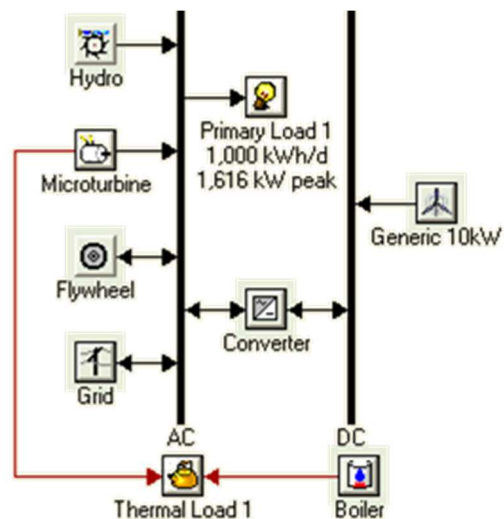


3. PRAKTIKA

SAREAN KONEKTATURIKO MIKROSARE BATEN SIMULAZIOA



ANALISI ENERGETIKOA, EKONOMIKOA ETA ISURKETA KALTEGARRIEN ANALISIA

Kurtsoa: 2015/2016

SORKUNTZA BANATUKO TEKNOLOGIAK

Fco. Javier Asensio De Miguel

1. PRAKTIKAREN GIDOIA

Praktika honetan sarean konektaturiko mikrosare bat eraikiko da, eta bere gainean simulazioak eta analisi sentikorrak egingo dira, **ANALISI ENERGETIKOA, EKONOMIKOA ETA ISURKETA KALTEGARRIEN ANALISIA EGITEKO HELBURUAREKIN.**

, osagai bakoitzean (sorgailu, karga, etab.) sartu beharreko datuak ematen dira eta kasuaren arabera, ikasleari, emandako objektibo bati jarraituz sistemaren funtzionamendua optimizatzea eskatuko zaio. Ikasleak analisi bakoitza egiten duen neurrian, gidoi honekin batera emandako optimizazio dokumentuan eskatzen diren emaitzak sartuz joango da. Behin praktika hau burututa, optimizazio dokumentua osatuta eta *HOMER-en* (.hmr) fitxategiak entregatuko ditu *egela* plataformaren bidez dagokion xedeetarako prestatu den atalean.

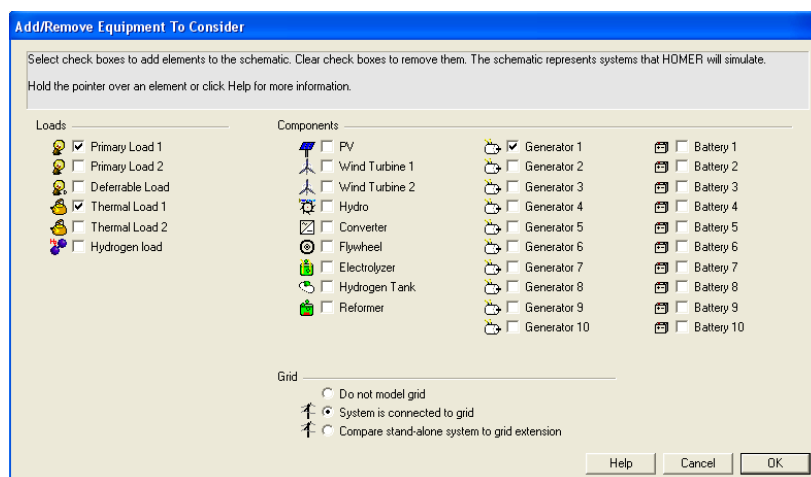
2. MIKROSAREAREN ERAIKUNTZA

Praktika honetan, karga elektriko eta termiko bat elikatzeko, gas mikro-turbina bat duen eta kogenerazio aplikazioan oinarritzen den sarean konektaturiko mikro-sare baten konfigurazio optimo bat diseinatuko da. Gainerako energia sarean sartzen da, eta kargak kontsumitzen duen energia termikoa mikroturbinatik berreskuratutako beroak bete ezin badu, gas naturalez hornitutako galdara osagarri bat erabiliko da energia gabezia hori osatzeko.

Mikrosarea inplementatzeko proiektu berri bat eratuko da (*File/New*) eta *Add/Remove* botoia sakatuko da mikrosarea osatzen duten osagaiak sartzeko.

Kasu honetarako, karga elektriko bat, karga termiko bat, sorgailu bat (gas mikro-turbina) eta gas-galdara bat erabiliko dira.

1. irudian sisteman sartu beharreko osagaien konfigurazio leihoa azaltzen da.

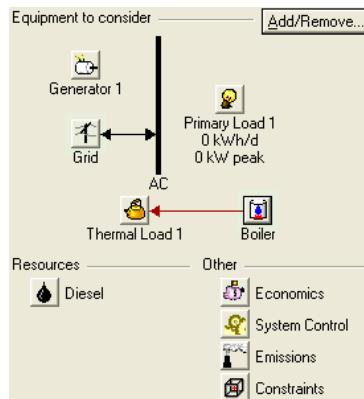


1. irudia. Sartu beharreko osagaien konfigurazio leihoa.

Ikus daitekeenez “*System is connected to grid*” aukera hautatu da, inplementatu beharreko mikrosarea sarean konektaturik funtzionatuko duelako. Behin *OK* botoia sakatuz mikrosarearen osagaiak *Equipment to consider* atalean agertuko dira, eta

3. PRAKTIKA: SAREAN KONEKTATURIKO MIKROSARE BATEN SIMULAZIOA ANALISI ENERGETIKOA, EKONOMIKOA ETA ISURKETA KALTEGARRIEN ANALISIA

konfiguratu beharreko baliabide energetiko primarioa *Resources* atalean agertuko da 2. irudian adierazten den moduan.



2. irudia. Mikrosarean erabilitako osagaiak eta baliabide energetikoak.

Ikus daitekeenez, besterik adierazi ezean, sistemaren osagaiak konektatu barik sartzen ditu, oraindik sorkuntzaren konfigurazioa eta kontsumoa zehaztu ez direlako. Baliabide energetikoari dagokienez, diesela agertzen da, oraindik sorgailua gas naturalez hornitutako mikroturbina bat dela zehaztu ez delako.

3.1. MIKROSAREAREN KONFIGURAZIOA

Atal honetan mikrosarean erabili behar diren baliabide energetiko eta osagai bakoitza konfiguratzeko dira.

3.1.1. KARGA ELEKTRIKOA

Karga elektrikoaren ikonoa sakatuz (Primary Load 1) eskaera elektrikoaren konfiguraziorako 3. irudiko elkarriketa-koadroa agertzen da.

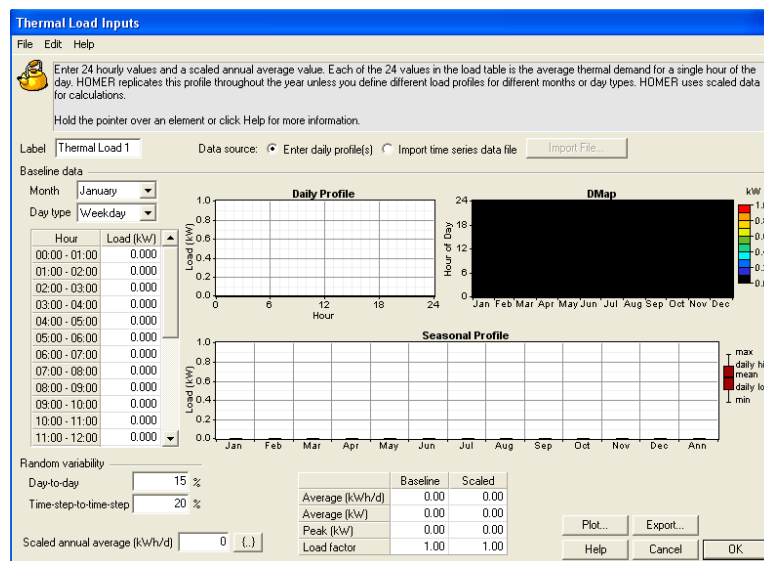
3. Irudia. Eskaera elektrikoaren konfiguraziorako elkarriketa-koadroa.

Praktika honetarako, aurretik konfiguratutako “*Electric_load_demand.dmd*” karga-perfilaren fitxategia egela-tik deskargatuko da. Karga elektriko honek urteko batez besteko 1.933 kWh-ko kontsumoa, batez besteko 80,5 kW-ko potentzia, 285 kW-ko punta potentzia, eta 0,283-ko karga-faktorea du.

OHARRA: mikroturbinak KA-n sortzen du korrontea, beraz, kargak KA motakoa izan beharko du.

3.1.2. KARGA TERMIKOA

Karga termikoaren ikonoa sakatuz (Thermal Load 1) eskaera termikoaren konfiguraziorako 4. irudiko elkarriketa-koadroa agertzen da.



4. Irudia. Eskaera termikoaren konfiguraziorako elkarriketa-koadroa.

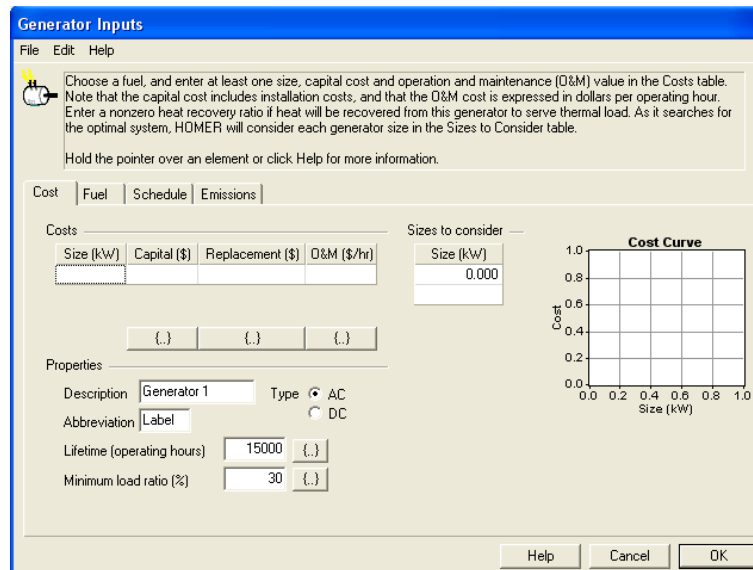
Elkarriketa-koadro honetan, karga elektrikoaren elkarriketa koadroan bezala, eskaeraren perfila zehaztu daiteke, baina kasu honetan, eskaera, elektrikoa izan beharrean termikoa da.

Praktika honetarako, aurretik konfiguratutako “*Thermal_load_demand.dmd*” karga-perfilaren fitxategia egela-tik deskargatuko da. Karga termiko honek urteko batez besteko 2.736 kWh/d-ko kontsumoa, batez besteko 114 kW-ko potentzia, 544 kW-ko punta potentzia, eta 0,209-ko karga-faktorea du.

3.1.3. GAS MIKROTURBINA

Sorgailuaren ikonoa sakatuz (*Generator 1*) gas mikroturbinaren konfiguraziorako 5.irudian adierazten den elkarriketa-koadroa azaltzen da.

Elkarriketa koadro honetan, gas mikroturbinaren kostua kW-ko, mantentze-lan eta operazio kostua eta ordezkapen kostua (gas mikroturbinaren bizi-iraupena mikrosarearena baino txikiagoa den kasurako) ezartzen dira.



5.irudia. sorgailuaren (gas mikroturbina) konfiguraziorako elkarriketa-koadroa.

Kasu honetarako 60 kW-ko gas mikroturbina baten datuak ezagutzen dira, 42.000 \$-ko kostua duena eta 38.000 \$-ko kostua duena ordezkatu behar bada (**Size 60 kW, Capital 42,000 \$, Replacement 38,000 \$**) eta urteko mantentze-lan eta operazio kostua 0,4 \$/ordukoa duena (**O&M 0.5 \$/hr**). Optimizaziorako kontuan hartu behar diren potentziak hurrengoak izango dira (**Sizes to consider**): **0, 30, 60, 90 eta 120 kW**.

Sorgailuaren propietateei dagokienez, hurrengo aspektuak ezarri behar dira:

- Type (AC/DC): sorkuntza tentsioa (**KA**).
- Lifetime (operating hours): gas mikroturbinaren funtzionamenduaren bizi-iraupena orduetan. (**50.000 ordu**).
- Minimum load ratio (%): gas mikroturbinaren karga-faktore minimoa (**%0**, saretik kontsumitzen den kasuetan).

Fuel erlaitzean sorgailuak erabilitako erregai mota, sorgailuaren eraginkortasuna eta beste aurreraturiko aukerak konfiguratuko dira

- Fuel: erregai mota: gas naturala (**Natural gas**).
- Intercep coeff. (kg/hr/kW rated): sorgailuaren kargarik gabeko kontsumoaren eta bere kapazitate nominalarekiko erlazioa (**0,11 m³/hr/kW rated**).
- Slope (kg/hr/kW output): Potentzia-irteeraren arabera erregaiaren kontsumoa (**0.21 m³/hr/kW**).
- Heat recovery ratio (%): Karga termikoan erabiltzeko berreskuratu daitekeen bero kopurua (**%65**).

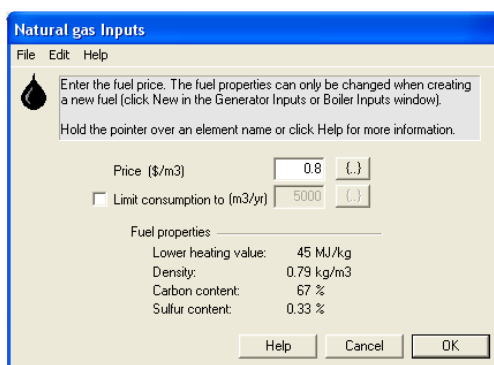
Schedule erlaitzean erregai gas mikroturbinaren orduko programazioa konfiguratuko da. Horretarako mikroturbinaren pizketa eta itzalketa tarteak zehaztu daitezke edo *HOMER*-ek erabaki dezake noiz piztu behar den funtzionamendu hobezina lortzeko. Besterik adierazi ezean, orduko programazio funtzionamendu optimo baterako konfiguratuta dago, horregatik **EZ dugu aldaketarik egingo**.

Emissions erlaitzean izurtzeak zehaztuko dira, hala nola, karbono monoxidoa, ez erretako hidrokarburoak, nitrogeno oxidoak, etab.

- Karbono monoxidoa (erregaiaren g/m³-ko): 6,5 g/m³.
- Ez erretako hidrokarburoak (erregaiaren g/m³-ko): 0,72 g/m³.
- Materialen partikulak (PM) (erregaiaren g/m³-ko): 0,49 g/m³.
- PM-an bihurtutako sufre proportzioa (%): %2,2.
- Nitrogeno Oxidoak (erregaiaren g/m³-ko): 58 g/m³.

3.1.3.1. BALIABIDE ENERGETIKOA (GAS NATURALA)

Gas naturaleko baliabide energetikoaren ikonoa sakatuz (*Natural gas*) baliabide energetikoaren konfigurazioa egiteko 6. irudian agertzen den elkarrizketa-koadroa azaltzen da.



6. irudia. Gas naturaleko baliabide energetikoa konfiguratzeko elkarrizketa-koadroa.

Konfiguratu daitekeen aukera ezberdinak erregaiaren prezioa \$/m³-tan eta erregaiaren murrizketa m³/urte-tan (kasu honetarako **EZ** dago erregaiaren murrizketarik). Ikuspuntu ekonomiko batetik sistema aztertu ahal izateko, eta gas prezioaren arabera mikroturbinaren erabilpena errentagarria den ala ez erabaki ahal izateko, gasaren prezioa aldagai sentikortzat hartuko da. Gas naturalaren prezioa lortzeko, *Endesa*-ren tarifa adibide gisa hartzen da (deskargatu egelan eskuragai dagoen "*Gas_prices.pdf*" fitxategia).

Erreferentzia bezala "*Tarifa Gas Cero*" hartu (kontuan izan kontsumo termikoa modalitatea ondo aukeratzeko). Kuotaren termino finkoa 4.1 atalean kontuan hartzen da (System fixed O&M cost)

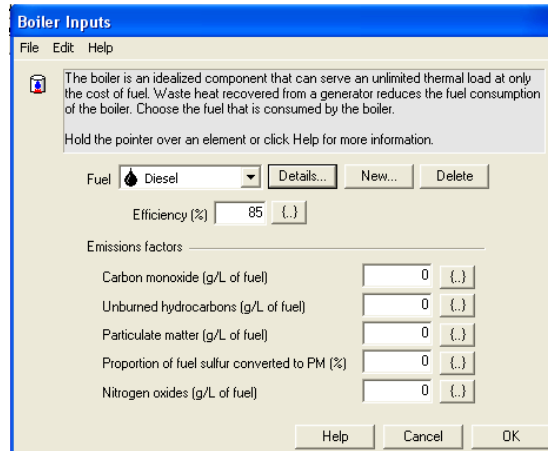
Kontuan izanda gas naturaleko Nm³ bat (kondizio normaletan, 0°C-ko tenperaturan eta 1atm-ko presio atmosferikoan neurtutako metro kubikoa) 11,67 kWh-ko energiaren baliokidea dela, adierazi gas naturalaren 5 prezio (lortutako prezioa eta ± %10 eta ± %20). {...} sakatuz sar daitezke.

OHARRA 1: prezioei gas naturalaren gaineko hidrokarburoen zerga-tasak (0,00234 €/kWh) eta BEZ-ren %21-a gehitu behar zaie.

OHARRA 2: Euro-dolar trukea 1 € = 1,138135 \$ bezala hartu.

3.1.4. GAS GALDARA

Galdararen ikonoa sakatuz (*Boiler*) galdararen konfiguraziorako 7. irudian adierazten den elkarrizketa-koadroa azaltzen da.

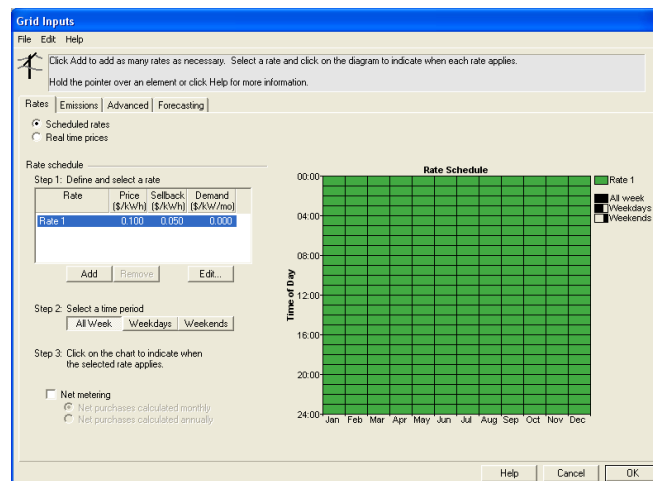


7. irudia. Galdara konfiguratzeko elkarrizketa-koadroa.

Gas galdararen kasuan, mantentze eta hasierako inbertsioaren kostuak ez dira kontuan izango. %85ko eraginkortasuna ezartzen da eta erregai mota bezala **Gas natural** hautatzen da. Isurketak gas mikroturbinako kasuaren berberak dira.

3.1.5. SARE ELEKTRIKOA

Sare elektrikoaren ikonoa sakatuz (*Grid*) sare elektrikoaren konfiguraziorako 8. irudian adierazten den elkarrizketa-koadroa azaltzen da.



8. irudia. Sare elektrikoa konfiguratzeko elkarrizketa-koadroa.

Rates erlaitzean programaturiko tarifak (scheduled rates) edo prezioa denbora errealean (real time prices) zehaztu daitezke. Kasu honetarako, 3.1A tarifa elektrikoaren haran, lau eta punta orduen elektrizitatearen prezioaren datuak eta tarifa

honi dagozkion ordu-bereizketaren datuak sartzen dira (deskargatu egelan eskuragai dagoen "*Electricity_prices.pdf*" fitxategia).

Energiaren 5 prezio (lortutako orduen prezioa eta $\pm 10\%$ eta $\pm 20\%$) eta kontratatutako hileroko potentziaren prezio bakarra adierazten dira. Momentuz energiaren salmentarako ez da preziorik zehaztuko.

OHARRA 1: kontuan izan lortutako kontratatutako potentziaren kuota urterokoa dela.

OHARRA 2: prezioei BEZ-a (21 %) eta elektrizitatearen zerga ($4,864\% \times (\text{kontsumo} + \text{potentziaren kostua}) \times 1,05113$) gehitu behar zaie.

Net metering-a enpresa elektrikoak elektrizitatea saltzea onartzen duen fakturazio mota bat da. *Net metering*-arekin, energia-kontagailuak, sarean gainerako energia sartzen ari denean alderantziz funtzionatzen du. Fakturazio-aldiaren amaieran (hilerokoa edo urterokoa) enpresa elektrikoak erositako kantitate netoa kobratuko du (erositakoa ken saldutakoa). Kasu honetan **EZ** da kontuan izango.

Emissions erlaitzean izurtzeak zehaztuko dira, hala nola, karbono monoxidoa, ez erretako hidrokarburoak, nitrogeno oxidoak, etab.

- Karbono dioxidoa: 990 g/kWo.
- Karbono monoxidoa: 0.
- Ez erretako hidrokarburoak: 0.
- Materialen partikulak: 0.
- Sufre dioxidoa proportzioa: 2,74 g/kWo.
- Nitrogeno oxidoak: 1,34 g/kWo.

Advanced erlaitzean interkonezio kostuak, potentzia erabilgarritasun-primak, salerosketen kapazitatea kW-tan, hala nola murrizketak eta kontrol parametroak zehazten dira. Kasu honetarako hurrengo aukerak konfiguratuko dira:

- Interconnection charge (\$): Interkonezio-kostuak (Nuluak suposatzen dira **0 \$**).
- Standby charge (\$/yr): Enpresa elektrikoak sorkuntza banatuko sistemari laguntza-energia proportzionatzean urtero kobratzen duen kantitatea (mikroturbina huts egiten duen kasuan) (**0 \$/urteko**).
- Sale capacity (kW): Energia saltzeko sarean konektatu nahi den potentzia. Momentuz **0 kW**-tan ezartzen da.
- Purchase capacity (kW): Energia erosteko sarean kontratatu nahi den potentzia. Hurrengo konexio-potentziak ezartzen dira, **165, 185, 205, 225, 245, 265 eta 285 kW**.
- Gainerako aukerak **EZ** dira kontuan hartzen.

Forecasting erlaitzean baliabide primarioaren (eolikaren kasuan) edo energia sorkuntzaren aurreikuspenak adierazi daitezke Praktika honetan **EZ** da kontuan izango.

4. OPTIMIZAZIO BALDINTZAK

Atal honetan mikrosarea optimizatzerako orduan kontuan izan behar diren baldintzak zehaztuko dira: ekonomikoak, sistemaren kontrola, isurketak eta murrizketak.

4.1. BALDINTZA EKONOMIKOAK

Kontuan izan behar diren baldintza ekonomikoak hurrengoak dira:

- Annual interest real rate (%): urteko interes errealaren tasa da, diruaren balio-galera kalkulatzeko erabiltzen da (%6).
- Project lifetime (years): proiektuaren bizi-iraupena urteetan (**25 urte**).
- System fixed O&M cost (\$/yr): mantentze-lan eta operazio kostu finkoa (**gasaren termino finkoaren kuota + BEZ**).

OHARRA: gainerako aukerak 0-n ezarriko dira. Kontuan izan lortutako gasaren kuota hilerokoa dela.

4.2. SISTEMA KONTROLAREN BALDINTZAK

Sistemaren kontrolerako kontuan hartu beharreko baldintzak honakoak dira:

- Simulation time step: simulazioetan kontuan izan beharreko pauso-denbora (60 min).
- Dispatch strategy / cycle charging: sorgailuak beti potentzia maximoan funtzionatzen du.
- Generator control / eskaeraren potentzia-punta baino potentzia txikiagoa duten sorgailuak onartu.

OHARRA: gainerako aukerak **desmarkatu** behar dira.

4.3. ISURKETEN BALDINTZAK

Momentuz **aukera guztiak 0-tan jarriko dira**.

4.4. MURRIZKETA BALDINTZAK

- Operating reserve as percent of load: funtzionamenduaren erreserba bat-bateko karga elektrikoaren ustekabeko handiagotze edo baliabide energetikoaren bat-bateko txikiagotzeari erantzuten dion sorkuntza kapazitatea da. (Load in current time step %10)

OHARRA: **gainerako aukerak 0-n** ipiniko dira eta energia primarioaren aurrezpena **EZ** da kontuan hartuko.

5. MIKROSAREAREN OPTIMIZAZIOA

Behin mikrosarea eraikita eta konfiguratuta izanda eta optimizazio baldintzak definituta, kalkulatu botoia sakatzen da mikrosarearen konfigurazio optimoa lortzeko. Praktika gidoi honekin batera emandako *optimizazio* dokumentuan lortutako optimizazio-emaizak sartu.

5.1. GAINERAKO ENERGIAREN SALMENTA

Energiaren salmentarako prezioa 0,1, 0,2 eta 0,25 \$/kWh-koa haran, lau eta punta orduetan ezartzen da hurrenez hurren (*Grid/Rates/SellBack*) eta salmentarako zuzendutako potentzia 70 kW-koa dela suposatuz (*Grid/Advanced/Sale capacity*), kalkulatu berriro instalazioaren optimizazioa. Praktika gidoi honekin batera emandako *optimizazio* dokumentuan eskatutako optimizazio-emaizak sartu.

5.2. ISURKETA KALTEGARRIEN PENALIZAZIOA

Kioto protokoloak enpresa bakoitzari isurtze kopuru maximo bat ezartzen die, eta zehaztutako berotegi efektuko gasen isurketa hori gaindituz gero, tona bakoitzeko 40tik 100 €-rainoko zigor bat ezar diezaieke

5.1 kasutik aurrera, suposatzen da karbono dioxido isurketei 100 \$/t-ko penalizazioa ezartzen zaiela. Praktika gidoi honekin batera emandako *optimizazio* dokumentuan eskatutako datuak sartu.