinbestekoa da. Eskariak hornitzeko erabiltzen diren iturriak aztertuz, egiaztatu daiteke gehiengoa energia iturri ez berriztagarrietatik lortzen dela. 2015. urtean EB-ko bizitegi-sektoreko energiaren kontsumoaren % 15,7-a energia berriztagarriek sortutakoa izan zen bakarrik, gehien erabili zen lehengai gas naturala izan zela (% 35,6).(Eurostat, 2015a)



2. Grafikoa: 2015. urteko EB-ko bizitegi-sektoreko amaierako kontsumo energiaren iturriak

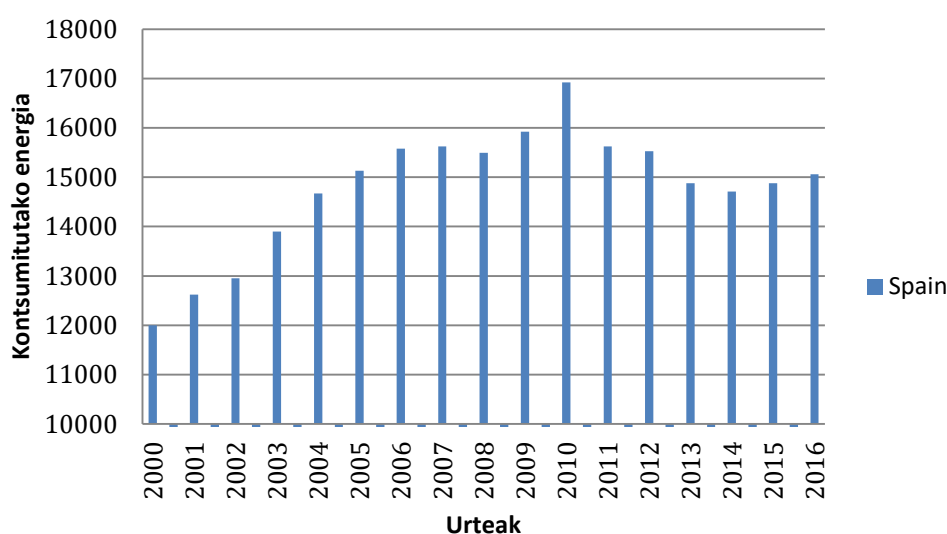
Sektoreak eragiten duen ingurumen inpaktua aztertzen badugu, bizitegi sektorea atmosferara isurtzen diren negutegi efektuko ehuneko adierazgarri baten erantzule zuzena da. Hain zuzen ere, azken 10 urteetan guztira isuri diren negutegi efektuko gasen % 9 inguru sektore hau izan da. (Eurostat, 2018)

***EU28-an urtero bizitegi-sektorea isuritako negutegi efektuko CO2 baliokidearen ehunekoa sektore guztien isuriekiko.***



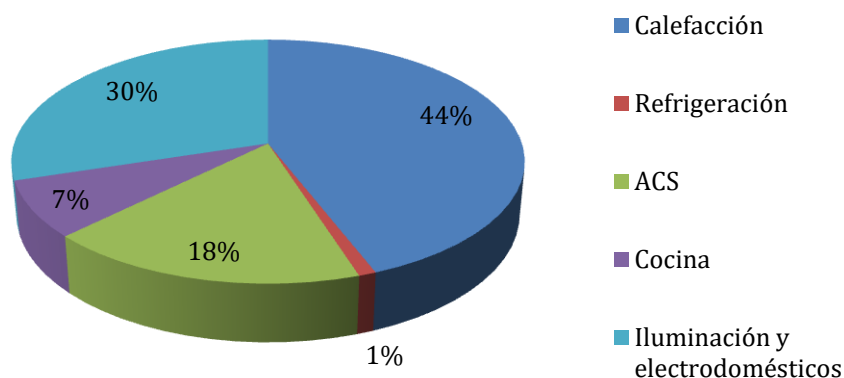
3 Grafikoa: EU28-an urtero bizitegi-sektorea isuritako negutegi efektuko CO2 baliokidearen ehunekoa sektore guztien isuriekiko (Eurostat)

Espainiako bizitegi-sektoreko kontsumoan arreta jartzen badugu, beste sektoreetan bezala krisi ekonomikoak eragin handia izan du honetan ere. Kontsumoa etengabe handitu da urtez urte, 2010. urtean maximoa lortu zuen arte (Eurostat, 2017) (3.grafikoan ikusten den moduan). Hemendik aurrera, herritarrek krisiaren eragina nabari zutenetik aurrera, etxebizitzaren energia eskariak murriztu ziren. Egun, behin krisiaren ondorio latzenak gaindituta, herritarren eroste ahalmena eta bizi maila hobetzen ari dira, eta honek azken urteetako etxebizitza kopuruaren hazkuntza, kontsumo ohiturak eta ekipamendu kopuruaren gehiagotzeari bidea ematen ari die. Beraz, hurrengo urteetan, eta 4.grafikoan 2015. urtetik aurrera ikusten den moduan, sektore honetako kontsumoa handituko dela aurreikusten da, honek energia kontsumo totalaren duen garrantzia eta inpaktua are gehiago handituz.



4. Grafikoa: Espainian bizitegi sektorean kontsumitutako energia ktep-etan( Eurostat)

Etxebizitzetan kontsumitutako energiaren erabilpenarena aztertzen badugu, eskaria bost talde nagusitan banatzen da: berokuntza, argiztapena eta etxetresna elektrikoak, UBS, sukaldea eta hozketa. Dударik gabe, gehien kontsumitzen duena berokuntza da, argiztapena eta etxetresna elektrikoak eta UBS-az jarraituta. 2015. urtean, Espainian, berokuntza eta UBS-ren kontsumoa %44 eta %18 izan ziren, hurrenez hurren, bizitegi-sektorean erabilitako energia totalaren ia % 70 suposatuz (IDAE, 2017) (4.Grafikoa)



5. Grafikoa: Espainian, 2015. urtean bizitegi sektoreko kontsumoen banaketak (IDAE)

Gauzak honela, Bizitegi-sektoreko kontsumoak eta energia iturriak eta hauek sortzen duten ingurune inpaktua ezagututa, aipatu beharra dago azken urteetan ingurumen eta efizientzia energetikoaren kontzientziazioa handitu dela, bai biztanlerian bai gobernuan. Eraikuntzaren sektorean energia kudeaketa eraginkorra lortzeko hainbat aukera daudela onartzen da, hala nola, energia eskariak murriztea (inguratzailer termikoaren hobekuntza, fatxaden hobekuntza, etab.), sistema energetikoen efizientziaren hobekuntza (aireztapena, berokuntza, argiztapena, UBS...) eta energia sorkuntza berriztagarriak (biomasa, eguzki energia...)

Sektore honetan, eraikuntzak eta instalatutako teknologiak baldintza minimo batzuk betetzeko helburuarekin, Eraikuntzako Kode Teknikoak (EKT) eraikinetako UBS-ren zein ehuneko eguzki panelen bidez, bestelako energia berriztagarrien bidez edo kosorkuntzaz lortu behar den zehazten du.

Bestalde, 314/2006 Errege Dekretuarengatik onartutako EKT berriak, Eraikinetako Instalazio Termikoen Araudiak (EITA) berritzea ekarri zuen. Azken hau Industria, Turismo eta Komertzio Ministerioak eta Etxebizitza Ministerioak elkarlanean garatutako 1027/2007 Errege Dekretuarengatik (ED) onartua izan zelarik. EITA berri honek, instalazioek bete beharreko baldintza minimoak ezartzen ditu, berokuntza sistema, klimatizazio eta UBS-ari bidez lortzen diren higie ongizate eta ongizate termikoei dagokienean. Beti ere energiaren kontsumo arduratsua eginez. Orokorrean Errege Dekretu berriaren bidez efizientzia energetiko handiagoa lortu nahi da. Hori lortzeko, aurretik esan bezala, ekipoen errendimendu energetiko handiagoak lortzea, isolamendu hobek erabiltzea, energia berriztagarriak erabiltzea... sustatzen da.

Energia berriztagarrietan zentratuz, Espainia mailan gainontzeko berriztagarrien gaitasuna izan duena energia iturria biomasa izan da. Adibidez: 2016. urtean energia berriztagarrien kontsumoaren %25,5 biomasarena izan zen. Hala ere,

eguzki energia edo geotermia bezalako sistemek ere gorakada nabarmena izan dute energi iturri berri hauek merkatuan sartu zirenetik.

Bestalde, azken urteetako lege eta dekretu ezberdinen aldaketa eta gora beheren ondorioz, eguzki energia aprobetxatzen duten eguzki plaken instalazioen hazkundeak geldialdia izan du. Izan ere, hasiera batean energia elektrikoaren jarduera erregimen berezian arautzen zuen maiatzaren 25eko 661/2007 Errege Dekretuan, elektrizitate salmentarako prima oso altua ezartzen zen. Horrela, hasierako urteetan mota honetako instalazioak azkar hasi ziren. Hala ere, 1/2012 Errege Dekretuarekin geldiarazi egin ziren energia elektrikoa ekoizteko erregimen bereziko instalazioei zegozkien primak eta honekin batera hasierako hazkundera geldiarazi zen.

### 3. HELBURUA ETA IRISMENA

Aurreko atalean argi geratu da bizitegi-sektorean kontsumitzen den energia garrantzi handia duela, eta honetan eskariak gero eta handiagoak izango direla. Egoera berri honetan, eskariak txikitu nahian hainbat dira aurrera eramaten ari diren konponbideak.

Azpimarratu beharra dago eskari energetikoan UBS eta berokuntzarako eskariak garrantzi handia dutela, zeinek aurretik aipatu bezala, Espainian bizitegi sektoreko kontsumoaren ia % 70-a batzen duten.

Gainera, gaur egun ez dago etxebizitza bateko berokuntza eta UBS-a lortzeko teknologiarik egokiena den aukerarik, ez ingurumen ikuspuntutik eta ez ikuspuntu ekonomikotik, kasu ideala ikuspuntu biak orekatzen dituen teknologia izanik. Arrazoiak eskari termiko eta elektrikoaren aldakortasuna, energiaren merkatuko prezioaren etengabeko aldaketak eta legediaren egoera ezegonkorra izan daitezke.

Beraz proiektu honen helburua etxebizitzaren arloan existitzen diren ekipo termikoen operazioaren optimizazioa eta optimizazio ekonomikoa egitea da, gerora teknologiarik egokiena aukeratzeko. Optimizazioa modelo matematiko lineal beten programazioaren bitartez egingo da.

Esan bezala, aurrera eramateko modelo matematiko lineal batean oinarritutako kode bat programatu beharko da, zeinak programan sartutako ekipo ezberdinen artean egokiena proposatuko duen, eta horretarako operazioa, dimentsioak, prezioa (ekipoena, mantenu-lanarena eta erregaiarena, elektrizitatea barne), legedia eta eskariak aintzat izango ditu. Ekipo termikoen sorta gaur egun merkatuan dauden hainbat teknologia izango dira: tenperatura baxuko kondentsazio galdara, biomasa galdara, Stirling motorra (kogenerazioa), eguzki kolektoreak, panel fotovoltaikoak eta aire-ur bero ponpa. Guzti hauen datu teknikoak (errendimendua, prezioa, denbora erabilgarria, etab.) ezagunak izango dira.

Baita ere, energia eskariak ezagunak izango dira, kasu honetan, Gasteizen kokatutako etxebizitza familiabakar baten energia eskariak erabiliz, zehazki, urte beteko eskariak urtaroen arteko ezberdintasunek operazioan eragin ditzaketen aldaketak kontuan izateko.

Proiektu hau aurrera eramateko baliabideei dagokienez, proposatutako kodearen programazioa EXCEL-arekin burutuko da, Open Solver optimizazio osagarriarekin. EXCEL-a erabiltzearen arrazoia gaur egungo gizarteak gehien erabiltzen duen programen artean egotea da, bai enpresa arloan eta bai ikasketa arloan ere edozeintzat eskuragarri egonda.

### 3.1. Biomasa galdara

Biomasa galdarak galdara konbentzionalaren funtzionamendu berdina du, desberdintasun bakarra erabiltzen den erregaia izanik. Lehenengoan, bere izenak adierazten duen moduan, biomasa erregaitzat erabiltzen da, eta ez hidrokarburoak. Erregaiaren errekuntzaren bitartez beroa lortuko da UBS eta berokuntza lortuz.

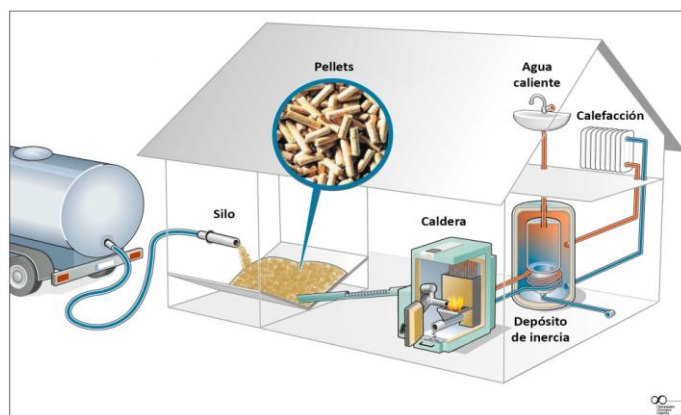
Bimasaren ezaugarriak errekuntzaren errendimenduarekin zuzenki lotuta daude, eta hiru dira honen ezaugarriarik adierazgarrienak: egitura, hezetasuna eta konpresio maila. Gainera, biomasa egiteko erabilitako lehengaiak hainbat izan daitezke, adibidez, inauste-hondakinak, azalak, zerrauts eta txirbilak, etab. Hala ere, jardute analisirako eta optimizazio ekonomikorako erabiliko den galdaran biomasa pellet-ak izango dira, sakutan saltzen diren biomasa erregaian bilakatzeko asmoarekin sortutako laborantza direnak eta zeinetan ezaugarriak konstante mantentzen diren.

Galdarari dagokionez, eraikuntzan erabiltzen direnak potentzia txikiko galdarak dira, eta hainbat motatakoak izan daitezke. Kasu honetan optimizazio eta analisirako erabiliko dena parrilla mugikorreko galdara da, autogarbiketa sistema integratuarekin eta errautsak gordetzeko kutxarekin.

Bimasaren desabantaila handienetakoa funtzionamendurako behar duen leku handia da, beraz ezin da edonon teknologia hau erabili, adibidez, hirietan oso zaila izaten dela da mota hauetako instalazioak jartzea leku faltagatik. Hala ere, analisirako erabiltzen den etxebizitza Gasteiztik hurbil dagoen familiabakarreko etxeaenez honekin arazorik ez dagoela onartuko da.

#### Biomasa galdararen ezaugarriak

- Errendimendu altuak %91 (CYPE, 2018)
- Inbertsioa handia baina denborarekin errentagarria
- Teknologia berriztagarria da, hala ere, errekuntzan sortu daitezkeen ezpurutasunak kaltegarriak izan daitezke arnasten badira.



1. Irudia: Biomasa galdararen instalazioa



### 3.2. Kondentsazio galdara

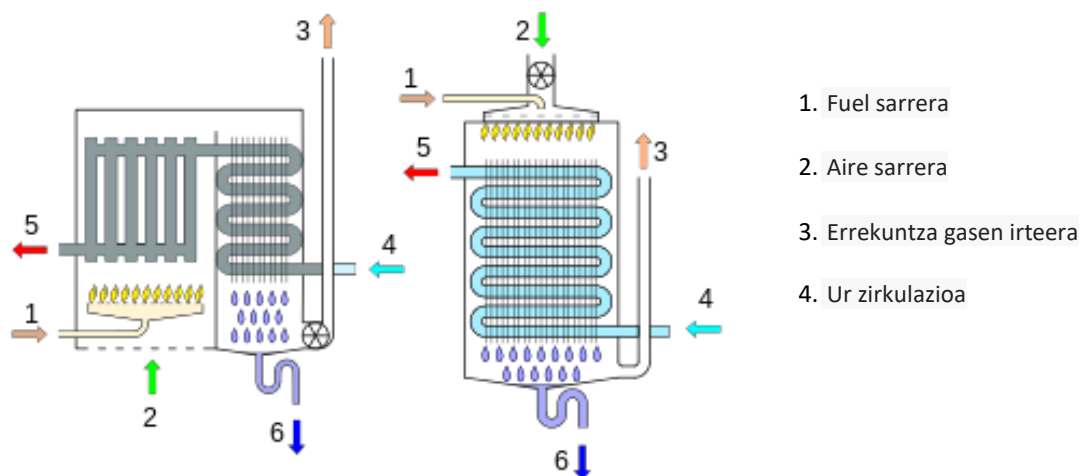
Kondentsazio galdarek aurreko galdaren antzeko operazioa dute, baina kasu honetan erregaia fuela izanda. Berezitasun modura, galdara hauek keen bero sorra aprobetxatzeko gai dira, hau da, keetako ur lurruna kondentsatuz hauetan galtzen den beroa sistemara transferitzen dute eta galdararen errendimendua handitzen da. Honela, beste galdaretan keetan galtzen den beroaren zati handi bat berreskuratzen da eta galdara hauetan erregai modura erabiltzen den gasaren kontsumoa nabarmenki txikitzen da, gainontzekoekin alderatuta (instalazio eta gasaren arabera, %15 eta %30 bitarteko jaitsiera gas kontsumoan).

Funtzionamenduari dagokionez, keetako ur lurrunaren kondentsazioa lortzeko bero trukagailu bat dute, hau errekuntzan sortutako gasek eta beste likido hotzago batek zeharkatzen dute, haien artean bero transferentzia gertatuz eta gas egoeran zegoen ura kondentsatuz eta keetako bero sorraren zati handia aprobetxatuz. Likidotutako produktuak instalazioa ez oztopatzeko hustubide sistema batengatik kanporatu behar dira. Sistema urarekin etengabe kontaktuan dagoenez, galdararen materialak herdoilgaitzak izatea beharrezkoa da (adibidez, altzairu herdoilgaitza)

Beraz, hasierako kostua garestiagoa da, baina errendimendu altuak dituen eta erregaia aurrezten denez luzarora ekonomikoagoak dira.

#### Kondentsazio galdararen ezaugarriak

- Errendimendu altuak lortuko dira (proiektuan erabilitako ekipoa %98)(CYPE)
- NOX gasen isuriak murriztuko dira.



2. Irudia: Kondentsazio galdara

### 3.3. Aire ur bero ponpa

Aire ur bero ponpa baten funtzionamendua foku hotz batetik beroago dagoen beste foku batera beroa transferitzean datza, sistemari lana emanez. Kasu honetan, inguruneko energia (foku hotza) etxebizitzaren berokuntza eta UBS instalazioari (foku beroa) beroa transferitzen dio, sisteman sartzen den lana elektrizitatea izanik. Beraz, esan daiteke hozkailu baten modura lan egiten duela. Inguruneko beroak, aire ur bero ponparen instalazioan zehar doan hozgarria berotzen du, hau lurrundu arte. Gero, hozgarria konpresore batetik igarotzen da hau gehiago berotzeko (etapa honetan sisteman lana sartzen da). Hurrengo etapan hozgarriak beroa transferi dezake kondentsagailu baten bitartez, kasu honetan, beroa etxebizitzaren berokuntza sistemara eta UBS-ko depositura transferitzen da. Kondentsagailutik hozgarria likido egoeran irtengo da, hoztu delako. Zikloa amaitzeko, hozgarri likidoa balbula batetik igarotzen da, hozketa azkartuz. Honela, sistemak ingurunetik beroa hartu dezake berriro ere.

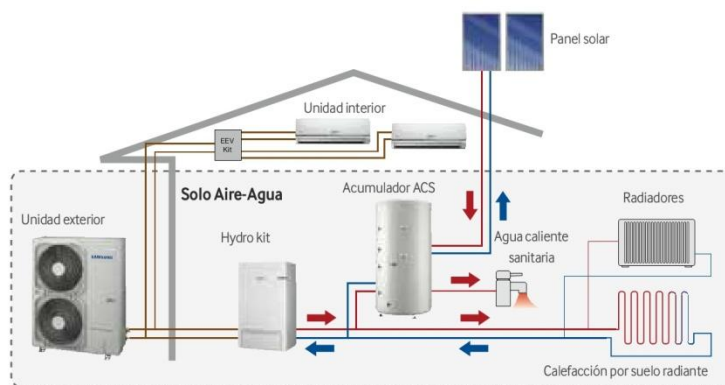
Bero ponpa baten eraginkortasuna, eraginkortasun koefizientearen bitartez neurtuko da (COP). Transferitutako beroaren eta horretarako behar izan den lanaren arteko erlazio modura definitzen da:

$$COP = \frac{Q_{out}}{W_{in}}$$

COP-ak duen balioa unitatea baino handiagoa izaten da, hau da, emandako beroa sartutako lana baino handiagoa da. Teknologia hau berriztagarritzat har dezagun, COP-aren balioa 2,5 baino handiago izan beharko da.[1][2]

#### Aire ur bero ponparen ezaugarriak

- Berriztagarria baldin COP > 2.5
- Elektrizitatearen kontsumoa txikia da, galdara normalekin konparatuz aurrezpen handiak egongo dira.
- Funtzionatzen duen bitartean isuriak nuluak izango dira
- Hasierako inbertsioa handia



3. Irudia: Ur bero ponparen instalazioa

### 3.4. Eguzki kolektoreak

Eguzki kolektoreek eguzki energia termikoa bero erabilgarri bilakatzea dute helburu. Eguzki termikoko sistemek eguzki erradiazioaren zati bat hartzen dute kolektoreen tenperatura igotzeko eta horiek, estrategikoki kokatuta, jasotzen duten energia gehiena erabiltzen dute sistemaren likidoa berotzeko, gehienetan ura.

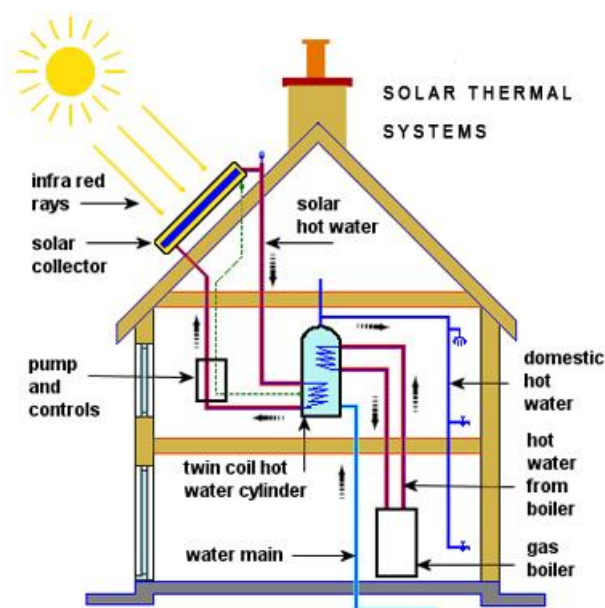
Etxebizitza bateko kolektoreak tenperatura baxukoak ( $T < 100^{\circ}\text{C}$ ) izan ohi dira, eta lortzen den energia berokuntza eta UBS sistemak berokuntza erabiltzen da.

Funtzionamenduari dagokionez, eguzki izpiak eguzki panelaren kontra jotzen dute, eta honen materiala kristalinoa denez, barnealdean dagoen hoditeria zeharkatzen duen ura berotzen da. Ur sistema hau itxia da, eta beraz ez da berokuntza eta UBS-ko sistemaren erabiltzen den ura. Sistema itxitik sistema irekira, ur erabilgarriko sistemara, beroa transferitzeko bero trukagailu bat jartzen da.

Instalazio hauetan oso erabilgarria da inertzia depositua, honetan eguzki energiatik lortu den beroa gordetzen baita, ur beroa gerora erabiltzeko eguzkiak ez baitu konstante irradiatzen. Inertzia depositua duten sistematan, bero trukagailua deposituan dago instalatuta, eta serpentina erakoa da.

#### Eguzki kolektoreen ezaugarriak

- Isuriak nuluak dira erabiltzen diren bitartean
- Inbertsio handia egin behar da
- Mantentze kostuak ia nuluak
- Sistema modularrak
- Eguzkiaren menpekotasuna



4. Irudia: Eguzki kolektoreen instalazioa

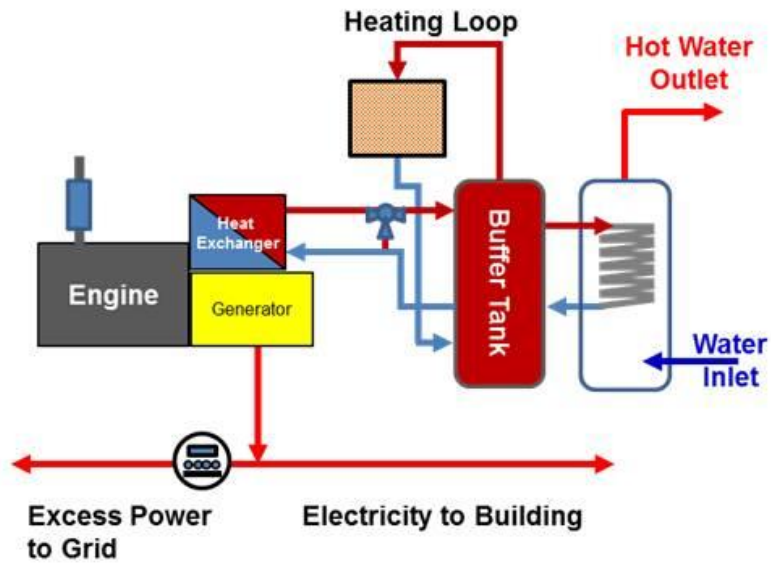
### 3.5. Kosorkuntza (Stirling motorra)

Kosorkuntza energia elektrikoa eta energia termikoa batera lortzen den prozesua da. Motore beten bitartez elektrizitatea sortzen da, eta gero funtzionamenduko bero hondarra berokuntzarako erabiltzen da. Proiektu honetan, analisirako erabiltzen den etxebizitza familiabakarra denez, potentzia txikiko motorra erabiliko da, zehatz mehatz, Stirling motorra. Hau, gas baten hedatze eta konpresioaren bitartez jarduten duen motor termikoa da, eta kasu honetan gas naturalarekin hornituko da. Gainera, soberan dagoen beroa UBS eta berokuntza sistemarako erabiliko da.

Stirling motorrak potentzia eta abiadura txikietan jarduterakoan errendimendu oso altuak dituzte, Carnot errendimendu teorikoari gehien hurbiltzen den teknologia izanik. Horregatik, aukerarik egokienak dira etxebizitza betean instalatzeko.

#### Stirling motorraren ezaugarriak

- Carnoten errendimenduaren antzeko errendimenduak lortuko dira
- Elektrizitatea eta beroa aldi berean ekoizteko gai izango da
- Elektrizitatea lortzeko zailtasuna duten guneeetan egokiak dira
- Isuriak txikiak izango dira (erabilitako lehengaiaren arabera, energia berriztagarritz elikatu daitezke eta)
- Inbertsioa handia izango da, hala ere denbora igaro ahala errentagarria izango da.



5. Irudia: Kosorkuntzaren instalazioa

## 4. PROIEKTURAREN ONURAK

Gaur egun, bizitegi-sektorean gizarteak ikuspuntu ekonomikoari garrantzi handia ematen diola baieztatu dezakegu, baina gainera, azken urteetan gero eta arreta gehiago jartzen ari zaio sistemek ingurunean duten inpaktuari ere. Beraz, aurrezpen energetikoaz gain ingurumen inpaktuak ere garrantzia handia dauka.

Esan den bezala, bizitegi sektoreari berokuntzaz eta UBS-z hornitzeko merkatuan existitzen diren hainbat teknologien jardute optimizazioa bi ikuspuntuetatik egin daiteke, bai optimizazio ekonomikoa zein ingurumen inpaktuaren optimizazioa eginez, baina, hala ere, argi dago egokiena bi ikuspuntuak orekatzen dituen jardute operazio baldintzak izan litezkeela.

Beraz, esan daiteke proiektu honek dituen onura zehatzak ondorengo hauek direla:

### 4.1. Onura teknikoak

Gaur egungo gizarteak eskatzen dituen bizi baldintzak kontuan izanik, etxebizitzetan energiaren beharra gero eta handiagoa da. Ondorioz, interesgarria da energia eskaera honi (UBS, berokuntza eta elektrizitatea) aurre egiteko era optimoan funtzionatuko duen teknologiak izatea. Eta hain zuzen ere hori da lan honekin lortu nahi dena.

Proiektuan, etxebizitza baten energia eskariak ezagututa eta merkatuko teknologien ezaugarriak ezagututa, hauei aurre egiteko instalatu beharreko teknologiak aukeratzen dituen programa egiten da, bere operazioa optimizatzen. Programak teknologia bakoitzaren funtzionamendua eta lan baldintzak ulertzen lagunduko du

Honez gain, lan honetan egin den moduan, edozein motako etxebizitzaren instalazio termikoa egiterakoan beharrezkoak diren teknologiak aukeratzeko orduan lagungarria izan daitekeen programa da.

### 4.2. Onura ekonomikoak

Hain zuzen ere, proiektuaren helburu nagusia bizitegi-sektoreko instalazio termikoaren optimizazio ekonomikoa egitea da. Beraz instalazio termikoaren kostua minimizatzea espero da.

Ikuspuntu ekonomikotik hainbat alderdi aztertu daitezke, hala nola, hasierako inbertsioa, amortizazioa, operazio kostu eta mantentze lanak. Beraz, teknologia bakoitza arrazoi ezberdinagatik interesgarria izan daiteke. Adibidez, gerta daiteke teknologia bat ekonomikoagoa izatea bere hasierako kostua baxua izateagatik, operazio eta mantentze kostu altuak izan arren, normalean teknologia ez

berriztagarriekin gertatzen den moduan, edota, operazio kostuak eta mantentze lanak ia nuluak izatea, baina hasierako kostu altuak direla eta teknologia hau ikuspuntu ekonomikotik merezi ez izatea, teknologia berriztagarriekin gertatzen dena hain zuzen ere.

Beraz, operazio simulazio baten bitartez optimizazio ekonomikoa eginez teknologia egokiena zein den jakin egingo da, eta ondoren, hainbat eszenarioen analisia egingo dira, lehengaien prezioetan gerta daitezken aldaketen eragina aztertu ahal izateko ere.

### **4.3. Ingurumeneko onurak**

Helburu nagusia ez den arren, gaur egungo gizartean ingurumen inpaktuaren kontzientziazioa handitzen ari da. Hala ere, egungo etxebizitzetan instalatutako teknologia gehienak ez berriztagarriak dira. Beraz, optimizazioaren ikuspuntua ekonomikoa delarik ere, ingurumenarena kontutan hartu beharreko ikuspegia da.

Bizitegi sektorearen isuriak murriztuz, atmosferara isuriko diren negutegi efektua sortzen duten gas kutsakorren emisioa ere nabarmen murriztuko da. Horretarako, egingo den programak teknologia berriztagarriak kontsideratu daitezkeen hainbat teknologia aukeren artean izango ditu.

Gainera, ingurumen inpaktuaren murrizketan oinarrituz alternatiba bat emango da, ikuspuntu biak alderatu ahal izateko.

## 5. METODOLOGIA

Atal honetan etxebizitza baten instalazioaren simulazioa eta optimizazio ekonomikoa egiten duen programa lortzeko metodologia azalduko da.

Programa EXCEL-aren bitartez programatuko da, Open Solver-arekin hain zuzen. Kodea egin aurretik datuen bilaketa eta analisisa egingo da. Gero, helburu funtzioa ezarriko da, zeina optimizatu nahi dugun funtzioa izango den. Azkenik, teknologia guztien energia balantzeak eta beharrezkoak diren funtzio osagarriak definituko dira. Ekuazio guzti hauek linealak izango dira, optimizazioa matematikoki lineala izan dadin.

### 5.1. HASIERAKO DATUAK

#### 5.1.1. Etxebizitzaren energia eskaria

Aurretik aipatu bezala, simulaziorako eta ondoren honen optimizaziorako erabiliko den etxebizitzaren eskariak Gasteiztik hurbil dagoen etxebizitza familiabakar batenak izango dira.

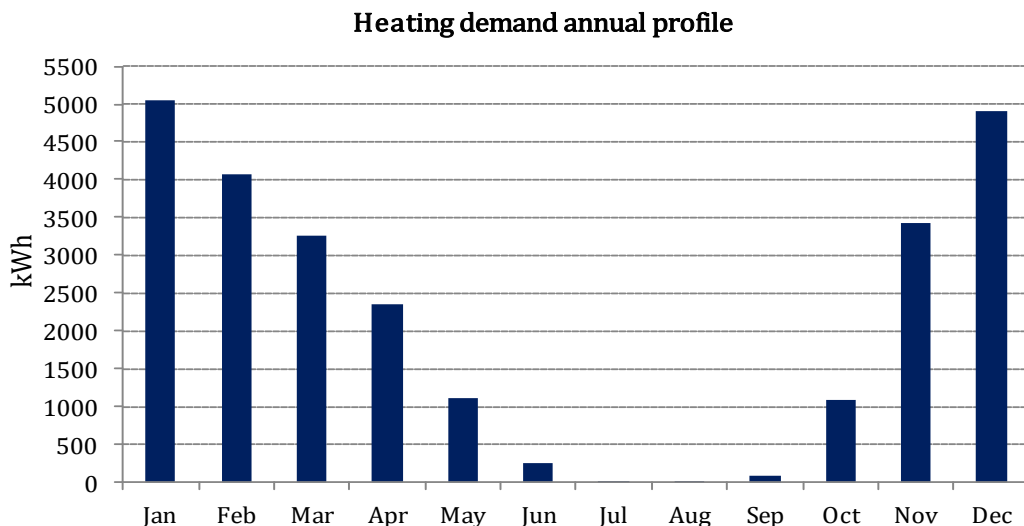
Proiektuaren simulazioa urtarotetan zehar ematen diren kontsumoaren aldaketak aintzat hartzeko eta ahalik eta errealistena izateko Gasteizko etxearen urte bete bateko eskariak kontutan hartuko dira. Eskari termikoa (berokuntza eta UBS) zein elektrikoaren aldaketak egunean zehar ondo islatzeko orduko diskretizazioa egingo da, beraz egunero 24 ordu aztertuko dira.

Horretarako, 12 erreferentziatzko egunen eskariak analizatuko dira, bat hilabete bakoitzeko. Erreferentziatzko egun bakoitzak hilabetean zehar orduro egon diren eskarien bataz bestekoa izango da. Horrela, programak teknologia bakoitzarentzat urteko 365 egunak eta eguneko 24 orduak aztertu behar izateak saihestuko da, eta programak era azkarrago batean emaitzak lortuko ditu, honen karga konputazionala nabarmenki txikiagotuko baita.

Orain, etxebizitzaren eskaria aztertuko da, lehendabizi eskari termikoaren datuak aurkeztuko dira, hau bitan banatzen da: berokuntzan eta UBS-an.

Hasteko, etxebizitzaren berokuntza eskarian arreta jartzen bada eta Gasteizko klimatologia jakinda logikak esaten duen moduan, eskaria handia da hotz egiten duen hilabetetan maximoa urtarrilean izanez, 5000 kWh ingurukoa, aldiz, ia nulua bero egiten duenean, hau da, udan. (6.Grafikoa)

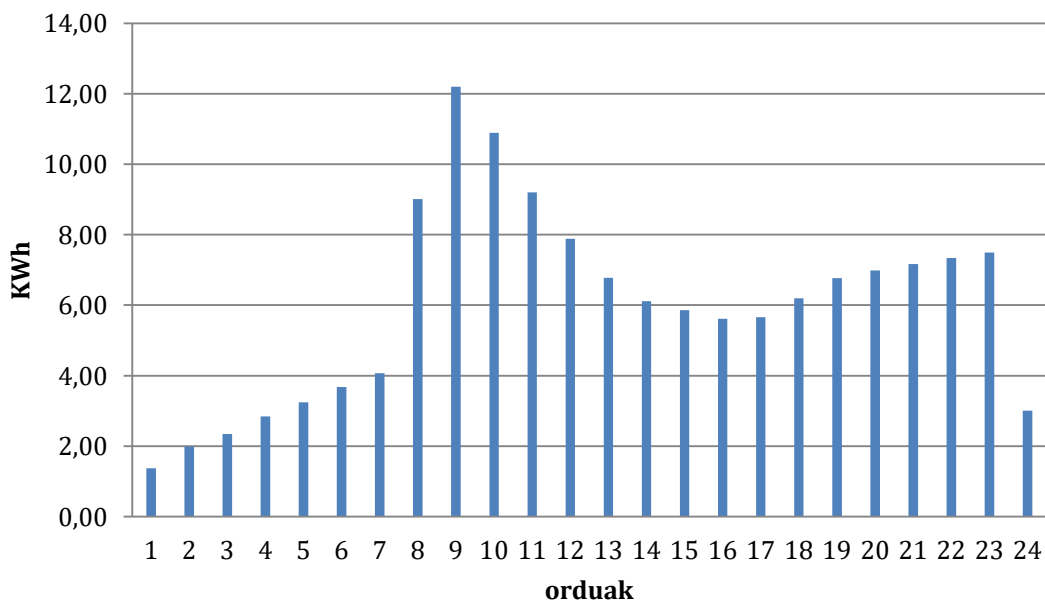




6. Grafikoa: Gasteizko etxebizitzaren eskari termikoaren urteko profila

Berokuntza hileroko aldatu ez ezik, egunean zehar behar den berokuntza ere aldatzen da. Hau hobeto ikusteko urtarrileko erreferentzia eguna, berokuntza eskaria maximoa den hilabetea, grafiko batean irudikatu da. Nabaria da, gauean berokuntza kontsumoa murriztu egin dela, eta egunean zehar aldatuz doala, maximoa goizeko 9:00-tan izanik.

***Urtarrileko erref. egunaren berokuntza eskariaren bilakaera***

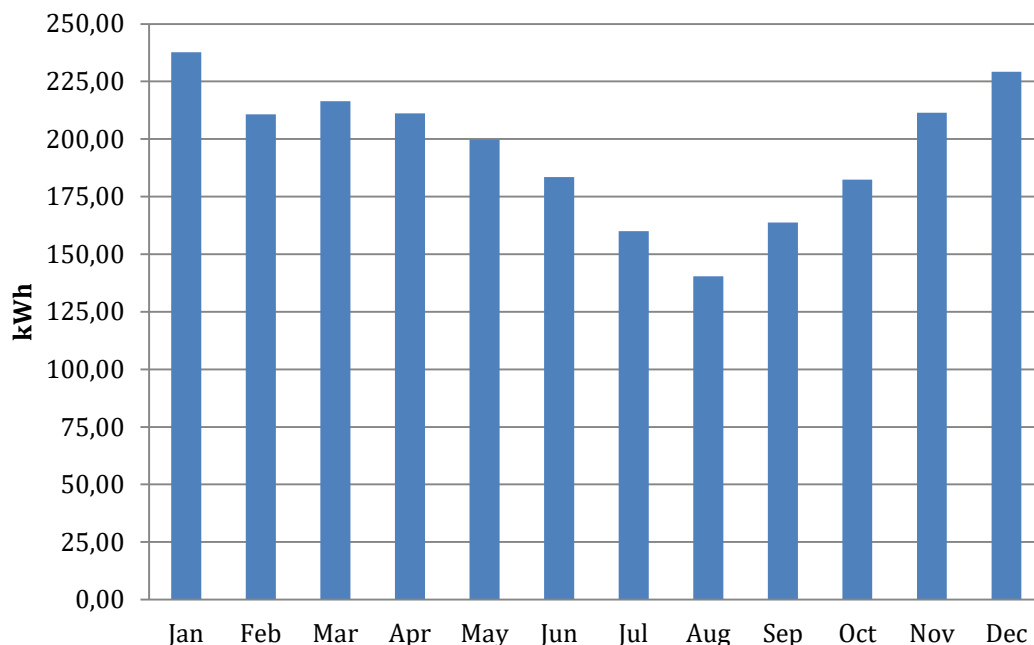


7. Grafikoa: Urtarrileko erreferentziako egunaren berokuntza eskariaren bilakaera

Eskari termikoarekin jarraituz, baina oraingoan UBS-ren eskaria aztertuz eta urte osoko eskariaren grafikoa ikusten den moduan, UBS eskariak jarraituak dira. Beste modu

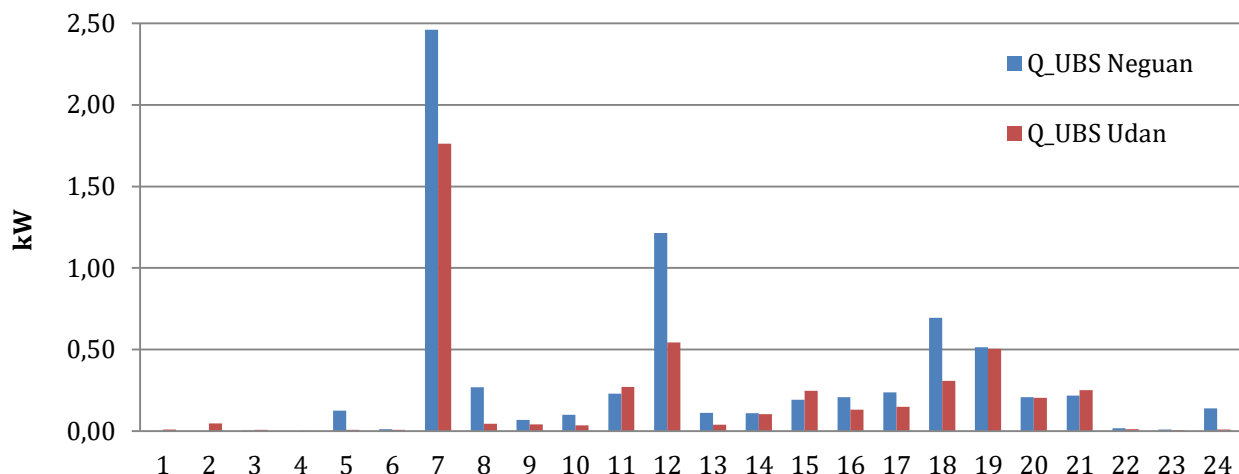
batera esanda, udako eskaria ez da nulua: eskariaren maximoak neguan dira eta minimoak udan, berokuntza eskariekin gertatzen den bezala. Azpimarra daiteke, UBS-an kontsumitzen den energia baxuagoa dela berokuntzarekin konparatzen bada, hilabete guztietan eskaria egon arren.

*Urte osoko UBS-ren eskariaren bilakaera*



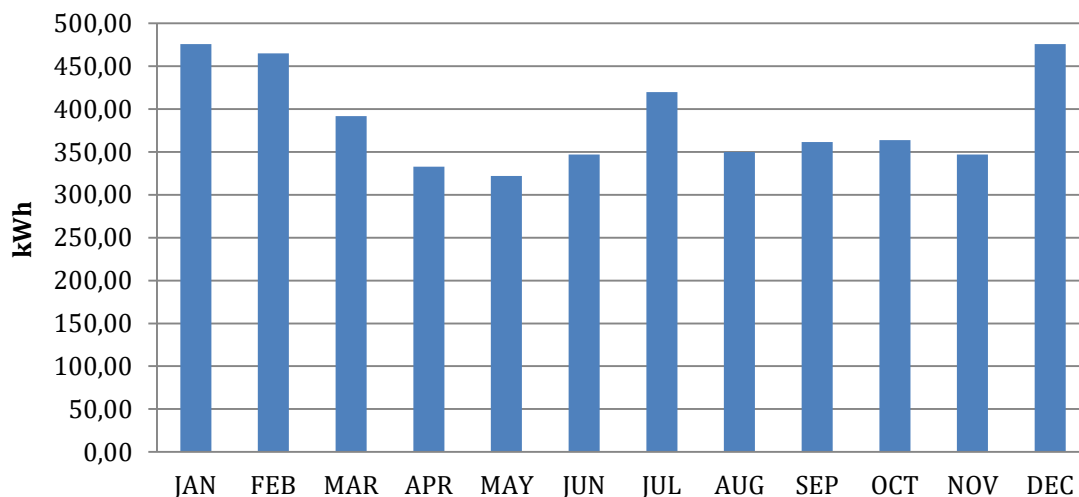
**8. Grafikoa:** *Urte osoko UBS-ren eskariaren bilakaera*

Aurreko kasuan egin den moduan, egunean zehar UBS-ren kontsumoaren bilakaera aztertuko da, baina oraingo honetan, bi erreferentzia egun alderatuko dira, udako egun bateko kontsumoa eta neguko beste egun batekoa konparatuko dira. Grafiko honetan, aurrekoan bezala, udako eta neguko eskariak ezberdinak direla ikusten da, baina orduko diskretizazioa eginda, bi egunetako eskariak joera berdina jarraitzen dutela baieztatzen da, hau da, energia kontsumoa ezberdina den arren egunean zehar maximoak eta minimoak batera ematen dira, azken finean, UBS-a etxeoen bizimoduarekin zuzenki lotuta dago eta hau berdin mantenduko da urtean zehar, beti ere, etxeoek oportetari ez badaude.

**Udako eta Neguko erref. egun baten UBS-ren eskariaren bilakaera**

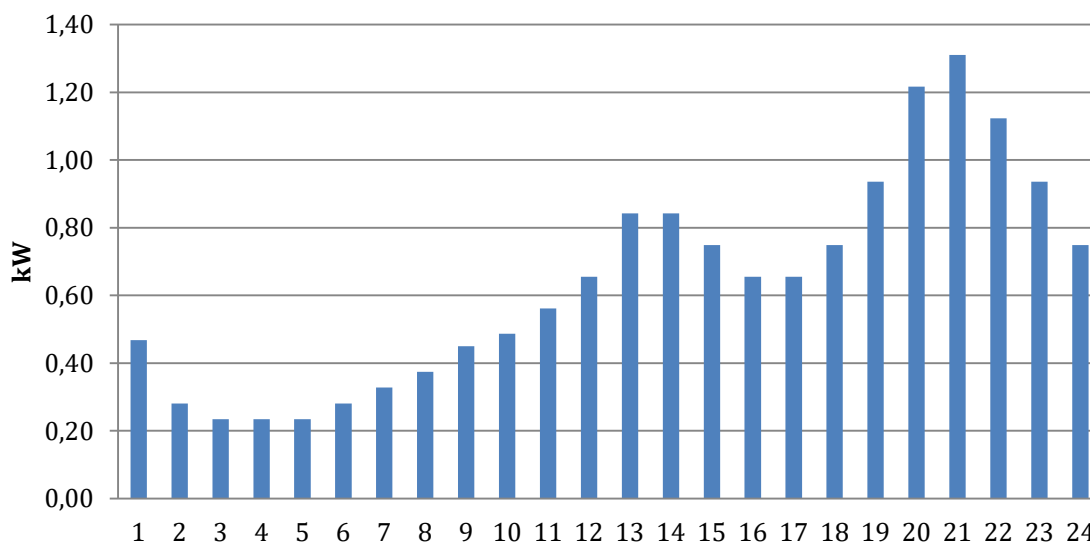
9 Grafikoa: Udako eta neguko erref. bateko UBS-ren eskarien bilakaera

Amaitzeko, eskari elektrikoaren bilakaera aztertuko da, eskari hau jarraitua da ere, baina aurrekoetan ez bezala, elektrizitatearen kontsumo minimoa apirilean eta maiatzean da. Beraz, neguko eskariak handiagoak izatea eta udakoak txikiagoak izatearen joera ez da betetzen.

**Elektrizitatearen eskariaren bilakaera urtean zehar**

10 Grafikoa: Elektrizitatearen eskariaren bilakaera urtean zehar

Erreferentziazko egun bateko elektrizitatearen kontsumoari arreta jartzen bazaio, hau ere egunean zehar aldakorra izango da, gauez erabili duten energia egunean zehar erabili dutena baino txikiagoa izanda.

***Elektrizitatearen kontsumoaren bilakaera Urtarrileko erref. egunean***11 Grafikoa : *Elektrizitatearen kontsumoaren bilakaera urtarrileko erref. egunean*

Behin eskariak aztertuta, urtean zehar eta egunean zehar ematen diren aldakortasunak direla eta sistemak izan beharreko malgutasuna eta analisi azkartasuna baieztatu egiten da.

**5.1.2. Ekipoen datu teknikoak**

Esan bezala, teknologiak eta hauen ezaugarriak datuak izango dira, zeinak gaur egun merkatuan dauden teknologiak direnez "*CYPE. Generador de precios de la construcción*" katalogotik hartu diren.

Teknologiaren dimentsioaren hautaketa etxebizitzaren eskari termikoan oinarritzen da, kontsumoari aurre egiteko gai izan behar baitira. Horregatik, aukeratutako teknologia guztiek 25kW inguruko potentzia dute. Gainera, instalatzen diren teknologiek eskari minimoa bete ez ezik, legediak ezarritako energiaren %30 teknologia berriztagarrietatik lortu behar dute.

Behin aukeraketa eginda, teknologia bakoitzaren potentzia nominalak, bizi erabilgarriak eta errendimenduak hartuko dira, eta proiektu osoan zehar guztiak konstante mantenduko direla suposatuta da, nahiz eta erabilpenaren arabera hauek aldatu egiten direla jakin. Konstante kontsideratuko ez bagenu, operazioan zehar jasaten dituzten aldaketak kalkulatu beharko genituzke, eta horrek prozedura asko zaildu egingo luke.

Ordea, eguzki kolektorearen eta bero ponparen errendimenduak ez dira finkoak izango. Eguzki kolektoreen errendimenduaren kasuan, Gasteizko erradiazioarekin eta panelaren ezaugarriekin kalkulatu da, jarraian agertzen diren formulen bitartez:

$$\eta = \eta_0 - a'_1 \times T_{ave}$$

$$T_{ave} = (T_{ave} - T_{ing})/Re$$

$$Re = (1 - \sigma) \times G$$

Non:

$\eta$  : Eguzki kolektoreen errendimendua.

$\eta_0$  : Faktore optikoa.

$a'_1$  : Galeren koefiziente lineala.

$T_{ave}$  : batez besteko tenperaturaren balioa.

$T_{ing}$  : Ingurugiroko tenperaturaren balioa, hau ere orduro aldatuko da.

$Re$  : Erradiazio eraginkorra.

$\sigma$  : Galeren portzentaia.

$G$  : Erradiazio erasotzailea.

Beraz, kodean eguzki kolektoreek martxan dauden bitartean errendimendua funtzio baten bitartez adieraziko da. Hauek erabiltzen ez direnean, aldiz, errendimendu nulua izango da, kalkuluak ez baitu zentsurik.

Bero ponparen errendimenduari dagokionez, COP-ak 3 eta 6 balioen artean oszilatuko du, hau sortutako energiaren eta sartzan den lanaren arteko erlazioa denez, hauek aldakorrek direnez orduro balioak ezberdinak izango dira. Ordu guztietan dagoen COP-aren batez bestekoa eginez, 4,58-ko eraginkortasun koefizientea lortuko da.

Bestalde, teknologia batzuen instalazioak inertzia depositua darama (biomasa galdara, bero ponpa eta kosorkuntza). Depositua guztiz adiabatikoak ez direnez, hauetan dauden bero galeren ehunekoa errendimendu modura zenbatetsiko dira. Galtzen den beroaren balioa txikia da, metatutakoaren % 1-2 ingurukoa (gure kasuan %2-koak izando dira)

Azkenik, Stirling motorraren kasuan errendimendu bat baino gehiago daudela argitu behar da, errendimendu termikoa (%79) eta errendimendu elektrikoa (%16-a), errendimendu totala bien gehiketa izanik.

Hurrengo taulan teknologia guztien potentzia nominala, errendimendua (edo COP) eta bitzita erabilgarria batzen dira.

1. Taula: Ekipoen datu teknikoak

	Potentzia Nom. (kW)	Errendimendua edo COP	Bizitza erab. (urte)
<b>CB</b>	28	0.98	15
<b>BB</b>	30	0.91	15
<b>AWHP</b>	5	4,58	20
<b>SC</b>	4.64	F(x)	25
<b>CHP</b>	29.1	0.95	15
<b>TES</b>	-	0.02	15

### 5.1.3. Ekipoen kostuak

Proiektuaren helburua ekonomikoa denez, teknologia bakoitzaren kostua ezagutu beharko dugu. Kostuetan salmenta prezioa, operazio eta mantentze lanak, erregaiaren prezioa, elektrizitatearen prezioa eta amortizazioa kontutan hartu behar dira.

Aurretik esan bezala, ekipo bakoitzaren erosketaren prezioak *CYPE*-tik lortu dira, eta amortizazioa kalkulatzeko interesak % 5 dela suposatuta dira.

2. Taula: Ekipoen prezioak (*CYPE*, 2018)

	Inbertsioa (€)	Interesak
<b>CB</b>	3291	0,05
<b>BB</b>	12314	0,05
<b>AWHP</b>	9339,58	0,05
<b>SC</b>	2661,17	0,05
<b>CHP</b>	14000	0,05
<b>TES</b>	437,56	0,05

Elektrizitatearen eta erregaiaren prezioa zehazteko, programa egiterako momentuan merkatuko balioa hartu izan da. Hurrengo taulan erakusten dira:

3. Taula: Lehengaien prezioak

	ELEKTRIZITATEA	GAS NATURALA	BIOMASA
<b>PREZIOA (€/kWh)</b>	0,125	0,057	0,052

## 5.2. HELBURU FUNTZIOAREN DEFINIZIOA

Programaren datuak eskuratu ondoren, proiektuaren helburua lortzeko funtzioa definitu egin da. Funtzio honek ekipoen instalazioa eta operazioen kostuak bilduko ditu, gerora honen optimizazioa egiteko eta berokuntza eta UBS-ko teknologiarik merkeena jakiteko.

Esan bezala, kostu totalak hainbat aldagai izango ditu kontutan, horregatik, helburu funtzioa kostu finkoen eta operazio kostuen batura izango dira. Honela definituko da:

$$C_{TOTAL} = C_{FINKO} + C_{FUNTZ} \text{ [€]}$$

Ekuzioaren lehenengo aldagaiak erosteta eta instalazioa prezioa, nahiz, teknologien operazio kostuak batuko ditu:

$$C_{FINKO} = (C_{CB} * CRF_{CB} * CB + C_{CHP} * CRF_{CHP} * CHP + C_{BB} * CRF_{BB} * BB + C_{ST} * CRF_{ST} * ST + C_{AWHP} * CRF_{AWHP} * AWHP + C_{TES} * CRF_{TES} * TES)$$

Non:

- $C_{CB}$ ,  $C_{CHP}$ ,  $C_{BB}$ ,  $C_{ST}$ ,  $C_{AWHP}$ ,  $C_{TES}$ : Ekipo bakoitzaren erosteta prezioa izango da.
- $CB$ ,  $CHP$ ,  $BB$ ,  $AWHP$ ,  $ST$ ,  $TES$ : Ekipo bakoitzaren funtzionamendua kontrolatzen duen aldagai bitarra.
  - $CB$ : Kondentsazio galdararen funtzio bitarra.
  - $CHP$ : Stirling motorraren funtzio bitarra.
  - $BB$ : Biomasaaren funtzio bitarra.
  - $ST$ : Eguzki kolektoreen funtzio bitarra
  - $AWHP$ : Aire ur bero ponparen funtzio bitarra.
  - $TES$ : Inertzia deposituaren funtzio bitarra.

- CRF: Ekipo bakoitzaren biziaren erabilgarriaren eta interesen arteko erlazioa izango da. (  $n$  = biziaren erabilgarria eta  $i$  = interesaren )

$$CRF = (i \times (1 + i)^n) / ((1 + i)^n - 1)$$

Bestalde, operazio kostuak teknologien funtzionamenduan zehar dauden gastuak batuko dituen aldagaia izango da, hau da, lehengaien kontsumoagatik ordaindu beharreko prezioa. Ekuazioa hurrengoa izango da:

$$C_{\text{FUNTZ}} = C_{\text{GN}} * ( \sum F_{\text{CB}}(d, h) * \text{CB} + F_{\text{CHP}}(d, h) * \text{CHP} ) + C_{\text{b}} * F_{\text{BB}}(d, h) * \text{BB} + C_{\text{elekt}} * ( \sum E_{\text{AWHP}}(d, h) * \text{AWHP} + E_{\text{DEM}}(d, h) - E_{\text{CHP}}(d, h) * \text{CHP} )$$

Non:

- $C_{\text{GN}}$ ,  $C_{\text{b}}$ ,  $C_{\text{elekt}}$ : Gas naturalaren, biomasaren eta elektrizitatearen kontsumoagatik ordaindu beharreko prezioa den.
- $F_{\text{CB}}(d, h)$ : Kondentsazio galdarak orduro kontsumitutako gas naturala.
- $F_{\text{CHP}}(d, h)$ : Stirling motorrak kontsumitutako gas naturala orduro.
- $F_{\text{BB}}(d, h)$ : Biomasa galdarak kontsumitutako biomasa orduro.
- $E_{\text{CHP}}(d, h)$ : Stirling motorrak ekoizitako elektrizitatea.
- $E_{\text{AWHP}}(d, h)$ : Aire ur bero ponpa funtzionatzeko beharrezkoa den elektrizitatea.
- $E_{\text{DEM}}(d, h)$ : Etxebizitzak duen elektrizitate eskariari dagokion balioa.
- CB, CHP, BB, AWHP: Funtzio bitar dira, ekipoa funtzionamenduan jarduten duenean 1 balioa izango dute eta erabilpenean ez daudenean 0.

## 5.3. BALDINTZAPENEN DEFINIZIOA

### 5.3.1. Elektrizitate horniketaren balantzea

Elektrizitate balantzea egiterakoan, saretik kontsumitutako energia kalkulatzeko etxebizitzaren eskaria, ur bero ponpak kontsumitzen duena, nahiz, Stirling motorrak sortzen duen elektrizitatea kontuan hartu behar dira. Beraz, elektrizitate balantzea honela geratzen da:



$$E_{AWHP}(d, h) + E_{DEM}(d, h) - E_{ST}(d, h) = E_{RED}(d, h)$$

Non:

- $E_{AWHP}(d, h)$ : Aire ur bero ponpak beharrezkoa duen energia elektrikoa eskari termikoa betetzeko.
- $E_{DEM}(d, h)$ : Etxebizitzaren eskari elektrikoa.
- $E_{ST}(d, h)$ : Stirling motorrak sortutako elektrizitatea.
- $E_{RED}(d, h)$ : Sare elektrikotik erositako elektrizitatea.

### 5.3.2. Hornidura termikoaren balantzea

Aurretik azaldu den bezala, eskari termikoa bitan banandu egiten da, UBS-ren eskaria eta berokuntza eskaria:

$$Q_{DEM}(d, h) = Q_{UBS}(d, h) + Q_{BEROKUNTZA}(d, h)$$

Instalazioaren balantze termikoa egiteko, ekipo termikoek bere osotasunean ekoiztutako beroa, etxebizitzaren eskaria betetzeko nahikoa izan behar da. Hau da:

$$Q_{GEN}(d, h) = Q_{DEM}(d, h)$$

Beraz, eskari termikoa osoa instalatutako ekipoeekin hornitu beharko denez, eskari termikoaren funtzioa teknologia guztiek ekoiztutako beroaren batura izango da.

$$Q_{DEM}(d, h) = Q_{CB}(d, h) + Q_{CHP}(d, h) + Q_{BB}(d, h) + Q_{AWHP}(d, h) + Q_{ST}(d, h)$$

### 5.3.3. Teknologia ezberdinetan aplikatutako balantzeak

Aukeratu diren teknologiak modu ezberdinean jarduten dutenez, ekipo bakoitzaren operazio ezaugarriei egokitutako balantzeak egin dira.

#### 5.3.3.1. Aire ur bero ponpa

Lehendabizi, aldagai bitar bat definituko da, zeina bero ponparen kasuan  $AWHP$  izendatuko den. Aldagai honek programak instalazioaren jardute analisia eta optimizazioa egin ondoren ekipoa instalatuko denetz adieraziko du. Aldagai honen

definizioa beharrezkoa izango da funtzionamendua aztertzeko eta atal honetan azalduta dagoen arren, teknologia guztiek izango dute bere aldagaia. Hau jakinda, hurrengo teknologietan ez da bitarraren azalpena errepikatuko.

Orain bai, aire ur bero ponparen balantzea aurkeztuko da:

- Instalatzen bada:  $AWHP=1$

Aire ur bero ponpa instalatzen bada, instalazio hauek funtzionamenduan modulatzeko gaitasuna dutela jakin beharra dago, honela, karga txikietara hobeto egokitzen baitira. Hala ere, modulazioa potentzia maximo eta minimo baten tartean egongo da. Potentzia maximoaren balioa ekipoen potentzia nominala izango da, etxebizitzaren eskariak aurre egiteko gai den potentzia hain zuzen ere. Aldiz, minimoa aukeratutako bero ponparen datu teknikoek ezartzen dutena da. Kasu honetan, modulazioa  $Q$  nominalaren %8 eta %100 (CYPE, 2018), . Beraz bero ponparen operazioaren potentzia tartearen ekuazioak hauek izango dira:

$$Q_{AWHP\_NOM} \geq Q_{AWHP}(h)$$

$$Q_{AWHP}(h) \geq Q_{AWHP\_MIN}$$

- Instalatzen ez bada:  $AWHP=0$

$$Q_{BC\_NOM} = 0$$

Murrizketa hauek elkartu egiten dituzten ekuazioak hurrengoak lirateke:

$$Q_{AWHP\_NOM} \geq Q_{AWHP}(h)$$

$$Q_{AWHP}(h) \geq AWHP * Q_{AWHP\_MIN}$$

Baina,  $Q$  minimoa baino gehiago ekoiztu behar dela ezartzen duen ekuazioa (aurrekoa) zuzenean sartzen baldin bada arazoak dakartza ekipoa instalatzen ez dela adosten bada.

Azalpena hurrengoa da,  $AWHP=1$  bada ( ekipoa instalatzen da) baldintza ondo beteko da, ez da arazorik egongo. Ordea,  $AWHP=0$  bada ( ez da instalatzen) baldintza horrek bero ponpak orduro hornitzen duen beroa 0 baino handiagoa dela ezartzen du, eta hori ezinezkoa da ekipoa ez baitago instalatuta, bere energia ekarpena nulua izan behar da.

Arazo honi aurre egiteko M handiaren metodoa erabiliko da, honela, gure sistema linealizatuko dugu arazoa konponduz. Metodo hau aplikatzeko M aldagaia erabiliko da, balio numeriko altua duen aldagaia izanik ( $10^6$ ). Behin hau definituta hurrengo ekuazioak idatziko dira bete beharreko murrizketak era egokian betetzeko:

$$Q_{AWHP}(h) \geq Q_{AWHP_{MIN}} - M * (1 - AWHP(h))$$

$$Q_{AWHP_{NOM}} \geq Q_{AWHP}(d, h)$$

$$Q_{BC_{NOM}}(h) \geq -M * AWHP(h)$$

$$Q_{AWHP}(h) \leq M * AWHP(h)$$

Ekuazio hauen bitartez baldintzak ondo beteko dira eta ekipoa instalatzen ez bada, bero ponparen berokuntzaren ekarpena nulua izango da.

Modulatzeko ekipoen ekuazio berdinak jarraitu beharko dituzte ondorioz, behin bakarrik idatziko dira, azalpenak errepikakorrak izan ez daitezten.

Bestetik, bero ponpak energia termikoa ekoizteko behar duen energia kontsumoa kalkulatu behar da, horretarako, COP-a eta teknologia hauen bitartez lortzen den beroaren arteko erlazioaren bitartez lortu da:

$$E_{AWHP} = \frac{Q_{AWHP}}{COP}$$

### 5.3.3.2. Kondentsazio galdara

Kondentsazio galdarek modulatzeko aukera dute, baina hauek potentzia maximoa badute ere (potentzia nominala), ez dute potentzia minimorik bete behar. Beraz, ekoizten duen beroa potentzia nominala baino txikiagoa izatea da bete behar den baldintza bakarra:

$$Q_{CC} \leq Q_{CC_{NOM}}$$

Horrez gain, aukeratu den galdarako erregaia gas naturala denez, balantze ekonomikoa egiteko gas kontsumoa jakin beharko da, hau errendimenduaren eta ekoiztutako beroaren kantitatea erlazionatzen duen ekuazioaren bitartez lortuko da. Gas naturalaren kontsumoa:

$$F_{CB} = Q_{CB}(h) / \eta$$

### 5.3.3.3. Biomasa galdara

Aire ur bero ponpan teknologia bezala, galdara mota hauek ere modulatzeko dute, beraz, ezarri behar diren ekuazioak berdinak izango dira biomasaren datuekin, oraingoan BB aldagai bitarra izango da.

Biomasaaren kontsumoari dagokionez galdararen errendimenduaren eta lortutako beroaren erlazioarekin lortuko dugu.

$$F_{BB} = \frac{Q_{BB}(h)}{\eta_{BB}}$$

#### 5.3.3.4. Stirling motorra

Kosorkuntzaren kasuan, Stirling motorra erabiliko bai elektrizitatea, bai beroa lortzeko. Teknologia hau ere molakorra denez, modulatu dezaketen ekipoen ekuazioak berdinak erabili dira energia balantzea egiteko.

Esan bezala, Stirling motorrak bi errendimendu ditu, termikoa eta elektrikoa. Beraz energia kontsumoak eta irabaziak kalkulatzeko orduan biak kontutan hartu dira:

$$F_{CHP} = \frac{Q_{CHP}(h)}{\eta_Q}$$

$$E_{CHP} = F_{CHP} \times \eta_E = \frac{Q_{CHP}(h)}{\eta_Q} \times \eta_E$$

#### 5.3.3.5. Eguzki kolektorea

Eguzki kolektoreek beste ekipoekin alderatua funtzionamendu oso ezberdina dute, beraz, eguzki kolektorearen balantzean planteatutako diren funtzioak ez dute aurretik ikusitakoarekin lotura handirik izango.

Kolektoreek ekoizten duten energia termikoa hauen azaleraren, eguzki irradiazioaren eta beste hainbat faktoreen menpekoa da, beraz teknologia honen balantzearen ekuazioak hurrengoak izango dira:

$$Q_{ST}(h) = Q_{ABS}(h) \times ST(h)$$

$$Q_{ABS} = \frac{A \times \frac{Q_{ABS}}{A}}{1000}$$

$$\frac{Q_{ABS}}{A} = Re \times \frac{\eta}{100}$$

Non:

- A: kolektorearen azalera
- $Q_{ABS}$ : xurgatutako energia [kW]
- $Q_{ST}$ : Kolektoreak ekoiztutako energia
- $Re, \eta$  eta  $ST$ : Aurretik azaldu diren kontzeptuak dira.

Aurretik azaldu den moduan, teknologia hauek inertzia depositua izan ohi dute. Datu bezala sartu den kolektoreak salmenta prezioaren barnean depositua du. Gogorarazteko, depositu hauek guztiz adiabatikoak ez direnez bero galerak dituzte, gordetzen duten beroaren % 2 hain zuzen ere. Deposituan ere , energia balantzea egingo da, benetan metatutako beroa jakiteko. Deposituan aplikatutako ekuazioak :

$$Q_{Storage}(h) = Q_{Storage}(h - 1) + Q_{ST}(h) - Q_{ST_{Util}}(h) - 0,02 * Q_{Storage}(h - 1)$$

Non:

- $Q_{Storage}(h)$ : Metatutako beroa.
- $Q_{Storage}(h - 1)$ : Aurreko orduan metatutako beroa.
- $Q_{ST_{Util}}(h)$ : Lortutako bero kantitate erabilgarria.
- **0,02 \*  $Q_{Storage}(h - 1)$ : Bero galerak.**

### 5.3.3.6. Depositua

Biomasa galdara, bero ponpak eta Stirling motorraren funtzionamendu egokiarentzako depositua gehitu egin da, honetan berotutako ura metatutako da, gerora erabiltzeko. Honek ere bero galerak izango ditu, eguzki kolektorearen inertzia deposituaren berdinak, % 2.

Deposituko energia balantzaren ekuazioak:

$$Q_{BB}(h) + Q_{AWHP}(h) + Q_{ST}(h) = Q_{CHAR}(h)$$

$$Q_{DISCH}(h) = Q_{TES,UTIL}$$

$$Q_{STO}(h) = Q_{STO}(h - 1) + Q_{CHAR}(h) - Q_{DISCH}(h) - Q_{LOSS}(h)$$

$$Q_{LOSS}(h) = Q_{STO}(h - 1) * 0.02$$

Non:

$Q_{CHAR}(h)$  : Deposituan kargatutako beroa.

$Q_{DISCH}(h)$  : Depositutik ateratako beroa.

$Q_{LOSS}(h)$  : Bero galerak.

$Q_{BB}(h), Q_{AWHP}(h), Q_{ST}(h)$  : Ekipoek ekoiztutako beroa.

### 5.3.3.7. Ekuazio gehigarriak

Araudiak ezartzen duen moduan, eskariaren ehuneko bat energia berriztagarri edo eraginkortasun altuko ekipo batek ekoiztu behar du. Horregatik, funtzionamendua egokia izateko eta legedia betetzeko aurreko baldintzak betetzen dituzten ekipoetatik (biomasa galdara, eguzki kolektoreak edo Stirling motorra) bat gutxienez instalatuta egon beharko da. Murrizketa hau kodean sartzeko hurrengo ekuazioaren bitartez egingo da:

$$BB + CHP + ST \geq 1$$

Ekuazioaren aldagaiak aipatutako teknologien aldagai bitarrak izanik.

## 6. EMAITZAREN AZALPENA

### 6.1. Aukerarik ekonomikoena

Behin programa amaituta simulazioa aurrera eramango da, hurrengo emaitzak lortuz:

Ikuspuntu ekonomikotik instalatzeko aukera egokiena aire ur bero ponpa da, eta honen funtzionamendu egokia bermatzeko inertzia depositua ere instalatuta izan behar du. Teknologiaren kostua (helburu funtzioaren optimizazioa):

<b>HELBURU FUNTZIOA</b>	<b>2087, 74 € / URTE</b>
-------------------------	--------------------------

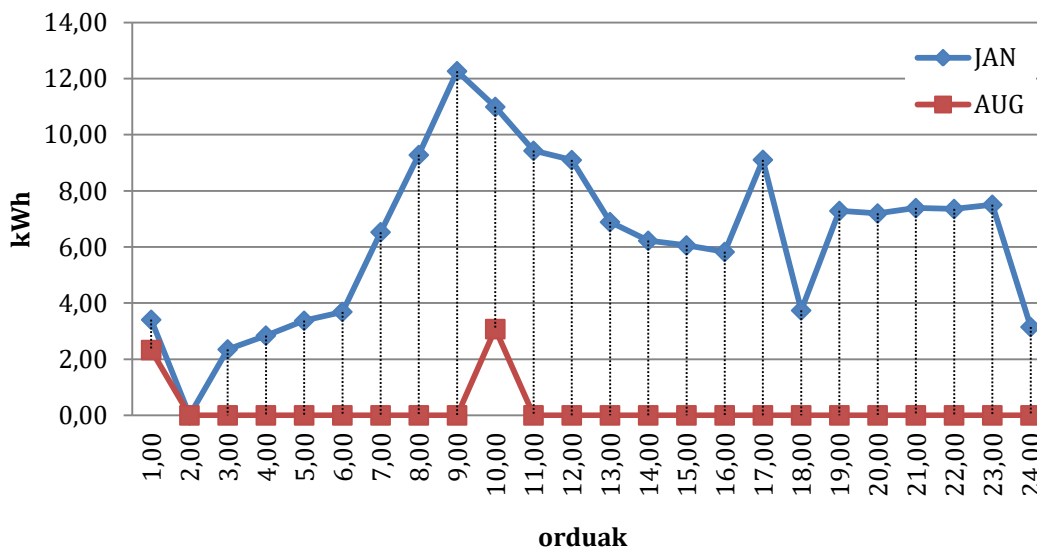
Beraz, programaren helburu funtzioaren bitartez, zeinak urteko epean etxebizitzaren instalazio termikoaren kostua minimizatzea helburu duen, teknologia merkeenaren erosketara eta operazio kostua 2087,74€ urtekoa dela kalkulatu da, aire ur bero ponparena hain zuzen ere. Kostu totaletik operazio kostuari dagokion balioa 1309,14€ da (ia % 65) , gainerakoa kostu finkoei dagokio.

Hasiera batean, simulazioa egin aurretik, teknologiarik honena kondentsazio galdara dela pentsa daiteke, CB-ren inbertsioa nabarmen txikiagoa delako (bero ponpa baino 3 aldiz txikiagoa) eta erabiltzen duen erregaia (gas naturala) elektrizitatea baino merkeagoa delako gaur egun, kondentsazio galdarek errendimendu oso altua dutela ere kontuan izanda. Hala ere, ekipoen operazioari erreparatuz eta legediak ezartzen duen modura eskariaren ehuneko bat energia berriztagarritik edo efizientzia altuko teknologietatik ekoiztu behar dela kontutan hartuz, ur bero ponpa instalatzea merezi du.

Beraz, instalatzen den ekipo bakarra AWHP-a, inertzia deposituarekin batera. Ekipoak 25102,19 kWh urteko ekoiztuko ditu, berokuntza eta UBS kontsumoa 24934,74 kWh urtekoa izanda. Hau da, instalazioan ematen diren bero galeak ekoiztutako balioaren %0,67-koak dira.

Instalazioaren operazioa hobeto ikusteko hainbat grafiko egin dira. Lehenengo grafikoan, aire ur bero ponpak ekoiztutako energia termikoa irudikatu da. Honetarako, 2 erreferentziazko egun erabili dira, neguko eta udako erreferentzia egunak, urtarrilaren eta abuztuaren hilabetekoak, hurrenez hurren.

***AWHP-k ekoiztutako beroa urtarrileko eta abuztuko erref. egunetan***

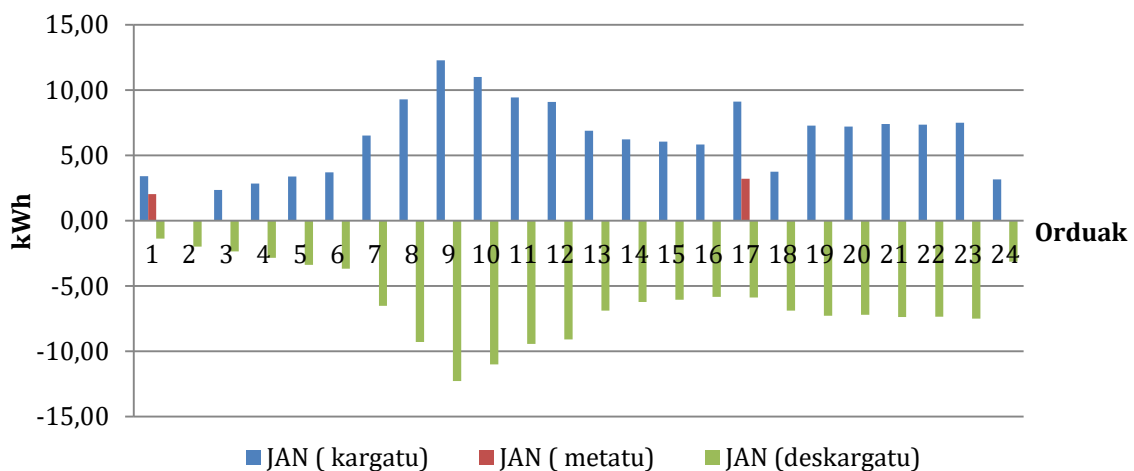


12 Grafikoa: AWHP-k ekoiztutako beroa urtarrileko eta abuztuko erref. egunetan

Grafiko honen bitartez, bero ponpak ekoiztu behar duen energia termikoaren bilakaera orduko ikusten da, logikoa den bezala, bero ekarpena neguan udan baino askoz handiagoa da. Are gehiago, uztailean bero ponpa 2 ordutan zehar martxan dago bakarrik, eskaria hain da baxua ordu horietan ekoizten den beroa inertzia deposituan metatzearekin egun osoko eskariari aurre egiteko balio duela.

Hurrengo bi grafikoaren bitartez, hartu diren erreferentzia egunetan inertzia deposituaren funtzionamendua aztertu da, horretarako, deposituaren bero karga, metaketa eta deskarga bananduz. Neguan, deposituaren erabilera oso txikia da, 24 ordutan bakarrik 2 alditan erabiltzen. Beraz, bero ponpak egunetan zehar ekoizten duen beroa zuzenean berokuntzarako eta UBS-rako erabiltzen da.

***Inertzia deposituaren funtzionamendua (URTARRILA)***

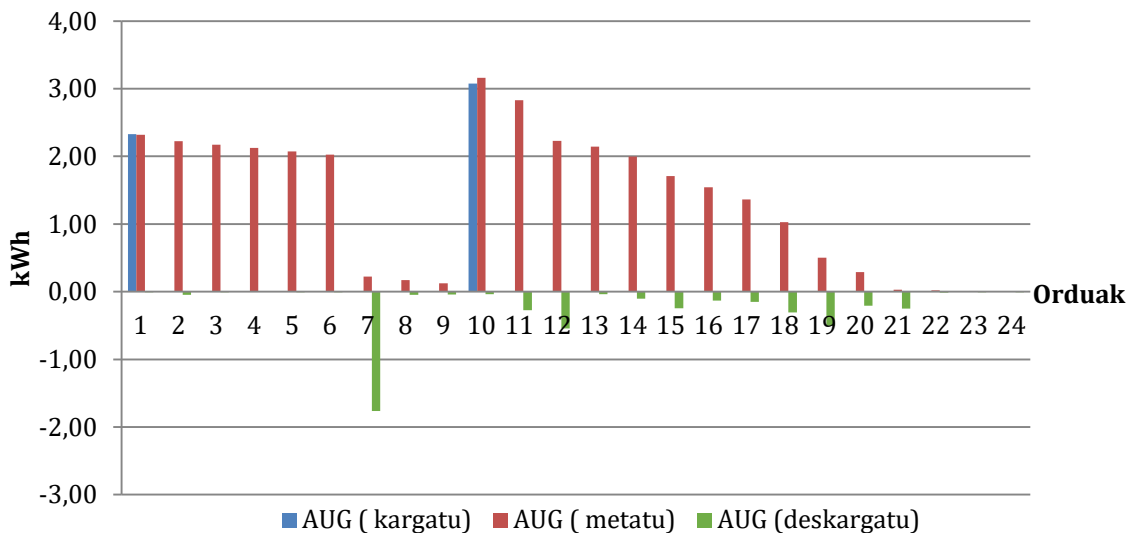


13 Grafikoa: inertzia deposituaren funtzionamendua (urtarrila)



Aipatu bezala eta x. grafikoan ikusten den modura, udan deposituaren erabilera handitu egiten da, depositua egunean zehar birritan kargatuta egun osoko kontsumoa ekoiztuko da. Bero gehiago metatzen denez, deposituan ematen diren bero galeak handiagoak izango dira udan, inertzia depositua guztiz adiabatikoa ez denez galerak aurreko orduan metatutako %2 izango dira.

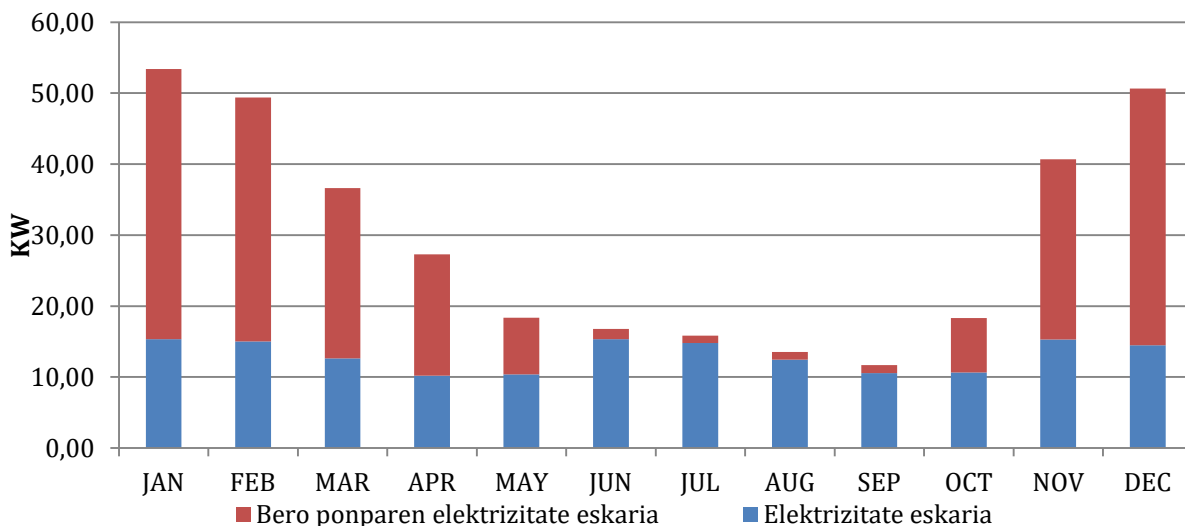
***Inertzia deposituaren funtzionamendua (ABUZTUA)***



14. Grafikoa: Inertzia deposituaren funtzionamendua (Abuztua)

Azkenik, aire ur bero ponpa instalatzen bada, honek suposatzen duen elektrizitate kontsumoaren gorakada irudikatu da, bero ponparen lehengaia elektrizitatea delako.

***Urteko erref. egunetako elektrizitate kontsumoa AWHP-ren instalazioarekin***



15 Grafikoa : Urteko erref. egunetako elektrizitate kontsumo totala AWHP-ren intalazioarekin

Elektrizitate kontsumoa hotz egiten duen neguetan asko handitzen da, aldiz , beroa egiten duen hiletan da elektrizitate hazkuntza oso txikia.

## 6.2. Eszenario ezberdinak

Orain, eszenario pare bat aztertuko dira teknologiak hornitzeko erabiltzen diren lehengaien prezioa aldatzen badira, optimizazio ekonomikoan sortu daitezken aldaketak aztertu ahal izateko.

### 6.2.1. Elektrizitatearen eta gas naturalaren prezio aldaketa

Lehenengo eszenarioan, elektrizitate eta gas naturalaren prezioa aldatuko da, hots, biomassarena aurreko kasuan bezala mantenduko da:

- Elektrizitatearen prezioa % 20 igo.
- Gas naturalaren prezioa % 20 jaitsi
- Biomasa konstante mantendu

Lehengaien prezioak honakoak izango dira:

4. Taula: 1. Eszenarioaren lehengaien prezioa

	ELEKTRIZITATEA	GAS NATURALA	BIOMASA
<b>PREZIOA (€/kWh)</b>	0,15	0,0456	0,052

Lehengaien prezioa aldatu ondoren eta beste guztia konstante mantenduz simulazioa berriro egiten bada, kasu honetan, kostuen optimizatorako teknologia egokiena kondentsazio galdara instalatzea da eguzki kolektoreekin batera. Honela, legediak ezartzen duen berriztagarrietatik eratorria den energiaren ehunekoak bermatuko da.

Helburu funtzioaren emaitza hurrengoa izango da:

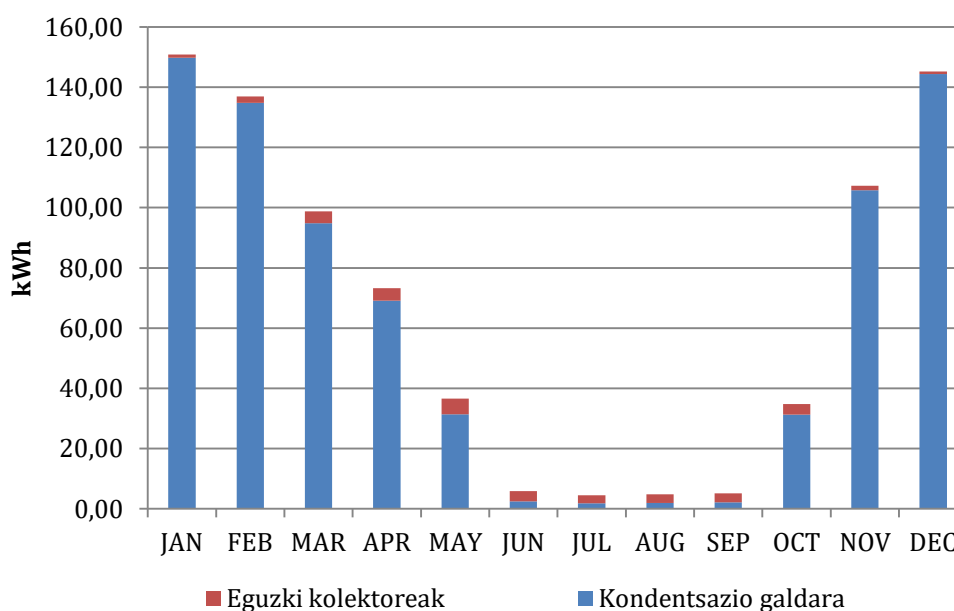
<b>HELBURU FUNTZIOA</b>	<b>2273,83 € / URTE</b>
-------------------------	-------------------------

Aurreko kasua baino garestiagoa izango da, 200€ inguru garestiagoa hain zuzen. Kostu hau, bi aldagaien batura denez, kostu finkoaren balioa 505,88€-koa da eta operazio kostuarena aldiz, 1767,95 €.

Kasu honetan, eskari termikoa osatzeko bi ekipo behar direnez, grafiko batean teknologia bakoitzaren hileko ekarpena irudikatu da (16. grafikoa). Kontsumoaren %

95 baino gehiago kondentsazio galdararekin ekoiztuko da, CB-ak ekoiztutako energia totala 23866,27 kWh urtekoa da, aldiz SC-ren ekoizpena 1473,68 kWh urteko, beraz instalazioaren bero galerak ekoiztutako totalaren %1,60-koak dira, ia aurreko kasuaren bikoitza, eguzki kolektoreek ekoizten duten beroa eguraldiaren menpekoa delako eta ez eskariaren menpekoa. Horregatik, eguzki kolektoreek udaberrian eta udan bero gehiago ematen dute sistemara, eguzki irradiazioa handiagoa denean. Udan, berokuntzaren ia eskari totala hauek ekoizten dute.

### *Kondentsazio galdara eta eguzki kolektoreen kontsumoaren ekarpena*



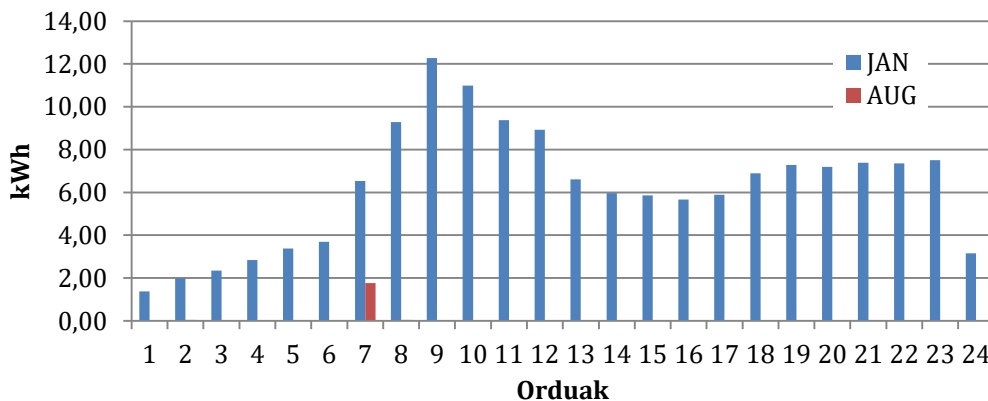
16. Grafikoa: Kondentsazio galdara eta eguzki kolektoreen kontsumoaren ekarpena

Ekipo bakoitzaren funtzionamendua aztertuko da orain:

#### - **Kondentsazio galdararen energia termikoaren ekoizpena:**

Kondentsazio galdaren operazioa ulertzeko, aurreko kasuan bezala neguko eta udako berokuntza ekoizpena bi erreferentziazko egun irudikatu dira.

**CB-ren berokuntza ekoizpena 2 erref. egunetan**



17. Grafikoa: CB-ren berokuntza ekoizpena 2 erref. egunetan

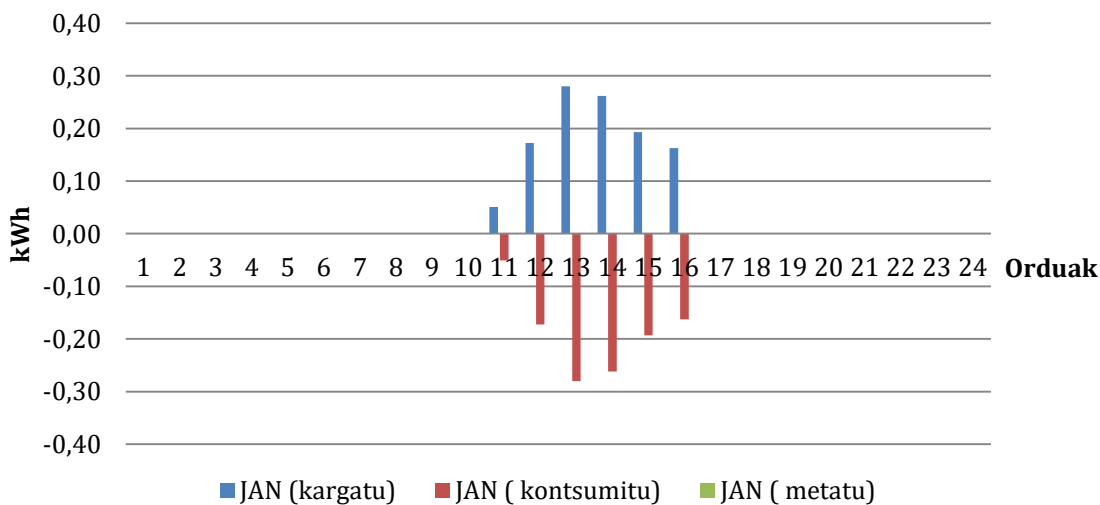
Esan bezala, neguko eskariaren ia totala ekoizten dute, aldiz udan oso gutxi. Udan, galdarak gaueko eta egunsentiko eskariak bermatzen ditu, oraindik eguzkia atera ez den orduko kontsumoa hain zuzen ere.

**- Eguzki kolektoreen energia termikoaren ekoizpena**

Eguzki kolektoreen energia termikoaren ekoizpena aztertzeko, teknologia honek duen deposituaren bitartez aztertuko da, berriro ere bi erreferentziako egunetan.

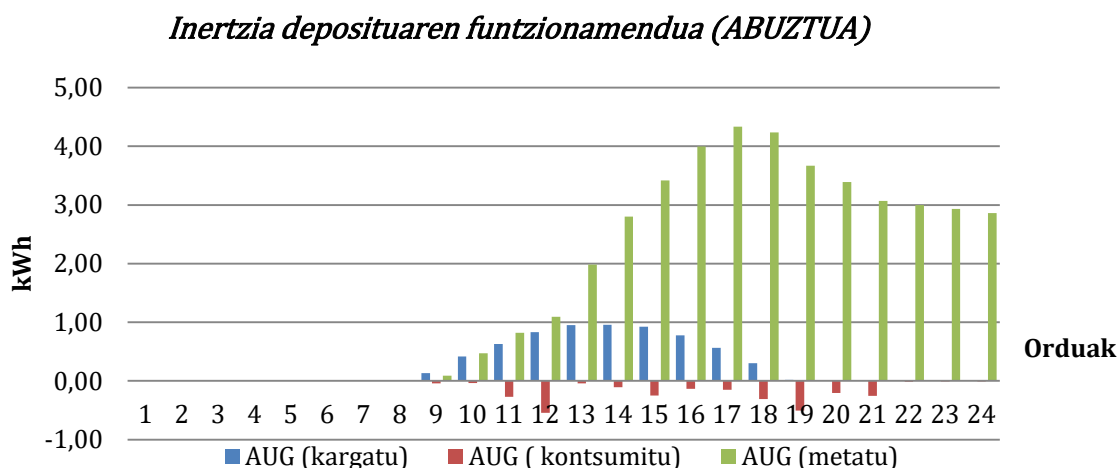
Urtarrileko egunean, eguzki kolektoreetatik lortzen den beroa oso gutxi denez eta urteko denboraldi horretan eskariak handiak direnez zuzenean lortzen den energia kontsumitzen da, hau metatu gabe.

**Inertzia deposituaren funtzionamendua (URTARRILA)**



18. Grafikoa : Inertzia deposituaren funtzionamendua (Urtarrila)

Udan aldiz, neguko egoeraren kontrako gertatzen da, kontsumo txikiak dira eta eguzki erradiazioa handia. Beraz, deposituan bero asko metatzen da, gerora galduko dena, ez baitago hainbesteko eskaririk. Kasu hauetan, eguzki kolektoreen instalazioa arriskuan egotea gerta daiteke, instalazioaren ura asko berotzen baita. Hau ekiditeko eguzki panelak estali edo uraren birzirkulazio behartua eragiten da.



19. Grafikoa: Inertzia deposituaren funtzionamendua (Abuztua)

Kasu honetako lehengaiei dagokionez, elektrizitate kontsumoa ez da handitzen. kondentsazio galdararen erregaia gas naturala baita.

### 6.2.2. Elektrizitatearen eta biomasaren prezio aldaketa

Eszenatoki honetan, elektrizitate eta biomasaren prezioak aldatuko dira, gas naturaleko prezioa ordea, konstante mantenduko da:

- Elektrizitatearen prezioa % 20 igo.
- Biomasa prezioa % 20 jaitsi.
- Gas naturalaren konstante mantendu.

Lehengaien prezioak honakoak izango dira:

5. Taula: 2. eszenatokiaren lehengaien prezioa

	ELEKTRIZITATEA	GAS NATURALA	BIOMASA
<b>PREZIOA (€/kWh)</b>	0,15	0,057	0,0416

Kasu honetan, simulazioaren emaitza aire ur bero ponpaperen aukeraketa da, funtzionamendu egokiarentzako inertzia deposituarekin batera, hots, aztertu izan den lehen kasuaren berdina ( 6.1 ataleko kasua). Beraz, teknologiaren operazioa berdina da, aldatu den bakarria prezioa da.

Optimizatu den helburu funtzioaren balioa hurrengoa da:

<b>HELBURU FUNTZIOA</b>	<b>2360,08 € / URTE</b>
-------------------------	-------------------------

Kasu honetan, kostu finkoak 6.1 ataleko kasuaren berdinak dira, teknologia bera delako, aldiz operazioaren balioa handitu egin da 1576,06€ urteko kostua du. Logikak dioen moduan, teknologia berdina eta lehengai garestiagoa izanda, helburu funtzioa lehenengo atalekoa baino altuagoa da, funtzionamendua garestiagoa delako.

### 6.2.3. Elektrizitatearen eta biomasaren prezio aldaketa bortitzagoa

Teknologia aldaketarik egon ez denez, elektrizitatearen prezioa are gehiago igo da, bestalde, biomasarena txikitu ere. Geratu diren prezioen balioak:

- Elektrizitatearen prezioa % 50 igo.
- Biomasa prezioa % 50 jaitsi.
- Gas naturalaren konstante mantendu.

6. Taula: 3. eszenatokiaren lehengaien prezioa

	ELEKTRIZITATEA	GAS NATURALA	BIOMASA
<b>PREZIOA (€/kWh)</b>	0,15	0,057	0,0416

Simulazioa egin ondoren, emaitzaren instalazio merkeena kondentsazio galdara eta eguzki kolektoreak izatea da, hau da, 6.2.1 atalean aztertu izan den kasu berdina. Ekipoek aipatutako atalean azaldu den bezala jardun egingo dute.

Oraingoan, simulazioaren kostu totalak batzen dituen helburu funtzioaren emaitza hurrengoa izango da:

<b>HELBURU FUNTZIOA</b>	<b>2715,81€ / URTE</b>
-------------------------	------------------------

Kasu honetan, kostu finkoek 6.2.1 atalaren kasuaren balio berdina izango dute, aldiz, operazio kostua altuagoa, 2209,93€ urteko hain zuzen ere, lehengaiaren balioa igo baita.

Nahiz eta lehengaietako prezioa bortizki aldatu, biomasaren kostua asko txikituz, hautatutako teknologien artean ez du biomasa galdararik hartzen, programak dituen aukeren artean eskari osoa energia berriztagarriarekin bermatu ditzakeen teknologia bakarra dena.

## 7. ALTERNATIBA

### 7.1. Alternatibaren datuak eta funtzioak

Proiektuan egindako azterketari alternatiba bat bilatuko zaio ondoren, hasieran egindako analisiarekin alderatzeko eta ondorioak ateratzeko. Oraingoan, optimizazio ekonomikoa burutu beharrian, ingurumen inpaktua murriztea helburu duen optimizazioa egingo da.

Horretarako, programaren egitura berdin mantenduko da eta programak aukeren artean dituen ekipoak ere, beraz helburu berriak lortzeko aldaketak minimoak izango dira (helburu funtzioa aldatu, operazio eta fabrikazioa isurien datuak sartu...).

Esan bezala, sarrera datuak aldatuko dira. Datu berriek ekipoek fabrikazioan zein operazioan duten ingurumen inpaktua zenbatetsi egiten dute, inpaktuaren indikatzaile modura CO<sub>2</sub>-a erabili da.

Optimizazioa egiteko beraz, ekipo bakoitza bere erabileran zehar isuritako CO<sub>2</sub> emisioak eta ekipoa fabrikatzerakoan izandako CO<sub>2</sub> emisioak aintzat hartuko dira. Horretarako sistemak energia lortzeko kontsumitutako lehengaia zein de jakin beharko da eta urtean zehar sistemak zenbateko energia ekoiztu duen. Sortutako energia jakinik CO<sub>2</sub> indikatzaile batekin biderkatuz funtzionamenduan zehar emisioak zeintzuk diren kalkulatu da.

Hauek dira erabili diren CO<sub>2</sub> indikadoreak: (Ecoinvent 3.3, 2018)

- Elektrizitatea erabiltzen bada: CO<sub>2</sub>\_elekt = 0,331 kg\_ CO<sub>2</sub>/kWh
- Gas naturala erabiltzen bada: CO<sub>2</sub>\_NG = 0,252 kg\_ CO<sub>2</sub>/kWh
- Biomasa erabiltzen bada: CO<sub>2</sub>\_B = 0

Jarraitzeko, ekipo bakoitzaren fabrikaziorako isuritako CO<sub>2</sub> kantitateak batzen dituen taula hurrengoa da. (Ecoinvent 3.3, 2018)



7. Taula: Fabrikazioan ekoiztutako CO<sub>2</sub> isuriak

	(kg_CO <sub>2</sub> )
<b>CB</b>	1842
<b>BB</b>	2565
<b>CHP</b>	1783
<b>SC</b>	1136
<b>AWHP</b>	5403
<b>TES</b>	802,56

Datu hauek, fabrikazioan dauden isurien datuekin batera, ecoinvent 3.3 data basetik lortu egin dira.

Orain, simulazioa eta ingurumen ikuspuntutik optimizazioa egiteko erabili diren funtzioak aurkeztuko dira.

Isuritako CO<sub>2</sub> kantitate totala batzen duen helburu funtzioa, gerora honen ingurumen ikuspuntutik optimizazioa egiteko hau da:

$$CO2_{TOTAL} = CO2_{FAB} + CO2_{FUNTZ} \text{ [CO}_2 \text{ kg]}$$

Non:

- CO<sub>2</sub>FAB : Ekipoa fabrikatzerakoan emititzen diren CO<sub>2</sub> kg-ak
- CO<sub>2</sub>FUNTZ : Ekipoa erabiltzean produzitutako kW-ko CO<sub>2</sub> kg-ak

Ondoren, operazioan zehar dauden isurien balioa definitzen duen ekuazioa hau da:

$$CO2_{FUNTZ} = CO2_{GN} * ( \sum F_{CB}(d, h) * CB + F_{CHP}(d, h) * CHP ) + CO2_b * F_{BB}(d, h) * BB + CO2_{elekt} * ( \sum E_{AWHP}(d, h) * AWHP + E_{DEM}(d, h) - E_{CHP}(d, h) * CHP )$$

Non:

- CO<sub>2</sub>\_GN, CO<sub>2</sub>\_b eta CO<sub>2</sub>\_elekt: gas naturala biomasa eta elektrizitatearen erabileraren ondorioz emandako isurien balioak diren [5.1.2.2 puntuan azaltzen diren balioak].
- Beste aldagaiak aurrerago definitu dira.

Azkenik, ekipoen fabrikazioan askatzen diren CO<sub>2</sub> isurien balantzea egiteko hurrengo ekuazioa erabili da:

$$CO_{2\_FAB} = (CO_{2\_CB} * CRF\_CB * CB + CO_{2\_CHP} * CRF\_CHP * CHP + CO_{2\_BB} * CRF\_BB * BB + CO_{2\_ST} * CRF\_ST * ST + CO_{2\_AWHP} * CRF\_AWHP * AWHP + CO_{2\_TES} * CRF\_TES * TES)$$

Non

- CRF: ekipo bakoitzaren bizitza erabilgarriaren alderantzizkoa duen balioa ( CRF = 1/Bizitza erabilgarria )
- CO<sub>2k</sub>: Ekipo bakoitza fabrikatzerakoan egon diren CO<sub>2</sub> isurien kantitatea.

## 7.2. Alternatibaren emaitza

Behin programa amaituta simulazioa aurrera eramango da, hurrengo emaitzak lortuz:

Ingurumen ikuspuntutik instalatzeko aukera egokiena biomasa galdara da, eta honen funtzionamendu egokia bermatzeko inertzia depositua ere instalatuta duena. Urte batean zehar teknologiaren isuriak hurrengoak dira (helburu funtzioaren optimizazioa):

**HELBURU FUNTZIOA**

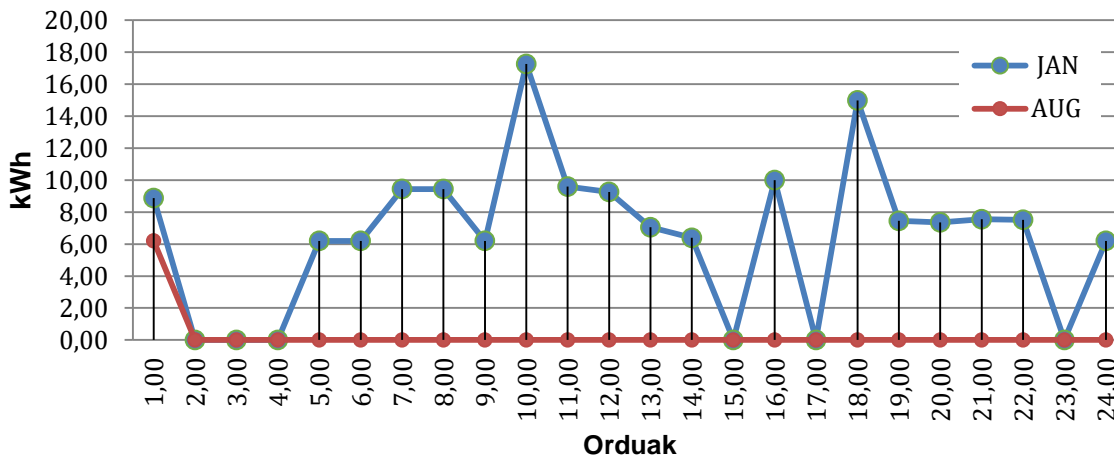
**1735,19 kg CO<sub>2</sub>/ URTE**

Nahiz eta biomasa galdaren fabrikazioan isuri kantitatea handia izan, operazioan zehar ekipoen CO<sub>2</sub> isuriak nuluak direla onartu denez simulazioaren optimizazioa egitean programaren aukerarik onena biomasa galdara da. Beraz, programan erabili diren kontsumo balioentzako teknologia hau ingurumen inpaktu txikiena duena da, galdararen eta inertzia deposituaren isuriak barne.

Proiektuan zehar egin den bezala, biomasa galdararen operazioa aztertzekeo bi erreferentzia egun erabili dira, urtarrileko eguna eta abuztuaren eguna.

Lehenengo grafikoan biomasa galdararen berokuntza ekarpena irudikatu egin da, eta aurreko kasuetan gertatu den modura, galdararen energia termikoaren ekoizpena udan neguan baino askoz handiagoa izan da. Are gehiago, udan galdara ordu batean bakarrik martxan jarriko da zeinak egun osoko eskariari aurre egiteko sortzen duen beroa deposituan gordeko duen .

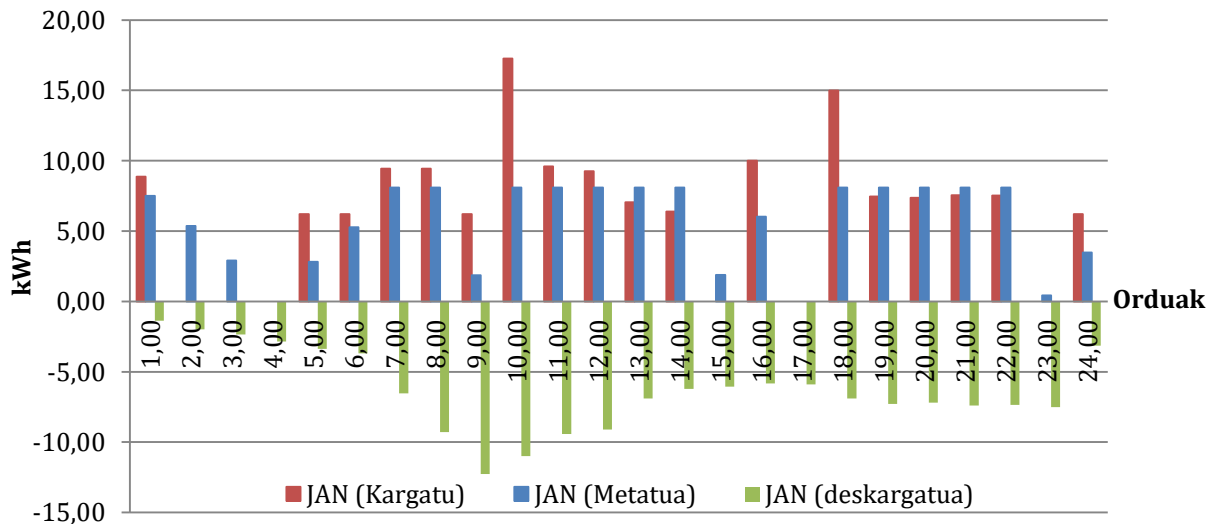
***Biomasa galdarak ekoiztutako beroa urtarrileko eta abuztuko erref. egunetan***



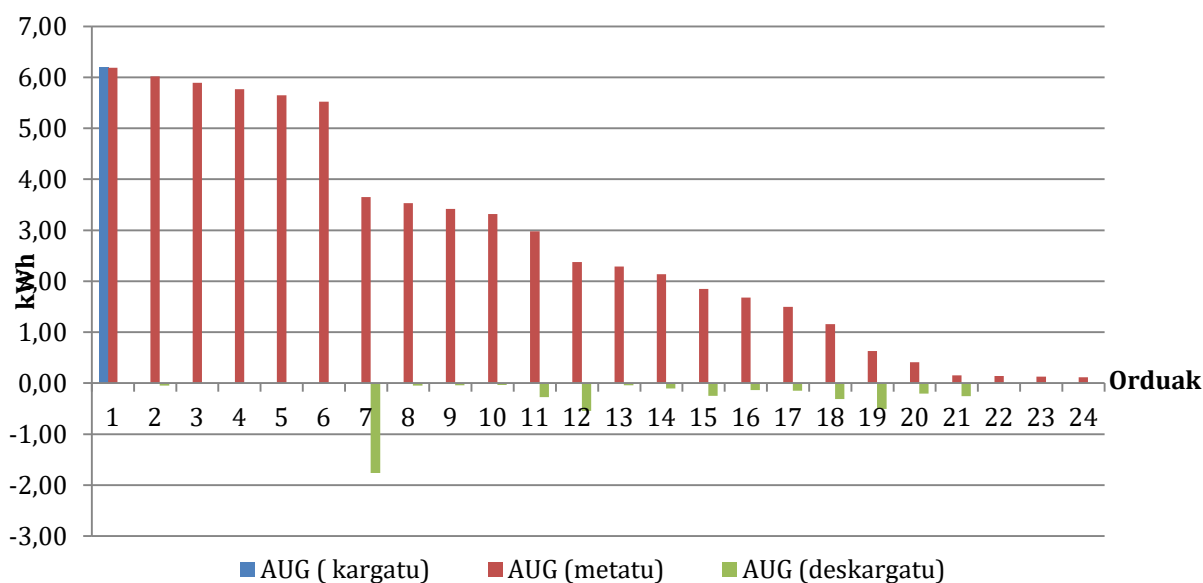
20. Grafikoa: Biomasa galdarak ekoiztutako beroa urtarrileko eta abuztuko erref. egunetan

Teknologiaren operazioa hobeto ulertzeko inertzia deposituaren funtzionamendua irudikatu da, hautatutako bi egunetan:

***Inertzia deposituaren funtzionamendua (URTARRILA)***



21. Grafikoa: Inertzia deposituaren funtzionamendua (urtarrila)

*Inertzia deposituaren funtzionamendua (ABUZZTUA)*

22. Grafikoa : Inertzia deposituaren funtzionamendua (Abuztua)

Neguko eskariak bermatzeko, galdara eta deposituen arteko etengabeko konbinazioarekin ekoiztu egiten da (21. grafikoa). Deposituan bero asko ez gordetzea komeni da, honetan egoten diren bero galerak handiak izan ez daitezzen, hauek aurreko orduan metatutako beroaren araberakoak baitira.

Udan aldiz, aurreratu den bezala, inertzia depositua behin kargatuz egun osoko eskariak ekoizteko balio du (22. grafikoa).

Alternatibarekin amaitzeko, aipatu beharra dago biomasa erretzerakoan isurien balantzea nulua kontsideratzen dela biomasa egiteko erabilitako landaretza bizi-tan zehar CO<sub>2</sub>-a xurgatu egin duelako. Hala ere, helburu horretarako landaretza moztu ondoren gehiagorik ez bada birlandatzen biomasaren CO<sub>2</sub> isurien balantzea nulua dela ez da guztiz egia. Birlandatu ezean, CO<sub>2</sub>-ren zikloa moztu da eta beraz, balantze netoa isuriak atmosferara isurtzen direla da.

## 8. ZEREGINEN DESKRIBAPENA (GANTT)

Proiektuaren alternatiba aztertuta, jarraian proiektu osoa aurrera eramateko emandako pausuak aurkezten dira, lana etapa ezberdinetan banatuz, eta bakoitzean erabilitako baliabideak eta epeak adieraziz. Amaitzeko, planifikazio osoa irudikatzeke Gantt diagrama aurkezten da.

Proiektuari hasiera 2018-ko otsailaren 13-an eman zaio, eta urte bereko irailaren 6-an eman da bukatutzat. Horretarako, proiektua zortzi ataletan banatu da:

### 1. Fasea: Dokumentazioa

- Deskribapena: Etapa honetan proiektuaren inguruko gaiarekin lehen kontaktu bat ezarri da. Erabilgarri aurkitu den bibliografia batu da, ondoren irakurketa sakon bat burutu eta informazio garrantzitsuena antolatuz. Fase honetan, gainera, proiektuaren helburuak eta irismena definitu dira.
- Baliabide teknikoak: Informazio iturriak eta ordenagailua.
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 10 h  
Ingeniari seniorra: 2 h
- Epeak: 13/02/2018-27/02/2018
- Aurrekariak: Ez

### 2. Fasea: Informazio bilaketa

- Deskribapena: Fase honetan proiektua burutzeko beharrezkoa izan den informazioa bilatu da. Hala nola, aplikatu daitekeen legedia, teknologia ezberdinen ezaugarriak, eta programazio matematiko linealari buruzko informazioa bilatu da, simulazioa burutzeko OpenSolver herramintaren informazioarekin batera. Informazio hau bilatu aurretik, hala ere, proiektuan erabili diren ekipoen aukeraketa burutu da.
- Baliabide teknikoak: Informazio iturriak eta ordenagailua.
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 10h  
Ingeniari seniorra: 2h
- Epeak: 27/02/2018-22/03/2018
- Aurrekariak: Ez

### 3. Fasea: Eskarien analisia

- Deskribapena: Simulazioa burutzeko beharrezko informazioa eskuratu da fase honetan. Etxebizitza baten eskari elektrikoa, termikoa eta UBS eskaria kalkulatu dira.
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 15h  
Ingeniari seniorra: 4h
- Epeak: 22/03/2018-4/04/2018
- Aurrekariak: Ez

### 4. Fasea: Programaren kodifikazioa

- Deskribapena: Fase honetan, lehendabizi, Excel programan OpenSolver herraminta instalatu da, simulazioa burutzea baimendu duena. Ondoren, eskuratutako hasierako datuak sartu eta programaren hainbat ekuazioak sartu dira.
- Baliabide teknikoak: OpenSolver herraminta
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 20 h  
Ingeniari seniorra: 18h
- Epeak: 4/04/2018-7/07/2018
- Aurrekariak: Ingurugiroaren analisia

### 5. Fasea: Emaitzen lorpena

- Deskribapena: Behin Open Solver-ean kodea prestatu eta hasierako datuak sartu direla, simulazioa burutu eta ekonomikoki optimizatutako tekniken emaitzak lortu dira, era argi batean azaltzeko grafiko eta taulen bidez adierazi direnak. Emaitza osatzeko, eszenario ezberdinak aztertu dira ere bai. Ondoren, hauen arabera ondoriak atera dira eta alternatibaren analisia burutu da.
- Baliabide teknikoak: OpenSolver herraminta(EXCEL)
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 24 h  
Ingeniari seniorra: 3 h
- Epeak: 04/07/2018-12/07/2018
- Aurrekariak: Programaren kodifikazioa

## 6. Fasea: Txostenaren idazketa

- Deskribapena: Fase honetan aurrekoan lortutako emaitzak eta ondorioak txosten batean adierazi dira, proiektuaren gainontzeko informazio, metodologia eta abar-ekin batera. Honetarako, Bilboko Ingeniaritza Eskolak ezarritako arauak jarraitu dira.
- Baliabide teknikoak: Microsoft Word programa
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 68h  
Ingeniari seniorra: 2 h
- Epeak: 12/07/2018-20/07/2018
- Aurrekariak: 1, 2, 3, 4 eta 5 faseak.

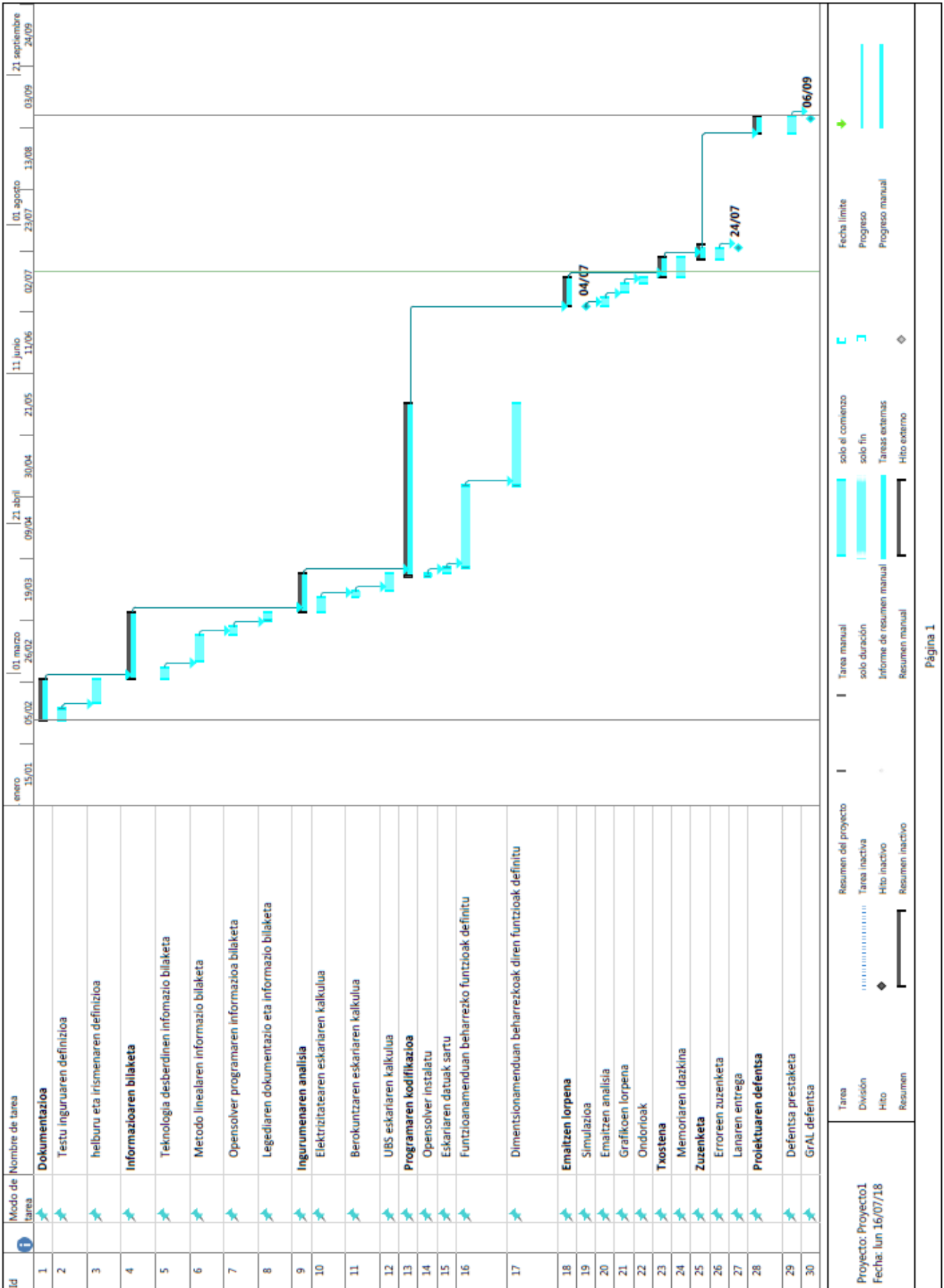
## 7. Fasea: Akatsen zuzenketa

- Deskribapena: Fase honetan proiektuko zuzendariak txostena irakurri ondoren adierazitako akatsak zuzendu eta lana entregatzeko prest utzi da.
- Baliabide teknikoak: Microsoft Word programa
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 8 h  
Ingeniari seniorra: 10 h
- Epeak: 20/07/2018-23/07/2018
- Aurrekariak: Txostenaren idazketa

## 8. Fasea: Proiektuaren defentsaren prestaketa

- Deskribapena: Proiektua entregatu ondoren tribunal baten aurrean defendatzeko aurkezpen bat prestatu da, Microsoft PowerPoint programaren bidez. Honetan, lana era argi eta labur batean aurkeztu da.
- Baliabide teknikoak: Microsoft PowerPoint programa
- Giza baliabideak: Ingeniari juniorra: 25 h  
Ingeniari seniorra: 3 h
- Epeak: 1/09/2018-6/09/2018
- Aurrekariak: Akatsen zuzenketa

Jarraian, fase hauen planifikazioa adierazten duen Gantt diagrama aurkezten da.





## 9. AURREKONTUA

Proiektuaren planifikazioa aurkeztu ondoren, hau burutzeko erabili den material eta baliabideen kostuak eta parte hartu duten pertsonen lan-orduak zehaztuko dira, proiektu osoaren kostu totala kalkulatzeko.

Aurrekontuaren analisisa hiru ataletan banatu da: barne-orduak, amortizazioak eta gastuak, azken laugarren atalean kostu totalak adierazi direla. "Bizitegi-sektoreko instalazio termikoen optimizazio ekonomikoa" deiturik proiektuaren kostu totala 7269,957 €-koa izan da.

### – Barne-orduak

Proiektu honetan ingeniari junior batek eta ingeniari senior batek lan egin dute. Ordu totalak bakoitzak orduko duen kostuarekin biderkatuz barne-orduen kostu totala kalkulatu da.

8. Taula: Barne orduak

Kontzeptua	Ordu kopurua (h)	Kostua (€/h)	Kostua (€)
Ingeniari Juniorra	180	25	4500
Ingeniari seniorra	44	50	2200
Totala			6700

### – Amortizazioak

Hurrengo taulan proiektua aurrera eramateko erabili diren baliabideen amortizazioak adierazten dira. Horretarako, bakoitzaren bizitza erabilgarria eta erabilera adierazten da.

9. Taula: Amortizazioak

Kontzeptua	Kantitatea	Ordu kopurua	Kostua (€/h)	Kostua(€)
Ordenagailua	1	155	0,55	85,25
Microsoft Office lizentzia	1	140	0,08	11,2
Totala				96,45

### – Gastuak

Proiektua burutzeko, giza baliabide eta amortizazioez gain, bulegoko materiala erabili da, eta izan diren hiru batzarretara joateko garraio eta dieta kostuak ere kontuan hartu dira.

10. Taula: *Gastuak*

Kontzeptua	Kostua(€)
Bulegoko materiala	40
Bilerak	22
<b>Totala</b>	<b>62</b>

## – Gastu totalak

Amaitzeko, aurreko hiru atalen gastuak batuz gastu totalak kalkulatu dira, proiektua burutzeko behar izan den aurrekontua kalkulatz. Gainera, kostu ez-zuzenak ere gehitu dira, proiektuaren atal ezberdinei esleitu ezin daitezkeen kostuak, hain zuzen ere. Lan honen arriskuak kontuan izanda kostu zuzenen %6a direla suposatu da.

11. Taula: *Gastu totalak*

Kontzeptua	Kostua (€)
Barne orduak	6700
Amortizazioak	96,45
Gastuak	62
Kostu zuzenak	6858,45
Kostu ez zuzenak	411,507
<b>Totala</b>	<b>7269,957</b>

## 10. ONDORIOAK

Proiektuarekin amaitzeko, behin emaitzak lortu eta alternatiba proposatu dela, ondorioak aterako dira azken atal honetan.

Hasieratik esan bezala, proiektu hau aurrera eramatearen arrazoia egungo eraikuntza sektorean, etxebizitza eta bestelako eraikinen instalazio termikoarenaren aukeraketa eta dimentsionamendua egiteko dauden arazoari konponbidea ematea da. Etxebizitza baten teknologia eta dimentsionamendua aukeratzeko erabiltzen den metodologia esperientzian oinarritzeaz gain, etxebizitzaren eta bertan bizi diren ezaugarriak aintzat ez dira hartzen, operazio nahiz erosketa kostua nabarmen handituz.

Beraz, Gasteizko etxebizitza familiabakarraren eskarietan oinarrituz, operazioa eta kostuak optimizatuz instalazioaren simulaziotik atera diren ondorioak hurrengoak dira. Lehenik eta behin, etxebizitza batean energia termikoa lortzeko ekipo egokiena aukeratzeko orduan etxebizitza horren eskariak ezagutzea ezinbesteko da instalazioaren gairadimentsionamendua ekiditeko. Gainera, ezin da baieztatu instalazioaren bizitza erabilgarri osorako aukeratutako ekipoak ikuspuntu ekonomikotik aukera egokienak direla, kostu totalak lehengaien prezioaren menpekoak baitira eta hauek aldakorrak dira. Hau, hainbat eszenatoki aztertu izanari esker ondorioztatu da.

Proiektuan ikusi den moduan, aztertutako etxebizitzarentzat proiektua egin den uneko lehengaien prezioak datutzat hartuz AWWP ekipoa aukerarik onena izan da. Aldiz, elektrizitatearen eta gas naturalaren prezioak aldatuta, teknologiaren hautaketa ere aldatu da, eszenario berrian CB eta SC-ak batera jartzea instalaziorik merkeena izanez. Gainera, aztertutako eszenatoki batean elektrizitatearen kostua asko igo da eta biomasarena asko murriztu, eta aukerarik honena energia ez berriztagarria izaten mantendu da, kasu honetan, CB eta SC mantendu dira.

Bestalde, egungo ingurumen kezka handitu denez ingurumen ikuspuntutik aukerarik egokiena zein den ere aztertu egin da. Honen emaitza aurreko kasuarekin alderatuz guztiz ezberdina izan da, inpaktu txikiena duen teknologia BB izanik.

Beraz, ondoriozta daiteke helburu ekonomikoa eta ingurunekeoa guztiz aurkakoak direla, eta bezeroaren eskuetan dagoela zeini garrantzia eman, honek instalazioaren kostuak murriztu edo ingurumen inpaktua murriztu artean erabaki beharko du. Egokiena bi ikuspuntuak batzen dituen teknologiaren instalazioa dela onartuz, baina gaur egun ezinezkoa dena.

Amaitzeko, aurretik esan den guztiagatik eta proiektuan ezarritako helburuetan oinarrituz, sei hilabetetan zehar garatu den lana erabilgarria dela baieztatu daiteke, gizarteko kezka ekonomikoari nahiz ingurumen kezkarik irtenbidea aurkitzeko baliagarria izan daitekeelako.

## BIBLIOGRAFIA

- Eurostat. (2015a). Final energy consumption, EU-28, 2015 (% of total, based on tonnes of oil equivalent). Retrieved from <http://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/DDN-20170328-1>
- Eurostat. (2015b). Final energy consumption of households by energy product in EU. Retrieved from <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/4187653/7825836/IMG+news+HH+energy+consumption.png/8da5521f-46d1-435f-8de5-fdbd0a3e7bb1?t=1490173485466>
- Eurostat. (2017). Final energy consumption in households. Retrieved from [http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020\\_rk200&plugin=1](http://ec.europa.eu/eurostat/tgm/table.do?tab=table&init=1&language=en&pcode=t2020_rk200&plugin=1)
- Eurostat. (2018). Greenhouse gas emissions by source sector (source: EEA) [env\_air\_gge]. Retrieved from [http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/env\\_air\\_gge](http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/env_air_gge)
- IDAE. (2017). CONSUMOS DE ENERGIA FINAL POR USOS DEL SECTOR RESIDENCIAL. Años 2010-2015.
- CYPE ingenieros S.A. (2018). Generador de precios españa. Retrieved from <http://www.generadordeprecios.info/>
- Ecoinvent 3.3 (2018). Switzerland.

## ERANSKINAK

Arau aplikagarriak:

- [1] España. 2006-ko martxoak 17-ko Real Decreto 314, honen bitartez eraikuntzaren kode teknikoa onartzen da. BOE, 2006-ko martxoak 28, núm. 74, p. 11816-11831 (16 orri)
- [2] España. 2007-ko Uztailaren 20an, Real Decreto 1027, honen bitartez etxebizitzetan instalazio termikoen araudia onartu egiten da, BOE, 2007-ko abuztuaren 29a, núm. 207, p. 35931- 35984 (54 orri.)
- [3] DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, eraikinen efizientzia energetikoaren ingurukoa, DOUE, 2002-ko abenduaren 16-an, núm. 1, p. 65- 71(7 orri.)
- [4] España. 2014-ko ekainaren 6an, Real Decreto 413, hone bitartez energia beritagarrien bidez ekoiztutako energia, kosorkuntza eta hondakinak erregulatu egiten dira. BOE, 2014-ko martxoaren 10ean, núm. 140, p. 43876-43978 (103 orri.)