

# Trabajo Fin de Máster

Minimización de costes y emisiones en sistemas de energías renovables

Costs and emissions minimization in renewable energy systems

*Autor/es*

**Juan Milagro Serrano**

*Director/es*

**Rodolfo Dufo López**



# MINIMIZACIÓN DE COSTES Y EMISIONES EN SISTEMAS DE ENERGÍAS RENOVABLES

## RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Máster se plantea como una oportunidad para estudiar formas de contribuir en la lucha contra el cambio climático desde todos los ámbitos de la sociedad, centrándose en la generación y consumo de energía. De este modo, se plantea una optimización multiobjetivo del coste nivelado de la energía y las emisiones del ciclo de vida de sistemas de energías renovables con diferentes características, implantados en diversos perfiles de consumo en diferentes localizaciones de España.

El trabajo realizado se ha estructurado en 5 bloques principales.

En primer lugar, se llevó a cabo un análisis del problema planteado, para estudiar su naturaleza y elegir la herramienta más adecuada para abordar su resolución, siendo esta la utilización del software iHOGA.

En segundo lugar, se realizó la selección de consumos y localizaciones que se consideraron representativos, con la consecuente obtención de datos acerca de sus correspondientes recursos energéticos.

A continuación se creó una base de datos de los principales componentes que intervendrán en los sistemas propuestos, con especial atención a sus costes y emisiones asociadas.

Tras esto, se continuó con el diseño de los 42 escenarios propuestos, para el posterior lanzamiento de las correspondientes simulaciones y la obtención de los resultados pertinentes.

Por último, se finaliza con una sección dedicada a explicar las limitaciones del estudio realizado y a la propuesta de líneas futuras que complementarían y continuarían dicho trabajo.

Los resultados obtenidos arrojan conclusiones claras. En primer lugar, se observa una gran reducción de costes y emisiones de este tipo de sistemas desde principios de década, concluyéndose que los sistemas de energía renovables propuestos resultan mejores tanto en costes como en emisiones que el seguir simplemente conectado a la red. Por otro lado, los sistemas de almacenamiento basados en baterías de plomo-ácido siguen suponiendo una mejor opción que los formados por baterías de ion-litio en la inmensa mayoría de los casos, si bien esta diferencia se ha estrechado, pudiendo llegar a invertirse en los próximos años.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede concluir que si este tipo de sistemas se impulsan adecuadamente, podrían pasar a formar parte de la vida cotidiana y jugar un papel muy importante en la lucha contra el cambio climático en nuestro país.

# COSTS AND EMISSIONS MINIMIZATION IN RENEWABLE ENERGY SYSTEMS

## ABSTRACT

This End-of-Master Project is approached as an opportunity to study different ways of contributing to the fight against climate change from every realm of society, focusing on energy generation and consumption. In this way, a levelised cost of energy and life cycle emissions multi-objective optimization is raised for renewable energy systems with different features, considering varied load profiles in different locations in Spain.

The job performed has been structured in 5 main blocks.

In first place, an analysis of the problem considered was carried out to study its nature and choose the most adequate tool to tackle its resolution, choosing the utilisation of the software iHOGA.

In second place, a selection of representative loads and locations was made, with the consequent collection of data about their respective energy resources.

Then, a data base of the main components that will shape the proposed systems was created, with special attention over their costs and associated emissions.

After this, the next step was to design the 42 proposed scenarios, with the subsequent simulations runs and collection of the relevant results.

Lastly, the job in finished with a section used to explain the limitations of the study performed and to rise future research lines to complement and continue such study.

The results obtained provide clear conclusions. In first place, a great reduction in costs and emissions of this kind of systems since the beginning of this decade is observed. It is also concluded that the proposed renewable energy systems prove to give better results in terms of costs and emissions than the ones provided by just being connected to the grid. On the other hand, the storage systems based on lead-acid batteries still represent a better option than the ones based on lithium-ion batteries in the large majority of the cases, although this difference has shrunk. It can even be reversed in the next years.

Taking these results into account, it can be concluded that, if these kind of systems are appropriately supported, they could become part of everyday life and play a very important role in the fight against climate change in our country.

# **TABLA DE CONTENIDOS**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN</b> .....  | <b>1</b>  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | <b>2</b>  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....  | <b>7</b>  |
| <b>2. ESCENARIOS PLANTEADOS</b> .....                                     | <b>9</b>  |
| <b>3. RECURSO ENERGÉTICO</b> .....  | <b>13</b> |
| <b>3.1. RECURSO SOLAR</b> .....   | <b>13</b> |
| <b>3.2. RECURSO EÓLICO</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>4. BASE DE DATOS DE COMPONENTES</b> .....                              | <b>18</b> |
| <b>4.1. PANELES FOTOVOLTAICOS</b> .....                                   | <b>18</b> |
| 4.1.1. Paneles de fabricación china .....                                 | 18        |
| 4.1.2. Paneles de fabricación nacional .....                              | 20        |
| <b>4.2. AEROGENERADORES</b> .....   | <b>20</b> |
| <b>4.3. BATERÍAS</b> .....  | <b>22</b> |
| 4.3.1. Baterías de plomo-ácido .....                                      | 22        |
| 4.3.2. Baterías de ion-litio.....   | 23        |
| <b>4.4. GENERADORES AUXILIARES</b> .....                                  | <b>24</b> |
| 4.4.1. Generadores diésel o gasolina.....                                 | 24        |
| 4.4.2. Combustibles .....   | 26        |
| <b>4.5. INVERSORES</b> .....  | <b>27</b> |
| <b>4.6. REGULADORES DE CARGA</b> .....                                    | <b>27</b> |
| <b>5. OTROS PARÁMETROS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS</b> .....                 | <b>28</b> |
| <b>6. ESTRUCTURACIÓN DE LAS SIMULACIONES</b> .....                        | <b>29</b> |
| <b>6.1. DATOS GENERALES, TIPO DE OPTIMIZACIÓN Y RESTRICCIONES</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>6.2. ESTRATEGIA DE CONTROL</b> .....                                   | <b>30</b> |
| <b>6.3. RECURSO ENERGÉTICO</b> .....                                      | <b>30</b> |
| <b>6.4. PANELES SOLARES</b> .....   | <b>31</b> |
| <b>6.5. AEROGENERADORES</b> .....   | <b>32</b> |
| <b>6.6. BATERÍAS</b> .....  | <b>32</b> |
| <b>6.7. GENERADORES AC</b> .....  | <b>33</b> |
| <b>6.8. INVERSORES-CARGADORES Y REGULADORES DE CARGA</b> .....            | <b>33</b> |
| <b>6.9. SISTEMAS CON CONEXIÓN A LA RED</b> .....                          | <b>33</b> |
| <b>6.10. PREDIMENSIONAMIENTO</b> .....                                    | <b>36</b> |
| <b>7. RESULTADOS OBTENIDOS</b> .....                                      | <b>36</b> |
| <b>8. LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS</b> .....                             | <b>42</b> |
| <b>9. CONCLUSIONES</b> .....  | <b>43</b> |
| <b>REFERENCIAS</b> .....  | <b>45</b> |
| <b>ANEXO I. EL SOFTWARE IHOGA</b> .....                                   | <b>55</b> |
| <b>ANEXO II . LOS ALGORITMOS EVOLUTIVOS Y LA FRONTERA DE PARETO</b> ..... | <b>57</b> |
| <b>ANEXO III. CÁLCULO DE LCOE Y LCE</b> .....                             | <b>60</b> |

|  |            |
|--|------------|
| <b>ANEXO IV. ESTRATEGIAS Y VARIABLES DE CONTROL.....</b>   | <b>62</b>  |
| <b>ANEXO V. COMBINACIÓN DE COMPONENTES, ESTRATEGIA DE CONTROL Y VARIABLES DE CONTROL DE CADA SISTEMA OBTENIDO.....</b> | <b>63</b>  |
| <b>ANEXO VI. EJEMPLOS DE SIMULACIÓN DE iHOGA.....</b>  | <b>106</b> |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| <i>Figura 1: Incremento de la temperatura media global [1]</i> .....  | 7   |
| <i>Figura 2 : Detección de consecuencias del cambio climático y comparación de causas naturales con causas naturales y humanas [4]</i> .....                  | 8   |
| <i>Figura 3: Perfil de consumo de un piso promedio</i> .....  | 10  |
| <i>Figura 4: Perfil de consumo de una oficina</i> .....   | 10  |
| <i>Figura 5: Perfil de consumo de una granja</i> .....  | 10  |
| <i>Figura 6: Perfil de consumo de una comunidad de propietarios</i> .....   | 11  |
| <i>Figura 7: Perfil de consumo industrial</i> .....   | 11  |
| <i>Figura 8: Atlas eólico de España [9]</i> .....   | 12  |
| <i>Figura 9: Atlas de radiación solar en España [10]</i> .....  | 12  |
| <i>Figura 10: Irradiación media diaria en las 3 localizaciones de 2009 a 2018 [13]</i> .....  | 15  |
| <i>Figura 11:Velocidad media del viento a 10 metros de altura en las 3 localizaciones de 2009 a 2018 [14]</i> .....   | 17  |
| <i>Figura 12: Coste por unidad de capacidad del sistema de almacenamiento con baterías de plomo-ácido</i> .....   | 23  |
| <i>Figura 13: Coste por unidad de capacidad del sistema de almacenamiento con baterías de ion-litio</i> .....   | 24  |
| <i>Figura 14: Coste por unidad de potencia de generadores diésel</i> .....  | 25  |
| <i>Figura 15: : Coste por unidad de potencia de generadores gasolina</i> .....  | 26  |
| <i>Figura 16: : Coste por unidad de potencia de inversores</i> .....  | 27  |
| <i>Figura 17: : Coste por unidad de intensidad máxima de reguladores de carga</i> .....   | 28  |
| <i>Figura 18: Horarios de discriminación horaria con dos periodos (arriba) y tres periodos (abajo) en invierno (izquierda) y verano (derecha) [78]</i> .....  | 35  |
| <i>Figura 19: Fronteras de Pareto Zaragoza</i> .....  | 38  |
| <i>Figura 20: Fronteras de Pareto Jaca</i> .....  | 39  |
| <i>Figura 21: Fronteras de Pareto Bilbao</i> .....  | 40  |
| <i>Figura 22: Fronteras de Pareto de escenarios con conexión a la red</i> .....   | 41  |
| <i>Figura 23: Tiempos de cálculo estimados por iHOGA en función de los algoritmos utilizados (consumo industrial en Bilbao)</i> .....                         | 55  |
| <i>Figura 24: Esquema de un sistema aislado híbrido de energías renovables (iHOGA)</i> .....  | 56  |
| <i>Figura 25: Esquema de funcionamiento de los algoritmos evolutivos [99]</i> .....   | 57  |
| <i>Figura 26: Frontera de Pareto [103]</i> .....  | 59  |
| <i>Figura 27: Simulación de 3 días en iHOGA para el escenario de una comunidad de propietarios con baterías de plomo-ácido en Zaragoza en marzo</i> .....     | 107 |
| <i>Figura 28: Simulación de 3 días en iHOGA para el escenario de una comunidad de propietarios con baterías de plomo-ácido en Zaragoza en diciembre</i> ..... | 108 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <i>Tabla 1: Irradiación media diaria por metro cuadrado en las 3 localizaciones en el año 2015 [13]</i> .....    | 14 |
| <i>Tabla 2: Temperatura media en las 3 localizaciones en el año 2015 [13]</i> .....                              | 14 |
| <i>Tabla 3: Velocidad media del viento a 10 metros de altura en las 3 localizaciones en el año 2015 [14]</i> ... | 16 |
| <i>Tabla 4: LCE de aerogeneradores según su potencia nominal</i> .....   | 21 |
| <i>Tabla 5: Costes de aerogeneradores según su potencia nominal</i> .....  | 21 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 6: Clases de rugosidad del terreno de cada escenario.....  | 31  |
| Tabla 7: Tarifas eléctricas 2.0DHA de diferentes comercializadoras libres .....  | 35  |
| Tabla 8: Tarifas eléctricas 3.0A de diferentes comercializadoras libres .....  | 35  |
| Tabla 9: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un piso en Zaragoza .....                                      | 64  |
| Tabla 10: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un consumo constante de 300 W en Zaragoza.....                | 65  |
| Tabla 11: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una oficina en Zaragoza.....                                  | 66  |
| Tabla 12: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una granja en Zaragoza.....                                   | 67  |
| Tabla 13: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una comunidad de propietarios en Zaragoza.....                | 68  |
| Tabla 14: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una nave industrial en Zaragoza.....                          | 69  |
| Tabla 15: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un piso en Zaragoza .....                                     | 70  |
| Tabla 16: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un consumo constante de 300 W en Zaragoza.....                | 71  |
| Tabla 17: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una oficina en Zaragoza.....                                  | 72  |
| Tabla 18: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una granja en Zaragoza .....                                  | 73  |
| Tabla 19: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una comunidad de propietarios en Zaragoza.....                | 74  |
| Tabla 20: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una nave industrial en Zaragoza.....                          | 75  |
| Tabla 21: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un piso en Jaca .....   | 76  |
| Tabla 22: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un consumo constante de 300 W en Jaca.....                    | 77  |
| Tabla 23: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una oficina en Jaca.....                                      | 78  |
| Tabla 24: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una granja en Jaca .....                                      | 79  |
| Tabla 25: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una comunidad de propietarios en Jaca.....                    | 80  |
| Tabla 26: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una nave industrial en Jaca.....                              | 81  |
| Tabla 27: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un piso en Jaca .....   | 82  |
| Tabla 28: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un consumo constante de 300 W en Jaca.....                    | 83  |
| Tabla 29: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una oficina en Jaca.....                                      | 84  |
| Tabla 30: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una granja en Jaca .....                                      | 85  |
| Tabla 31: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una comunidad de propietarios en Jaca.....                    | 86  |
| Tabla 32: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una nave industrial en Jaca.....                              | 87  |
| Tabla 33: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un piso en Bilbao.....  | 88  |
| Tabla 34: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un consumo constante de 300 W en Bilbao .....                 | 89  |
| Tabla 35: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una oficina en Bilbao.....                                    | 90  |
| Tabla 36: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una granja en Bilbao.....                                     | 91  |
| Tabla 37: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una comunidad de propietarios en Bilbao .....                 | 92  |
| Tabla 38: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una nave industrial en Bilbao.....                            | 93  |
| Tabla 39: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un piso en Bilbao .....                                       | 94  |
| Tabla 40: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un consumo constante de 300 W en Bilbao .....                 | 95  |
| Tabla 41: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una oficina en Bilbao.....                                    | 96  |
| Tabla 42: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una granja en Bilbao .....                                    | 97  |
| Tabla 43: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una comunidad de propietarios en Bilbao .....                 | 98  |
| Tabla 44: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una nave industrial en Bilbao.....                            | 99  |
| Tabla 45: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en un piso en Zaragoza....                         | 100 |
| Tabla 46: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en un consumo constante de 300 W en Zaragoza ..... | 101 |
| Tabla 47: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una oficina en Zaragoza.....                    | 102 |
| Tabla 48: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una granja en                                   |     |

|  |     |
|--|-----|
| Zaragoza.....  | 103 |
| Tabla 49: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una comunidad de propietarios en Zaragoza ..... | 104 |
| Tabla 50: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una nave industrial en Zaragoza.....            | 105 |



# 1. INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas que actualmente enfrenta la humanidad es el cambio climático, un problema a escala global que afecta (y sobre todo afectará) a todos los ámbitos de la sociedad. Y si bien sus consecuencias actuales y futuras son bien conocidas por muchos, hay una parte de la población que aún no conoce hasta qué punto este problema afectará a su vida y a la de sus hijos si no se toman medidas drásticas al respecto, habiendo incluso detractores y negacionistas, algunos de ellos en puestos de gran poder.

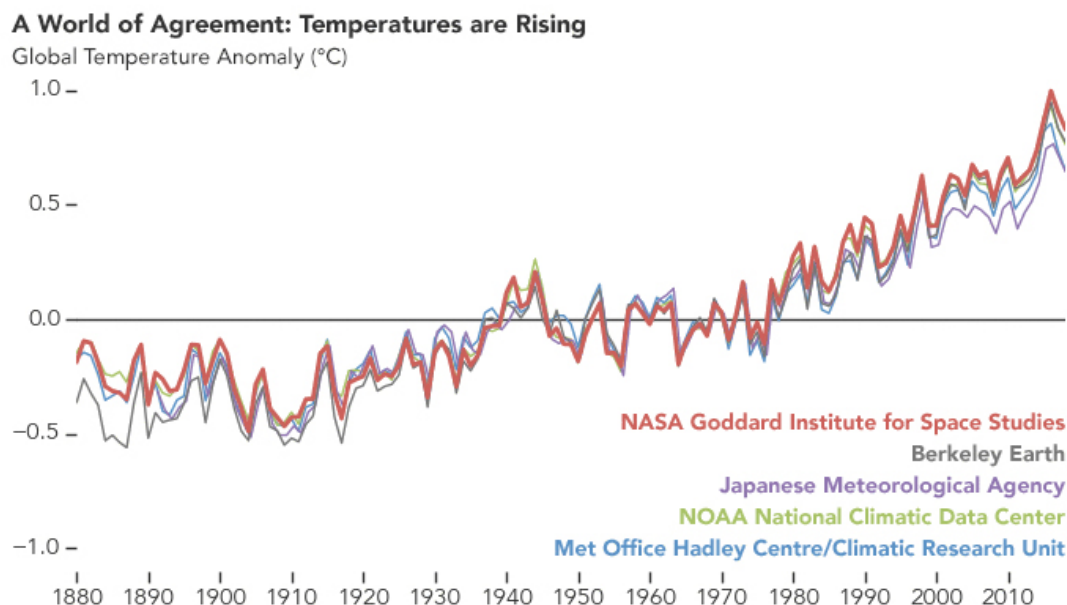


Figura 1: Incremento de la temperatura media global [1]

No obstante, las pruebas son claras. En un artículo publicado en 2016 que recoge las conclusiones de 6 estudios independientes realizados gracias a la colaboración de multitud de universidades e instituciones científicas de 5 países [2], se concluyó que el consenso de los expertos sobre la acción humana como responsable del cambio climático está entre el 90 y el 100 %, dependiendo del método utilizado para analizarlo. Este es un resultado consistente con la famosa cifra del 97,1 % obtenida al analizar 11.944 artículos de investigación realizados por 29.083 autores y publicados en 1.980 revistas científicas en todo el mundo [3]. Este resultado fue además contrastado en [2] mediante una encuesta realizada a los autores de dichos artículos, obteniendo el mismo resultado: un 97 % de consenso.

A modo de ejemplo, en la imagen inferior pueden observarse algunos indicadores del cambio climático basados en observaciones, donde se puede observar que solo aquellos modelos que tienen en cuenta la acción humana consiguen replicar los datos observados.

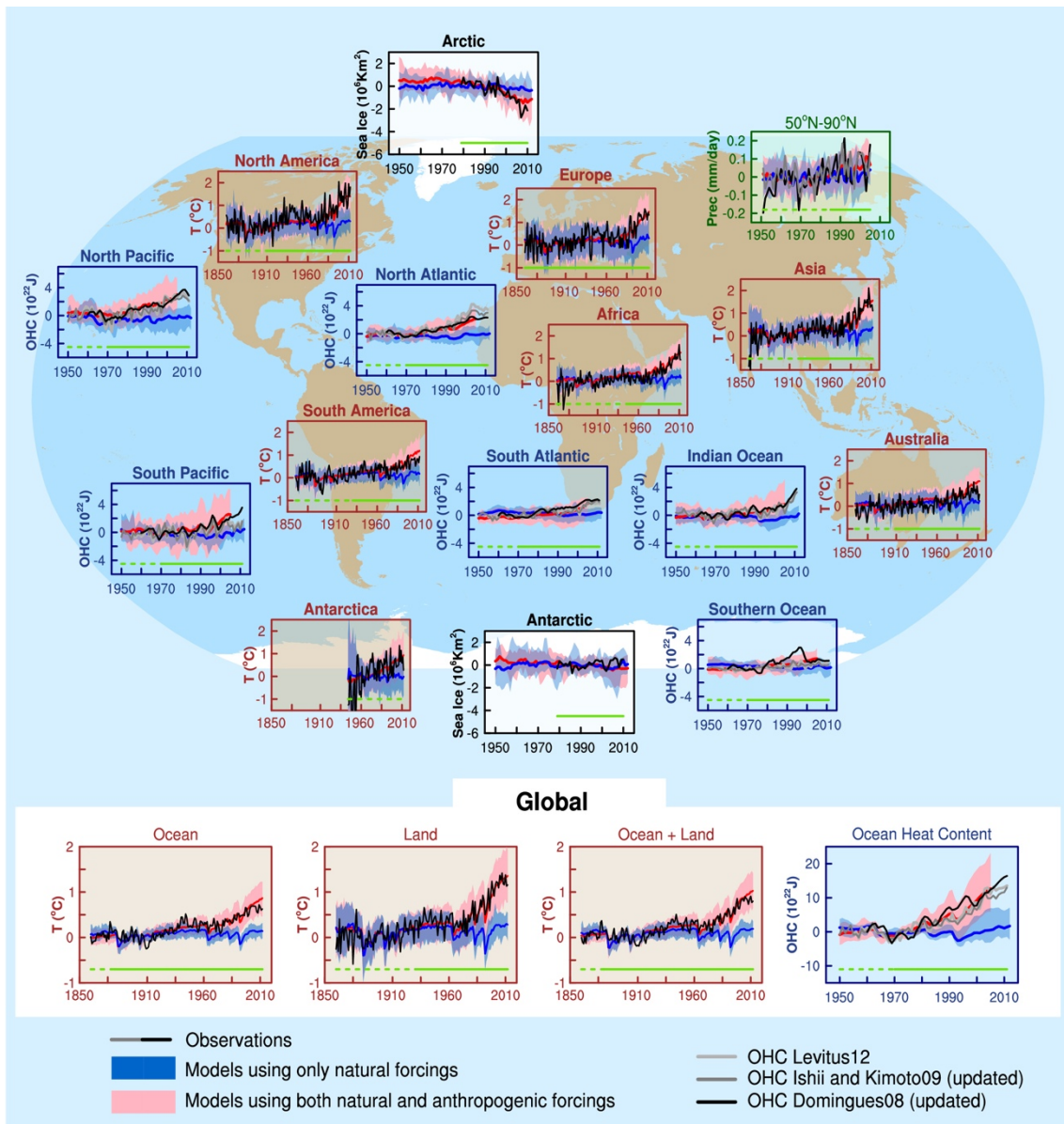


Figura 2 : Detección de consecuencias del cambio climático y comparación de causas naturales con causas naturales y humanas [4]

Es por eso que, disponiendo de multitud de datos irrefutables acerca de este hecho, se necesita hacerlos llegar a los ciudadanos de manera efectiva para transmitir la relevancia del impacto de nuestro estilo de vida actual sobre el medio ambiente. De este modo se crearía una conciencia sobre la existencia de un problema, estando así en mejor disposición de enfrentarlo de una manera adecuada.

Dentro de las diversas acciones que se deben tomar al respecto, este trabajo se centra en la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero asociada a nuestro consumo de electricidad, no solo durante la producción de la misma, sino a lo largo de todo el ciclo de vida de los componentes implicados. Para ello, no basta solo con políticas medioambientales a gran escala, sino que también es necesaria la colaboración ciudadana, en la medida de las posibilidades de cada uno. Una de estas medidas es la incorporación de sistemas de energía renovable a la vida cotidiana: en domicilios, en oficinas, en actividades industriales y ganaderas, etc. Así nace la motivación subyacente a la

elaboración del presente trabajo, en el cual se analizará la viabilidad técnica y económica de diferentes sistemas autónomos híbridos de energía renovable con generación auxiliar mediante la optimización simultánea de dos variables: las emisiones del ciclo de vida del sistema (LCE) y el coste nivelado de la energía (LCOE).

Los sistemas híbridos contarán con paneles solares, aerogeneradores, un sistema de almacenamiento con baterías y una generación auxiliar proporcionada por un generador con combustible fósil, además de los componentes para el equilibrio del sistema (BOS).

Para optimizar las dos variables de interés en un sistema de las características mencionadas, se plantearán una serie de escenarios representando diversos consumos de la sociedad, variando las localizaciones de los mismos para tener en cuenta emplazamientos con diferente recurso solar y eólico. Una vez clasificados los diferentes escenarios, se procederá a la obtención de datos de dichos recursos energéticos en las localizaciones escogidas. Tras esto, se elaborará una base de datos de los componentes principales que constituirán los sistemas de energía renovable que se quieren simular. La última información que será necesario adquirir a partir de este momento serán los diferentes parámetros económicos que afectarán a los escenarios planteados. Por último, se procederá a la estructuración de las diferentes simulaciones que se lanzarán para la posterior recolección, representación y análisis crítico de los resultados obtenidos, para así obtener las conclusiones pertinentes. El software utilizado a lo largo de todo este trabajo y que permitirá la simulación de los escenarios estructurados será iHOGA.

## 2. ESCENARIOS PLANTEADOS

Para la construcción de los diferentes escenarios a simular, se tuvieron en cuenta dos aspectos por separado. El primer aspecto fue los diferentes consumos que se tendrían en cuenta, eligiendo un total de 6 perfiles de consumo representativos, los cuales se exponen a continuación en orden ascendente de consumo total anual y consumo diario medio. Destacar que aquellos consumos con una potencia superior a 15 kW contarán con un factor de potencia de 0,95 (compensación de potencia reactiva debido a la penalización por reactiva fijada en el RD 1164/2001 [5] para consumos con una potencia superior a 15 kW y factor de potencia menor a 0,95).

· **Perfil de consumo nº 1:** Piso promedio con un consumo anual total de 2.369 kWh (consumo promedio de 6,49 kWh/día) y un factor de potencia de 0,87 [6]:

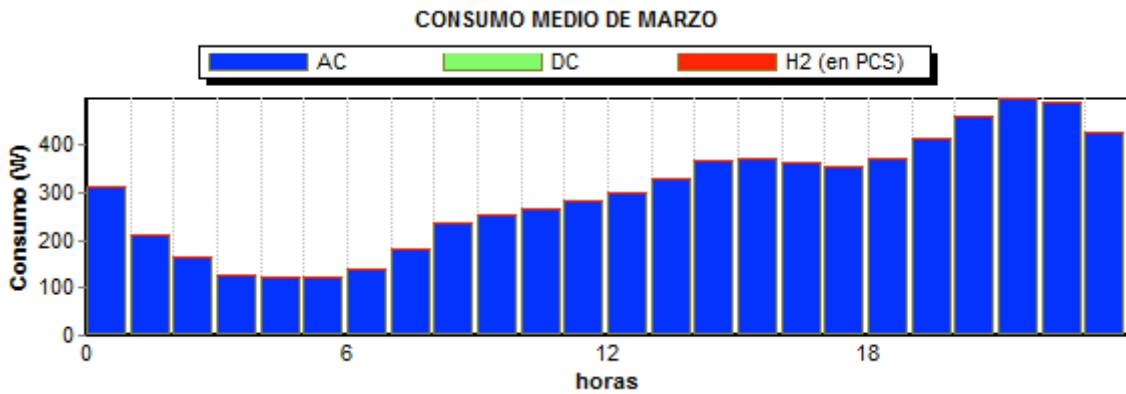


Figura 3: Perfil de consumo de un piso promedio

· **Perfil de consumo n° 2:** Consumo constante de 300 W con un factor de potencia de 0,85.

· **Perfil de consumo n° 3:** Oficina con un consumo total anual de 4.987 kWh (consumo promedio de 13,66 kWh/día) y un factor de potencia de 0,85 [7]:

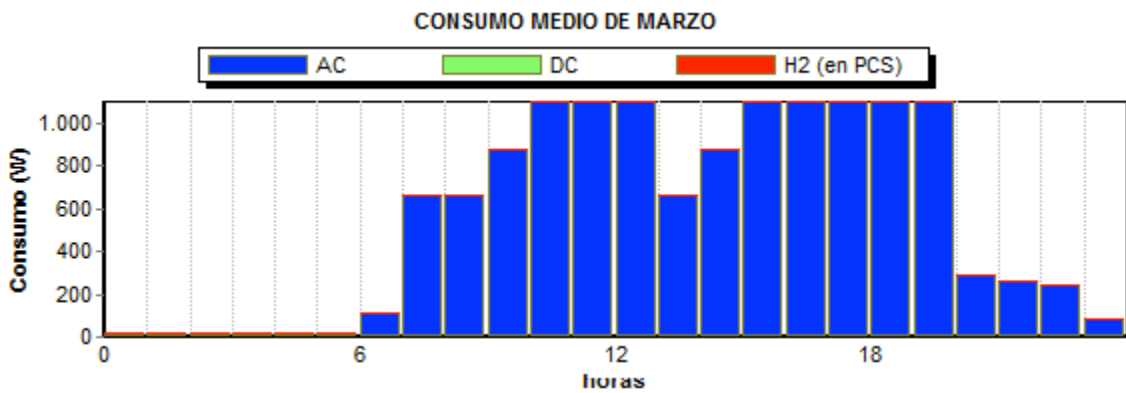


Figura 4: Perfil de consumo de una oficina

· **Perfil de consumo n° 4:** Granja con un consumo total anual de 14.947 kWh (consumo promedio de 40,95 kWh/día) y un factor de potencia de 0,95:

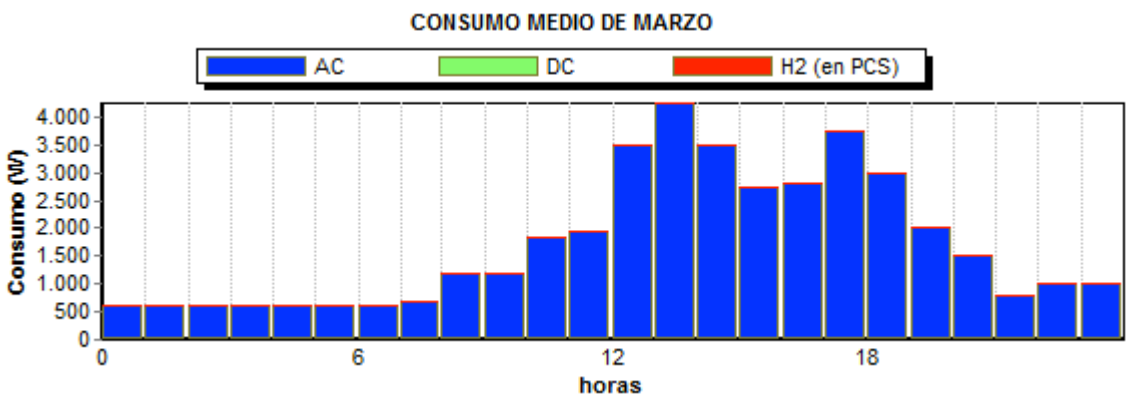


Figura 5: Perfil de consumo de una granja

· **Perfil de consumo n° 5:** Comunidad de propietarios. En un estudio a nivel nacional elaborado por la cadena de administración de fincas portuguesa LDC, la cual forma parte de la Asociación Europea de Administración de Comunidades, se determinó que la inmensa mayoría de las comunidades de vecinos, alrededor del 98 %, cuenta con menos de 20 viviendas [8]. Por lo tanto, se considera una comunidad de propietarios de 15 viviendas, con un consumo total anual de 35.533 kWh, lo cual supone un consumo medio diario de 97,35 kWh/día, y un factor de potencia de 0,95:

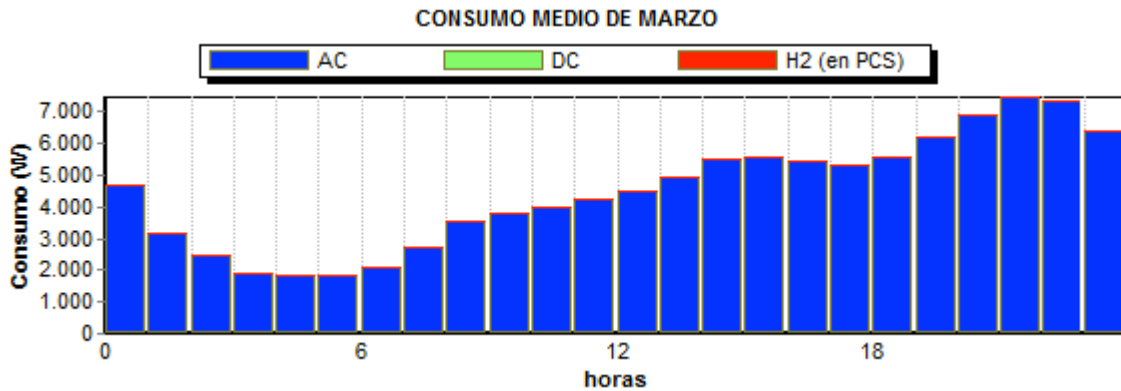


Figura 6: Perfil de consumo de una comunidad de propietarios

· **Perfil de consumo n° 6:** Nave industrial de 400 m<sup>2</sup> con 3 turnos de trabajo y oficinas. Consumo total anual de 43.650 kWh (consumo promedio de 119,59 kWh/día) y un factor de potencia de 0,95:

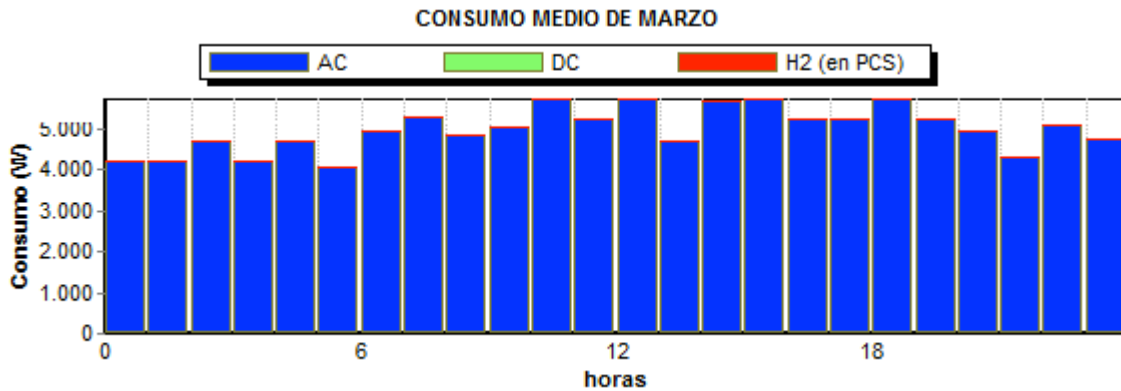


Figura 7: Perfil de consumo industrial

Además, para cada perfil de consumo en cada localización se simularán dos escenarios: uno que utilice baterías de plomo-ácido para el sistema de almacenamiento y otro que utilice baterías de ion-litio, con la finalidad de hacer una comparación directa entre ambos sistemas de almacenamiento. De esta forma se pretende determinar hasta qué punto la viabilidad de las baterías de litio se ha acercado a la de las baterías de plomo-ácido, tan utilizadas en este tipo de aplicaciones. También se simularán sistemas con conexión a la red para los 6 perfiles de consumo en una de las localizaciones elegidas, utilizando el sistema de almacenamiento que resulte ser más competitivo en lo que se refiere a la consecución del objetivo principal, esto es la optimización de las variables LCOE y LCE.



En cuanto a las localizaciones en las que se simularán los consumos expuestos, su elección se basó en sus recursos eólico y solar, buscando zonas con diferencias en dichos recursos para analizar su influencia en el diseño y los resultados obtenidos.



Figura 8: Atlas eólico de España [9]

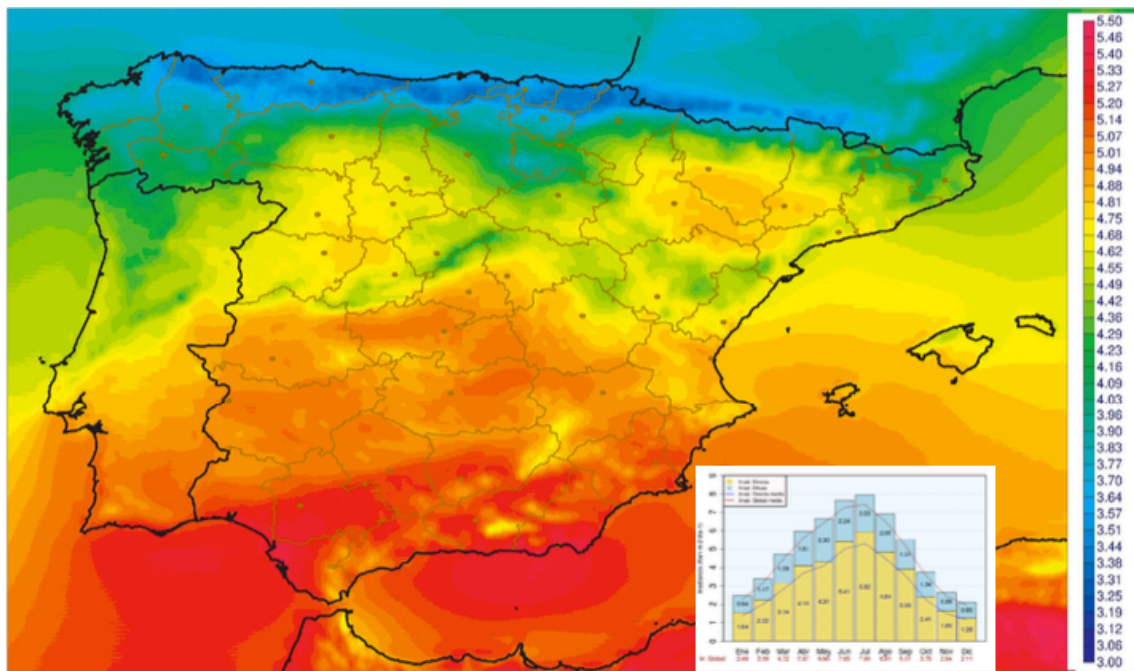


Figura 9: Atlas de radiación solar en España [10]

Por otro lado, se selecciono un número reducido de localizaciones que a su vez diera una buena representación de las circunstancias más comunes que se observan en España. Siguiendo estos criterios, se decidió escoger 3 localizaciones diferentes, con el siguiente recurso energético:

- Buen recurso solar y buen recurso eólico. Localización elegida: **Zaragoza.**
  - Coordenadas: 41° 39' 21,8" N ; 00° 52' 38,4" O (Lat: 41,6561 ; Lon: -0,8773) [11].
  - Altitud media: 199 m [12].
  
- Buen recurso solar, bajo recurso eólico: Localización elegida: **Jaca.**
  - Coordenadas: 42° 34' 18,2" N ; 00° 32' 49,4" W (Lat: 42,5717 ; Lon: -0,5471) [11].
  - Altitud media: 825 m [12].
  
- Bajo recurso solar, buen recurso eólico: Localización elegida: **Bilbao.**
  - Coordenadas: 43° 15' 45,8" N ; 02° 55' 31" W (Lat: 43,2627 ; Lon: -2,9253) [11].
  - Altitud media: 21 m [12].

Teniendo todo esto en cuenta, se llega a un total de 42 escenarios diferentes a simular (6 perfiles de consumo x 3 localizaciones x 2 sistemas de almacenamiento diferentes + 6 escenarios de sistemas con conexión a la red).

## 3. RECURSO ENERGÉTICO

Una vez elegidas las localizaciones en las que se simularán los diferentes perfiles de consumo, el siguiente paso fue la obtención de los datos de recurso solar y eólico en los 3 emplazamientos durante los últimos 10 años. No obstante, las simulaciones que lanza iHOGA solo utilizan los datos de un año, por lo que se obtuvo un promedio de estos 10 años y se seleccionó aquel con valores más cercanos a dicho promedio para ambos recursos, que resulto ser el año 2015.

### 3.1. RECURSO SOLAR

En cuanto al recurso solar, los datos de interés serán la irradiación solar media diaria por metro cuadrado y la temperatura media mensual, que será necesaria para el cálculo de la generación eólica, la generación fotovoltaica y el desempeño de las baterías.

|            | Irradiación media (kWh/m <sup>2</sup> /día) |      |        |
|------------|---|------|--------|
|            | Zaragoza                                    | Jaca | Bilbao |
| Enero      | 2,21  | 1,96 | 1,33   |
| Febrero    | 3,26  | 2,57 | 1,72   |
| Marzo      | 4,16  | 3,77 | 2,87   |
| Abril      | 6,04  | 5,19 | 4,96   |
| Mayo       | 6,82  | 6,24 | 4,88   |
| Junio      | 7,55  | 6,63 | 6,13   |
| Julio      | 7,45  | 6,95 | 6,1    |
| Agosto     | 6,67  | 6,13 | 5,3    |
| Septiembre | 4,78  | 4,47 | 4,12   |
| Octubre    | 3,38  | 2,98 | 2,69   |
| Noviembre  | 2,21  | 2,27 | 1,7    |
| Diciembre  | 1,66  | 1,79 | 1,52   |
| Promedio   | 4,69  | 4,26 | 3,62   |

Tabla 1: Irradiación media diaria por metro cuadrado en las 3 localizaciones en el año 2015 [13]

|            | Temperatura media (°C) |       |        |
|------------|------------------------|-------|--------|
|            | Zaragoza               | Jaca  | Bilbao |
| Enero      | 5,2                    | 2,3   | 7,44   |
| Febrero    | 4,58                   | 0,54  | 6,07   |
| Marzo      | 9,61                   | 5,95  | 8,92   |
| Abril      | 13,43                  | 9,81  | 12,28  |
| Mayo       | 18,23                  | 13,23 | 14,57  |
| Junio      | 22,75                  | 17,77 | 17,97  |
| Julio      | 27                     | 21,02 | 20,46  |
| Agosto     | 23,98                  | 19,38 | 20,4   |
| Septiembre | 18,38                  | 14,09 | 16,68  |
| Octubre    | 14,87                  | 11,27 | 14,81  |
| Noviembre  | 11,24                  | 8,88  | 12,66  |
| Diciembre  | 8,3                    | 6,84  | 10,4   |
| Promedio   | 14,86                  | 10,99 | 13,6   |

Tabla 2: Temperatura media en las 3 localizaciones en el año 2015 [13]



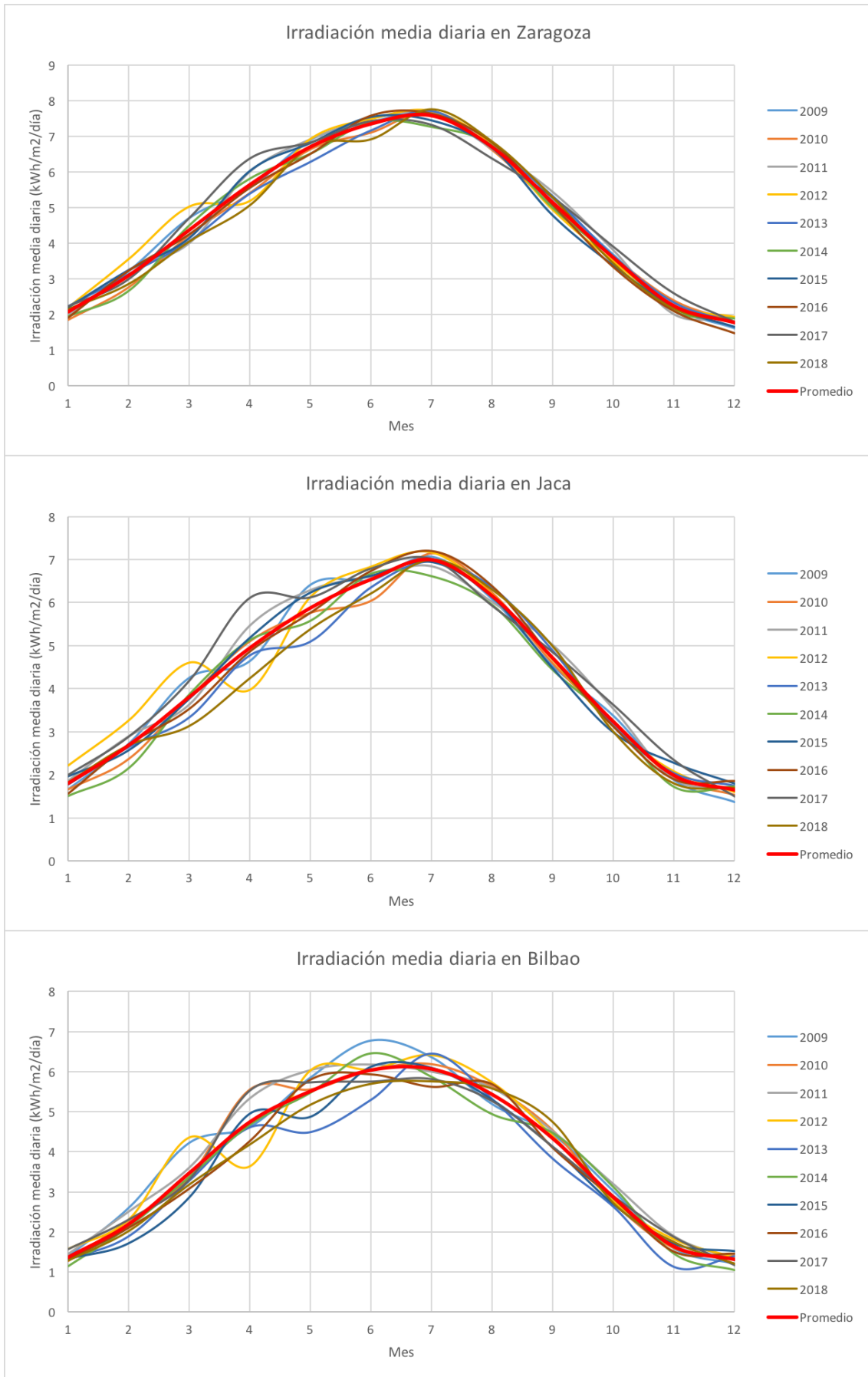


Figura 10: Irradiación media diaria en las 3 localizaciones de 2009 a 2018 [13]

## 3.2. RECURSO EÓLICO

En cuanto al recurso eólico, se obtuvieron valores horarios de velocidad de viento a 10 metros de altura, la altura aproximada a la que se suelen colocar los pequeños aerogeneradores utilizados para este tipo de aplicaciones.

|            | Velocidad media del viento a 10 m de altura (m/s) |      |        |
|------------|---|------|--------|
|            | Zaragoza  | Jaca | Bilbao |
| Enero      | 6,25  | 4,47 | 6,35   |
| Febrero    | 6,75  | 5,13 | 7,23   |
| Marzo      | 5,94  | 4,39 | 5,63   |
| Abril      | 4,95  | 3,91 | 5,14   |
| Mayo       | 5,75  | 4,38 | 5,22   |
| Junio      | 4,69  | 3,53 | 4,16   |
| Julio      | 5,24  | 3,91 | 4,64   |
| Agosto     | 4,62  | 3,63 | 4,77   |
| Septiembre | 5,01  | 3,69 | 4,82   |
| Octubre    | 4,82  | 3,72 | 5,48   |
| Noviembre  | 5,35  | 3,92 | 5,56   |
| Diciembre  | 3,67  | 3,04 | 6,45   |
| Promedio   | 5,25  | 3,98 | 5,45   |

Tabla 3: Velocidad media del viento a 10 metros de altura en las 3 localizaciones en el año 2015 [14]

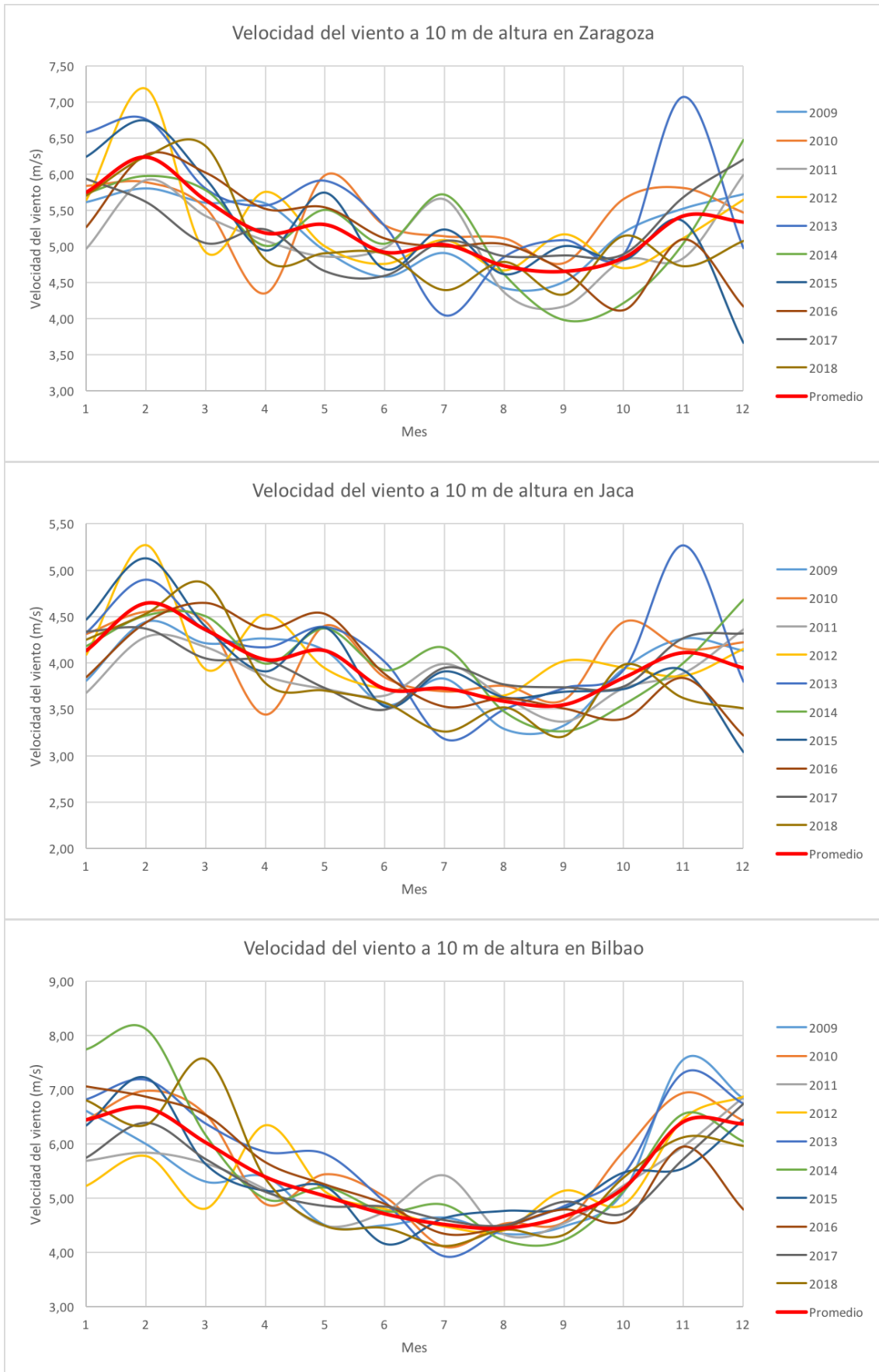


Figura 11: Velocidad media del viento a 10 metros de altura en las 3 localizaciones de 2009 a 2018 [14]

## 4. BASE DE DATOS DE COMPONENTES

Previamente a la estructuración de las simulaciones, es necesario reunir toda la información necesaria en lo que se refiere a las características, precio y emisiones de ciclo de vida de cada uno de los principales componentes que intervendrán en los sistemas que se van a diseñar.

Puesto que la tensión del sistema de almacenamiento será de 48 V, este será el nivel de tensión requerido en los componentes conectados en el lado DC del sistema. En el caso de componentes como las baterías de plomo-ácido o los paneles solares, se considerarán submúltiplos de dicha tensión, conectando en serie el número de elementos requerido para alcanzar la tensión nominal del sistema.

El voltaje del lado AC, y por lo tanto la tensión de salida de los generadores auxiliares y los aerogeneradores de mayor tamaño utilizados (conectados en el lado AC en lugar de en el DC), será de 230 V.

Para la determinación de la potencia, capacidad o intensidad nominal de los componentes, dependiendo del elemento de que se trate, se tendrán en cuenta por un lado los tamaños estandarizados del mercado y por otro los perfiles de consumo y, por lo tanto, la demanda de las cargas en cada caso.

En todo caso, las dos variables de mayor interés serán las emisiones de ciclo de vida asociadas a cada componente y su precio.

### 4.1. PANELES FOTOVOLTAICOS

En el caso de los paneles fotovoltaicos se han considerado dos tipos de paneles: uno de fabricación china (famosos por sus bajos precios, pero con unas emisiones notoriamente altas) y otro de fabricación nacional (precio más elevado pero emisiones de ciclo de vida más bajas). De esta forma se crea un contraste entre dos tipos de panel opuestos en sus valores para las dos variables críticas. El objetivo será observar si alguno de los dos se impone sobre el otro o si, por el contrario, se alcanzan diferentes equilibrios entre ambas variables que proporcionen soluciones igualmente óptimas con ambas opciones de panel.

#### 4.1.1. Paneles de fabricación china

En el caso de los paneles de fabricación china, se tienen unas LCE de 81 g CO<sub>2</sub>/kWh (sin tener en cuenta el transporte), las cuales son las emisiones consideradas para un panel fotovoltaico de silicio policristalino con una eficiencia del 15 %, un factor de 160 Wp/m<sup>2</sup> y un PR de 0,7, fabricado en China y considerando una irradiación promedio de 1200 kWh/m<sup>2</sup>/año [15]. Estos datos de emisiones corresponden al año 2014, por lo que se tienen que obtener las emisiones actualizadas. En ese año, las emisiones totales en China debido a la generación de electricidad fueron de aproximadamente 3.900 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> [16], para una generación de 5.638,37 TWh [17], lo cual supone una intensidad de carbono de la red de 692 g CO<sub>2</sub>/kWh. En 2017, las emisiones asociadas a

la red fueron de 620 g CO<sub>2</sub>/kWh [18]. Según esta progresión, se estiman una emisiones de 572 g CO<sub>2</sub>/kWh en 2019. Teniendo en cuenta que la mayor parte de las emisiones del ciclo de vida de un panel fotovoltaico se deben a los diferentes procesos que intervienen en su fabricación (debido a que se trata de procesos electrointensivos), y teniendo en cuenta la reducción de las emisiones asociadas a la red observada entre 2014 y 2019, las LCE de los paneles de fabricación china se estiman en 66,95 g CO<sub>2</sub>/kWh.

No obstante, iHOGA para este caso utiliza unidades de kg CO<sub>2</sub>/kWp, por lo que se realiza la siguiente conversión de unidades:

$$\begin{aligned}
 H &= 1200 \text{ kWh/m}^2/\text{año}, \eta = 15 \% \Rightarrow 180 \text{ kWh/m}^2/\text{año} \\
 180 \text{ kWh/m}^2/\text{año}, PR &= 0,7 \Rightarrow 126 \text{ kWh/m}^2/\text{año} \\
 126 \text{ kWh/m}^2/\text{año}, 160 \text{ Wp/m}^2 &\Rightarrow 0,7875 \text{ kWh/Wp/año} \\
 0,7875 \text{ kWh/Wp/año} \times 25 \text{ años} &\Rightarrow 19,6875 \text{ kWh/Wp} \\
 19,6875 \text{ kWh/Wp} \times 66,95 \text{ gCO}_2/\text{kWh} &\Rightarrow 1318 \text{ kg CO}_2/\text{kWp}
 \end{aligned}$$

Estas emisiones no incluyen el transporte de dichos componentes desde su lugar de fabricación (China) hasta su lugar de instalación (España). Para ello se considera el conocido como “tren de la seda”, una línea de ferrocarril que conecta Madrid y Yiwu [19]. Con un factor de emisiones de 15,6 g CO<sub>2</sub>/tkm [20] y una longitud de línea de 13.052 km, se tienen unas emisiones asociadas al transporte de 203,61 kg CO<sub>2</sub>/ton. Considerando un tamaño promedio de panel de 65x39 pulgadas y un peso promedio de 41,4 libras [21], lo cual equivale a 1,651x0,9906 m (1,6345 m<sup>2</sup>) y 18,78 kg, se obtiene un valor de 11,48 kg/m<sup>2</sup> de área de panel. Teniendo en cuenta el factor previamente mencionado de 160 Wp/m<sup>2</sup> [15], se tienen 0,07175 ton/kWp. Por lo tanto, se obtiene una estimación de las emisiones asociadas al transporte de 14,61 kg CO<sub>2</sub>/kWp.

Sumando ambos resultados, se obtienen unas emisiones totales para los paneles de fabricación china de **1332,61 kg CO<sub>2</sub>/kWp**.

Cabe destacar que incluso para un transporte de tan larga distancia como este, las emisiones asociadas son minúsculas en comparación con el resto de emisiones del ciclo de vida, ya que representan tan solo un 1,1 % de las emisiones totales. Por lo tanto, de aquí en adelante se despreciarán las emisiones asociadas al transporte de aquellos componentes fabricados en China y, naturalmente, en España, cuyas LCE no incluyan a priori dichas emisiones.

Por otro lado, se obtuvo un precio medio de estos paneles de 0,208 \$/Wp [22], lo cual, con un cambio de 0,89036 \$/€ [23], equivale a 0,1852 €/Wp. Este precio se contrastó calculando un promedio de precios de paneles de 29 fabricantes chinos diferentes, obteniéndose un coste medio de 0,209 €/Wp [24]. Finalmente se consideró un precio un 10 % superior a este, para tener en cuenta el incremento del precio derivado de la compra a menor escala que las grandes plantas fotovoltaicas (los precios dados en [24] van después de un “desde”, por lo que se entiende que son precios de compra al por mayor). En cuanto a los aranceles europeos para estos productos, estos fueron eliminados recientemente [25]. Por lo tanto, finalmente se supone un coste promedio de **0,22 €/Wp, con una desviación estándar de 0,032 €/Wp**.

### 4.1.2. Paneles de fabricación nacional

En el caso de los paneles de fabricación nacional se tienen unas LCE de 31,8 g CO<sub>2</sub>/kWh, que son las emisiones consideradas para un panel fotovoltaico de silicio policristalino con un área de 1,6 m<sup>2</sup>, una eficiencia del 13,2 % y PR de 0,75, fabricado en el sur de Europa y considerando una irradiación promedio de 1700 kWh/m<sup>2</sup>/año [26]. De nuevo se trata de datos de 2014, por lo que hay que considerar la reducción de las emisiones asociadas a la red desde entonces en España. Esta reducción se sitúa en torno a un 23 % [27], por lo que se obtiene una estimación de las emisiones del ciclo de vida de 24,5 g CO<sub>2</sub>/kWh. Realizando de nuevo la conversión de unidades requerida por iHOGA:

$$\eta = 13,2 \%, \text{Área} = 1,6 \text{ m} \Rightarrow P_p = 211,2 \text{ Wp} = 0,2112 \text{ kWp}$$

$$H = 1700 \text{ kWh/m}^2/\text{año}, \eta = 13,2 \% \Rightarrow \text{Generación} = 224,4 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$$

$$224,4 \text{ kWh/m}^2/\text{año}, \text{PR} = 0,75 \Rightarrow 168,3 \text{ kWh/m}^2/\text{año}$$

$$168,3 \text{ kWh/m}^2/\text{año} \times 1,6 \text{ m}^2 = 269,28 \text{ kWh/año}$$

$$269,28 \text{ kWh/año} \times 25 \text{ años} = 6732 \text{ kWh}$$

$$6732 \text{ kWh} \times 24,5 \text{ g CO}_2/\text{kWh} = 164,93 \text{ kg CO}_2$$

$$164,93 \text{ kg CO}_2, P_p = 0,2112 \text{ kWp} \Rightarrow \underline{\underline{780,94 \text{ kg CO}_2/\text{kWp}}}$$

Para la obtención de un precio medio de los paneles españoles se consultaron diversas fuentes, obteniendo un coste promedio de 0,523 [28], 0,6635 [29] y 0,432 [30] €/Wp, lo cual da un precio medio de **0,5395 €/Wp, con una desviación estándar de 0,1083 €/Wp.**

Para los costes de operación y mantenimiento de los paneles solares, se obtuvieron 21 \$/kW/año para sistemas de menos de 10 kW y 19 \$/kW/año para sistemas entre 10 y 1000 kW [31], o lo que es lo mismo, 18,7 y 16,92 €/kW/año respectivamente [23]. Debido a que son precios muy próximos entre sí, se considera un precio medio genérico de 17,81 €/kW/año. Se trata de datos de 2016, por lo que teniendo en cuenta una inflación del 1,97 % en 2017 y del 1,69 % en 2018 [32], se obtiene un precio actualizado de **18,46 €/kW/año.**

En este caso, no se considerará la inflación/reducción de precios de los paneles (a pesar de que es bastante notoria), ya que esto solo tiene sentido cuando la vida útil del componente es más corta que la del sistema, y por lo tanto se tienen que adquirir recambios. En este caso, sin embargo, la vida útil de los paneles es la misma que la del sistema: 25 años.

## 4.2. AEROGENERADORES

En este caso, se observa una reducción tanto en las emisiones como en el coste con el aumento del tamaño de la máquina, por lo que habrá que tener en cuenta la potencia nominal del aerogenerador en cada caso a la hora de dar una estimación de costes y emisiones del mismo. Se tienen unas emisiones de 42,7 g CO<sub>2</sub>/kWh para una turbina de

5 kW, 25,1 g CO<sub>2</sub>/kWh para turbinas de 20 kW, de 17,8 g CO<sub>2</sub>/kWh para turbinas de 100 kW y de 7,59 g CO<sub>2</sub>/kWh para turbinas de 2 MW [33]. Considerando fabricación nacional y teniendo en cuenta que se trata de datos de 2013 en Inglaterra, estos valores de emisiones tienen que convertirse a emisiones que se darían en el caso de haber sido fabricados en España y después deben actualizarse al 2019. Las emisiones asociadas a la red en ese año en el Reino Unido fueron de 452 g CO<sub>2</sub>/kWh [34], mientras que las emisiones asociadas a la red española en la actualidad son de 170 g CO<sub>2</sub>/kWh [27]. Por lo tanto, se obtiene un factor de conversión de 0,3512 para convertir las emisiones consideradas en [33] a emisiones por fabricación española en la actualidad. Por último, se deben convertir las emisiones por kWh en emisiones por kW, para adecuarlas a iHOGA.

| Potencia (kW) [33] | Emisiones (g CO <sub>2</sub> /kWh) [33] | C <sub>p</sub> (%) | Producción total (20 años) (kWh) | Emisiones totales (kg CO <sub>2</sub> ) | Emisiones (kg CO <sub>2</sub> /kW) |
|--------------------|---|--------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| <b>5</b>           | 42,7                                    | 14,80% [35]        | 129.737                          | 1.945,78                                | <b>389,16</b>                      |
| <b>20</b>          | 25,1                                    | 19,00% [35]        | 666.216                          | 5.873,44                                | <b>293,67</b>                      |
| <b>100</b>         | 17,8                                    | 22,40% (*)         | 3.927.168                        | 24.552,91                               | <b>245,53</b>                      |
| <b>2000</b>        | 7,59                                    | 25,80% [33]        | 90.465.120                       | 241.171,79                              | <b>120,59</b>                      |

(\*): estimación

Tabla 4: LCE de aerogeneradores según su potencia nominal

Para obtener una estimación de los costes de los aerogeneradores se consultaron diversas fuentes, con el objetivo de obtener un precio promedio por unidad de potencia para diferentes rangos de potencia nominal, obteniéndose los siguientes resultados:

| Rango de potencia (kW) | Coste (€/kW)            | Desviación estándar (€/kW) |
|------------------------|-------------------------|----------------------------|
| <b>&lt; 1 kW</b>       | <b>1430</b> [30, 36-39] | <b>351</b>                 |
| <b>1 - 5 kW</b>        | <b>1299</b> [30, 36-39] | <b>209</b>                 |
| <b>5 - 10 kW</b>       | <b>1104</b> [30, 36-39] | <b>114</b>                 |
| <b>10 - 100 kW</b>     | <b>977</b> (*)          | -                          |
| <b>100 - 1000 kW</b>   | <b>913</b> (*)          | -                          |
| <b>&gt; 1 MW</b>       | <b>881</b> [40]         | -                          |

(\*): estimación

Tabla 5: Costes de aerogeneradores según su potencia nominal

A este coste hay que añadir el coste de la torre sobre la que se instalará el aerogenerador, para el cual se ha obtenido un valor promedio de **112,86 €/m** [29, 30, 39].

Por último, se observa una tendencia de reducción de costes bastante importante a nivel global. En España en particular, si bien sí se observa una tendencia de reducción, esta es muy sutil, ya que en los últimos años los precios han comenzado a oscilar, a veces aumentando y a veces disminuyendo entre dos años consecutivos [41]. Por lo tanto, se ha considerado una tendencia de disminución de precios del 1 % anual para tener en cuenta



esta lenta reducción de precios a efectos de los recambios de las turbinas al final de su vida útil (20 años).

Por otro lado, en este caso sí se observa una reducción más apreciable en los costes de O&M al aumentar la potencia instalada, por lo que se hace una separación de precios por rangos de potencia [31]:

- < 10 kW: 40 \$/kW/año
- 10 – 100 kW: 35 \$/kW/año
- 100 – 1000 kW: 31 \$/kW/año

Al igual que para los paneles solares, se tiene que considerar el cambio de dólares a euros (0,89036 €/€ [23]) y las inflaciones de los años 2017 y 2018 (1,97 % y 1,69 % respectivamente [32]). De este modo se obtienen los siguientes resultados:

- **< 10 kW: 36,93 €/kW/año**
- **10 – 100 kW: 32,31 €/kW/año**
- **100 – 1000 kW: 28,62 €/kW/año**

## 4.3. BATERÍAS

Como se ha indicado anteriormente, se considerarán dos sistemas de almacenamiento diferentes para hacer una comparación directa entre los resultados obtenidos con cada uno de ellos. En ambos casos, la capacidad nominal que se consideró para establecer el precio por unidad de capacidad fue la capacidad C10, es decir, para un tiempo de descarga de 10 horas. También se obtuvieron las capacidades para C20 y C100, para tener en cuenta la variabilidad de los tiempos de descarga que experimentarán las baterías en su funcionamiento normal.

### 4.3.1. Baterías de plomo-ácido

Se tiene un valor de emisiones asociadas a las baterías de plomo-ácido de 338 kg CO<sub>2</sub>/kWh de capacidad de la batería [42] (China, 2015). Con unas emisiones totales debidas a la producción de electricidad en ese año de aproximadamente 4050 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> [16] para una generación de 5802 TWh [17], se tienen unas emisiones asociadas a la red eléctrica china en 2015 de 698 g CO<sub>2</sub>/kWh. Suponiendo fabricación española en la actualidad (170 g CO<sub>2</sub>/kWh [27]), se obtiene un valor de **82,32 kg CO<sub>2</sub>/kWh de capacidad de la batería.**

Para la obtención de los costes de las baterías en función de su capacidad, diversas fuentes fueron consultadas, en las cuales se observó un decrecimiento de los costes por unidad de capacidad al aumentar la capacidad de almacenamiento [29, 36, 38, 43]:



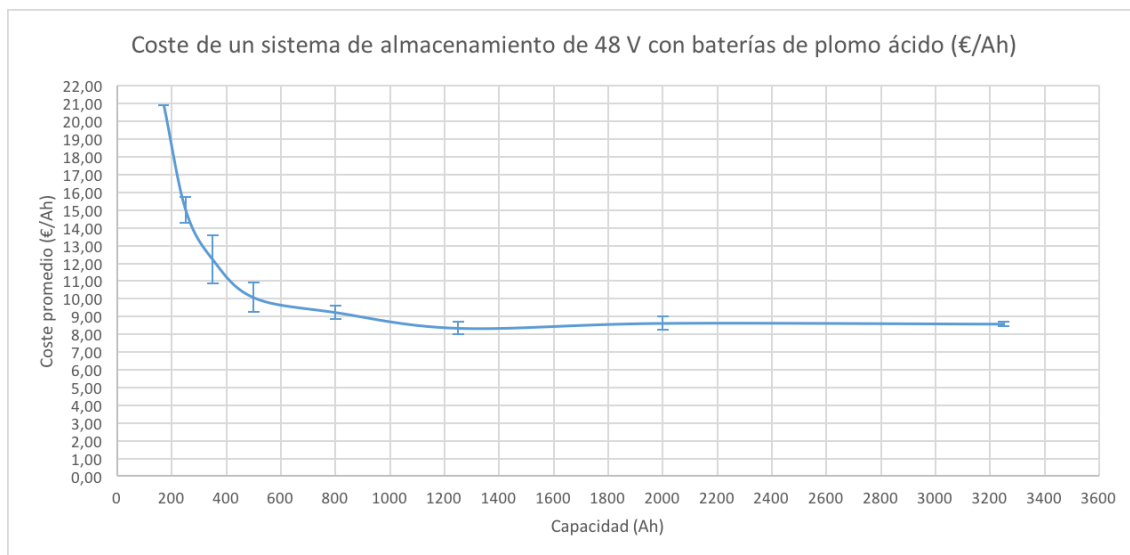


Figura 12: Coste por unidad de capacidad del sistema de almacenamiento con baterías de plomo-ácido

Al igual que en el caso de los aerogeneradores, se observa una tendencia de reducción de precios continuada, la cual se ha estimado en un 3,2 % anual, teniendo en cuenta el precio promedio global por kWh de capacidad en la actualidad y las estimaciones del precio en 2040 [44].

En cuanto a los costes de O&M de este tipo de baterías, se obtuvo un valor de **1,7 €/kWh de capacidad/año** [45].

#### 4.3.2. Baterías de ion-litio

Debido a la falta de datos industriales acerca del consumo de energía considerado en la fabricación de este tipo de baterías en la literatura sobre el tema, los resultados obtenidos en dichas fuentes suelen basarse en estimaciones, por lo que se pueden encontrar datos muy diversos, que llegan a diferir hasta en un orden de magnitud [46]. Este hecho también se señala en [47], donde se realiza un estudio en mayor profundidad, consultando diversas fuentes para obtener un valor medio de las emisiones asociadas a este tipo de batería que después se contrasta con datos de la industria. De este modo se obtiene un valor promedio de energía consumida en los diferentes procesos que intervienen en la fabricación de este componente de 1,182 GJ/kWh de capacidad de la batería, o lo que es lo mismo, 328 kWh/kWh de capacidad de la batería. Teniendo en cuenta que los principales fabricantes de baterías de ion-litio se encuentran en Corea del Sur, se asumirá fabricación surcoreana. Observando la tendencia de los datos de emisiones asociadas a la red de 2012 [48], 2014 [49] y 2016 [50], se estiman unas emisiones debidas a la producción de electricidad de 456 g CO<sub>2</sub>/kWh. Por lo tanto, finalmente se obtiene una estimación de **149,57 kg CO<sub>2</sub>/kWh de capacidad de la batería.**

Procediendo de igual manera que para las baterías de plomo-ácido, se elaboró una gráfica de costes similar, si bien en este caso se observó una variabilidad de precios mucho mayor para baterías de capacidades similares [29, 36, 39, 51, 52]:

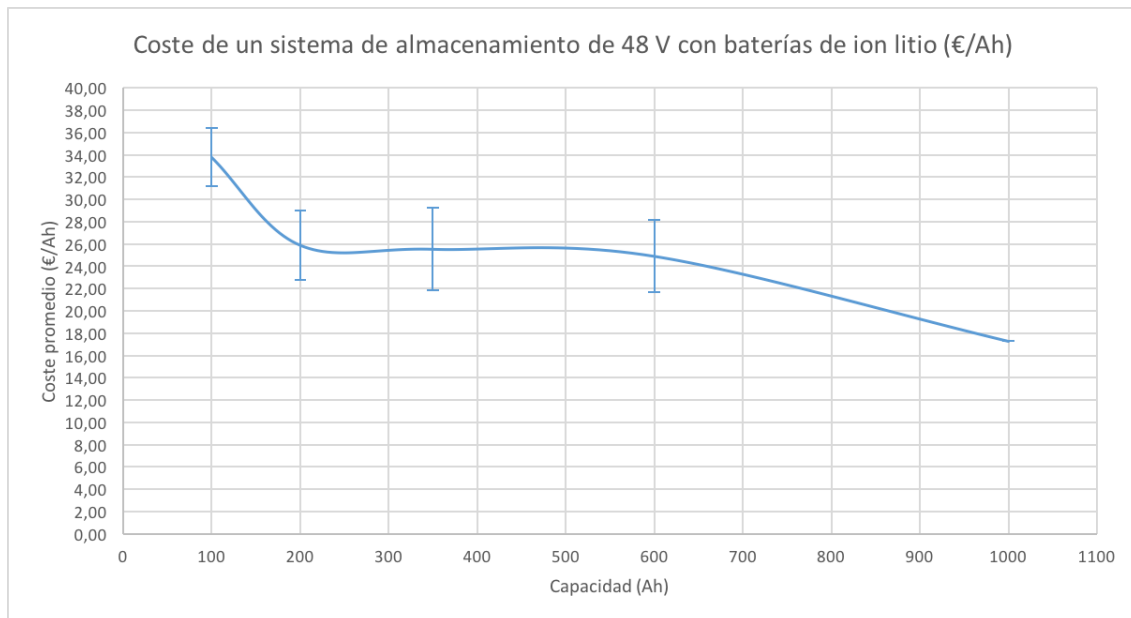


Figura 13: Coste por unidad de capacidad del sistema de almacenamiento con baterías de ion-litio

En este caso, también se observa una tendencia de reducción de costes mantenida a lo largo de los años. Así, procediendo de igual manera que con las baterías de plomo-ácido, se obtiene una estimación de dicha reducción en función del precio promedio global por kWh de capacidad en el presente y de la estimación de precios del año 2040. Curiosamente, se obtiene el mismo valor que para las baterías de plomo-ácido, aproximadamente un 3,2 % [44].

Por último, se obtuvieron unos costes de O&M de **3,45 €/kWh de capacidad/año** [45].

## 4.4. GENERADORES AUXILIARES

### 4.4.1. Generadores diésel o gasolina

Según un estudio realizado en cooperación con una empresa americana dedicada a la fabricación de grupos generadores, el rango de horas de funcionamiento anuales recomendadas para un generador auxiliar es de 50-100 h, con un tiempo máximo recomendado de 200 h [53]. Aquí también se indica que incluso considerando el tiempo de funcionamiento más bajo de dicho rango, 50 h, la gran mayoría de las emisiones provienen de la operación del generador, y tan solo un 0,29 % proviene de la fabricación del mismo, lo cual equivale a 0,00197 kg CO<sub>2</sub>/kWh [54]. Hay que tener en cuenta que estas emisiones se han obtenido para un conjunto de 5 generadores con una potencia total de 5.600 kW, esto es 1.120 kW por generador. Teniendo en cuenta las eficiencias del generador y el alternador, 57,5 % y 90 % respectivamente [55], se tiene una eficiencia global del 51,75 %. Sin embargo, los generadores que se considerarán para las simulaciones que se lanzarán más adelante serán mucho menores, por lo que su eficiencia será notablemente menor. En este caso, se considerará una eficiencia del generador del 43,1% [55], lo cual da una eficiencia global del 38,79 %. Esto se debe tener en cuenta a la hora de estimar las emisiones del generador, por lo que la estimación final será de

0,00246 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Teniendo en cuenta que las emisiones anuales y la vida útil consideradas en [54] fueron 14.292.678 kWh/año durante 20 años, esto que supone unas emisiones totales debidas a la fabricación de los generadores de 703.200 kg CO<sub>2</sub>. Dado que la potencia total de dichos generadores es de 5.600 kW, se tienen unas emisiones de 125,57 kg CO<sub>2</sub>/kW. Para un factor de potencia de 0,8 [56], se obtiene un resultado final de 156,96 kg CO<sub>2</sub>/kVA.

En este caso no se asume fabricación nacional, sino internacional (mayoritariamente americana, con una combinación de transporte por camión y barco). Las emisiones asociadas a esta actividad suponen el 1 % de las emisiones totales [53], casi 4 veces más que las asociadas a la fabricación. Esto supone unas emisiones asociadas al transporte del generador desde el lugar de fabricación hasta la ubicación del sistema de 541,24 kg CO<sub>2</sub>/kVA. De esta forma se obtiene una estimación final de **698 kg CO<sub>2</sub>/kVA**.

En cuanto a los costes, se debe obtener una estimación separada de precios para generadores diésel y para generadores gasolina, ya que se considerarán ambos tipos para proporcionar la generación auxiliar en los sistemas aislados que se simularán más adelante. Al igual que en el caso de las baterías, se obtienen valores medios de coste por unidad de potencia para diferentes rangos de potencias, para suavizar la gran variabilidad de costes observada en el mercado de generadores diésel y ofrecer valores promedios [57-61]:

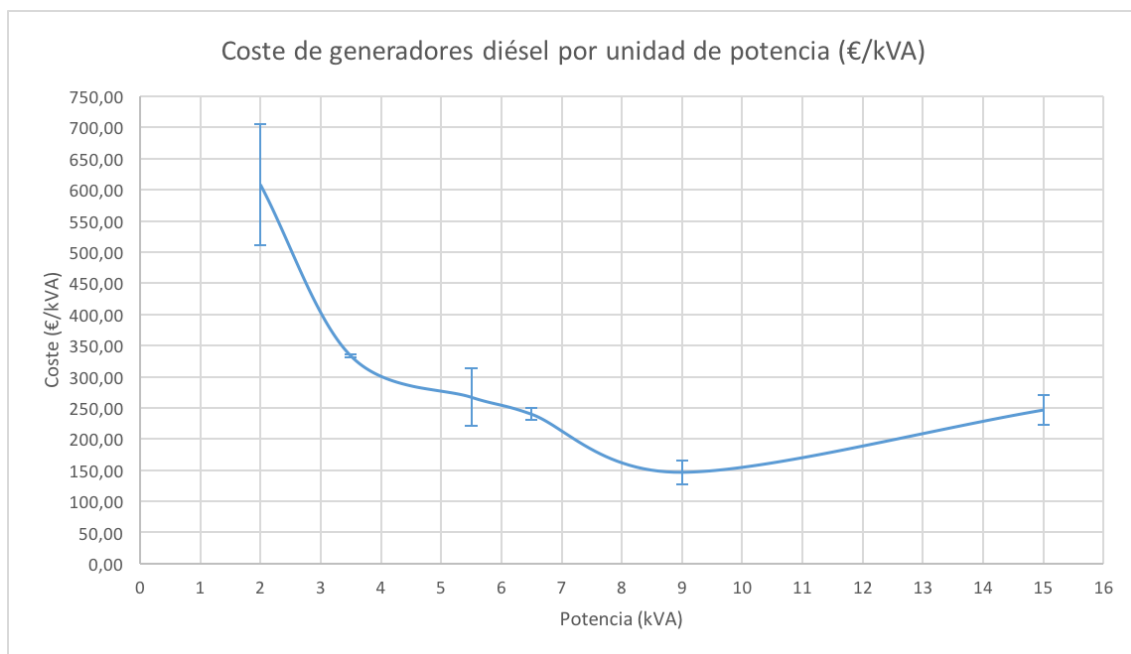


Figura 14: Coste por unidad de potencia de generadores diésel

Obrando de igual manera para los generadores de gasolina [36, 57-60]:

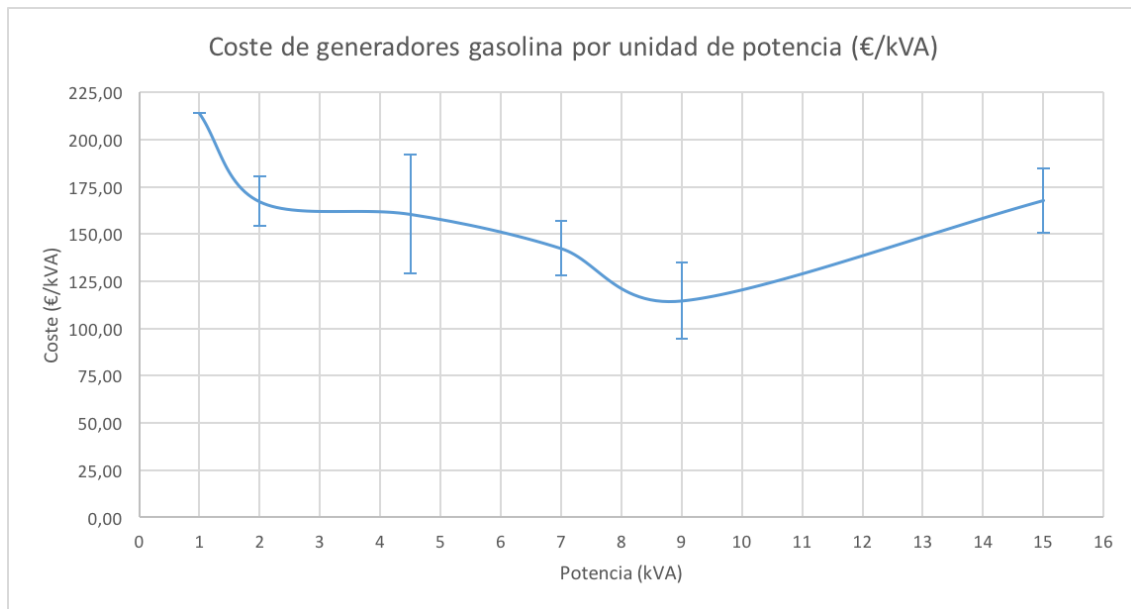


Figura 15: : Coste por unidad de potencia de generadores gasolina

Cabe destacar que en ambos casos se observa un aumento del precio de los generadores en el tramo de 10 a 15 kVA, algo que sin duda es consecuencia de la escasez de información acerca del precio de los generadores de dichos tamaños, en conjunto con la gran variabilidad de precios comentada anteriormente.

Por último, en relación con los costes de operación y mantenimiento, en este momento solo se expondrán los costes de mantenimiento, que para los generadores diésel se fijan en 0,15 \$/h de funcionamiento [62]. Teniendo en cuenta el cambio de divisa de 0,89036 \$/€ [23], se tienen **0,13 €/h de funcionamiento para los generadores diésel**. En cuanto los generadores de gasolina, sus costes de mantenimiento son en torno a un 20 % superiores a los de los generadores diésel [63], por lo que se fijan unos costes de mantenimiento de **0,156 €/h de funcionamiento para los generadores de gasolina**.

En cuanto a los costes de operación, estos serán los costes del combustible utilizado, por lo que se expondrán en la siguiente subsección.

#### 4.4.2. Combustibles

Los combustibles que se considerarán serán diésel y gasolina, con unas emisiones debidas a su uso de 2,63 y 2,36 kg CO<sub>2</sub>/L para el diésel y la gasolina respectivamente [56]. No obstante, estas emisiones representan en torno a un 80 % de las emisiones totales de ciclo de vida del combustible, quedando un 20 % restante debido a su producción, refino y transporte [64]. Por lo tanto, las emisiones que finalmente se consideran son **3,29 kg CO<sub>2</sub>/L para el diésel y 2,95 kg CO<sub>2</sub>/L para la gasolina**.

Por otro lado, se obtuvieron unos costes de **1,215 €/L para el diésel y de 1,291 €/L para la gasolina** [65].

En cuanto a la inflación anual de estos combustibles, su valor se calculó como el promedio del incremento anual del coste de los mismos desde el año 2006 hasta la actualidad, obteniéndose una inflación del 2,06 % para el diésel y del 1,9 % para la gasolina [65].

## 4.5. INVERSORES

Las emisiones de ciclo de vida de los inversores son muy reducidas, más aún si se comparan con el resto de emisiones consideradas en las anteriores secciones [63], por lo que se despreciarán a efectos de las simulaciones que se diseñarán.

Por otro lado, estos componentes no necesitarán un mantenimiento constante como en el caso de los anteriores, siendo solamente necesarios trabajos de mantenimientos esporádicos para solucionar posibles incidencias, por lo que no se establece un coste fijo de mantenimiento como en los otros casos.

Para la obtención de sus costes, se elaboró una base de datos de costes medios por tramos de potencia basada en precios de 100 inversores de diferentes voltajes y potencias de 10 marcas diferentes [28, 36, 57]. No obstante, a la hora de diseñar las simulaciones, solo se consideraron inversores-cargadores que pudieran operar a una tensión de 48 V. Los resultados obtenidos se muestran en la gráfica siguiente:



Figura 16: : Coste por unidad de potencia de inversores

## 4.6. REGULADORES DE CARGA

Se consideraron dos tipos de regulador de carga, solo con control PWM y con control MPPT, ya que los primeros son más baratos pero los segundos pueden proporcionar una

recolección de energía entre un 20 y un 30% superior [66]. Sin embargo, después de realizar una comparativa del promedio de precios entre los reguladores con MPPT [29, 30, 37-39, 57] y sin MPPT [28, 30, 36, 38, 39, 57], se observó que el coste de los primeros era en torno a un 70 % superior. Por lo tanto, se decidió considerar reguladores de carga únicamente con control PWM.

En este caso también se desprecian las emisiones asociadas y los costes de operación y mantenimiento, debido a las mismas razones expuestas en la sección anterior.

En cuanto a sus costes, se observó una tendencia altamente lineal de los mismos frente al incremento de la intensidad máxima del regulador [28, 30, 36, 38, 39, 57], por lo que los costes de este componente se calcularán en iHOGA siguiendo la fórmula  $38,2 + 4,5 \cdot I_{\text{máx}}$  (€).

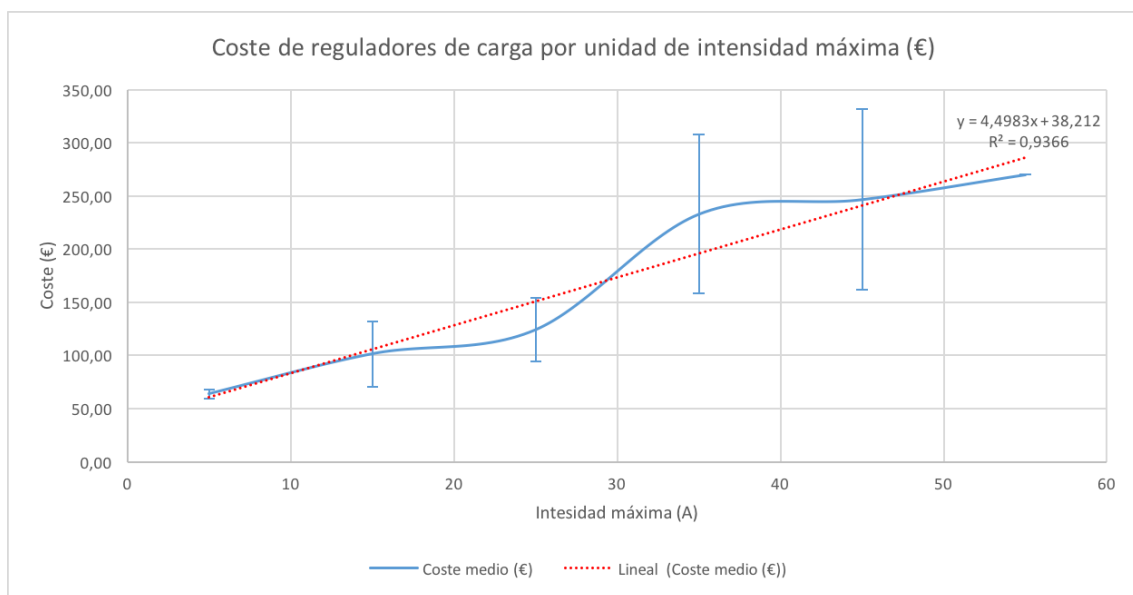


Figura 17: : Coste por unidad de intensidad máxima de reguladores de carga

## 5. OTROS PARÁMETROS ECONÓMICOS Y FINANCIEROS

Una vez se han tenido en cuenta los costes de todos los componentes, quedan por incluir los costes variables iniciales derivados del cableado y la instalación de los mismos. Estos costes se dividen en dos partes. En primer lugar, unos costes fijos independientes del tamaño del sistema de 300 € [67]. En segundo lugar, unos costes variables que se fijan en un 21 % de los costes iniciales para sistemas residenciales (hasta 10 kW) y en un 22,5 % de los costes iniciales para sistemas comerciales (entre 10 kW y 2 MW) [68].

Por otro lado, se debe calcular la tasa de descuento real, para así obtener tanto el coste actual neto como el LCOE de cada sistema simulado. Esta tasa es calculada por iHOGA mediante la siguiente fórmula [67]:

$$Tasa\ de\ descuento\ real = \frac{I - g}{1 + \frac{g}{100}}, \text{ siendo:}$$

·  $I$  = coste de capital nominal. Fijado en un 7,5 % para sistemas de energía renovable en países de la OCDE, de acuerdo con un informe elaborado por IRENA en 2018 sobre los costes de generación de sistemas de energía renovable en el mundo en el año 2017 [69].

·  $g$  = inflación general (inflación aplicada a aquellos costes para los que no se haya indicado una inflación específica). Según las predicciones del Banco de España a finales del año pasado, se espera una inflación en torno al 1.7 % para los próximos años [70], una cifra que se acerca a las recomendaciones del BCE, que asegura que el valor adecuado para la inflación en la eurozona estaría cercano al 2% pero por debajo [70].

De este modo, se obtiene un valor para la tasa de descuento real del 5,7 %.

El periodo de estudio, es decir, la vida útil considerada para los sistemas que se simularán, será de 25 años, al final del cual se tendrán en cuenta los valores residuales de aquellos componentes que no hayan llegado al final de su vida útil.

Por último, se establece una financiación externa a 10 años [71] según el sistema francés de cuota constante. La cantidad prestada será un 80 % de la inversión inicial [71] a un 6,7 % de interés [72].

## 6. ESTRUCTURACIÓN DE LAS SIMULACIONES

Con toda la información necesaria recopilada, el siguiente paso es la estructuración de las simulaciones de cada uno de los 42 escenarios a simular. Algunos de los valores de las diferentes variables y algunas de las decisiones tomadas serán comunes para todos los escenarios, mientras que otras serán dependientes de las características particulares de cada escenario en concreto. A continuación, se dará una explicación general para todas las simulaciones acerca de cómo se ha desarrollado el proceso de diseño e implementación de las mismas.

## 6.1. DATOS GENERALES, TIPO DE OPTIMIZACIÓN Y RESTRICCIONES

En primer lugar, se fijan los componentes que iHOGA podrá utilizar para conformar el sistema híbrido: paneles solares (con su correspondiente inversor-cargador), aerogeneradores, baterías (con su correspondiente regulador de carga) y generadores AC.

Acto seguido, se establecen una serie de restricciones, como fijar la máxima energía no servida por el sistema autónomo en un 0%, para así asegurarse de que el sistema proporciona el 100 % de la demanda, o fijar la fracción mínima de renovable en el 0 %, para no forzar al programa a buscar determinado tipo de sistemas y que obtenga aquellas que resulten óptimas en términos de LCOE y LCE. También se indica que el máximo número de soluciones no dominadas, es decir, de soluciones óptimas, (ver Anexo II) sea de 15. De esta forma se obtienen sistemas igualmente óptimos pero con algunas diferencias notorias entre sí, abarcando un rango amplio de valores de las variables optimizadas, al mismo tiempo que se evita obtener un número excesivo de soluciones con valores de LCOE y LCE muy próximos entre sí. También se fijó una autonomía mínima de 4 días.

Por otro lado, se deja que sea iHOGA el que elija los parámetros de la optimización en lo que se refiere al método de optimización, donde elige utilizar un algoritmo genético tanto para el algoritmo principal, encargado de buscar la combinación óptima de componentes, como para el algoritmo secundario, encargado de optimizar la estrategia de control. También elegirá el número de generaciones, la población inicial, la tasa de cruce y la tasa de mutación adecuadas (ver Anexo II), las cuales adquirirán valores diferentes para cada simulación, dependiendo del escenario que se esté simulando.

Por último, se establecen simulaciones multi-objetivo (coste-emisiones) con pasos de 60 minutos para todas las simulaciones, para obtener unas duraciones moderadas de las mismas.

## 6.2. ESTRATEGIA DE CONTROL

El siguiente paso será elegir la estrategia de control que se implementará en los sistemas simulados, pudiendo elegir entre dos. En el Anexo IV se da una descripción de cada una, así como de las variables que optimizarán.

## 6.3. RECURSO ENERGÉTICO

El siguiente paso es introducir los datos de recurso solar y eólico para cada una de las 3 localizaciones elegidas, además de ciertos datos como la posición geográfica o la altitud media de cada ciudad elegida.

Para el caso del recurso solar, además de los datos de irradiación media horizontal [13], se tendrán que introducir las coordenadas del emplazamiento, para tener en cuenta su



posición relativa respecto al sol en cada momento, y la inclinación óptima de los paneles, que será de 60 ° en Zaragoza y Jaca y de 55 ° en Bilbao. También se establece un azimut de 0° (óptimo en el hemisferio Norte) y una reflectividad del suelo de 0,2 para las 3 localizaciones. Por último, puesto que el año escogido como el más representativo de la disponibilidad de ambos recursos energéticos fue 2015, se establece que el horario oficial de verano se da desde el 29 de marzo hasta el 25 de octubre.

Para el caso del recurso eólico, además de los datos de viento a 10 metros de altura [14], es necesario introducir la latitud y longitud, la altura a la que se han obtenido los datos de viento y la rugosidad del terreno. Para esta última variable, se fijaron diferentes valores tanto para las diferentes localizaciones como para algunos de los perfiles de consumo, los cuales se exponen a continuación:

|                 | Piso | Consumo constante | Oficina | Granja | Comunidad de propietarios | Consumo industrial |
|-----------------|------|-------------------|---------|--------|---------------------------|--------------------|
| <b>Zaragoza</b> | 3,5  | 3,5               | 3,5     | 2      | 3,5                       | 3                  |
| <b>Jaca</b>     | 3    | 3                 | 3       | 2      | 3                         | 3                  |
| <b>Bilbao</b>   | 3,5  | 3,5               | 3,5     | 2      | 3,5                       | 3                  |

Tabla 6: Clases de rugosidad del terreno de cada escenario

Estas clases de rugosidad del terreno corresponden, según iHOGA, a:

- **Clase 3,5:** Ciudades grandes con edificios altos. Longitud de rugosidad: 0,8 m.
- **Clase 3:** Pueblos, ciudades pequeñas, terreno agrícola, con muchos o altos setos resguardantes, bosques y terreno accidentado y muy desigual. Longitud de rugosidad: 0,4 m.
- **Clase 2:** Terreno agrícola con algunas casas y setos resguardantes de 8 metros de altura con una distancia aproximada de 500 m. Longitud de rugosidad: 0,1 m.

## 6.4. PANELES SOLARES

Con los datos recopilados se contó con 3 paneles de fabricación nacional, de 180, 280 y 330 Wp, y 3 paneles de fabricación china, de 100, 200 y 300 Wp. Con el objetivo de limitar la duración de las simulaciones, para cada escenario se contó con un tipo de panel español y otro chino, estableciendo parejas con los paneles de menor potencia, los de potencia intermedia y los de mayor potencia. La elección de la pareja de paneles a considerar en cada caso se llevó a cabo en función del recurso solar disponible y del perfil de consumo de cada escenario. Además, en aquellos perfiles de consumo con una demanda mayor (granja, comunidad de propietarios y consumo industrial) se consideraron inversores con MPPT, para lo cual deben tenerse en cuenta los datos de temperatura obtenidos de [13].

Por último, se introdujo un factor de seguridad de 1,2 para tener en cuenta menores producciones debidas a sombreadamiento, errores de orientación de los paneles, suciedad, etc.

## 6.5. AEROGENERADORES

En este caso se tuvieron en cuenta 5 aerogeneradores DC, de 0,925, 0,66, 1,66, 3,47 y 6,345 kW, todos situados a 10 metros de altura a excepción del último, situado a 15 metros de altura. También se tuvieron en cuenta 3 aerogeneradores AC, de 14,7, 26,9 y 43,1 kW, los dos primeros situados a 16 metros de altura y el último a 18. En todos ellos se suponen incluidos tanto un regulador de carga propio como las pérdidas en el conversor DC/DC en el caso de aerogeneradores con una tensión diferente a 48 V.

Por otro lado, se tuvo en cuenta la influencia de la temperatura y la altitud media del emplazamiento a la hora de calcular la producción de energía eólica, debido a su influencia sobre la densidad del aire.

En cada simulación se consideraron 3 aerogeneradores de diferentes tamaños, de nuevo para limitar la duración de la misma. La elección de la potencia de los mismos se basará tanto en el recurso eólico disponible como en el perfil de consumo de cada escenario.

## 6.6. BATERÍAS

Para las baterías de plomo-ácido, se consideraron 13 capacidades diferentes, para las cuales se consideró una eficiencia del 85 %. Las capacidades nominales de estas baterías ocupan un rango bastante amplio, desde 170 Ah (C10) para la más pequeña hasta 3240 Ah (C10) para la más grande, todas ellas con una tensión de 2 V.

Para las baterías de litio también se consideraron 13 capacidades diferentes, entre 63 Ah (C10) y 1000 Ah (C10), todas ellas con una tensión de 48 V a excepción de la batería de 800 Ah, con 12 V de tensión, y la batería de 1000 Ah, con una tensión de 3,2 V. La eficiencia considerada para todas ellas fue del 95 %.

En ambos casos se utilizó el modelo de envejecimiento de Rainflow como modelo de envejecimiento de las baterías [73], teniendo en cuenta los datos de temperatura obtenidos en [13].

Siguiendo la misma motivación que en el caso de los paneles solares y los aerogeneradores, para cada simulación se consideraron 2 baterías, cuya capacidad nominal se elegirá en función de las características de cada escenario en particular.

## 6.7. GENERADORES AC

Se consideraron 8 generadores diésel, en un rango de 1,9 kVA a 15 kVA y 9 generadores gasolina, en un rango de 0,5 kVA a 15 kVA, de los cuales se consideraron dos de cada tipo para cada simulación.

Además, se consideraron dos tipos de penalizaciones. La primera, de vida y O&M para el funcionamiento fuera del rango 50-80% de potencia nominal, con factores de penalización variables. La segunda fue una penalización de 5 minutos de tiempo de vida por cada arranque del generador.

## 6.8. INVERSORES-CARGADORES Y REGULADORES DE CARGA

Se seleccionó un inversor-cargador para cada escenario, en función de la máxima potencia demandada por la carga calculada por el programa. El criterio de selección fue elegir el inversor con una potencia inmediatamente superior a dicha demanda máxima y que cumpliera con el resto de parámetros requeridos por el sistema.

Para la elección del regulador de carga, se consideró un regulador genérico, de modo que al finalizar cada simulación, el propio programa escoge uno con la intensidad máxima requerida por cada sistema obtenido.

## 6.9. SISTEMAS CON CONEXIÓN A LA RED

En este tipo de sistemas no se dispondrá de la generación auxiliar, ya que la energía no servida por fuentes renovables o las baterías será comprada a la red. Del mismo modo, el excedente de generación será vendido a la red. La modalidad legal actual en España para disponer de un suministro eléctrico de la red en una instalación de autoconsumo con excedentes se denomina “Modalidad con excedentes acogida a compensación” o “Mecanismo de compensación simplificada”, tal y como se indica en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica [74]. Para poder acogerse a dicha modalidad, se deben cumplir una serie de requisitos recogidos en el Artículo 4, apartado 2, sección a. de dicho Real Decreto, los cuales cumplen los 6 sistemas planteados en este caso. Concretamente, la modalidad a seguir será la de balance neto económico mensual o facturación neta mensual, tal y como se estipula en el Artículo 14, apartado 3 del mismo Real Decreto:

“En ningún caso, el valor económico de la energía horaria excedentaria podrá ser superior al valor económico de la energía horaria consumida de la red en el periodo de facturación, el cual no podrá ser superior a un mes. Asimismo, en el caso de que los consumidores y productores asociados opten por acogerse a este mecanismo de compensación, el productor no podrá participar de otro mecanismo de venta de energía.”

Por otro lado, y al disponer de contratos de suministro con una comercializadora libre, como se verá más adelante, el precio de venta de la energía excedentaria se deberá acordar entre ambas partes (Artículo 14, apartado 3, sección i.). Por lo tanto, se asume un precio de venta del excedente de generación de un 90% del precio de compra de electricidad.

Cabe destacar que la energía excedentaria vendida a la red está exenta de pagar tanto los peajes de acceso establecidos en el Real Decreto 1544/2011, como el impuesto especial sobre la electricidad (5,11269632%) [75] y el IVA (21%), los cuales se aplicarán sobre la cuantía final obtenida de restar los ingresos obtenidos por la venta de excedentes a los costes de compra de electricidad a la red.

Los escenarios en los que se simularán sistemas con conexión a la red serán 6, todos ellos en Zaragoza:

· **Piso.** Potencia contratada: 3,45 kW.

· **Consumo constante.** Potencia contratada: 0,345 kW.

· **Oficina.** Potencia contratada: 9,2 kW.

· **Granja.** Potencia contratada: 24,249 kW.

· **Comunidad de propietarios.** Potencia contratada: 43,648 kW. Esta potencia es el resultado de multiplicar la potencia contratada en un piso, 3,45 kW, por las 15 viviendas que se consideraron para la comunidad de propietarios y por un coeficiente de simultaneidad de 11,9 [76], lo cual da un resultado de 41,055 kW. Tras esto, se eligió la potencia normalizada inmediatamente superior, es decir, 43,648 kW [77].

· **Consumo industrial.** Potencia contratada: 50 kW. Esta potencia se escogió asumiendo que el consumo tiene lugar en una nave industrial de 400 m<sup>2</sup>, y teniendo en cuenta la previsión de cargas de 125 W/m<sup>2</sup> dada en el REBT ITC-BT-10 [76].

Para fijar un precio de compra de energía a la red, estos consumos se dividieron en dos. Por un lado, los consumos del piso, el consumo constante y la oficina, con una potencia contratada inferior a 10 kW y un precio de compra por tramos horarios con 2 periodos (Tarifa 2.0DHA). Por otro lado, los consumos de la granja, la comunidad de propietarios y la nave industrial, con consumos entre 15 y 50 kW y un precio de compra por tramos horarios con 3 periodos (Tarifa 3.0A).

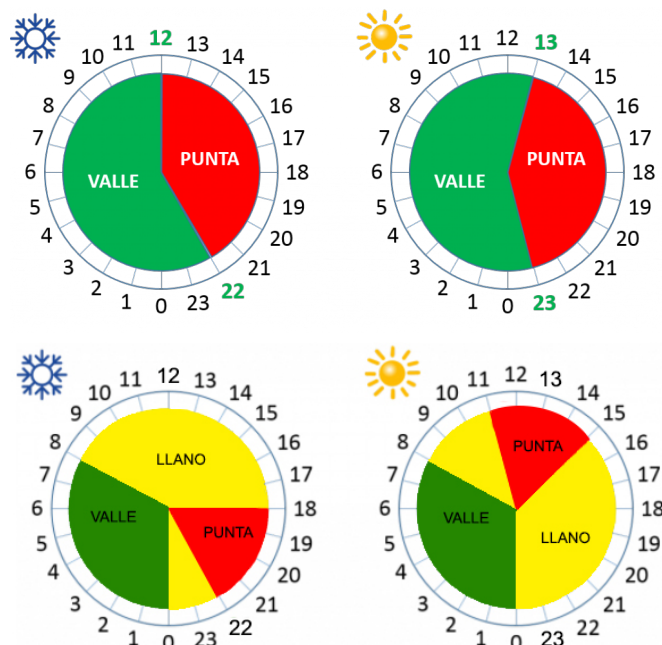


Figura 18: Horarios de discriminación horaria con dos periodos (arriba) y tres periodos (abajo) en invierno (izquierda) y verano (derecha) [78]

| Empresa         | Término de potencia (€/kW/año) | Término de energía punta (€/kWh) | Término de energía valle (€/kWh) |
|-----------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Endesa [79]     | 41,156424                      | 0,158614                         | 0,079420                         |
| Lucera [80]     | 38,033                         | 0,148                            | 0,073                            |
| Edp [81]        | 50,872344                      | 0,187428                         | 0,097851                         |
| Holaluz [82]    | 38,043585                      | 0,16                             | 0,089                            |
| Inserimos [83]  | 49,0434                        | 0,170884                         | 0,099282                         |
| Iberdrola [84]  | 45                             | 0,188101                         | 0,096863                         |
| Naturgy [85]    | 46,093426                      | 0,170210                         | 0,094508                         |
| <b>Promedio</b> | <b>44,034597</b>               | <b>0,1688378</b>                 | <b>0,0899891</b>                 |

Tabla 7: Tarifas eléctricas 2.0DHA de diferentes comercializadoras libres

| Empresa         | Término de potencia punta (€/kW/año) | Término de potencia llano (€/kW/año) | Término de potencia valle (€/kW/año) |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Endesa [79]     | 41,950752                            | 25,170444                            | 16,780296                            |
| Inserimos [83]  | 44,7289                              | 28,4373                              | 20,1916                              |
| Naturgy [85]    | 41,2289                              | 24,9373                              | 16,7916                              |
| <b>Promedio</b> | <b>42,1594</b>                       | <b>25,7456</b>                       | <b>17,5138</b>                       |
| Empresa         | Término de energía punta (€/kWh)     | Término de energía llano (€/kWh)     | Término de energía valle (€/kWh)     |
| Endesa [79]     | 0,110292                             | 0,110292                             | 0,110292                             |
| Inserimos [83]  | 0,125131                             | 0,113421                             | 0,090484                             |
| Naturgy [85]    | 0,130879                             | 0,116921                             | 0,092439                             |
| <b>Promedio</b> | <b>0,1221</b>                        | <b>0,113545</b>                      | <b>0,097738</b>                      |

Tabla 8: Tarifas eléctricas 3.0A de diferentes comercializadoras libres

La inflación anual de los precios de la electricidad se obtuvo elaborando un promedio del incremento anual del precio de la electricidad en España desde 2007, obteniéndose un 5,36 % [86].

En cuanto a las emisiones asociadas a la red, actualmente se sitúan en 170 g CO<sub>2</sub>/kWh [27]. En cuanto a las emisiones futuras, la previsión es bastante optimista, con un 70 % de reducción de emisiones respecto a los niveles de 1990 para 2030 y la generación neutra en carbono fijada como objetivo por la UE para 2050 [87]. De este modo, teniendo en cuenta un sistema con una vida útil de 25 años, el cual finalizaría dicha vida en el año 2044, y asumiendo una reducción de emisiones lineal, se tendrían unas emisiones asociadas a la red de 32,9 g CO<sub>2</sub>/kWh en su último año de vida. Por lo tanto, se supone **un nivel de emisiones promedio asociado a la red de 101,45 g CO<sub>2</sub>/kWh.**

Por último, cabe destacar que al eliminar los generadores auxiliares e introducir compra/venta de energía a la red eléctrica, la estrategia de control adoptada en estos casos será la de seguimiento de la demanda, ya que la estrategia de carga cíclica deja de tener sentido en estos escenarios (ver Anexo IV). Además, ahora se introduce una estrategia adicional que gestiona la interacción de las baterías con la red, considerando la posibilidad de comprar energía durante los periodos valle y de vender energía en los periodos punta.

## 6.10. PREDIMENSIONAMIENTO

Una vez se han definido todos los datos, parámetros y componentes, el último paso antes de lanzar cada simulación es el predimensionamiento de la misma. Esta es una herramienta incluida en iHOGA mediante la cual, en función de todos los parámetros introducidos y de las características de los componentes considerados en cada escenario, fija el número mínimo y máximo de cada tipo de componente, estableciendo así los límites de la simulación. Cabe mencionar que para todos los componentes mencionados, se consideró la opción de no incluir ninguno de ellos.

## 7. RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez se lanzaron todas las simulaciones, se obtuvieron dos grupos de resultados principales para cada escenario. El primer grupo de resultados, mostrado en las figuras 21 a 24, fueron las fronteras de Pareto de la optimización multi-objetivo LCOE-LCE de cada escenario, el objetivo principal del presente trabajo. En estas figuras se añadió además la pareja de valores LCOE-LCE de los escenarios en los cuales cada perfil de consumo es alimentado solo por la red. El segundo grupo, mostrado en el Anexo V, es el conjunto de componentes, estrategia de control y valores de las variables de control necesarios para conseguir cada pareja de valores LCOE-LCE de cada frontera de Pareto obtenida, además de otra serie de resultados adicionales.

Realizando en primer lugar una comparación de los sistemas de almacenamiento basados en baterías de plomo frente a aquellos con baterías de litio, se puede observar que las

baterías de plomo se siguen imponiendo a las de litio. No obstante, en algunos casos, especialmente en Jaca, pueden observarse que las baterías de litio dan mejores soluciones que las de plomo. Esto puede derivarse de la elección de los componentes a considerar para cada simulación, es decir, que la capacidad de baterías de litio elegidas en el predimensionamiento se ajuste más a los requerimientos del escenario en concreto que las de plomo. En cualquier caso, este hecho se dilucidaría con un futuro estudio de detalle, propuesto en la sección de limitaciones y líneas futuras.

Por otro lado, los escenarios en los cuales las cargas son alimentadas solo por la red arrojan mejores resultados para el piso y el consumo constante en las tres localizaciones, debido al bajo consumo de ambos. Esto sin duda se debe al mayor coste por unidad de potencia/capacidad/intensidad de los componentes de menor tamaño del sistema de energía renovable. En el resto de casos, debido a la disminución generalizada de costes de los componentes al aumentar su tamaño, son los sistemas autónomos los que dan los mejores resultados, con ambos tipos de batería.

Finalmente, en la figura 24 se muestran los resultados obtenidos al comparar un sistema autónomo con almacenamiento de baterías de plomo (ya que arrojó mejores resultados en general que aquellos sistemas con almacenamiento de baterías de litio) con un sistema de energías renovables sin generación auxiliar y con conexión a la red. El resultado más interesante a destacar es que todas las soluciones obtenidas en estos 6 escenarios fueron sin baterías. También destaca el hecho de que en la inmensa mayoría de los casos (a excepción de algunos resultados obtenidos para la granja) se obtienen mejores resultados para los sistemas de energía renovable con conexión a la red que para los sistemas autónomos. Además, cabe destacar nuevamente la diferencia entre los dos menores consumos (piso y constante) y el resto de consumos, más elevados. En los dos primeros se puede observar que, si bien la cobertura de la demanda solo con la red arroja mejores resultados que un sistema autónomo, es aún mejor la combinación de un sistema de energía renovable sin almacenamiento ni generación auxiliar y con conexión a la red. Por otro lado, en los 4 últimos perfiles, los de mayor consumo, se puede apreciar que al contrario que en los dos primeros, la cobertura de la demanda obtenida solo de la red eléctrica arroja los peores resultados.

Es importante remarcar que cuando se habla de un consumo alimentado solo por la red eléctrica se asume que este es el caso original del que parte este estudio. Es decir, se considera que los perfiles de consumo descritos parten de una conexión a la red preexistente que alimenta su demanda por completo y se estudia si los sistemas de energía renovable planteados ofrecerían una solución mejor en términos de LCOE y LCE.



### Fronteras de Pareto Zaragoza

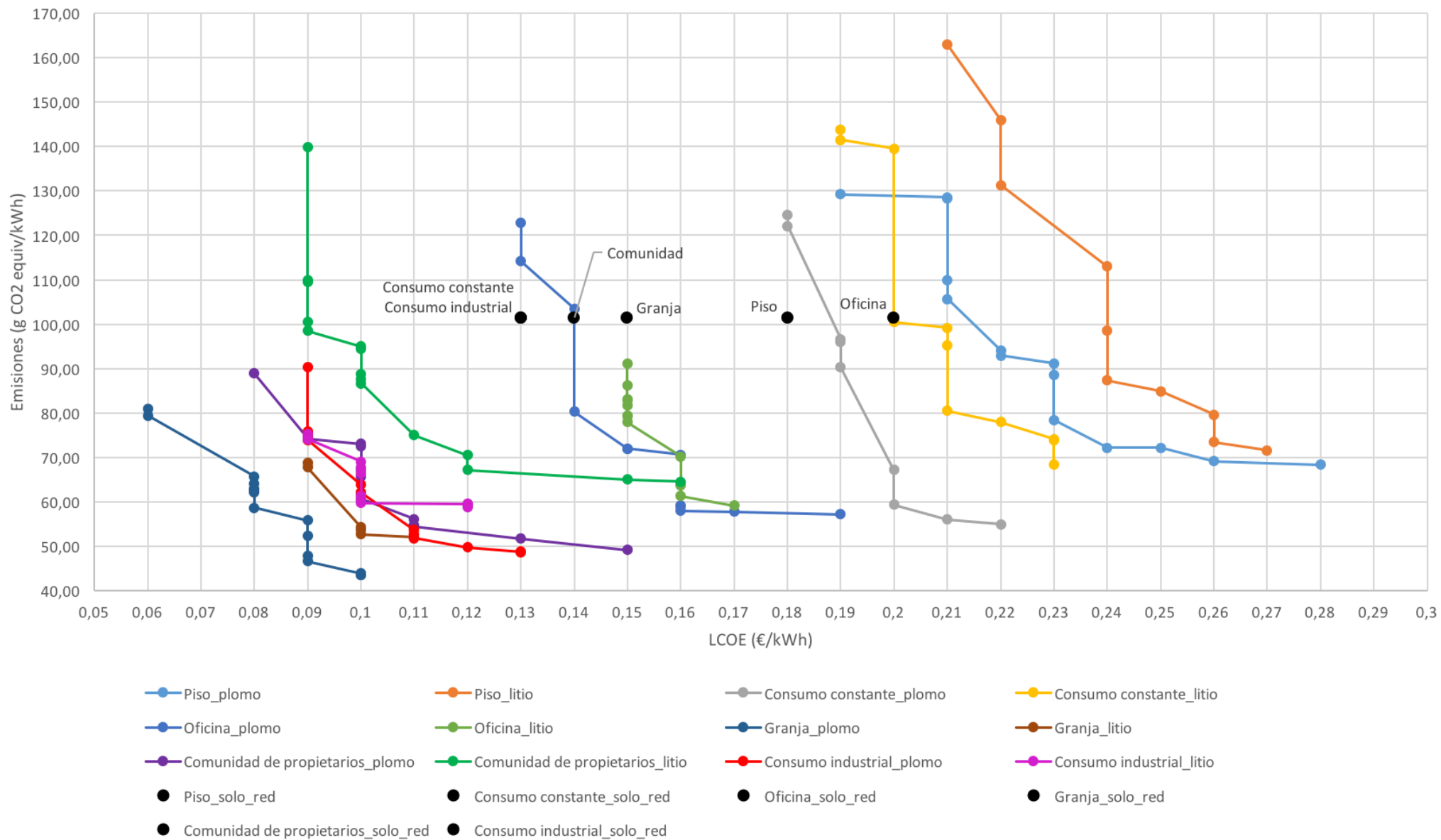


Figura 19: Fronteras de Pareto Zaragoza



### Fronteras de Pareto Jaca

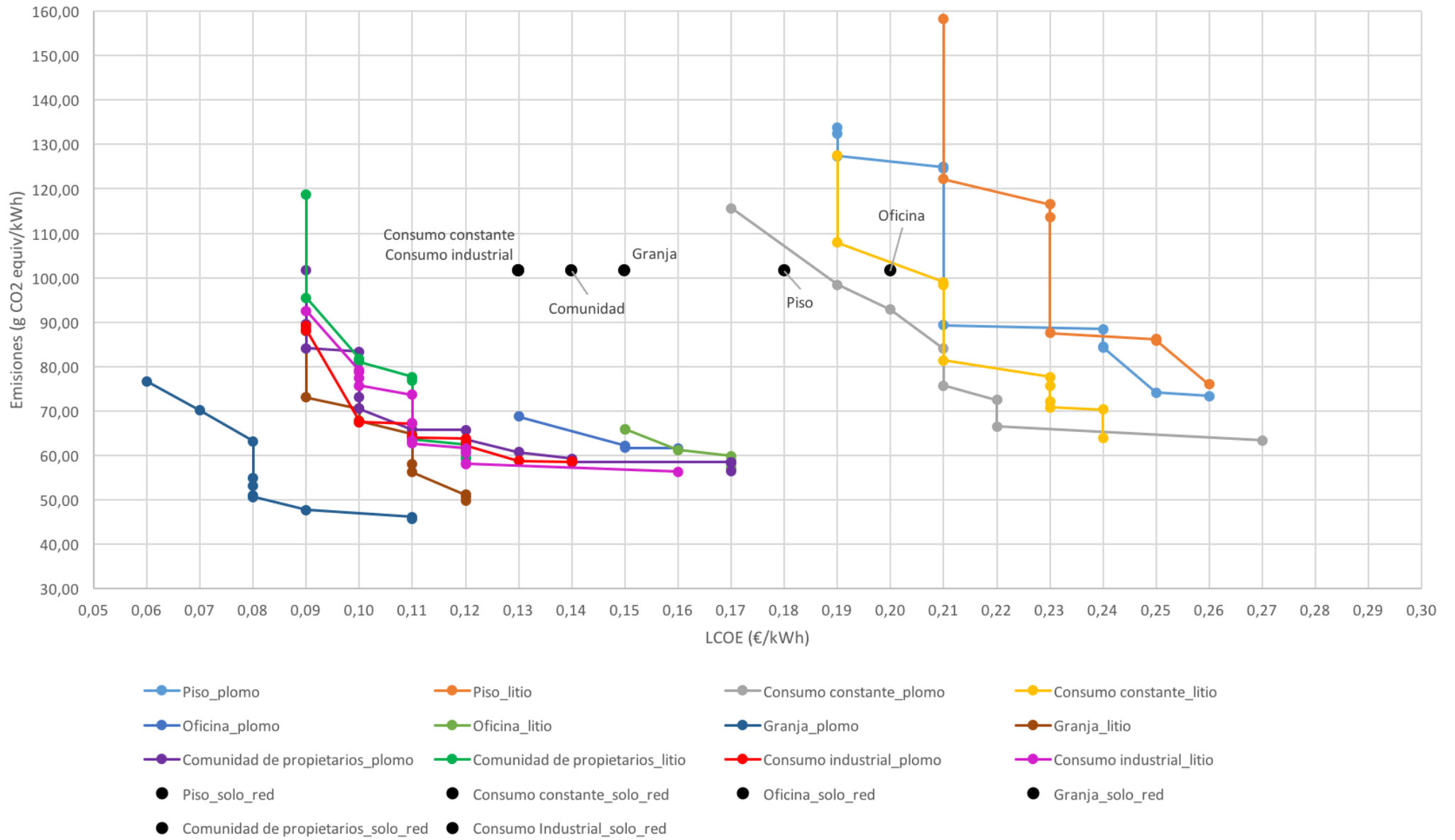
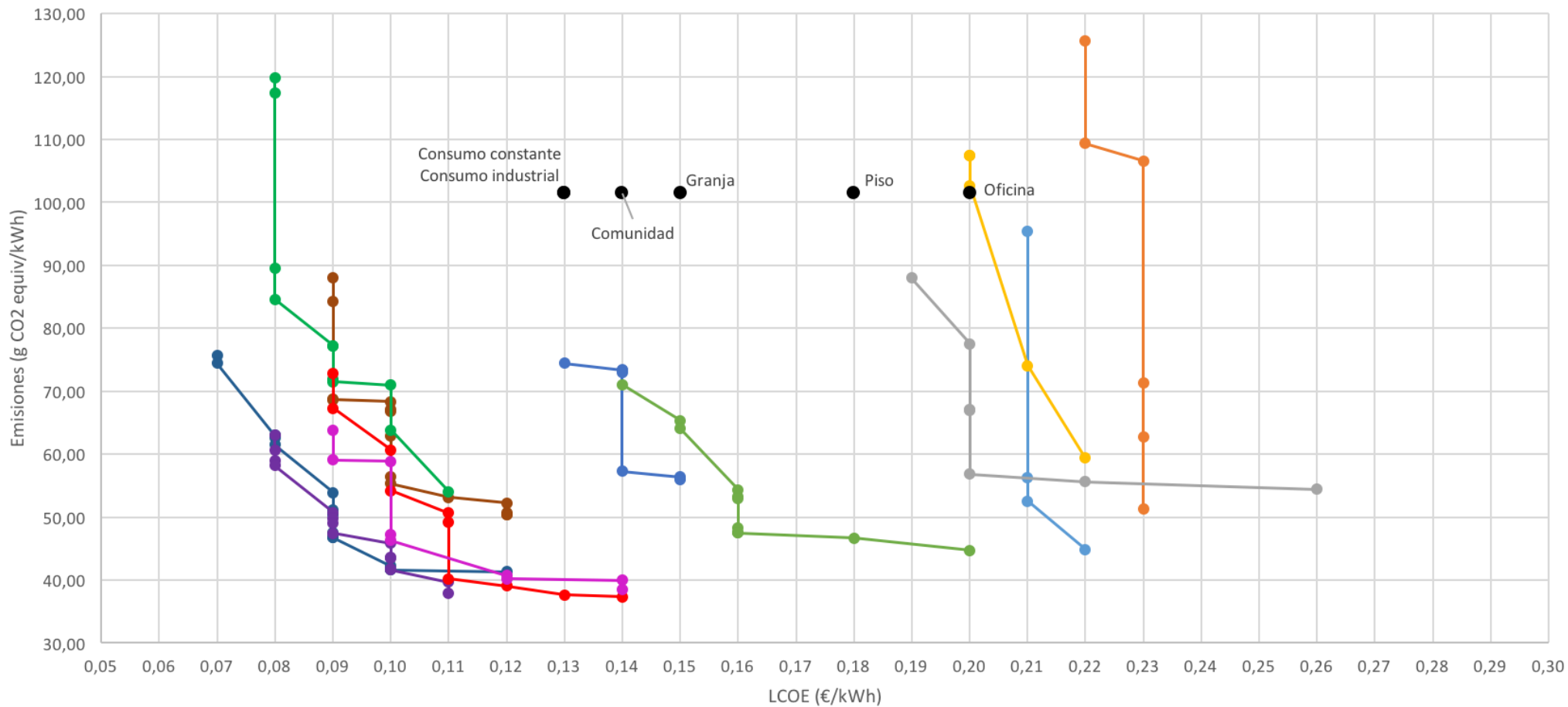


Figura 20: Fronteras de Pareto Jaca

Fronteras de Pareto Bilbao



- Piso\_plomo
- Oficina\_plomo
- Comunidad de propietarios\_plomo
- Piso\_solo\_red
- Comunidad de propietarios\_solo\_red
- Piso\_litio
- Oficina\_litio
- Granja\_litio
- Consumo constante\_litio
- Consumo constante\_plomo
- Granja\_plomo
- Consumo industrial\_plomo
- Consumo constante\_solo\_red
- Oficina\_solo\_red
- Granja\_solo\_red
- Consumo industrial\_litio
- Consumo industrial\_solo\_red

Figura 21: Fronteras de Pareto Bilbao

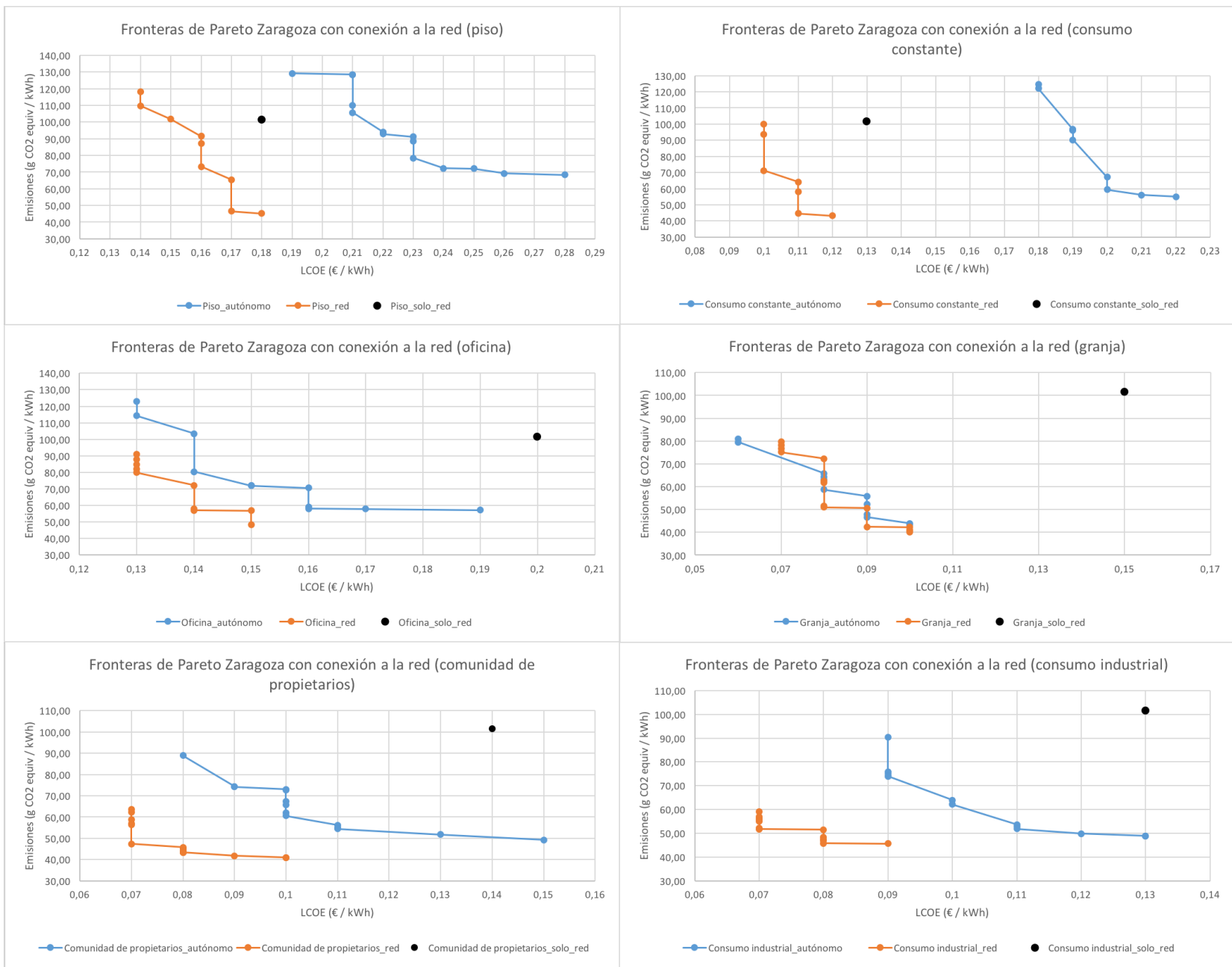


Figura 22: Fronteras de Pareto de escenarios con conexión a la red

## 8. LIMITACIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Uno de los principales problemas encontrados ha sido la obtención de precios de los componentes a partir de ciertos tamaños, ya que en esos casos se suele hacer un contacto con la empresa, la cual informará del precio del componente en el que se está interesado, muchas veces tras una negociación. Por lo tanto, y debido al carácter académico de este trabajo, no se pudo tener acceso a determinados datos sobre precios de algunos de los componentes más grandes, por lo que se hicieron algunas estimaciones basadas en las tendencias observadas en otros componentes de menor tamaño y en los costes genéricos de los sistemas multi-megavatio comerciales. En un posible estudio futuro con acceso a datos de precios de diferentes empresas para los componentes de mayor tamaño se podrían obtener estimaciones de costes más precisas.

También resultó extremadamente difícil encontrar datos recientes de emisiones de ciclo de vida de componentes, ya que a pesar de haber multitud de artículos e informes muy recientes al respecto, todos ellos utilizan datos de hace algunos años. Es por eso que se han tenido que realizar ciertas estimaciones de las emisiones actuales basadas en la reducción de las emisiones asociadas a la red en cada caso. La complementación de este trabajo con estudios actualizados de LCE sería idónea para conseguir una mayor precisión en las estimaciones de emisiones de los componentes.

Por otro lado, para simular el envejecimiento de las baterías de plomo se disponía del modelo de envejecimiento de Schiffer [88], un poco más preciso que el modelo utilizado, pero también requiere un tiempo de simulación del orden de 20 veces mayor, a veces incluso más. Es por eso que, por un acto de gestión de recursos, se decidió no emplearlo. Del mismo modo, para la simulación del envejecimiento de las baterías de litio, se disponía de algunos modelos algo más precisos que el utilizado, pero muy específicos para un modelo de batería en concreto, como el modelo de Wang et al. [89], el modelo de Groot et al. [90] o el modelo de Saxena et al. [91]. Puesto que el objetivo de este trabajo era utilizar componentes genéricos para realizar un estudio previo de viabilidad, la utilización de componentes tan específicos no cuadraba con la consecución de dicho objetivo. Es por eso que no se utilizaron, reservándose para un posible estudio de detalle futuro.

En cuanto a las simulaciones realizadas, hay que tener en cuenta que no se puede hacer una simulación con infinitos componentes y que hay que hacer una preselección de los mismos para realizar un predimensionamiento antes de llevar a cabo la simulación. Esto implica que, a pesar de que la preselección de los componentes considerados en cada simulación se realizó cautelosamente y teniendo en cuenta el recurso energético disponible y el perfil de consumo simulado, esta selección no es perfecta y posiblemente la elección de algunos de los componentes pueda afinarse un poco más para conseguir unos resultados algo más optimizados en algunos casos. No obstante, este ajuste fino de la elección de componentes sería parte del posible estudio de detalle futuro propuesto en el párrafo anterior.

Por último, el haber obtenido soluciones viables técnica y económicamente no significa que todos estos sistemas puedan ser llevados a cabo en cualquier lugar. Se han obtenido resultados genéricos para dar unas condiciones, emisiones y costes aproximados para

sistemas de características similares. Es decir, el objetivo es informar sobre la viabilidad técnica y económica de este tipo de sistemas, como estudio previo al futuro estudio de detalle propuesto, en el cual también se tendrían en cuenta otros factores como las leyes municipales y urbanísticas y las condiciones específicas de cada escenario en particular.

## 9. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se han podido obtener buenas estimaciones de costes y emisiones de la mayoría de los componentes que intervienen en los sistemas propuestos. Esto ha permitido la consecución del objetivo principal propuesto al inicio del mismo: la obtención de las fronteras de Pareto de costes-emisiones (LCOE-LCE) de diferentes consumos representativos de la sociedad en diferentes localizaciones con un recurso solar y eólico representativo de una gran parte del territorio español.

Así mismo, se ha efectuado una comparación directa de sistemas con almacenamiento de baterías de plomo y de litio, lo cual ha permitido concluir que, en igualdad de condiciones, las baterías de plomo siguen representando una mejor opción que las de litio para constituir el sistema de almacenamiento en este tipo de sistemas. Sin embargo, las baterías de litio se han acercado notablemente a las de plomo, y sería de esperar que en pocos años llegaran a imponerse. Esto es debido a la rápida caída de costes que actualmente están experimentando y a la reciente planificación de la construcción de diversas fabricas de este tipo de baterías en Europa, lo que impulsará muy notablemente la producción europea de baterías de litio para inicios de la próxima década [92, 93]. Esto hará que los costes caigan aún más, además de conseguir unas emisiones asociadas menores en comparación a aquellas de fabricación surcoreana o japonesa, al ser estos países aún muy dependientes de centrales térmicas convencionales para generar su energía.

En cuanto a las combinaciones de componentes obtenidas para cada escenario (ver Anexo V), cabe a destacar que todos los sistemas cuentan con generación fotovoltaica, debido a la combinación de un alto recurso solar y los bajos costes de los paneles solares. Esto hace que la generación fotovoltaica sea un aspecto crucial para este tipo de sistemas.

Del mismo modo, todos los sistemas obtenidos cuentan con un generador diésel o gasolina para proporcionar una autonomía total al sistema, evitando una capacidad de almacenamiento excesiva que daría unos costes y emisiones superiores a los óptimos. La tendencia observada en este caso es la de tener generadores de gasolina en los consumos más pequeños y generadores diésel en los más grandes. Este hecho sin duda se deriva de que los generadores de gasolina son más baratos, pero también tienen una vida útil en torno a 10 veces menor. Por lo tanto, esto los hace adecuados para pequeños consumos y una utilización baja, pero conforme los consumos y la utilización del generador aumentan, son los generadores diésel los que pasan a suponer una mejor opción.

En cambio, sí se obtienen soluciones sin generación eólica (aproximadamente la mitad de los sistemas en los casos de menor consumo en Zaragoza y Jaca). Destaca el hecho de que en Jaca y Zaragoza se obtienen soluciones con potencias eólicas instaladas similares,

si bien se observan diferencias sustanciales en la producción debido a la diferencia de recurso eólico de ambas localizaciones. Por otro lado, en Bilbao, debido a un recurso eólico mayor, todos los sistemas obtenidos cuentan, en mayor o menor medida, con generación eólica. El hecho de obtener sistemas sin generación eólica refuerza aún más la importancia de los paneles solares en este tipo de sistemas.

No obstante, no se trata de un trabajo que pueda considerarse finalizado, existiendo diversas posibilidades de continuación del mismo para ampliarlo y complementarlo, obteniendo resultados y conclusiones de mayor fuerza y calado. A modo de ejemplo, y sin ánimo de exhaustividad, se proponen como posibles estudios complementarios al presente trabajo:

- Un estudio de costes focalizado en los componentes de mayor tamaño.
- Un estudio exhaustivo de emisiones del ciclo de vida de componentes elaborado con datos actuales.
- Un estudio de detalle que parta de este estudio previo de viabilidad para obtener resultados ajustados de costes y emisiones en localizaciones específicas, teniendo en cuenta aspectos no solo técnicos, sino también legales y administrativos (permisos y trámites necesarios para la implementación de sistemas con las características descritas, limitaciones a la instalación de aerogeneradores en determinadas zonas como zonas residenciales o de oficinas, etc).

Como valoración final, destacar que se ha podido demostrar que los sistemas de energías renovables con conexión a la red descritos (asumiendo que dicha conexión ya existía cuando se instaló el sistema de energía renovable) son actualmente mejores en lo que se refiere a LCOE y LCE que los sistemas autónomos descritos (en la práctica totalidad de los casos) y que los sistemas sin más suministro que el proporcionado por la red eléctrica (en todos los casos salvo en los de menores consumos).

Por otro lado, también cabe destacar que los costes y emisiones de los sistemas autónomos descritos han decaído notablemente a lo largo de esta década, si se comparan con los obtenidos a principios de la misma [63].

Esto es una gran señal, no solo de que los costes de los sistemas de energías renovables han decaído muy notablemente en los últimos años, sino de que han alcanzado un punto en el que son incluso más rentables (y por supuesto contaminan mucho menos) que la obtención de la energía eléctrica directamente de la red. Este hecho, si se impulsa y financia adecuadamente, sin duda será un factor clave de la transición energética hacia una generación de energía sostenible en nuestro país.

## REFERENCIAS

1. Earth Science Communications Team at NASA's Jet Propulsion Laboratory | California Institute of Technology. (2019). *Scientific Consensus: Earth's Climate in Warming*. Retrieved from: <https://climate.nasa.gov/scientific-consensus/>
2. Cook, J., Oreskes, N., Doran, P. T., Anderegg, W. R. L., Verheggen, B., Maibach, E. W., ... Rice, K. (2016). Consensus on consensus: A synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, 11(4), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
3. Cook, J., Nuccitelli, D., Green, S. A., Richardson, M., Winkler, B., Painting, R., ... Skuce, A. (2013). Environmental Research Letters Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. *Environ. Res. Lett*, 8, 24024–24027. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/024024>
4. Mirle, K., Uk, M. R. A., Canada, N. G., Gutzler, D., Republic, S. M., Uk, D. M., ... France, A. R. (2013). Detection and attribution of climate change: From global to regional. *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 9781107057999, 867–952. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.022>
5. Economía, M. de. (2001). Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica. *Boletín Oficial Del Estado*, 268, 40618–40629. Retrieved from [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-20850](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2001-20850)
6. Hydro, W., & Services, E. (2005). Power Factor Correction at the Residential Level – Pilot Project Report to the LDC Tomorrow Fund. *Energy*.
7. Bhatia, I. A. (2012). Power Factor in Electrical, 144.
8. . LDC presenta un estudio sobre edificios, hogares y comunidades. *Franquicias Al Día*. (n.d.). Retrieved from: <https://www.franquiciasaldia.es/noticias/2010-11-10/LDC-presenta-un-estudio-sobre-edificios-hogares-y-comunidades/>
9. IDAE | Gobierno de España | Atlas Eólico de España. (n.d.). Retrieved from <http://atlaseolico.idae.es/>
10. Sancho, J., Riesco, J., & Jiménez, C. (2012). Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT. *Ministerio de Agricultura, ...*, 162. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Atlas+de+Radiación+Solar+en+España+utilizando+datos+del+SAF+de+Clima+de+EUMETSAT#0>
11. Buscador de coordenadas geográficas - GeoDatos. (n.d.). Retrieved from <https://www.geodatos.net/coordenadas>

12. Ciudades y pueblos del mundo. (n.d.). Retrieved from <https://es.db-city.com/>
13. NASA | ArcGIS Web Application. (n.d.). Retrieved from <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
14. Renewables.ninja. (n.d.). Retrieved from <https://www.renewables.ninja/>
15. Hou, G., Sun, H., Jiang, Z., Pan, Z., Wang, Y., Zhang, X., ... Yao, Q. (2016). Life cycle assessment of grid-connected photovoltaic power generation from crystalline silicon solar modules in China. *Applied Energy*, 164, 882–890. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.11.023>
16. Cui, H., Wu, R., & Zhao, T. (2018). Decomposition and Forecasting of CO2 Emissions in China's Power Sector Based on STIRPAT Model with Selected PLS Model and a Novel Hybrid PLS-Grey-Markov Model. *Energies*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/en11112985>
17. Hou, J., & Hou, P. (2018). Polarization of CO2 emissions in China's electricity sector: Production versus consumption perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 178, 384–397. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.011>
18. Tracking the decoupling of electricity demand and associated CO2 emissions. (n.d.). Retrieved from <https://www.iea.org/newsroom/news/2019/march/tracking-the-decoupling-of-electricity-demand-and-associated-co2-emissions.html>
19. Railway link Yiwu-Madrid now stops in Zaragoza, Barcelona | RailFreight.com. (n.d.). Retrieved from <https://www.railfreight.com/beltandroad/2018/11/27/railway-link-yiwu-madrid-now-stops-in-zaragoza-barcelona/?gclid=...>
20. Specific CO2 emissions per tonne-km and per mode of transport in Europe — European Environment Agency. (n.d.). Retrieved from [https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-tonne-2#tab-chart\\_1](https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/specific-co2-emissions-per-tonne-2#tab-chart_1)
25. 2019 Average Solar Panel Size and Weight | EnergySage. (n.d.). Retrieved from <https://news.energysage.com/average-solar-panel-size-weight/>
21. 2019 Average Solar Panel Size and Weight | EnergySage. (n.d.). Retrieved from <https://news.energysage.com/average-solar-panel-size-weight/>
22. PVinsights : All Solar Photovoltaic Energy Price Trend Update and Research Reports. (n.d.). Retrieved from <http://pvinsights.com/indexUS.php>
23. XE - La autoridad mundial en divisas en la que puede confiar: transferencias de dinero y herramientas gratuitas de tipo de cambio. (n.d.). Retrieved from <https://www.xe.com/es/>
24. ENF List of Solar Companies and Products - Including Solar Panel and Inverter PV Manufacturers. (n.d.). Retrieved from <https://www.enfsolar.com/>



25. La eliminación de los aranceles a los paneles chinos impulsará hasta un 40% las instalaciones solares en Europa – El Periodico de la Energía | El Periodico de la Energía con información diaria sobre energía eléctrica, eólica, renovable, petróleo y gas, mercados y legislación energética. (n.d.). Retrieved from <https://elperiodicodelaenergia.com/la-eliminacion-de-los-aranceles-a-los-paneles-chinos-impulsara-hasta-un-40-las-instalaciones-solares-en-europa/>
26. Yue, D., You, F., & Darling, S. B. (2014). Domestic and overseas manufacturing scenarios of silicon-based photovoltaics: Life cycle energy and environmental comparative analysis. *Solar Energy*, 105, 669–678. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.04.008>
27. REData | Red Eléctrica de España. (n.d.). Retrieved from <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>
28. Tienda Online de Paneles Solares | Envío gratuito y financiación | Atersa. (n.d.). Retrieved from <https://atersa.shop/>
29. Compra Venta | Mayoristas | SoloStocks. (n.d.). Retrieved from <https://www.solostocks.com/>
30. SOLARMAT | Placa Solar, Kit Solar, Autoconsumo | Tu tienda online de Placas Solares y Energía Solar de Confianza - SOLARMAT. (n.d.). Retrieved from <http://solarmat.es/es/>
31. Distributed Generation Renewable Energy Estimate of Costs | Energy Analysis | NREL. (n.d.). Retrieved from <https://www.nrel.gov/analysis/tech-lcoe-re-cost-est.html>
32. Previsión IPC 2019: qué podemos esperar de los precios este año — idealista/news. (n.d.). Retrieved from <https://www.idealista.com/news/finanzas/economia/2019/01/15/771066-prevision-ipc-2019-que-podemos-esperar-de-los-precios-este-ano>
33. Smoucha, E. A., Fitzpatrick, K., Buckingham, S., & Knox, O. G. G. (2016). Fundamentals of Renewable Energy and Applications Life Cycle Analysis of the Embodied Carbon Emissions from 14 Wind Turbines with Rated Powers between 50 Kw and 3 . 4 Mw. *Journal of Fundamentals of Renewable Energy and Applications*, 6(4). <https://doi.org/10.4172/20904541.1000211>
34. Mitchell, C. (2000). T HE E NGLAND AND W ALES N ON -F OSSIL F UEL O BLIGATION : History and Lessons. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 285–312. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.25.1.285>
35. Greening, B., & Azapagic, A. (2013). Environmental impacts of micro-wind turbines and their potential to contribute to UK climate change targets. *Energy*, 59, 454–466. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.06.037>

36. Merkasol | Tu Tienda Online de Energía Solar y Autoconsumo. (n.d.). Retrieved from <https://www.merkasol.com/>
37. TeknoSolar.com | La Tienda Online de Energía Solar desde 2005. (n.d.). Retrieved from <https://www.teknosolar.com/>
38. Tienda online de energía solar fotovoltaica y Eficiencia Energetica - Tutiendaenergetica.es. (n.d.). Retrieved from <https://www.tutiendaenergetica.es/>
39. Tienda de energía solar y energías renovables online - Ecofener. (n.d.). Retrieved from <https://ecofener.com/>
40. 2H 2017 Wind Turbine Price Index | BloombergNEF. (n.d.). Retrieved from <https://about.bnef.com/blog/2h-2017-wind-turbine-price-index/>
41. IRENA. (2018). Renewable Power Generation Costs in 2018. Retrieved from: <https://www.irena.org/publications/2019/May/Renewable-power-generation-costs-in-2018>
42. Liu, W., Sang, J., Chen, L., Tian, J., & Zhang, H. (2015). Life cycle assessment of lead-acid batteries used in electric bicycles in China, 108.
43. Batteries | Wind & Sun. (n.d.). Retrieved from <http://www.windandsun.co.uk/products/Batteries#.XXZL2K0RHBJ>
44. Schmidt, O., Hawkes, A., Gambhir, A., & Staffell, I. (2017). The future cost of electrical energy storage based on experience rates. *Nature Energy*, 2(8). <https://doi.org/10.1038/nenergy.2017.110>
45. Stougie, L., Del Santo, G., Innocenti, G., Goosen, E., Vermaas, D., van der Kooi, H., & Lombardi, L. (2019). Multi-dimensional life cycle assessment of decentralised energy storage systems. *Energy*, 182, 535–543. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.110>
46. Yuan, C., Deng, Y., Li, T., & Yang, F. (2017). Manufacturing energy analysis of lithium ion battery pack for electric vehicles. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66(1), 53–56. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.109>
47. Peters, J. F., Baumann, M., Zimmermann, B., Braun, J., & Weil, M. (2017). The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 491–506. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.08.039>
48. Jung, K. T., & Hyun, J. W. (2016). Republic of Korea. *Merger Control Worldwide*, 78–93. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511494697.020>
49. Huh, Y., Park, E. C., Park, S. Y., Park, J., Kim, J., Lee, Y., ... Uk, H. (2017). Republic of Korea Republic of Korea, 1–12.

50. Intensity, E., The, O. F., Emissions, T., Capita, P. E. R., New, O. F., In, R., & Mix, E. (2018). South korea, 1–15.
51. EV-Power | Lithium Battery Packs - from 40AH to 1000AH cells. (n.d.). Retrieved from <https://www.ev-power.eu/BatteryPacks/>
52. 48 Volt Lithium Batteries for EV | Electric Car Parts Company. (n.d.). Retrieved from [https://www.electricense.com/b-48-VOLT-PACKSb\\_c\\_183-1-2.html](https://www.electricense.com/b-48-VOLT-PACKSb_c_183-1-2.html)
53. Benton, K., Yang, X., & Wang, Z. (2017). Life cycle energy assessment of a standby diesel generator set. *Journal of Cleaner Production*, 149, 265–274. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.082>
54. Ali, I., Shafiullah, G. M., & Urme, T. (2018). A preliminary feasibility of roof-mounted solar PV systems in the Maldives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 83(May), 18–32. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.019>
55. ICF International. (2014). Diesel Generators : Improving Efficiency and Emission Performance in India. Interim Report. Retrieved from <http://shaktifoundation.in/wp-content/uploads/2014/02/Shakti-Diesel-Generators-FINAL1.pdf>
56. Edwards, R. (Jrc/Ies), Larive, J.-F. (Concawe), Mahieu, V. (Jrc/Ies), & Rounveiolles, P. (Renault). (2007). WELL-TO-WHEELS ANALYSIS OF FUTURE AUTOMOTIVE FUELS AND WELL-to-WHEELS Report. Europe, Version 2c(March), 88. <https://doi.org/10.2788/79018>
57. Autosolar | La Tienda de la Energía Solar. (n.d.). Retrieved from <https://autosolar.es/>
58. Grupos electrógenos - generadores eléctricos. - LiderSolar. (n.d.). Retrieved from [http://www.lidersolar.es/epages/940338785.sf/es\\_ES/?ObjectPath=/Shops/940338785/Categories/GRUPOS\\_ELECTROGENOS](http://www.lidersolar.es/epages/940338785.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/940338785/Categories/GRUPOS_ELECTROGENOS)
59. Quienes somos | SEYSU Hidraulica S.L. (n.d.). Retrieved from <https://seysu.es/quienes-somos-seysu/gmx-niv855.htm>
60. Generadores Eléctricos, Grupos Electrógenos y Maquinaria. (n.d.). Retrieved from <https://www.ventageneradores.net/>
61. Generador Kaiser diésel Insonorizado 7.2 kW, muy eficiente. (n.d.). Retrieved from <https://www.ventageneradoreselectricos.es/generadores-electricos/generador-kaiser-diesel-insonorizado-72kw-con-rc>
62. Dhundhara, S., Verma, Y. P., & Williams, A. (2018). Techno-economic analysis of the lithium-ion and lead-acid battery in microgrid systems. *Energy Conversion and Management*, 177(September), 122–142. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.09.030>

63. Dufo-lópez, R., Bernal-agustín, J. L., Yusta-loyo, J. M., Domínguez-navarro, J. A., Ramírez-rosado, I. J., Lujano, J., & Aso, I. (2011). Multi-objective optimization minimizing cost and life cycle emissions of stand-alone PV – wind – diesel systems with batteries storage, 88, 4033–4041. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.04.019>
64. Oil and gas innovation. (n.d.). Retrieved from <https://www.iea.org/weo2018/oilandgas/>
65. Precios de los derivados del petróleo: España 2019 | datosmacro.com. (n.d.). Retrieved from <https://datosmacro.expansion.com/energia/precios-gasolina-diesel-calefaccion/espana>
66. Qué regulador de carga solar elegir, PWM o MPPT? - Tienda online Tecnosol. (n.d.). Retrieved from <https://tecnosolab.com/noticias/regulador-carga-pwm-mppt/>
67. Dufo López, R. (n.d.). iHOGA Versión 2.4 Manual del Usuario. Retrieved from <https://ihoga.unizar.es>
68. Fu, R., Feldman, D., & Margolis, R. (2018). U . S . Solar Photovoltaic System Cost Benchmark : Q1 2018. Nrel, (November), 1–47. <https://doi.org/10.7799/1325002>
69. IRENA. (2018). International Renewable Energy Agency. Renewable Power Generation Costs in 2017. International Renewable Energy Agency. Retrieved from <https://www.irena.org/publications/2018/Jan/Renewable-power-generation-costs-in-2017idealista>
70. Banco de España. (2018). Proyecciones macroeconómicas de la economía española 2018-2021. Dirección General de Economía y Estadística. Retrieved from [https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/NotasInformativas/Briefing\\_notas/es/presentacion\\_proyecciones\\_diciembre\\_2018.pdf](https://www.bde.es/f/webbde/GAP/Secciones/SalaPrensa/NotasInformativas/Briefing_notas/es/presentacion_proyecciones_diciembre_2018.pdf)
71. Casanovas Martínez, T., (2016), Project Finance Internacional, Barcelona, España: Profit Editorial.
72. López Prol, J., & Steininger, K. W. (2017). Photovoltaic self-consumption regulation in Spain: Profitability analysis and alternative regulation schemes. Energy Policy, 108(September 2016), 742–754. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.019>
73. S. Downing, D. Socie, Simple Rainflow Counting Algorithms, Int. J. Fatigue. 4 (1982)
74. Para, M., & Transición, L. A. (2019). Boletín oficial del estado, 35674–35719.
75. Sobre, I., Especial, I., & La, S. (2015). Impuesto Especial. Retrieved from: [https://www.agenciatributaria.es/static\\_files/AEAT/Aduanas/Contenidos\\_Privados/Impuestos\\_especiales/estudio\\_relativo\\_2015/6\\_ELECTR.pdf](https://www.agenciatributaria.es/static_files/AEAT/Aduanas/Contenidos_Privados/Impuestos_especiales/estudio_relativo_2015/6_ELECTR.pdf)
76. Tecnología, M. de C. y. (n.d.). ITC-BT-10: Previsión de cargas para suministros en baja tensión. Boletín Oficial Del Estado, 1–5.

77. Potencias eléctricas normalizadas. (n.d.). Retrieved from <https://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/potencias-normalizadas>
78. Discriminación horaria – Energía Naranja. (n.d.). Retrieved from <https://energianaranja.es/discriminacion-horaria/>
79. Tarifas de Luz | ENDESA CLIENTES. (n.d.). Retrieved from <https://www.endesaclientes.com/catalogo/luz.html>
80. Tarifas de luz a precio de coste, el mejor precio de la luz — Lucera. (n.d.). Retrieved from <https://lucera.es/tarifas-luz>
81. EDP. (n.d.). Retrieved from <https://www.edpenergia.es/es/>
82. Holaluz, la compañía de luz que te ofrece energía 100% verde. (n.d.). Retrieved from <https://www.holaluz.com/>
83. Tarifas - Inserimos. (n.d.). Retrieved from <https://inserimos.com/tarifas/>
84. Tarifas de Luz - Ofertas de Electricidad - IBERDROLA. (n.d.). Retrieved from <https://www.iberdrola.es/luz>
85. Hogar - Naturgy. (n.d.). Retrieved from <https://www.naturgy.es/hogar>
86. Eurostat | European Union. (2019). Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards). Retrieved from: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg\\_pc\\_204&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_pc_204&lang=en)
87. Linares, P., & Declercq, D. (2018). Escenarios para el sector energético en España.
88. J. Schiffer, D.U. Sauer, H. Bindner, T. Cronin, P. Lundsager, R. Kaiser, Model prediction for ranking lead-acid batteries according to expected lifetime in renewable energy systems and autonomous power-supply systems, *J. Power Sources*. 168 (2007) 66–78. doi:10.1016/j.jpowsour.2006.11.092.
89. J. Wang, P. Liu, J. Hicks-Garner, E. Sherman, S. Soukiazian, M. Verbrugge, et al., Cycle-life model for graphite-LiFePO<sub>4</sub> cells, *J. Power Sources*. 196 (2011) 3942–3948. doi:10.1016/j.jpowsour.2010.11.134.
90. J. Groot, M. Swierczynski, A.I. Stan, S.K. Kær, On the complex ageing characteristics of high-power LiFePO<sub>4</sub>/graphite battery cells cycled with high charge and discharge currents, *J. Power Sources*. 286 (2015) 475–487. doi:10.1016/j.jpowsour.2015.04.001.
91. S. Saxena, C. Hendricks, M. Pecht, Cycle life testing and modeling of graphite / LiCoO<sub>2</sub> cells under different state of charge ranges, *J. Power Sources*. 327 (2016) 394–400. doi:10.1016/j.jpowsour.2016.07.057.

92. Europa espabila a tiempo: superará la fabricación de baterías de ion-litio en 198 GWh al año para 2023 – El Periodico de la Energía | El Periodico de la Energía con información diaria sobre energía eléctrica, eólica, renovable, petróleo y gas, mercados y legislación energética. (n.d.). Retrieved from <https://elperiodicodelaenergia.com/europa-espabila-a-tiempo-superara-la-fabricacion-de-baterias-de-ion-litio-en-198-gwh-al-ano-para-2023/>
93. El mercado de baterías de ion-litio tendrá un fuerte crecimiento en Europa en transporte y almacenamiento energético – El Periodico de la Energía | El Periodico de la Energía con información diaria sobre energía eléctrica, eólica, renovable, petróleo y gas, mercados y legislación energética. (n.d.). Retrieved from <https://elperiodicodelaenergia.com/el-mercado-de-baterias-de-ion-litio-tendra-un-fuerte-crecimiento-en-europa-en-transporte-y-almacenamiento-energetico/>
94. George B. Dantzig and Mukund N. Thapa. Linear Programming: 1: Introduction. Springer, 1 edition, 1997
95. Ruhul Sarker, Masoud Mohammadian, and Xin Yao. Evolutionary Optimization. Springer, 1 edition, 2002
96. Coello, C. A. C., Lamont, G. B., & Van Veldhuizen, D. A. (n.d.). Second Edition Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. Retrieved from <http://www.springer.com>
97. Mccall, J. (2005). Genetic algorithms for modelling and optimisation, 184, 205–222. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2004.07.034>
98. Eiben, A. E., & Smith, J. E. (2015). What Is an Evolutionary Algorithm?, 25–48. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-44874-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-662-44874-8_3)
99. Introduction to Genetic Algorithms — Including Example Code. (n.d.). Retrieved from <https://towardsdatascience.com/introduction-to-genetic-algorithms-including-example-code-e396e98d8bf3>
100. K. De Jong, "Genetic algorithms: a 30 year perspective," in Perspectives on Adaptation in Natural and Artificial Systems, L. Booker, S. Forrest, M. Mitchell, and R. Riolo, Eds.: Oxford University Press, 2005
101. P. Preux and E.-G. Talbi, "Towards hybrid evolutionary algorithms," International Transactions in Operational Research, vol. 6, pp. 557-570, 1999
102. Emmerich, M. T. M., & Deutz, A. H. (2018). A tutorial on multiobjective optimization: fundamentals and evolutionary methods. Natural Computing, 17(3), 585–609. <https://doi.org/10.1007/s11047-018-9685-y>
103. Introduction to Evolutionary Algorithms - Towards Data Science. (n.d.). Retrieved 16 September 2019, from <https://towardsdatascience.com/introduction-to-evolutionary-algorithms-a8594b484ac>

104. Dufo-López, R., Cristóbal-Monreal, I. R., & Yusta, J. M. (2016). Optimisation of PV-wind-diesel-battery stand-alone systems to minimise cost and maximise human development index and job creation. *Renewable Energy*, 94, 280–293. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.03.065>

# ANEXOS



## ANEXO I. EL SOFTWARE iHOGA

La optimización multi-variable de un problema con un gran número de elementos implicados (cada uno de los cuales cuenta a su vez con una gran variedad de opciones entre las que elegir) es una tarea compleja, cuya resolución no es directa. El principal problema es que, debido a este gran número de elementos implicados, el número de posibles combinaciones de los mismos es del orden de millones, decenas de millones o incluso centenares de millones. Y si bien algunos métodos numéricos tradicionales han dado buenos resultados en la resolución de algunos tipos de problemas de esta naturaleza [94], en otros se han obtenido soluciones subóptimas [95]. Incluso en el caso de utilizar un software de optimización específico basado en técnicas enumerativas que arroja buenos resultados, se requeriría una cantidad de tiempo excesiva para obtenerlos. Para dar una idea más precisa, la optimización de uno solo de los escenarios planteados más adelante utilizando estas técnicas necesitaría muchos días de ejecución ininterrumpida del software utilizado en este caso (iHOGA), llegando a estimar una duración desorbitada en algunos casos de sistemas con un número elevado de componentes.

| <b>Nº DE CASOS A EVALUAR Y TIEMPO ESPERADO:</b> |                    |                      |                         |                               |                        |
|---|--------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Velocidad de cálculo: 14,674 casos/segundo      |                    |                      |                         |                               |                        |
|   |                    | <u>M. ENUMER.</u>    | <u>POB (% TODAS C.)</u> | <u>ALG. GEN. (% TODAS C.)</u> |                        |
| ALG. PCPAL. (COMB. COMPONENTES):                |                    | 298080<br>(1x298080) | 126 (0,04%)             | 1837 (0,62%)                  |                        |
| ALG. SEC. (COMB. VARIABLES CONT.):              |                    | 432                  | 3 (0,69%)               | 42 (9,72%)                    |                        |
|   | <u>ALG. PCFAL.</u> | <u>ALG. SEC.</u>     | <u>CASOS A EVALUAR</u>  | <u>%</u>                      | <u>TIEMPO ESPERADO</u> |
| OPCIÓN 1:                                       | M. ENUM.           | M. ENUM.             | 128770560               | 100 %                         | 101 días 13h           |
| OPCIÓN 2:                                       | M. ENUM.           | ALG. GEN.            | 12519360                | 9,72 %                        | 9 días 20h             |
| OPCIÓN 3:                                       | ALG. GEN.          | M. ENUM.             | 793584                  | 0,62 %                        | 15h 1'                 |
| <b>OPCIÓN 4:</b>                                | <b>ALG. GEN.</b>   | <b>ALG. GEN.</b>     | <b>77154</b>            | <b>0,0599 %</b>               | <b>1h 27'</b>          |

Figura 23: Tiempos de cálculo estimados por iHOGA en función de los algoritmos utilizados (consumo industrial en Bilbao)

Por lo tanto, surge la necesidad de utilizar otro tipo de algoritmo más acorde a las características del problema a resolver. Esta es la razón que hay detrás del uso de algoritmos evolutivos, de los cuales se da una breve explicación en el Anexo II.

El software iHOGA (improved Hybrid Optimization by Genetic Algorithms) es un software desarrollado por el Dr. Rodolfo Dufo López en la Universidad de Zaragoza para la optimización de sistemas aislados híbridos de energías renovables, que también permite la simulación de sistemas conectados a la red eléctrica [67].

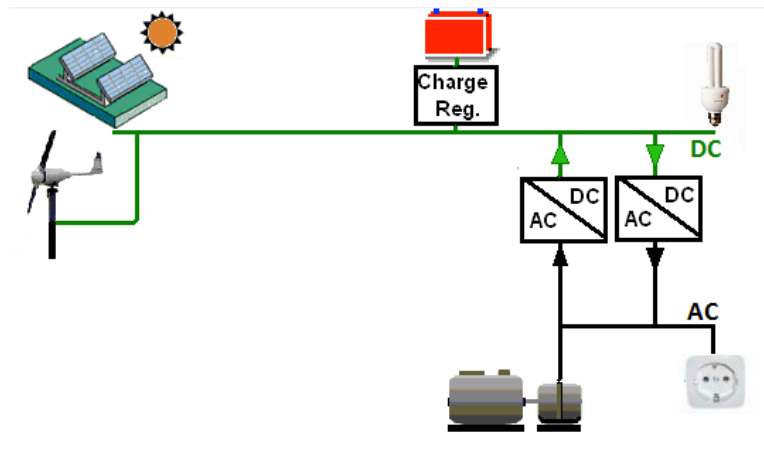


Figura 24: Esquema de un sistema aislado híbrido de energías renovables (iHOGA)

iHOGA lleva a cabo la optimización multi-variable mediante HOGA (Hybrid Optimization by Genetic Algorithms), de ahí su nombre. En este caso los algoritmos utilizados serán MOEAs (Multi-Objective Evolutionary Algorithms), concretamente SPEA (Strength Pareto Evolutionary Algorithm) y SPEA2 [63], ya que han probado dar los mejores resultados de la manera más eficiente [96]. Su objetivo será encontrar la combinación de componentes Pareto-óptima, es decir, aquellos sistemas con los componentes necesarios para dar las soluciones óptimas (ver Anexo II para más información respecto a la frontera de Pareto). También se utiliza un algoritmo genético secundario para encontrar la mejor estrategia de control. Por lo tanto, el software iHOGA será la herramienta principal utilizada en este trabajo para optimizar los sistemas de energía necesarios en los diferentes escenarios planteados.

# ANEXO II . LOS ALGORITMOS EVOLUTIVOS Y LA FRONTERA DE PARETO

## ALGORITMOS EVOLUTIVOS [97, 98]

Los algoritmos evolutivos son un tipo de algoritmo de optimización heurístico basado en la teoría de la evolución de las especies de Darwin.

Comienzan con una población inicial de posibles vectores solución obtenidos aleatoriamente dentro del espacio de soluciones posibles. Cada vector solución recibe el nombre de cromosoma, dentro del cual cada variable recibirá el nombre de gen. Por último, la unidad más pequeña de información de dicho cromosoma, es decir, el valor concreto de cada variable, recibirá el nombre de alelo. Este proceso de “transducción” del problema al lenguaje propio de este tipo de algoritmos se conoce como codificación. Por ejemplo, en el caso de los algoritmos genéticos, las variables se codifican como genes con alelos con valores binarios. El impulsor de la evolución de esta población inicial será una función de evaluación conocida normalmente como función de adecuación. Su función es fijar un objetivo respecto al cual se evalúa la calidad de las soluciones que se van obteniendo. De este modo, los cromosomas con un mayor nivel de adecuación tendrán una mayor calidad y, por lo tanto, una mayor probabilidad de ser seleccionados como “padres” de la siguiente generación. Esto hace que la población tienda a tener cromosomas con una calidad cada vez mayor. Los cromosomas elegidos como padres se someten a un proceso de recombinación mediante el cual la información contenida en ambos se recombina de manera aleatoria para dar uno o dos descendientes cuyos alelos serán una mezcla de los alelos de sus padres.

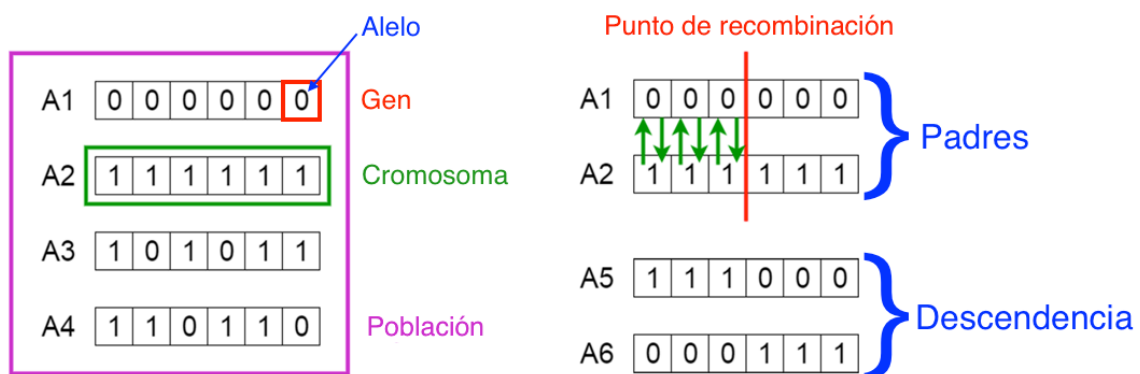


Figura 25: Esquema de funcionamiento de los algoritmos evolutivos [99]

En este proceso también se incluyen las mutaciones, variaciones aleatorias de alguno de los alelos de la descendencia con una probabilidad de ocurrencia muy baja. Este último proceso se introduce para aumentar la diversidad de las siguientes generaciones. Una vez obtenidos los cromosomas descendientes, estos se someten a un nuevo proceso de selección basado nuevamente en una selección aleatoria con una mayor probabilidad de elección de aquellos descendientes con un mayor índice de adecuación. Cuando la nueva

generación alcanza el número de individuos de la primera generación, un número prefijado al inicio, el ciclo termina. Este proceso se repite iterativamente hasta que la simulación converge.

Una de las debilidades de este tipo de algoritmos es que, si bien cuentan con una gran capacidad de exploración, lo cual les permite encontrar rápidamente la zona en la que se encuentra la solución óptima, tienen una peor capacidad de explotación, lo cual hace que les tome mucho más tiempo dar con dicha solución dentro de esta zona [100, 101]. Esto hace que la localización de la solución óptima sea relativamente lenta. Una forma de acelerar este proceso es la hibridación de un algoritmo genético con un método de búsqueda específico para mejorar su capacidad de explotación. De ahí el uso de la técnica HOGA por parte del software iHOGA.

En el caso del problema a resolver en este trabajo, se debe llevar a cabo una optimización simultánea de dos variables, por lo que se requiere el uso de un tipo de algoritmo evolutivo conocido como MOEA (Multi-Objective Evolutionary Algorithm). Como su propio nombre indica, este tipo de algoritmo busca la solución que optimice ambas variables al mismo tiempo. Lo que ocurre es que, al haber más de una variable a optimizar, la solución óptima viene dada por un compromiso entre ambas, y este compromiso se puede obtener con diferentes soluciones. Por lo tanto, ya no hay una solución óptima por encima de todas las demás, sino que se tiene un conjunto de soluciones igualmente buenas con diferentes valores para las variables a optimizar. Esto se conoce como la frontera de Pareto, un concepto que se explica a continuación.

## **FRONTERA DE PARETO**

En este tipo de problemas hay dos tipos de soluciones: las dominadas y las no dominadas. La diferencia entre ambas radica en la siguiente definición:

“Dados dos vectores en el espacio objetivo, esto es  $y^{(1)} \in \mathbb{R}^m$  e  $y^{(2)} \in \mathbb{R}^m$ , se dice que el punto  $y^{(1)}$  domina al punto  $y^{(2)}$  ( $y^{(1)} \prec_{Pareto} y^{(2)}$ ), si y solo si  $\forall i \in \{1, \dots, m\}: y_i^{(1)} \leq y_i^{(2)}$  y  $\exists j \in \{1, \dots, m\}: y_j^{(1)} < y_j^{(2)}$ ” [102].

Esto quiere decir que para un problema de optimización simultánea de  $m$  variables, un vector solución A estará dominado por un vector solución B si ninguna variable del vector B tiene un valor “peor” que el de la misma variable del vector A y al menos una variable del vector B tiene un valor “mejor” que el de su homóloga del vector A. Poniendo un ejemplo práctico basado en el problema a resolver en el presente trabajo, un vector solución A estará dominado por un vector solución B si ambos tienen el mismo LCOE pero la variable LCE del vector B es menor que la del vector A. La frontera de Pareto se define entonces como el conjunto de soluciones no dominadas del problema, es decir, el conjunto de soluciones óptimas.

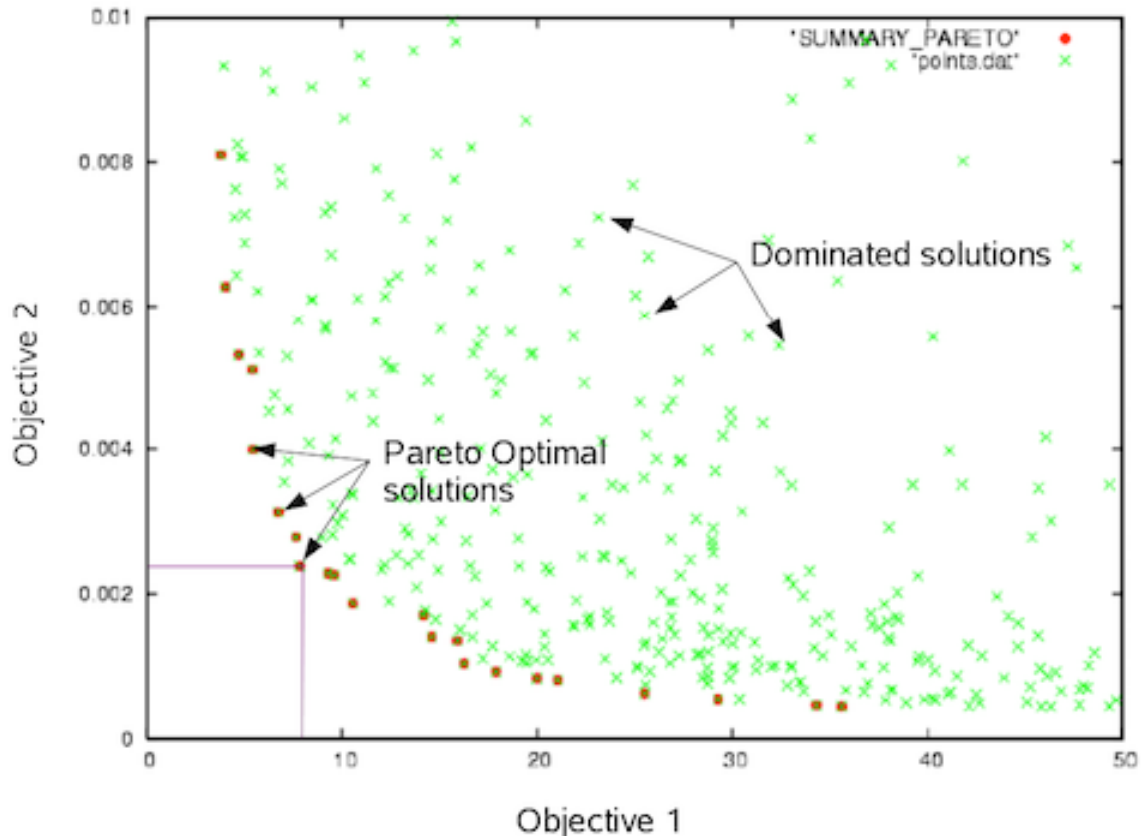


Figura 26: Frontera de Pareto [103]

Una vez obtenido el conjunto de soluciones que conforman la frontera de Pareto, se elegirá una solución considerada como la más óptima de entre ellas en función de los requerimientos del proyecto o del criterio de la persona o personas que deban tomar la decisión final.

## ANEXO III. CÁLCULO DE LCOE Y LCE

En este anexo se da una breve explicación acerca del cálculo de las dos variables optimizadas: LCOE y LCE.

Comenzando por la primera, el coste nivelado de la energía, su cálculo viene dado por la siguiente expresión [104]:

$$LCE_{i,j} = \frac{NPC_{i,j}}{E_{load} \cdot Life_{system}} \quad [104], \text{ donde:}$$

- $E_{load}$  es la demanda anual esperada en el sistema en kWh.
- $Life_{system}$  es la vida útil del sistema.
- $NPC_{i,j}$  es el Coste Actual Neto del sistema.

Para la obtención del Coste Actual Neto se tienen en cuenta los costes de adquisición, instalación y reemplazo de todos los componentes, así como los costes de O&M durante la vida útil del sistema. Después, estos costes se transfieren al año inicial, teniendo en cuenta la tasa de descuento real calculada previamente. La expresión para este cálculo es la siguiente [104]:

$$NPC_{i,k} = \sum_j \left( Cost_j + NPC_{rep_j} + \sum_{t=1}^{Life_{system}} \left( Cost_{O\&M_j} \cdot \frac{(1 + Inf_{general})^t}{(1 + I)^t} \right) \right) + \sum_{t=1}^{Life_{system}} \left( Cost_{fuel} \cdot \frac{(1 + Inf_{fuel})^t}{(1 + I)^t} \right) + Cost_{INST}, \text{ donde:}$$

- $j$  es un contador que tiene en cuenta cada uno de los diferentes componentes del sistema.
- $Cost_j$  es el coste de adquisición del componente  $j$ .
- $NPC_{rep_j}$  es la suma de los costes de reemplazo del componente  $j$  durante la vida útil del sistema menos su coste residual al final de la vida útil del sistema, transferidos al año inicial.
- $Cost_{O\&M}$  es el coste de operación y mantenimiento del componente  $j$ .
- $Inf_{general}$  es la inflación anual.
- $I$  es la tasa de interés anual.

- $Cost_{fuel}$  es el coste anual del combustible usado por el generador auxiliar.
- $Inf_{fuel}$  es la inflación anual del coste del combustible.
- $Cost_{INST}$  es el coste de instalación de los componentes.

A su vez, el valor de los costes de reemplazo de los componentes,  $NPC_{rep}$ , se obtiene mediante la siguiente expresión [104]:

$$NPC_{rep_j} = \sum_{m=1}^{Nrep_j} \left( Cost_j \cdot \frac{(1 + Inf_j)^{m \cdot Life_j}}{(1 + I)^{m \cdot Life_j}} \right) - Cost_j \cdot \frac{(Life_j - (Life_{system} - Nrep_j \cdot Life_j)) (1 + Inf_j)^{Life_{system}}}{Life_j (1 + I)^{Life_{system}}}$$

donde:

- $Life_j$  es la vida útil del componente j en años.
- $Inf_j$  es la inflación anual del coste de adquisición del componente j.
- $Nrep_j$  es el número de reemplazos del componente j a lo largo de la vida útil del sistema.

En cuanto al cálculo de las emisiones del ciclo de vida del sistema, este es mucho más sencillo. Consiste en la suma de las emisiones asociadas a cada componente y al uso del combustible del generador auxiliar a lo largo de toda la vida útil del sistema dividida entre la energía consumida por el perfil de consumo a lo largo de la vida útil del sistema.



## ANEXO IV. ESTRATEGIAS Y VARIABLES DE CONTROL

El software iHOGA cuenta con dos estrategias de control diferentes para el sistema de energía renovable, las cuales se exponen a continuación:

· **Seguimiento de la demanda [67]**. Prioriza la cobertura de la demanda con fuentes renovables y cuando estas no son capaces de alimentar la carga en su totalidad, prioriza la descarga de las baterías, siendo el generador AC el último componente en entrar en funcionamiento, cuando ni las fuentes renovables ni las baterías son capaces de cubrir la demanda, funcionando a la potencia necesaria para cubrir el consumo de las cargas.

· **Carga cíclica [67]**. También prioriza en primer lugar las fuentes renovables y en segundo lugar la descarga de la baterías, pero se diferencia en que si el generador comienza a funcionar porque las dos anteriores no son capaces de cubrir la demanda, lo hará a potencia nominal o a la máxima potencia de modo que no haya exceso de generación. De esta manera, el generador trabaja con mayor eficiencia, empleando la energía no consumida por las cargas en cargar las baterías, bien hasta que estas o la generación renovable vuelvan a alimentar la demanda, o bien hasta que estas alcancen un determinado valor de SOC prefijado.

Puesto que iHOGA permite que se prueben ambas para escoger la que arroje los mejores resultados en cada sistema, esta es la opción que se elige.

En cualquier caso, ambas estrategias podrán optimizar un cierto número de variables referentes a como se controla el sistema, de las cuales se elijen las siguientes 4:

·  **$P_{crítica\ gen}$  [63]**. Es la potencia por debajo de la cual la eficiencia del generador se considera excesivamente baja, pudiendo resultar más económico operar a potencias superiores a la demandada por la carga, por lo que no se le permitirá funcionar a potencias menores. El valor de esta variable dependerá de la estrategia de control elegida. Si se elige seguimiento de la demanda, su valor será 0, ya que el generador funcionará estrictamente a la potencia necesaria para cubrir la demanda. Si por el contrario se elige carga cíclica, su valor será un número suficientemente elevado como para que no pueda alcanzarse ( $10^{10}$ ), ya que con esta estrategia el generador funcionará a potencia nominal o a la máxima potencia de modo que no haya exceso de generación al alimentar la demanda y cargar las baterías.

·  **$P_{min\ gen}$** . Es la potencia mínima a la que funcionará el generador cuando se encienda.

·  **$SOC_{stp\ gen}$** . Es el valor de SOC de la batería en el cual el generador dejará de cargarla.

·  **$SOC_{min}$** . Es el mínimo SOC permitido a las baterías.

## ANEXO V. COMBINACIÓN DE COMPONENTES, ESTRATEGIA DE CONTROL Y VARIABLES DE CONTROL DE CADA SISTEMA OBTENIDO

En este anexo se exponen las tablas de resultados que hay detrás de la consecución de cada pareja de valores LCOE-LCE para cada sistema obtenido en cada simulación realizada.

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,19                  | 306,19                 | 129,25                | 11.359,50             | 4x3x100               | 1.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 39                     |
| 3        | 0,21                  | 304,55                 | 128,56                | 12.277,27             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 71                     |
| 8        | 0,21                  | 304,03                 | 128,34                | 12.457,89             | 4x6x100               | 2.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 52                     |
| 10       | 0,21                  | 260,24                 | 109,85                | 12.635,04             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 68                     |
| 2        | 0,21                  | 250,42                 | 105,71                | 12.637,19             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 68                     |
| 12       | 0,22                  | 222,99                 | 94,13                 | 12.814,80             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 61                     |
| 6        | 0,22                  | 220,22                 | 92,96                 | 13.285,65             | 2x8x180               | 2.880                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 57                     |
| 13       | 0,23                  | 215,96                 | 91,16                 | 13.653,04             | 2x6x180               | 2.160                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x170            | 800                         | 50                     |
| 5        | 0,23                  | 210,04                 | 88,66                 | 13.812,71             | 4x10x100              | 4.000                       | 0x1660               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 76                     |
| 11       | 0,23                  | 185,97                 | 78,50                 | 13.816,03             | 4x6x100               | 2.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 52                     |
| 9        | 0,24                  | 171,06                 | 72,21                 | 14.157,16             | 4x10x100              | 4.000                       | 0x660                | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 76                     |
| 4        | 0,25                  | 171,01                 | 72,19                 | 14.531,74             | 2x6x180               | 2.160                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 50                     |
| 7        | 0,26                  | 163,92                 | 69,19                 | 15.157,15             | 4x10x100              | 4.000                       | 0x1660               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 76                     |
| 1        | 0,28                  | 162,02                 | 68,39                 | 16.688,70             | 2x6x180               | 2.160                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 50                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 220                    | 10000000000           | 81                    | 52                    | 2.369                       | 1.408                | 4.143                    | 23                        | 2.889                    | 99,04               | 66                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 52                    | 20                    | 2.369                       | 4.511                | 0                        | 16                        | 1.782                    | 99,34               | 43                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 300                    | 10000000000           | 62                    | 36                    | 2.369                       | 2.820                | 4.143                    | 1                         | 4.274                    | 99,96               | 1                           |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 290                    | 10000000000           | 62                    | 52                    | 2.369                       | 4.361                | 0                        | 24                        | 1.637                    | 98,99               | 70                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 1.740                  | 10000000000           | 52                    | 52                    | 2.369                       | 4.365                | 0                        | 24                        | 1.639                    | 98,97               | 15                          |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 360                    | 10000000000           | 62                    | 36                    | 2.369                       | 3.815                | 1.460                    | 3                         | 2.571                    | 99,87               | 9                           |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 1.000                  | 0                     | 84                    | 20                    | 2.369                       | 3.557                | 1.460                    | 12                        | 2.325                    | 99,49               | 17                          |                        |
| 13       | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 36                    | 20                    | 2.369                       | 2.631                | 4.143                    | 11                        | 4.095                    | 99,54               | 5                           |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 1.320                  | 10000000000           | 62                    | 36                    | 2.369                       | 4.847                | 0                        | 2                         | 2.095                    | 99,92               | 1                           |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 150                    | 0                     | 84                    | 20                    | 2.369                       | 2.820                | 4.143                    | 0                         | 4.273                    | 100                 | 0                           |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 1.320                  | 0                     | 87                    | 36                    | 2.369                       | 4.846                | 0                        | 1                         | 2.094                    | 99,94               | 1                           |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 2.580                  | 10000000000           | 100                   | 20                    | 2.369                       | 2.630                | 4.143                    | 0                         | 4.083                    | 100                 | 0                           |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 3.000                  | 0                     | 36                    | 36                    | 2.369                       | 4.847                | 0                        | 3                         | 2.096                    | 99,89               | 1                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 860                    | 10000000000           | 87                    | 36                    | 2.369                       | 2.630                | 4.143                    | 1                         | 4.084                    | 99,96               | 1                           |                        |

Tabla 9: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un piso en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 6        | 0,18                  | 327,56                 | 124,64                | 11.549,38             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 68                     |
| 0        | 0,18                  | 320,78                 | 122,06                | 11.625,12             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 68                     |
| 1        | 0,19                  | 254,05                 | 96,67                 | 12.571,92             | 2x3x180               | 1.080                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 39                     |
| 4        | 0,19                  | 252,48                 | 96,07                 | 12.685,24             | 2x6x180               | 2.160                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 51                     |
| 2        | 0,19                  | 237,23                 | 90,27                 | 12.788,07             | 2x5x180               | 1.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 47                     |
| 3        | 0,2                   | 176,56                 | 67,18                 | 12.860,45             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 61                     |
| 5        | 0,2                   | 155,96                 | 59,35                 | 13.272,22             | 4x7x100               | 2.800                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 53                     |
| 7        | 0,21                  | 147,33                 | 56,06                 | 13.701,28             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 71                     |
| 8        | 0,22                  | 144,51                 | 54,99                 | 14.433,24             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 71                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 20                    | 20                    | 2.628                       | 4.410                | 0                        | 8                         | 1.264                    | 99,68               | 24                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 430                    | 0                     | 68                    | 20                    | 2.628                       | 4.410                | 0                        | 8                         | 1.264                    | 99,69               | 23                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 860                    | 0                     | 36                    | 36                    | 2.628                       | 1.317                | 4.143                    | 10                        | 2.400                    | 99,61               | 15                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 220                    | 0                     | 68                    | 20                    | 2.628                       | 2.646                | 4.143                    | 0                         | 3.713                    | 100                 | 0                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 290                    | 0                     | 52                    | 20                    | 2.628                       | 2.203                | 4.143                    | 0                         | 3.272                    | 100                 | 0                           |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 150                    | 0                     | 62                    | 36                    | 2.628                       | 3.846                | 1.460                    | 0                         | 2.210                    | 100                 | 0                           |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 500                    | 0                     | 36                    | 36                    | 2.628                       | 3.360                | 1.460                    | 7                         | 1.735                    | 99,74               | 19                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 100                   | 20                    | 2.628                       | 4.576                | 0                        | 1                         | 1.418                    | 99,95               | 4                           |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 220                    | 0                     | 36                    | 20                    | 2.628                       | 4.576                | 0                        | 1                         | 1.418                    | 99,95               | 7                           |                        |

Tabla 10: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un consumo constante de 300 W en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,13                  | 612,51                 | 122,82                | 15.816,31             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 99                     |
| 8        | 0,13                  | 569,57                 | 114,21                | 15.821,17             | 2x13x200              | 5.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 1.600                       | 99                     |
| 2        | 0,14                  | 515,99                 | 103,47                | 17.239,19             | 2x11x280              | 6.160                       | 0x1660               | 0                        | 1x1000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 120                    |
| 5        | 0,14                  | 400,63                 | 80,33                 | 17.646,95             | 2x15x200              | 6.000                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 1.600                       | 114                    |
| 6        | 0,15                  | 358,85                 | 71,96                 | 18.193,39             | 2x11x280              | 6.160                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 1.600                       | 120                    |
| 11       | 0,15                  | 358,85                 | 71,96                 | 18.378,22             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 84                     |
| 3        | 0,16                  | 352,04                 | 70,59                 | 19.324,87             | 2x13x280              | 7.280                       | 0x660                | 0                        | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 142                    |
| 9        | 0,16                  | 294,92                 | 59,14                 | 19.481,97             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 99                     |
| 7        | 0,16                  | 294,14                 | 58,98                 | 19.592,74             | 2x14x280              | 7.840                       | 0x1660               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 153                    |
| 1        | 0,16                  | 289,54                 | 58,06                 | 20.508,50             | 2x14x280              | 7.840                       | 0x660                | 0                        | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 153                    |
| 10       | 0,17                  | 288,31                 | 57,81                 | 20.689,60             | 2x15x200              | 6.000                       | 0x1660               | 0                        | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 114                    |
| 4        | 0,19                  | 285,48                 | 57,24                 | 23.364,66             | 2x13x280              | 7.280                       | 0x1660               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 142                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 1.102                  | 0                     | 100                   | 36                    | 4.987                       | 6.167                | 4.143                    | 6                         | 4.356                    | 99,89               | 5                           |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 580                    | 0                     | 20                    | 20                    | 4.987                       | 6.167                | 4.143                    | 3                         | 4.354                    | 99,93               | 6                           |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 1.000                  | 10000000000           | 74                    | 36                    | 4.987                       | 7.756                | 0                        | 60                        | 1.789                    | 98,79               | 86                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 720                    | 10000000000           | 87                    | 36                    | 4.987                       | 7.206                | 1.460                    | 27                        | 2.723                    | 99,45               | 39                          |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 580                    | 0                     | 100                   | 20                    | 4.987                       | 7.635                | 1.460                    | 10                        | 3.132                    | 99,8                | 18                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 1.634                  | 0                     | 62                    | 36                    | 4.987                       | 5.223                | 4.143                    | 24                        | 3.433                    | 99,51               | 18                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 836                    | 0                     | 68                    | 20                    | 4.987                       | 9.183                | 0                        | 0                         | 3.145                    | 100                 | 0                           |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 87                    | 36                    | 4.987                       | 6.167                | 4.143                    | 6                         | 4.357                    | 99,88               | 5                           |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 1.320                  | 0                     | 100                   | 20                    | 4.987                       | 9.817                | 0                        | 0                         | 3.785                    | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 1.102                  | 10000000000           | 62                    | 36                    | 4.987                       | 9.817                | 0                        | 0                         | 3.785                    | 100                 | 0                           |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 836                    | 10000000000           | 74                    | 36                    | 4.987                       | 7.312                | 0                        | 99                        | 1.388                    | 98,01               | 81                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 900                    | 0                     | 36                    | 36                    | 4.987                       | 9.183                | 0                        | 0                         | 3.145                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 11: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una oficina en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 6        | 0,06                  | 1.209,19               | 80,90                 | 24.210,20             | 2x24x300              | 14.400                      | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 271                    |
| 13       | 0,06                  | 1.188,16               | 79,49                 | 24.228,50             | 2x24x300              | 14.400                      | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 271                    |
| 14       | 0,08                  | 983,38                 | 65,79                 | 28.764,41             | 2x19x330              | 12.540                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 232                    |
| 9        | 0,08                  | 959,81                 | 64,21                 | 28.820,39             | 2x15x330              | 9.900                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 183                    |
| 4        | 0,08                  | 942,46                 | 63,05                 | 29.235,98             | 2x24x330              | 15.840                      | 0x6345               | 0                        | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 293                    |
| 10       | 0,08                  | 938,26                 | 62,77                 | 29.559,91             | 2x13x330              | 8.580                       | 2x3471               | 6.942                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 204                    |
| 7        | 0,08                  | 930,49                 | 62,25                 | 29.761,48             | 2x22x330              | 14.520                      | 0x6345               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 269                    |
| 5        | 0,08                  | 877,62                 | 58,72                 | 29.793,17             | 2x19x300              | 11.400                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 214                    |
| 1        | 0,09                  | 834,39                 | 55,82                 | 32.694,39             | 2x20x300              | 12.000                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 226                    |
| 0        | 0,09                  | 781,98                 | 52,32                 | 32.895,11             | 2x25x300              | 15.000                      | 0x6345               | 0                        | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 282                    |
| 2        | 0,09                  | 715,92                 | 47,90                 | 33.568,79             | 2x25x300              | 15.000                      | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 282                    |
| 8        | 0,09                  | 697,78                 | 46,68                 | 34.508,61             | 2x20x330              | 13.200                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 244                    |
| 11       | 0,1                   | 656,76                 | 43,94                 | 36.706,01             | 2x19x330              | 12.540                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 232                    |
| 12       | 0,1                   | 652,33                 | 43,64                 | 36.749,44             | 2x24x330              | 15.840                      | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 293                    |
| 3        | 0,1                   | 650,69                 | 43,53                 | 37.143,43             | 2x25x300              | 15.000                      | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 282                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 3.000                  | 0                     | 36                    | 20                    | 14.947                      | 21.636               | 0                        | 83                        | 4.527                    | 99,45               | 41                          |                        |
| 13       | CARG. CICL.           | 3.000                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 14.947                      | 21.636               | 0                        | 83                        | 4.527                    | 99,45               | 41                          |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 1.740                  | 10000000000           | 74                    | 36                    | 14.947                      | 18.893               | 8.421                    | 6                         | 10.317                   | 99,96               | 3                           |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 2.580                  | 10000000000           | 49                    | 36                    | 14.947                      | 14.915               | 8.421                    | 129                       | 6.489                    | 99,14               | 67                          |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 2.160                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 14.947                      | 23.864               | 0                        | 0                         | 6.664                    | 100                 | 0                           |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 36                    | 20                    | 14.947                      | 12.927               | 16.843                   | 54                        | 12.860                   | 99,64               | 26                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 1.740                  | 0                     | 52                    | 20                    | 14.947                      | 21.876               | 0                        | 68                        | 4.755                    | 99,55               | 40                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 3.000                  | 0                     | 84                    | 20                    | 14.947                      | 17.129               | 8.421                    | 37                        | 8.590                    | 99,75               | 18                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 1.320                  | 10000000000           | 84                    | 20                    | 14.947                      | 18.030               | 8.421                    | 23                        | 9.473                    | 99,85               | 11                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 3.000                  | 0                     | 20                    | 20                    | 14.947                      | 22.538               | 0                        | 37                        | 5.378                    | 99,75               | 19                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 2.580                  | 0                     | 74                    | 36                    | 14.947                      | 22.538               | 0                        | 39                        | 5.379                    | 99,74               | 19                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 36                    | 20                    | 14.947                      | 19.887               | 8.421                    | 0                         | 11.305                   | 100                 | 0                           |                        |
| 11       | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 84                    | 20                    | 14.947                      | 18.893               | 8.421                    | 0                         | 10.312                   | 100                 | 0                           |                        |
| 12       | SEG. DEM.             | 900                    | 0                     | 36                    | 20                    | 14.947                      | 23.864               | 0                        | 0                         | 6.664                    | 100                 | 0                           |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 1.740                  | 10000000000           | 36                    | 36                    | 14.947                      | 22.538               | 0                        | 38                        | 5.379                    | 99,74               | 24                          |                        |

Tabla 12: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una granja en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 10       | 0,08                  | 3.171,21               | 88,91                 | 73.502,76             | 2x37x330              | 24.420                      | 2x6345               | 12.690                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 489                    |
| 4        | 0,09                  | 2.650,91               | 74,32                 | 79.915,82             | 2x36x330              | 23.760                      | 3x6345               | 19.035                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 600                    |
| 13       | 0,09                  | 2.646,92               | 74,21                 | 82.045,66             | 2x41x300              | 24.600                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 514                    |
| 7        | 0,1                   | 2.606,70               | 73,08                 | 87.037,55             | 2x37x330              | 24.420                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 734                    |
| 11       | 0,1                   | 2.588,87               | 72,58                 | 88.587,30             | 2x42x330              | 27.720                      | 2x6345               | 12.690                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 535                    |
| 2        | 0,1                   | 2.398,61               | 67,25                 | 88.975,64             | 2x37x330              | 24.420                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 512                    |
| 1        | 0,1                   | 2.343,52               | 65,71                 | 89.763,93             | 2x36x300              | 21.600                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 445                    |
| 14       | 0,1                   | 2.213,46               | 62,06                 | 91.565,18             | 2x36x330              | 23.760                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x15000                   | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 726                    |
| 8        | 0,1                   | 2.162,38               | 60,63                 | 91.689,48             | 2x42x330              | 27.720                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 535                    |
| 5        | 0,11                  | 2.001,38               | 56,11                 | 97.835,70             | 2x36x330              | 23.760                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 503                    |
| 6        | 0,11                  | 1.955,26               | 54,82                 | 99.978,47             | 2x42x330              | 27.720                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 557                    |
| 0        | 0,11                  | 1.953,19               | 54,76                 | 101.489,38            | 2x37x330              | 24.420                      | 2x14700              | 29.400                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 786                    |
| 9        | 0,11                  | 1.942,80               | 54,47                 | 101.910,79            | 2x53x300              | 31.800                      | 1x6345               | 6.345                    | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 597                    |
| 12       | 0,13                  | 1.846,79               | 51,78                 | 115.015,79            | 2x41x330              | 27.060                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 548                    |
| 3        | 0,15                  | 1.753,39               | 49,16                 | 134.564,02            | 2x42x300              | 25.200                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 499                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 5.040                  | 0                     | 36                    | 36                    | 35.667                      | 36.790               | 37.767                   | 188                       | 34.245                   | 99,47               | 40                          |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 7.000                  | 10000000000           | 74                    | 36                    | 35.667                      | 35.796               | 56.651                   | 40                        | 52.040                   | 99,89               | 9                           |                        |
| 13       | SEG. DEM.             | 2.100                  | 0                     | 74                    | 36                    | 35.667                      | 36.961               | 35.513                   | 416                       | 34.535                   | 98,83               | 177                         |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 6.020                  | 0                     | 84                    | 20                    | 35.667                      | 36.790               | 66.246                   | 60                        | 64.794                   | 99,83               | 12                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 2.100                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 41.762               | 37.767                   | 31                        | 39.023                   | 99,91               | 18                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 5.040                  | 0                     | 68                    | 20                    | 35.667                      | 36.790               | 35.513                   | 349                       | 34.350                   | 99,02               | 72                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 6.020                  | 10000000000           | 62                    | 36                    | 35.667                      | 32.454               | 37.767                   | 466                       | 30.172                   | 98,69               | 103                         |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 8.700                  | 10000000000           | 36                    | 36                    | 35.667                      | 35.796               | 66.246                   | 0                         | 63.750                   | 100                 | 0                           |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 7.000                  | 0                     | 68                    | 20                    | 35.667                      | 41.762               | 37.767                   | 266                       | 39.221                   | 99,25               | 56                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 5.040                  | 0                     | 52                    | 20                    | 35.667                      | 35.796               | 35.513                   | 511                       | 33.447                   | 98,57               | 107                         |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 7.000                  | 10000000000           | 62                    | 36                    | 35.667                      | 41.762               | 35.513                   | 328                       | 39.200                   | 99,08               | 73                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 6.020                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 36.790               | 71.026                   | 42                        | 69.548                   | 99,88               | 8                           |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 4.060                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 47.779               | 18.884                   | 363                       | 26.214                   | 98,98               | 91                          |                        |
| 12       | SEG. DEM.             | 2.100                  | 0                     | 84                    | 20                    | 35.667                      | 40.768               | 35.513                   | 273                       | 38.167                   | 99,23               | 117                         |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 4.060                  | 0                     | 84                    | 20                    | 35.667                      | 37.863               | 37.767                   | 145                       | 35.258                   | 99,59               | 36                          |                        |

Tabla 13: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una comunidad de propietarios en Zaragoza



| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 12       | 0,09                  | 3.944,58               | 90,36                 | 92.915,77             | 2x7x300               | 4.200                       | 2x26900              | 53.800                   | 2x15000                   | Diésel                   | 24x3x2160           | 12.000                      | 988                    |
| 9        | 0,09                  | 3.312,32               | 75,88                 | 95.504,41             | 2x51x330              | 33.660                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 670                    |
| 11       | 0,09                  | 3.296,62               | 75,52                 | 97.224,34             | 2x36x330              | 23.760                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 763                    |
| 14       | 0,09                  | 3.282,62               | 75,20                 | 97.234,34             | 2x29x330              | 19.140                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 698                    |
| 4        | 0,09                  | 3.237,29               | 74,16                 | 97.412,32             | 2x44x330              | 29.040                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 607                    |
| 2        | 0,09                  | 3.236,80               | 74,15                 | 97.590,88             | 2x42x300              | 25.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 554                    |
| 5        | 0,09                  | 3.229,57               | 73,98                 | 98.457,32             | 2x53x330              | 34.980                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 688                    |
| 1        | 0,1                   | 2.789,14               | 63,89                 | 107.498,41            | 2x31x330              | 20.460                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x3x2160           | 12.000                      | 712                    |
| 13       | 0,1                   | 2.713,03               | 62,15                 | 107.873,88            | 2x30x330              | 19.800                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 703                    |
| 8        | 0,11                  | 2.343,53               | 53,68                 | 115.956,53            | 2x50x330              | 33.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 661                    |
| 10       | 0,11                  | 2.304,16               | 52,78                 | 118.165,14            | 2x30x330              | 19.800                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x3x2160           | 12.000                      | 703                    |
| 0        | 0,11                  | 2.264,75               | 51,88                 | 124.153,52            | 2x36x330              | 23.760                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Gasolina                 | 24x2x2160           | 12.000                      | 758                    |
| 6        | 0,12                  | 2.174,28               | 49,81                 | 126.620,78            | 2x25x330              | 16.500                      | 1x43100              | 43.100                   | 2x15000                   | Gasolina                 | 24x3x2160           | 12.000                      | 961                    |
| 7        | 0,13                  | 2.131,82               | 48,83                 | 144.624,98            | 2x44x330              | 29.040                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 607                    |
| 3        | 0,13                  | 2.127,34               | 48,73                 | 145.107,23            | 2x30x330              | 19.800                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 708                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 87                    | 36                    | 43.654                      | 6.311                | 124.768                  | 19                        | 83.419                   | 99,96               | 2                           |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 20                    | 20                    | 43.654                      | 50.712               | 33.374                   | 30                        | 36.362                   | 99,93               | 8                           |                        |
| 11       | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 43.654                      | 35.797               | 62.384                   | 125                       | 51.063                   | 99,71               | 24                          |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 43.654                      | 28.836               | 62.384                   | 401                       | 44.407                   | 99,08               | 65                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 52                    | 20                    | 43.654                      | 43.752               | 33.374                   | 653                       | 29.976                   | 98,5                | 129                         |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 2.700                  | 10000000000           | 68                    | 20                    | 43.654                      | 37.864               | 33.374                   | 504                       | 24.125                   | 98,84               | 83                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 7.740                  | 10000000000           | 36                    | 20                    | 43.654                      | 52.701               | 33.374                   | 25                        | 38.338                   | 99,94               | 5                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 20                    | 20                    | 43.654                      | 30.825               | 62.384                   | 0                         | 46.049                   | 100                 | 0                           |                        |
| 13       | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 43.654                      | 29.831               | 62.384                   | 96                        | 45.137                   | 99,78               | 63                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 43.654                      | 49.718               | 33.374                   | 86                        | 35.422                   | 99,8                | 14                          |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 62                    | 52                    | 43.654                      | 29.831               | 62.384                   | 85                        | 45.149                   | 99,8                | 14                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 68                    | 20                    | 43.654                      | 35.797               | 62.384                   | 8                         | 50.981                   | 99,98               | 2                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 36                    | 20                    | 43.654                      | 24.859               | 85.950                   | 0                         | 63.514                   | 100                 | 0                           |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 36                    | 36                    | 43.654                      | 43.752               | 33.374                   | 240                       | 29.672                   | 99,45               | 48                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 9.000                  | 0                     | 36                    | 20                    | 43.654                      | 29.831               | 62.384                   | 351                       | 45.351                   | 99,2                | 57                          |                        |

Tabla 14: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una nave industrial en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 4        | 0,21                  | 385,97                 | 162,93                | 12.392,68             | 4x5x100               | 2.000                       | 1x660                | 660                      | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x126             | 800                         | 38                     |
| 3        | 0,22                  | 345,77                 | 145,96                | 13.030,03             | 2x5x180               | 1.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x126             | 800                         | 48                     |
| 7        | 0,22                  | 310,96                 | 131,26                | 13.050,95             | 4x5x100               | 2.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 49                     |
| 0        | 0,24                  | 267,76                 | 113,03                | 14.189,84             | 4x10x100              | 4.000                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 76                     |
| 1        | 0,24                  | 233,53                 | 98,58                 | 14.235,63             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x126             | 800                         | 61                     |
| 5        | 0,24                  | 207,03                 | 87,39                 | 14.413,14             | 4x10x100              | 4.000                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 800                         | 76                     |
| 6        | 0,25                  | 201,28                 | 84,96                 | 14.952,23             | 2x11x180              | 3.960                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 78                     |
| 2        | 0,26                  | 188,67                 | 79,64                 | 15.256,57             | 2x12x180              | 4.320                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 800                         | 85                     |
| 8        | 0,26                  | 174,08                 | 73,48                 | 15.668,19             | 4x12x100              | 4.800                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 91                     |
| 9        | 0,27                  | 169,55                 | 71,57                 | 15.835,43             | 4x12x100              | 4.800                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 800                         | 91                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 1.634                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.369                       | 2.210                | 1.460                    | 94                        | 1.057                    | 96,02               | 73                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 1.320                  | 10000000000           | 82                    | 10                    | 2.369                       | 2.061                | 4.143                    | 20                        | 3.532                    | 99,14               | 11                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 860                    | 0                     | 82                    | 10                    | 2.369                       | 2.210                | 4.143                    | 13                        | 3.674                    | 99,46               | 18                          |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 290                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.369                       | 4.419                | 0                        | 30                        | 1.706                    | 98,71               | 89                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 46                    | 10                    | 2.369                       | 3.535                | 1.460                    | 28                        | 2.313                    | 98,81               | 14                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 86                    | 28                    | 2.369                       | 4.419                | 0                        | 17                        | 1.692                    | 99,27               | 51                          |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 220                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.369                       | 4.534                | 1.460                    | 1                         | 3.285                    | 99,94               | 7                           |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 500                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.369                       | 4.946                | 0                        | 0                         | 2.201                    | 100                 | 0                           |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 100                   | 10                    | 2.369                       | 5.303                | 0                        | 17                        | 2.576                    | 99,3                | 50                          |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 150                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 2.369                       | 5.303                | 0                        | 0                         | 2.558                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 15: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un piso en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 4        | 0,19                  | 377,96                 | 143,82                | 12.567,56             | 2x11x180              | 3.960                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 78                     |
| 11       | 0,19                  | 371,85                 | 141,50                | 12.616,79             | 2x6x180               | 2.160                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x126             | 500                         | 53                     |
| 5        | 0,2                   | 366,64                 | 139,51                | 13.256,75             | 4x3x100               | 1.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 42                     |
| 9        | 0,2                   | 264,06                 | 100,48                | 13.310,02             | 2x4x180               | 1.440                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 45                     |
| 10       | 0,21                  | 260,82                 | 99,25                 | 13.886,98             | 4x4x100               | 1.600                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x126             | 500                         | 46                     |
| 0        | 0,21                  | 250,32                 | 95,25                 | 13.965,61             | 4x4x100               | 1.600                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 46                     |
| 7        | 0,21                  | 211,61                 | 80,52                 | 13.977,56             | 2x4x180               | 1.440                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 45                     |
| 2        | 0,22                  | 204,96                 | 77,99                 | 14.458,56             | 4x5x100               | 2.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 50                     |
| 8        | 0,23                  | 194,75                 | 74,11                 | 14.803,39             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 68                     |
| 1        | 0,23                  | 194,30                 | 73,93                 | 14.895,13             | 4x12x100              | 4.800                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 91                     |
| 3        | 0,23                  | 179,95                 | 68,47                 | 15.173,88             | 4x9x100               | 3.600                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 68                     |
| 6        | 0,24                  | 166,09                 | 63,20                 | 15.936,94             | 2x7x180               | 2.520                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 57                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 220                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.628                       | 4.534                | 0                        | 7                         | 1.400                    | 99,74               | 36                          |                        |
| 11       | CARG. CICL.           | 836                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 2.628                       | 2.473                | 4.143                    | 5                         | 3.543                    | 99,82               | 4                           |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 430                    | 0                     | 82                    | 10                    | 2.628                       | 1.326                | 4.143                    | 32                        | 2.426                    | 98,79               | 89                          |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 82                    | 10                    | 2.628                       | 1.649                | 4.143                    | 17                        | 2.733                    | 99,34               | 49                          |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 1.368                  | 0                     | 100                   | 10                    | 2.628                       | 1.768                | 4.143                    | 18                        | 2.851                    | 99,32               | 14                          |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 440                    | 10000000000           | 64                    | 10                    | 2.628                       | 1.768                | 4.143                    | 14                        | 2.848                    | 99,45               | 21                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 720                    | 0                     | 82                    | 10                    | 2.628                       | 1.649                | 4.143                    | 21                        | 2.735                    | 99,21               | 31                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 220                    | 0                     | 100                   | 10                    | 2.628                       | 2.210                | 4.143                    | 5                         | 3.280                    | 99,82               | 21                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 500                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.628                       | 3.977                | 0                        | 29                        | 868                      | 98,88               | 83                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 290                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.628                       | 5.303                | 0                        | 8                         | 2.171                    | 99,68               | 24                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 150                    | 0                     | 28                    | 10                    | 2.628                       | 3.977                | 1.460                    | 0                         | 2.343                    | 99,98               | 2                           |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 1.000                  | 0                     | 82                    | 10                    | 2.628                       | 2.885                | 4.143                    | 3                         | 3.953                    | 99,9                | 4                           |                        |

Tabla 16: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un consumo constante de 300 W en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 6        | 0,15                  | 454,97                 | 91,23                 | 18.608,82             | 2x6x280               | 3.360                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 96                     |
| 13       | 0,15                  | 430,06                 | 86,24                 | 18.685,96             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 88                     |
| 7        | 0,15                  | 414,80                 | 83,18                 | 18.864,81             | 2x13x280              | 7.280                       | 0x660                | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 142                    |
| 4        | 0,15                  | 413,33                 | 82,88                 | 18.866,52             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 88                     |
| 2        | 0,15                  | 408,03                 | 81,82                 | 18.916,04             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 88                     |
| 14       | 0,15                  | 395,96                 | 79,40                 | 18.978,61             | 2x6x280               | 3.360                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 66                     |
| 10       | 0,15                  | 395,83                 | 79,37                 | 19.038,28             | 2x10x200              | 4.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 76                     |
| 5        | 0,15                  | 388,82                 | 77,97                 | 19.194,28             | 2x10x200              | 4.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 76                     |
| 9        | 0,16                  | 350,07                 | 70,20                 | 19.998,38             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 88                     |
| 12       | 0,16                  | 319,61                 | 64,09                 | 20.243,80             | 2x13x280              | 7.280                       | 0x660                | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 142                    |
| 11       | 0,16                  | 318,19                 | 63,80                 | 20.333,45             | 2x6x280               | 3.360                       | 2x1660               | 3.320                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 93                     |
| 3        | 0,16                  | 305,89                 | 61,34                 | 20.377,44             | 2x10x200              | 4.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 76                     |
| 0        | 0,17                  | 295,11                 | 59,18                 | 20.772,10             | 2x12x200              | 4.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 91                     |
| 8        | 0,17                  | 292,69                 | 58,69                 | 21.214,34             | 2x12x200              | 4.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 91                     |
| 1        | 0,2                   | 290,21                 | 58,19                 | 24.328,59             | 2x13x200              | 5.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 99                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 1.740                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 4.987                       | 3.842                | 8.421                    | 24                        | 6.324                    | 99,51               | 15                          |                        |
| 13       | SEG. DEM.             | 1.740                  | 0                     | 100                   | 10                    | 4.987                       | 5.123                | 4.143                    | 31                        | 3.332                    | 99,37               | 19                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 1.740                  | 0                     | 46                    | 10                    | 4.987                       | 8.325                | 0                        | 17                        | 2.326                    | 99,65               | 11                          |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 82                    | 10                    | 4.987                       | 5.123                | 4.143                    | 27                        | 3.327                    | 99,46               | 18                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 836                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 4.987                       | 5.123                | 4.143                    | 28                        | 3.329                    | 99,43               | 22                          |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 1.102                  | 10000000000           | 100                   | 10                    | 4.987                       | 3.842                | 4.143                    | 100                       | 2.124                    | 98                  | 78                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 2.160                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 4.987                       | 4.434                | 4.143                    | 73                        | 2.688                    | 98,53               | 37                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 880                    | 10000000000           | 64                    | 10                    | 4.987                       | 4.434                | 4.143                    | 58                        | 2.672                    | 98,84               | 45                          |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 1.160                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 4.987                       | 5.123                | 4.143                    | 27                        | 3.329                    | 99,45               | 21                          |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 2.160                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 4.987                       | 8.325                | 0                        | 22                        | 2.330                    | 99,57               | 11                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 1.102                  | 0                     | 28                    | 10                    | 4.987                       | 3.842                | 8.286                    | 18                        | 6.185                    | 99,65               | 17                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 42                    | 28                    | 4.987                       | 4.434                | 4.143                    | 67                        | 2.679                    | 98,65               | 51                          |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 1.740                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 4.987                       | 5.321                | 4.143                    | 25                        | 3.524                    | 99,5                | 15                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 1.102                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 4.987                       | 5.321                | 4.143                    | 20                        | 3.520                    | 99,59               | 16                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 4.987                       | 5.765                | 4.143                    | 11                        | 3.954                    | 99,77               | 8                           |                        |

Tabla 17: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una oficina en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,09                  | 1.028,94               | 68,84                 | 33.770,11             | 2x13x300              | 7.800                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 189                    |
| 5        | 0,09                  | 1.013,73               | 67,82                 | 33.823,16             | 2x18x300              | 10.800                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 203                    |
| 1        | 0,1                   | 811,58                 | 54,30                 | 37.793,72             | 2x18x300              | 10.800                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 203                    |
| 3        | 0,1                   | 803,23                 | 53,74                 | 38.213,45             | 2x17x300              | 10.200                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 192                    |
| 2        | 0,1                   | 788,04                 | 52,72                 | 38.596,75             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 196                    |
| 4        | 0,11                  | 779,67                 | 52,16                 | 42.864,59             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 196                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 1.740                  | 0                     | 10                    | 10                    | 14.947                      | 11.720               | 17.122                   | 148                       | 12.010                   | 99,01               | 88                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 2.580                  | 0                     | 10                    | 10                    | 14.947                      | 16.227               | 8.421                    | 137                       | 7.775                    | 99,09               | 66                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 2.580                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 14.947                      | 16.227               | 8.421                    | 137                       | 7.775                    | 99,09               | 66                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 2.580                  | 0                     | 10                    | 10                    | 14.947                      | 15.326               | 8.421                    | 175                       | 6.912                    | 98,83               | 84                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 14.947                      | 15.910               | 8.421                    | 151                       | 7.469                    | 98,99               | 79                          |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 1.740                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 14.947                      | 15.910               | 8.421                    | 151                       | 7.470                    | 98,99               | 79                          |                        |

Tabla 18: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una granja en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 2        | 0,09                  | 4.988,32               | 139,86                | 78.766,52             | 2x32x300              | 19.200                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 437                    |
| 4        | 0,09                  | 3.922,89               | 109,99                | 80.831,48             | 2x34x300              | 20.400                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 383                    |
| 14       | 0,09                  | 3.909,74               | 109,62                | 81.178,50             | 2x38x330              | 25.080                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 553                    |
| 5        | 0,09                  | 3.587,61               | 100,59                | 81.531,83             | 2x34x330              | 22.440                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 485                    |
| 8        | 0,09                  | 3.515,13               | 98,55                 | 83.674,46             | 2x47x330              | 31.020                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x7000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 574                    |
| 7        | 0,1                   | 3.389,16               | 95,02                 | 89.695,18             | 2x38x330              | 25.080                      | 2x14700              | 29.400                   | 1x7000                    | Diésel                   | 4x2x800             | 12.000                      | 838                    |
| 11       | 0,1                   | 3.370,59               | 94,50                 | 89.900,39             | 2x24x300              | 14.400                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 367                    |
| 6        | 0,1                   | 3.170,04               | 88,88                 | 90.015,91             | 2x31x300              | 18.600                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 349                    |
| 3        | 0,1                   | 3.121,84               | 87,53                 | 90.410,07             | 2x34x300              | 20.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 484                    |
| 9        | 0,1                   | 3.090,14               | 86,64                 | 91.257,79             | 2x24x300              | 14.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 397                    |
| 0        | 0,11                  | 2.677,39               | 75,07                 | 101.248,24            | 2x31x330              | 20.460                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 485                    |
| 12       | 0,12                  | 2.516,90               | 70,57                 | 102.830,46            | 2x69x330              | 45.540                      | 0x6345               | 0                        | 1x7000                    | Gasolina                 | 15x2x1000           | 12.000                      | 842                    |
| 1        | 0,12                  | 2.398,79               | 67,26                 | 111.337,36            | 2x32x300              | 19.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 466                    |
| 13       | 0,15                  | 2.320,96               | 65,07                 | 137.912,95            | 2x44x300              | 26.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 571                    |
| 10       | 0,16                  | 2.302,42               | 64,55                 | 143.992,25            | 2x44x300              | 26.400                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 541                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 8.700                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 35.667                      | 28.848               | 37.767                   | 1.411                     | 27.518                   | 96,04               | 147                         |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 15.000                 | 0                     | 10                    | 10                    | 35.667                      | 30.651               | 18.884                   | 2.921                     | 11.826                   | 91,81               | 304                         |                        |
| 14       | SEG. DEM.             | 12.900                 | 0                     | 28                    | 10                    | 35.667                      | 37.785               | 35.513                   | 387                       | 35.281                   | 98,91               | 37                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 10.800                 | 0                     | 82                    | 10                    | 35.667                      | 33.807               | 37.767                   | 378                       | 31.406                   | 98,94               | 38                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 4.060                  | 10000000000           | 82                    | 10                    | 35.667                      | 46.734               | 18.884                   | 381                       | 25.255                   | 98,93               | 85                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 4.060                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 35.667                      | 37.785               | 71.026                   | 181                       | 70.639                   | 99,49               | 40                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 12.900                 | 0                     | 10                    | 10                    | 35.667                      | 21.636               | 37.767                   | 1.922                     | 20.855                   | 94,61               | 184                         |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 15.000                 | 0                     | 46                    | 10                    | 35.667                      | 27.946               | 18.884                   | 3.334                     | 9.554                    | 90,65               | 347                         |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 4.500                  | 0                     | 28                    | 10                    | 35.667                      | 30.651               | 35.513                   | 1.307                     | 29.188                   | 96,34               | 335                         |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 12.900                 | 10000000000           | 10                    | 10                    | 35.667                      | 21.636               | 35.513                   | 2.528                     | 21.375                   | 92,91               | 242                         |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 10.800                 | 10000000000           | 28                    | 10                    | 35.667                      | 30.824               | 35.513                   | 1.672                     | 29.683                   | 95,31               | 166                         |                        |
| 12       | SEG. DEM.             | 5.040                  | 0                     | 46                    | 10                    | 35.667                      | 68.609               | 0                        | 30                        | 27.400                   | 99,92               | 6                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 8.700                  | 0                     | 28                    | 10                    | 35.667                      | 28.848               | 35.513                   | 1.557                     | 27.623                   | 95,63               | 190                         |                        |
| 13       | CARG. CICL.           | 15.000                 | 10000000000           | 46                    | 10                    | 35.667                      | 39.666               | 35.513                   | 314                       | 37.084                   | 99,12               | 33                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 35.667                      | 39.666               | 37.767                   | 986                       | 37.886                   | 97,23               | 105                         |                        |

Tabla 19: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una comunidad de propietarios en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 9        | 0,09                  | 3.284,27               | 75,23                 | 98.494,75             | 2x36x330              | 23.760                      | 2x14700              | 29.400                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 850                    |
| 11       | 0,09                  | 3.238,90               | 74,19                 | 99.017,41             | 2x38x330              | 25.080                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 585                    |
| 10       | 0,09                  | 3.237,60               | 74,17                 | 99.019,90             | 2x47x300              | 28.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 629                    |
| 2        | 0,1                   | 3.013,49               | 69,03                 | 108.278,77            | 2x52x330              | 34.320                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 721                    |
| 3        | 0,1                   | 2.954,09               | 67,67                 | 108.466,82            | 2x38x330              | 25.080                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 585                    |
| 4        | 0,1                   | 2.952,24               | 67,63                 | 108.474,89            | 2x39x330              | 25.740                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 595                    |
| 12       | 0,1                   | 2.905,71               | 66,56                 | 108.708,15            | 2x40x330              | 26.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 604                    |
| 6        | 0,1                   | 2.678,62               | 61,36                 | 109.988,16            | 2x52x300              | 31.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 673                    |
| 7        | 0,1                   | 2.638,15               | 60,43                 | 110.752,44            | 2x45x330              | 29.700                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 652                    |
| 0        | 0,1                   | 2.608,90               | 59,76                 | 112.984,22            | 2x52x330              | 34.320                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 721                    |
| 8        | 0,12                  | 2.601,62               | 59,60                 | 129.864,83            | 2x47x330              | 31.020                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 672                    |
| 1        | 0,12                  | 2.593,77               | 59,42                 | 130.776,25            | 2x52x300              | 31.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 673                    |
| 5        | 0,12                  | 2.564,52               | 58,75                 | 131.103,45            | 2x40x330              | 26.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 604                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 35.797               | 66.747                   | 282                       | 55.549                   | 99,35               | 46                          |                        |
| 11       | CARG. CICL.           | 9.000                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 43.654                      | 37.785               | 33.374                   | 787                       | 24.250                   | 98,2                | 136                         |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 43.654                      | 42.371               | 33.374                   | 470                       | 28.506                   | 98,92               | 82                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 28                    | 10                    | 43.654                      | 51.706               | 33.374                   | 194                       | 37.569                   | 99,56               | 31                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 9.000                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 43.654                      | 37.785               | 33.374                   | 787                       | 24.250                   | 98,2                | 136                         |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 38.780               | 33.374                   | 704                       | 25.160                   | 98,39               | 112                         |                        |
| 12       | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 39.774               | 33.374                   | 627                       | 26.076                   | 98,56               | 100                         |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 46.879               | 33.374                   | 279                       | 32.827                   | 99,36               | 46                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 100                   | 10                    | 43.654                      | 44.746               | 33.374                   | 376                       | 30.786                   | 99,14               | 65                          |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 51.706               | 33.374                   | 175                       | 37.552                   | 99,6                | 29                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 46.735               | 33.374                   | 285                       | 32.690                   | 99,35               | 47                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 9.000                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 43.654                      | 46.879               | 33.374                   | 299                       | 32.843                   | 99,31               | 52                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 43.654                      | 39.774               | 33.374                   | 659                       | 26.099                   | 98,49               | 114                         |                        |

Tabla 20: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una nave industrial en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 5        | 0,19                  | 316,88                 | 133,76                | 11.220,89             | 2x8x180               | 2.880                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 57                     |
| 2        | 0,19                  | 313,74                 | 132,44                | 11.302,93             | 2x5x180               | 1.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 39                     |
| 0        | 0,19                  | 301,82                 | 127,40                | 11.338,24             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 68                     |
| 6        | 0,21                  | 295,89                 | 124,90                | 12.142,69             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 68                     |
| 9        | 0,21                  | 295,03                 | 124,54                | 12.324,69             | 4x9x100               | 3.600                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 68                     |
| 3        | 0,21                  | 211,64                 | 89,34                 | 12.335,27             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 68                     |
| 7        | 0,24                  | 209,57                 | 88,46                 | 14.004,54             | 2x9x180               | 3.240                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 64                     |
| 4        | 0,24                  | 200,06                 | 84,45                 | 14.274,92             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 71                     |
| 1        | 0,24                  | 199,80                 | 84,34                 | 14.349,35             | 4x7x100               | 2.800                       | 1x660                | 660                      | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 800                         | 53                     |
| 8        | 0,25                  | 175,68                 | 74,16                 | 14.719,97             | 2x5x180               | 1.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 39                     |
| 10       | 0,26                  | 173,71                 | 73,33                 | 15.340,22             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 71                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 220                    | 10000000000           | 36                    | 20                    | 2.369                       | 3.039                | 773                      | 1.105                     | 1.064                    | 99,68               | 26                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 220                    | 10000000000           | 62                    | 36                    | 2.369                       | 1.899                | 2.366                    | 1.592                     | 680                      | 99,37               | 44                          |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 68                    | 20                    | 2.369                       | 3.666                | 0                        | 939                       | 1.448                    | 99,61               | 5                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 580                    | 10000000000           | 68                    | 20                    | 2.369                       | 3.666                | 0                        | 939                       | 1.447                    | 99,6                | 14                          |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 440                    | 0                     | 52                    | 20                    | 2.369                       | 3.666                | 773                      | 1.712                     | 1.051                    | 100                 | 0                           |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 430                    | 0                     | 87                    | 36                    | 2.369                       | 3.666                | 0                        | 940                       | 1.444                    | 99,55               | 31                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 500                    | 0                     | 52                    | 52                    | 2.369                       | 3.419                | 773                      | 1.467                     | 1.057                    | 100                 | 0                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 836                    | 0                     | 62                    | 52                    | 2.369                       | 3.799                | 0                        | 1.052                     | 1.444                    | 99,96               | 1                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 570                    | 10000000000           | 68                    | 20                    | 2.369                       | 2.851                | 773                      | 933                       | 1.072                    | 99,02               | 17                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 860                    | 0                     | 62                    | 36                    | 2.369                       | 1.899                | 2.366                    | 1.592                     | 684                      | 99,38               | 21                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 220                    | 10000000000           | 87                    | 36                    | 2.369                       | 3.799                | 0                        | 1.052                     | 1.444                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 21: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un piso en Jaca



| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 2        | 0,17                  | 303,87                 | 115,63                | 11.459,61             | 2x11x180              | 3.960                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 78                     |
| 0        | 0,19                  | 258,64                 | 98,42                 | 12.698,61             | 2x8x180               | 2.880                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 57                     |
| 6        | 0,2                   | 243,88                 | 92,80                 | 13.113,07             | 4x7x100               | 2.800                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 53                     |
| 5        | 0,21                  | 220,75                 | 84,00                 | 13.552,00             | 2x9x180               | 3.240                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 64                     |
| 7        | 0,21                  | 198,98                 | 75,72                 | 14.073,74             | 2x9x180               | 3.240                       | 0x925                | 0                        | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 64                     |
| 3        | 0,22                  | 190,51                 | 72,49                 | 14.275,76             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 68                     |
| 1        | 0,22                  | 174,85                 | 66,53                 | 14.382,47             | 4x5x100               | 2.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 40                     |
| 4        | 0,27                  | 166,46                 | 63,34                 | 17.903,94             | 2x11x180              | 3.960                       | 0x1660               | 0                        | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 500                         | 78                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 150                    | 0                     | 68                    | 20                    | 2.628                       | 4.178                | 0                        | 0                         | 1.021                    | 100                 | 0                           |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 430                    | 0                     | 49                    | 36                    | 2.628                       | 3.039                | 773                      | 0                         | 704                      | 100                 | 0                           |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 440                    | 0                     | 20                    | 20                    | 2.628                       | 2.851                | 773                      | 4                         | 530                      | 99,85               | 10                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 62                    | 36                    | 2.628                       | 3.419                | 0                        | 12                        | 294                      | 99,55               | 34                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 440                    | 10000000000           | 52                    | 20                    | 2.628                       | 3.419                | 0                        | 10                        | 293                      | 99,61               | 15                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 150                    | 0                     | 36                    | 20                    | 2.628                       | 3.666                | 0                        | 0                         | 512                      | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 360                    | 10000000000           | 20                    | 20                    | 2.628                       | 2.036                | 2.366                    | 4                         | 1.331                    | 99,86               | 10                          |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 440                    | 10000000000           | 52                    | 20                    | 2.628                       | 4.178                | 0                        | 0                         | 1.021                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 22: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un consumo constante de 300 W en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emissiones (kg CO2/año) | Emissiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 3        | 0,13                  | 343,05                  | 68,79                  | 15.995,11             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 99                     |
| 1        | 0,15                  | 310,11                  | 62,18                  | 18.596,93             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 1.600                       | 99                     |
| 2        | 0,15                  | 307,91                  | 61,74                  | 18.673,06             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 1.600                       | 99                     |
| 0        | 0,16                  | 307,53                  | 61,67                  | 19.730,74             | 2x12x280              | 6.720                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x365            | 1.600                       | 131                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)           | P_cri_gen (W)          | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 1.740                   | 0                      | 36                    | 20                    | 4.987                       | 5.312                | 2.366                    | 3                         | 1.717                    | 99,93               | 2                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 430                     | 0                      | 68                    | 20                    | 4.987                       | 5.312                | 2.366                    | 2                         | 1.715                    | 99,97               | 5                           |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 580                     | 10000000000            | 36                    | 36                    | 4.987                       | 5.312                | 2.366                    | 3                         | 1.715                    | 99,94               | 5                           |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 360                     | 10000000000            | 49                    | 36                    | 4.987                       | 7.082                | 0                        | 0                         | 1.061                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 23: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una oficina en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 8        | 0,06                  | 1.145,76               | 76,65                 | 23.723,07             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 171                    |
| 1        | 0,07                  | 1.048,78               | 70,17                 | 26.867,99             | 2x13x330              | 8.580                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x2x770            | 6.000                       | 159                    |
| 0        | 0,08                  | 945,12                 | 63,23                 | 28.327,92             | 2x25x300              | 15.000                      | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x1320           | 6.000                       | 282                    |
| 2        | 0,08                  | 820,89                 | 54,92                 | 28.423,07             | 2x13x330              | 8.580                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x1320           | 6.000                       | 159                    |
| 4        | 0,08                  | 794,70                 | 53,17                 | 30.263,73             | 2x17x330              | 11.220                      | 2x1660               | 3.320                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 208                    |
| 5        | 0,08                  | 761,28                 | 50,93                 | 30.759,68             | 2x17x330              | 11.220                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x1320           | 6.000                       | 208                    |
| 6        | 0,08                  | 757,63                 | 50,69                 | 31.204,94             | 2x19x330              | 12.540                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 232                    |
| 7        | 0,09                  | 713,98                 | 47,77                 | 33.028,27             | 2x19x300              | 11.400                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 214                    |
| 3        | 0,11                  | 690,68                 | 46,21                 | 40.929,14             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x1320           | 6.000                       | 171                    |
| 9        | 0,11                  | 683,80                 | 45,75                 | 42.505,50             | 2x25x300              | 15.000                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 282                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 87                    | 36                    | 14.947                      | 13.023               | 9.667                    | 0                         | 5.690                    | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 3.000                  | 0                     | 62                    | 36                    | 14.947                      | 12.093               | 9.667                    | 3                         | 4.801                    | 99,98               | 1                           |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 20                    | 20                    | 14.947                      | 21.100               | 0                        | 0                         | 3.896                    | 100                 | 0                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 2.580                  | 0                     | 74                    | 36                    | 14.947                      | 12.093               | 9.667                    | 18                        | 4.808                    | 99,88               | 9                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 100                   | 20                    | 14.947                      | 15.814               | 4.733                    | 0                         | 3.487                    | 100                 | 0                           |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 3.190                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 14.947                      | 15.814               | 4.733                    | 0                         | 3.510                    | 100                 | 0                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 87                    | 36                    | 14.947                      | 17.674               | 2.366                    | 0                         | 2.851                    | 100                 | 0                           |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 5.500                  | 0                     | 87                    | 36                    | 14.947                      | 16.036               | 2.366                    | 78                        | 1.348                    | 99,48               | 22                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 20                    | 20                    | 14.947                      | 13.023               | 9.667                    | 0                         | 5.690                    | 100                 | 0                           |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 1.740                  | 0                     | 100                   | 36                    | 14.947                      | 21.100               | 2.366                    | 0                         | 6.268                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 24: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una granja en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 6        | 0,09                  | 3.625,46               | 101,65                | 78.461,78             | 2x55x300              | 33.000                      | 1x6345               | 6.345                    | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 620                    |
| 3        | 0,09                  | 3.195,05               | 89,58                 | 78.799,88             | 2x55x300              | 33.000                      | 1x6345               | 6.345                    | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 620                    |
| 2        | 0,09                  | 3.002,50               | 84,18                 | 83.990,99             | 2x35x330              | 23.100                      | 4x6345               | 25.380                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 617                    |
| 14       | 0,1                   | 2.972,75               | 83,35                 | 85.509,57             | 2x51x300              | 30.600                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x15000                   | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 575                    |
| 12       | 0,1                   | 2.608,12               | 73,12                 | 92.159,12             | 2x31x330              | 20.460                      | 4x6345               | 25.380                   | 2x15000                   | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 588                    |
| 4        | 0,1                   | 2.517,14               | 70,57                 | 93.626,15             | 2x55x330              | 36.300                      | 1x6345               | 6.345                    | 2x7000                    | Gasolina                 | 24x1x2160           | 12.000                      | 671                    |
| 13       | 0,11                  | 2.346,66               | 65,79                 | 96.917,52             | 2x40x330              | 26.400                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 676                    |
| 10       | 0,12                  | 2.345,80               | 65,77                 | 106.774,91            | 2x35x330              | 23.100                      | 3x6345               | 19.035                   | 1x15000                   | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 495                    |
| 9        | 0,12                  | 2.270,58               | 63,66                 | 107.968,29            | 2x55x300              | 33.000                      | 1x6345               | 6.345                    | 2x7000                    | Gasolina                 | 24x1x3240           | 12.000                      | 620                    |
| 5        | 0,13                  | 2.165,86               | 60,72                 | 115.595,84            | 2x35x330              | 23.100                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 641                    |
| 0        | 0,14                  | 2.113,63               | 59,26                 | 121.486,60            | 2x35x330              | 23.100                      | 3x6345               | 19.035                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x3x2160           | 12.000                      | 496                    |
| 1        | 0,14                  | 2.086,83               | 58,51                 | 126.428,68            | 2x35x330              | 23.100                      | 3x6345               | 19.035                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 496                    |
| 7        | 0,17                  | 2.084,89               | 58,45                 | 149.983,47            | 2x42x330              | 27.720                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 513                    |
| 8        | 0,17                  | 2.084,89               | 58,45                 | 148.984,30            | 2x40x330              | 26.400                      | 3x6345               | 19.035                   | 2x7000                    | Gasolina                 | 24x2x2160           | 12.000                      | 531                    |
| 11       | 0,17                  | 2.017,54               | 56,57                 | 150.871,80            | 2x17x330              | 11.220                      | 4x14700              | 58.800                   | 2x7000                    | Diésel                   | 24x2x3240           | 12.000                      | 1.088                  |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 3.080                  | 0                     | 100                   | 20                    | 35.667                      | 46.420               | 10.341                   | 129                       | 15.724                   | 99,64               | 46                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 5.040                  | 0                     | 84                    | 20                    | 35.667                      | 46.420               | 10.341                   | 10                        | 15.776                   | 99,97               | 2                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 5.040                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 32.557               | 41.364                   | 121                       | 33.458                   | 99,66               | 25                          |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 68                    | 20                    | 35.667                      | 43.044               | 10.341                   | 468                       | 12.721                   | 98,69               | 47                          |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 4.500                  | 10000000000           | 100                   | 20                    | 35.667                      | 28.837               | 41.364                   | 16                        | 29.762                   | 99,95               | 2                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 2.100                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 51.162               | 10.341                   | 34                        | 20.315                   | 99,9                | 17                          |                        |
| 13       | CARG. CICL.           | 2.100                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 35.667                      | 37.208               | 32.399                   | 40                        | 30.861                   | 99,89               | 9                           |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 36                    | 20                    | 35.667                      | 32.557               | 31.023                   | 42                        | 23.126                   | 99,88               | 5                           |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 3.080                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 35.667                      | 46.420               | 10.341                   | 13                        | 15.776                   | 99,96               | 3                           |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 7.000                  | 10000000000           | 62                    | 36                    | 35.667                      | 32.557               | 32.399                   | 80                        | 26.379                   | 99,78               | 18                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 4.060                  | 0                     | 74                    | 36                    | 35.667                      | 32.557               | 31.023                   | 0                         | 23.129                   | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 4.060                  | 10000000000           | 62                    | 36                    | 35.667                      | 32.557               | 31.023                   | 133                       | 23.157                   | 99,63               | 30                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 10.800                 | 10000000000           | 62                    | 52                    | 35.667                      | 39.069               | 20.682                   | 185                       | 19.199                   | 99,48               | 19                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 2.100                  | 10000000000           | 71                    | 52                    | 35.667                      | 37.208               | 31.023                   | 13                        | 27.656                   | 99,96               | 3                           |                        |
| 11       | CARG. CICL.           | 2.100                  | 10000000000           | 36                    | 36                    | 35.667                      | 15.814               | 68.069                   | 33                        | 45.502                   | 99,91               | 11                          |                        |

Tabla 25: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una comunidad de propietarios en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 3        | 0,09                  | 3.892,16               | 89,16                 | 99.609,66             | 2x60x330              | 39.600                      | 0x14700              | 0                        | 1x15000                   | Gasolina                 | 24x1x3240           | 12.000                      | 732                    |
| 14       | 0,09                  | 3.851,18               | 88,22                 | 99.859,34             | 2x38x330              | 25.080                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x2700           | 12.000                      | 699                    |
| 1        | 0,1                   | 2.956,46               | 67,72                 | 109.867,09            | 2x50x330              | 33.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 610                    |
| 9        | 0,1                   | 2.944,99               | 67,46                 | 111.385,56            | 2x45x330              | 29.700                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Gasolina                 | 24x1x3240           | 12.000                      | 549                    |
| 5        | 0,11                  | 2.932,95               | 67,19                 | 115.169,23            | 2x41x330              | 27.060                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 720                    |
| 4        | 0,11                  | 2.814,47               | 64,47                 | 115.205,36            | 2x50x330              | 33.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x2700           | 12.000                      | 610                    |
| 7        | 0,11                  | 2.799,18               | 64,12                 | 124.927,80            | 2x45x330              | 29.700                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 748                    |
| 10       | 0,12                  | 2.783,39               | 63,76                 | 125.810,30            | 2x48x330              | 31.680                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 586                    |
| 6        | 0,12                  | 2.776,61               | 63,60                 | 127.361,96            | 2x45x330              | 29.700                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 748                    |
| 11       | 0,12                  | 2.739,81               | 62,76                 | 128.598,09            | 2x67x300              | 40.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Gasolina                 | 24x1x2700           | 12.000                      | 755                    |
| 2        | 0,12                  | 2.724,98               | 62,42                 | 128.997,48            | 2x60x330              | 39.600                      | 0x14700              | 0                        | 1x9000                    | Gasolina                 | 24x1x3240           | 12.000                      | 732                    |
| 8        | 0,12                  | 2.717,05               | 62,24                 | 129.688,62            | 2x48x330              | 31.680                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x2700           | 12.000                      | 769                    |
| 12       | 0,13                  | 2.568,24               | 58,83                 | 141.786,27            | 2x50x330              | 33.000                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x2700           | 12.000                      | 783                    |
| 13       | 0,14                  | 2.559,50               | 58,63                 | 152.982,89            | 2x48x330              | 31.680                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 769                    |
| 0        | 0,14                  | 2.559,44               | 58,63                 | 153.854,27            | 2x44x330              | 29.040                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 741                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 100                   | 20                    | 43.654                      | 55.813               | 0                        | 14                        | 4.312                    | 99,97               | 1                           |                        |
| 14       | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 20                    | 20                    | 43.654                      | 35.348               | 32.399                   | 14                        | 19.941                   | 99,97               | 5                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 74                    | 36                    | 43.654                      | 46.511               | 17.017                   | 29                        | 14.614                   | 99,93               | 13                          |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 100                   | 20                    | 43.654                      | 41.860               | 17.017                   | 9                         | 10.432                   | 99,98               | 1                           |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 84                    | 20                    | 43.654                      | 38.139               | 32.399                   | 162                       | 22.650                   | 99,63               | 27                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 36                    | 20                    | 43.654                      | 46.511               | 17.017                   | 108                       | 14.613                   | 99,75               | 17                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 43.654                      | 41.860               | 32.399                   | 52                        | 26.184                   | 99,88               | 8                           |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 2.700                  | 10000000000           | 49                    | 36                    | 43.654                      | 44.650               | 17.017                   | 128                       | 12.899                   | 99,71               | 22                          |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 36                    | 20                    | 43.654                      | 41.860               | 32.399                   | 30                        | 26.161                   | 99,93               | 11                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 68                    | 20                    | 43.654                      | 56.548               | 17.017                   | 20                        | 24.459                   | 99,95               | 6                           |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 100                   | 20                    | 43.654                      | 55.813               | 0                        | 17                        | 4.315                    | 99,96               | 3                           |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 9.000                  | 0                     | 68                    | 20                    | 43.654                      | 44.650               | 32.399                   | 68                        | 28.897                   | 99,84               | 12                          |                        |
| 12       | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 36                    | 20                    | 43.654                      | 46.511               | 32.399                   | 21                        | 30.696                   | 99,95               | 4                           |                        |
| 13       | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 36                    | 20                    | 43.654                      | 44.650               | 32.399                   | 0                         | 28.882                   | 100                 | 0                           |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 68                    | 20                    | 43.654                      | 40.929               | 32.399                   | 86                        | 25.304                   | 99,8                | 14                          |                        |

Tabla 26: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una nave industrial en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1        | 0,21                  | 374,89                 | 158,25                | 12.195,10             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 800                         | 71                     |
| 6        | 0,21                  | 289,49                 | 122,20                | 12.680,18             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 800                         | 71                     |
| 3        | 0,23                  | 276,11                 | 116,55                | 13.359,63             | 2x9x180               | 3.240                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 64                     |
| 2        | 0,23                  | 269,34                 | 113,69                | 13.650,24             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 71                     |
| 0        | 0,23                  | 207,45                 | 87,57                 | 13.851,11             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 61                     |
| 5        | 0,25                  | 204,29                 | 86,23                 | 14.879,55             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 800                         | 71                     |
| 4        | 0,25                  | 203,44                 | 85,88                 | 15.059,08             | 2x6x180               | 2.160                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 44                     |
| 7        | 0,26                  | 180,15                 | 76,04                 | 15.321,31             | 2x11x180              | 3.960                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 800                         | 78                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 430                    | 0                     | 100                   | 10                    | 2.369                       | 3.799                | 0                        | 3                         | 1.055                    | 99,89               | 7                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 836                    | 10000000000           | 100                   | 10                    | 2.369                       | 3.799                | 0                        | 3                         | 1.056                    | 99,86               | 3                           |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 300                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.369                       | 3.419                | 773                      | 4                         | 1.470                    | 99,82               | 6                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 290                    | 0                     | 28                    | 10                    | 2.369                       | 3.799                | 0                        | 20                        | 1.075                    | 99,14               | 76                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 1.000                  | 0                     | 10                    | 10                    | 2.369                       | 3.258                | 773                      | 8                         | 1.313                    | 99,67               | 11                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 1.740                  | 0                     | 28                    | 10                    | 2.369                       | 3.799                | 0                        | 3                         | 1.056                    | 99,85               | 2                           |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 720                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.369                       | 2.279                | 2.366                    | 14                        | 1.957                    | 99,41               | 20                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 86                    | 28                    | 2.369                       | 4.178                | 0                        | 0                         | 1.433                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 27: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un piso en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 3        | 0,19                  | 335,06                 | 127,50                | 12.273,56             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 68                     |
| 8        | 0,19                  | 283,58                 | 107,91                | 12.721,23             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 61                     |
| 0        | 0,21                  | 260,29                 | 99,04                 | 13.612,32             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 61                     |
| 5        | 0,21                  | 258,74                 | 98,46                 | 13.614,90             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x925                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 68                     |
| 10       | 0,21                  | 213,97                 | 81,42                 | 14.089,19             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 71                     |
| 7        | 0,23                  | 204,20                 | 77,70                 | 14.785,51             | 2x8x180               | 2.880                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 57                     |
| 4        | 0,23                  | 198,81                 | 75,65                 | 14.937,92             | 2x10x180              | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 500                         | 71                     |
| 1        | 0,23                  | 189,76                 | 72,21                 | 15.003,00             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x1660               | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x189             | 500                         | 68                     |
| 2        | 0,23                  | 186,15                 | 70,83                 | 15.390,57             | 2x8x180               | 2.880                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 57                     |
| 6        | 0,24                  | 184,74                 | 70,30                 | 15.538,77             | 2x9x180               | 3.240                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 64                     |
| 9        | 0,24                  | 167,96                 | 63,91                 | 16.085,72             | 4x9x100               | 3.600                       | 0x660                | 0                        | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 68                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 150                    | 10000000000           | 10                    | 10                    | 2.628                       | 3.666                | 0                        | 10                        | 533                      | 99,61               | 50                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 720                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.628                       | 3.258                | 773                      | 2                         | 923                      | 99,92               | 3                           |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 440                    | 0                     | 46                    | 10                    | 2.628                       | 3.258                | 2.366                    | 0                         | 2.536                    | 100                 | 0                           |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 290                    | 0                     | 46                    | 10                    | 2.628                       | 3.666                | 0                        | 13                        | 537                      | 99,51               | 48                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 150                    | 10000000000           | 10                    | 10                    | 2.628                       | 3.799                | 0                        | 10                        | 666                      | 99,63               | 48                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 1.000                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 2.628                       | 3.039                | 773                      | 6                         | 708                      | 99,77               | 9                           |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 150                    | 10000000000           | 57                    | 28                    | 2.628                       | 3.799                | 0                        | 0                         | 655                      | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.628                       | 3.666                | 0                        | 0                         | 522                      | 100                 | 0                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 28                    | 10                    | 2.628                       | 3.039                | 2.366                    | 0                         | 2.316                    | 100                 | 0                           |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 150                    | 0                     | 46                    | 10                    | 2.628                       | 3.419                | 773                      | 0                         | 1.082                    | 99,99               | 1                           |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 290                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 2.628                       | 3.666                | 0                        | 19                        | 543                      | 99,29               | 54                          |                        |

Tabla 28: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un consumo constante de 300 W en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,15                  | 328,92                 | 65,96                 | 18.321,80             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 99                     |
| 5        | 0,15                  | 328,92                 | 65,96                 | 19.298,59             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x252             | 1.600                       | 99                     |
| 4        | 0,16                  | 305,30                 | 61,22                 | 20.430,63             | 2x12x280              | 6.720                       | 0x1660               | 0                        | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 131                    |
| 3        | 0,17                  | 298,60                 | 59,88                 | 20.728,58             | 2x10x280              | 5.600                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 110                    |
| 6        | 0,17                  | 292,01                 | 58,55                 | 21.170,78             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x252             | 1.600                       | 99                     |
| 1        | 0,17                  | 291,70                 | 58,49                 | 21.360,35             | 2x12x280              | 6.720                       | 0x1660               | 0                        | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 131                    |
| 2        | 0,17                  | 285,74                 | 57,30                 | 21.573,11             | 2x11x280              | 6.160                       | 0x3471               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x252             | 1.600                       | 120                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 4.987                       | 5.312                | 2.367                    | 5                         | 1.708                    | 99,9                | 5                           |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 1.160                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 4.987                       | 5.312                | 2.367                    | 0                         | 1.704                    | 100                 | 0                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 600                    | 0                     | 10                    | 10                    | 4.987                       | 7.082                | 0                        | 0                         | 1.062                    | 100                 | 0                           |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 1.720                  | 0                     | 10                    | 10                    | 4.987                       | 5.902                | 2.367                    | 0                         | 2.292                    | 100                 | 0                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 1.440                  | 10000000000           | 82                    | 10                    | 4.987                       | 5.312                | 2.367                    | 0                         | 1.704                    | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 570                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 4.987                       | 7.082                | 0                        | 0                         | 1.062                    | 100                 | 0                           |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 1.320                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 4.987                       | 6.492                | 0                        | 58                        | 534                      | 98,83               | 43                          |                        |

Tabla 29: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una oficina en Jaca



| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,09                  | 1.317,16               | 88,12                 | 33.791,56             | 2x18x330              | 11.880                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 220                    |
| 1        | 0,09                  | 1.314,26               | 87,93                 | 33.951,21             | 2x18x330              | 11.880                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 220                    |
| 2        | 0,09                  | 1.092,15               | 73,07                 | 35.444,26             | 2x18x330              | 11.880                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 220                    |
| 6        | 0,1                   | 1.054,75               | 70,57                 | 35.508,61             | 2x20x300              | 12.000                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 226                    |
| 4        | 0,1                   | 1.013,05               | 67,78                 | 37.986,47             | 2x19x300              | 11.400                      | 2x1660               | 3.320                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 214                    |
| 5        | 0,11                  | 967,59                 | 64,73                 | 39.792,35             | 2x20x330              | 13.200                      | 0x1660               | 0                        | 1x3000                    | Gasolina                 | 1x2x360             | 6.000                       | 244                    |
| 8        | 0,11                  | 867,85                 | 58,06                 | 40.084,16             | 2x18x330              | 11.880                      | 2x1660               | 3.320                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 220                    |
| 7        | 0,11                  | 840,04                 | 56,20                 | 40.200,14             | 2x20x300              | 12.000                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 226                    |
| 3        | 0,12                  | 764,25                 | 51,13                 | 43.020,29             | 2x20x300              | 12.000                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 226                    |
| 9        | 0,12                  | 762,79                 | 51,03                 | 44.037,57             | 2x20x300              | 12.000                      | 2x1660               | 3.320                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 226                    |
| 10       | 0,12                  | 760,58                 | 50,89                 | 44.377,18             | 2x20x300              | 12.000                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 226                    |
| 11       | 0,12                  | 746,13                 | 49,92                 | 46.123,06             | 2x22x300              | 13.200                      | 0x6345               | 0                        | 1x3000                    | Diésel                   | 1x2x360             | 6.000                       | 248                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 46                    | 10                    | 14.947                      | 16.913               | 2.367                    | 292                       | 2.395                    | 98,05               | 146                         |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 3.000                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 14.947                      | 16.913               | 4.733                    | 148                       | 4.709                    | 99,01               | 77                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 1.320                  | 0                     | 46                    | 10                    | 14.947                      | 16.913               | 9.667                    | 30                        | 9.565                    | 99,8                | 27                          |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 2.160                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 14.947                      | 17.059               | 9.667                    | 43                        | 9.724                    | 99,71               | 22                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 2.580                  | 0                     | 100                   | 10                    | 14.947                      | 16.206               | 4.733                    | 134                       | 3.985                    | 99,1                | 65                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 3.000                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 14.947                      | 18.792               | 0                        | 3                         | 1.658                    | 99,98               | 1                           |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 2.160                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 14.947                      | 16.913               | 4.733                    | 121                       | 4.681                    | 99,19               | 61                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 2.160                  | 0                     | 28                    | 10                    | 14.947                      | 17.059               | 4.733                    | 130                       | 4.838                    | 99,13               | 65                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 2.160                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 14.947                      | 17.059               | 2.367                    | 328                       | 2.576                    | 97,81               | 171                         |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 2.580                  | 0                     | 28                    | 10                    | 14.947                      | 17.059               | 4.733                    | 126                       | 4.833                    | 99,15               | 61                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 2.580                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 14.947                      | 17.059               | 9.667                    | 43                        | 9.724                    | 99,71               | 22                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 3.000                  | 0                     | 28                    | 10                    | 14.947                      | 18.765               | 0                        | 0                         | 1.628                    | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 30: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una granja en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 11       | 0,09                  | 4.235,33               | 118,75                | 82.060,61             | 2x49x330              | 32.340                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| 5        | 0,09                  | 3.406,23               | 95,50                 | 82.598,23             | 2x56x300              | 33.600                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 631                    |
| 12       | 0,1                   | 2.917,22               | 81,79                 | 86.439,24             | 2x55x300              | 33.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 620                    |
| 9        | 0,1                   | 2.892,90               | 81,11                 | 86.474,68             | 2x55x330              | 36.300                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 671                    |
| 0        | 0,1                   | 2.892,27               | 81,09                 | 86.770,51             | 2x58x300              | 34.800                      | 0x14700              | 0                        | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 653                    |
| 10       | 0,11                  | 2.772,05               | 77,72                 | 96.283,83             | 2x49x330              | 32.340                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| 8        | 0,11                  | 2.740,08               | 76,82                 | 97.407,85             | 2x44x330              | 29.040                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 537                    |
| 2        | 0,11                  | 2.302,79               | 64,56                 | 98.611,34             | 2x60x300              | 36.000                      | 0x14700              | 0                        | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 676                    |
| 1        | 0,11                  | 2.269,73               | 63,64                 | 101.305,55            | 2x55x330              | 36.300                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 671                    |
| 6        | 0,12                  | 2.230,92               | 62,55                 | 106.274,51            | 2x56x330              | 36.960                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 683                    |
| 4        | 0,12                  | 2.167,93               | 60,78                 | 107.949,37            | 2x41x330              | 27.060                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Gasolina                 | 15x2x1000           | 12.000                      | 500                    |
| 3        | 0,12                  | 2.122,31               | 59,50                 | 108.130,70            | 2x56x300              | 33.600                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 631                    |
| 7        | 0,12                  | 2.117,56               | 59,37                 | 110.927,46            | 2x49x330              | 32.340                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 82                    | 10                    | 35.667                      | 46.041               | 10.341                   | 130                       | 15.481                   | 99,64               | 22                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 10                    | 10                    | 35.667                      | 47.766               | 17.018                   | 0                         | 25.458                   | 100                 | 0                           |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 35.667                      | 46.913               | 17.018                   | 0                         | 24.608                   | 100                 | 0                           |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 8.700                  | 0                     | 10                    | 10                    | 35.667                      | 51.678               | 10.341                   | 0                         | 20.974                   | 100                 | 0                           |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 35.667                      | 49.472               | 0                        | 992                       | 9.251                    | 97,22               | 173                         |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 35.667                      | 46.041               | 17.018                   | 26                        | 23.767                   | 99,93               | 4                           |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 82                    | 10                    | 35.667                      | 41.343               | 17.018                   | 214                       | 19.267                   | 99,4                | 37                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 82                    | 10                    | 35.667                      | 51.178               | 0                        | 633                       | 10.584                   | 98,23               | 110                         |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 35.667                      | 51.678               | 10.341                   | 0                         | 20.974                   | 100                 | 0                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 15.000                 | 10000000000           | 64                    | 10                    | 35.667                      | 52.618               | 10.341                   | 0                         | 21.915                   | 100                 | 0                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 64                    | 10                    | 35.667                      | 38.524               | 20.683                   | 201                       | 18.615                   | 99,44               | 32                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 100                   | 10                    | 35.667                      | 47.766               | 10.341                   | 51                        | 17.127                   | 99,86               | 9                           |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 7.740                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 35.667                      | 46.041               | 10.341                   | 132                       | 15.482                   | 99,63               | 21                          |                        |

Tabla 31: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una comunidad de propietarios en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 13       | 0,09                  | 4.040,32               | 92,55                 | 99.062,22             | 2x71x300              | 42.600                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 800                    |
| 7        | 0,1                   | 3.453,33               | 79,11                 | 105.641,37            | 2x49x330              | 32.340                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| 12       | 0,1                   | 3.437,66               | 78,75                 | 105.851,66            | 2x49x330              | 32.340                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| 4        | 0,1                   | 3.378,97               | 77,40                 | 110.851,05            | 2x45x300              | 27.000                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 507                    |
| 9        | 0,1                   | 3.306,44               | 75,74                 | 111.027,01            | 2x62x300              | 37.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 698                    |
| 1        | 0,11                  | 3.217,46               | 73,70                 | 116.349,72            | 2x50x300              | 30.000                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 563                    |
| 11       | 0,11                  | 2.938,45               | 67,31                 | 116.797,73            | 2x71x300              | 42.600                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 800                    |
| 8        | 0,11                  | 2.768,88               | 63,43                 | 118.196,02            | 2x43x330              | 28.380                      | 3x6345               | 19.035                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 627                    |
| 6        | 0,11                  | 2.757,49               | 63,17                 | 118.622,16            | 2x50x300              | 30.000                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 563                    |
| 3        | 0,11                  | 2.738,64               | 62,74                 | 124.887,52            | 2x52x330              | 34.320                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 635                    |
| 0        | 0,12                  | 2.691,57               | 61,66                 | 130.537,63            | 2x62x300              | 37.200                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 698                    |
| 14       | 0,12                  | 2.641,99               | 60,52                 | 131.232,19            | 2x52x330              | 34.320                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 635                    |
| 5        | 0,12                  | 2.546,63               | 58,34                 | 131.836,98            | 2x52x300              | 31.200                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Gasolina                 | 15x2x1000           | 12.000                      | 586                    |
| 2        | 0,12                  | 2.536,46               | 58,10                 | 134.982,19            | 2x49x330              | 32.340                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| 10       | 0,16                  | 2.460,73               | 56,37                 | 171.235,94            | 2x49x330              | 32.340                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 598                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 13       | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 60.560               | 10.341                   | 363                       | 20.242                   | 99,17               | 60                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 2.700                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 46.041               | 20.683                   | 140                       | 16.088                   | 99,68               | 40                          |                        |
| 12       | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 64                    | 10                    | 43.654                      | 46.041               | 10.341                   | 520                       | 5.907                    | 98,81               | 202                         |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 43.654                      | 38.383               | 20.683                   | 821                       | 9.162                    | 98,12               | 142                         |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 6.600                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 52.883               | 17.018                   | 205                       | 21.229                   | 99,53               | 36                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 64                    | 10                    | 43.654                      | 42.648               | 20.683                   | 311                       | 12.884                   | 99,29               | 51                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 82                    | 10                    | 43.654                      | 60.560               | 20.683                   | 94                        | 30.578                   | 99,78               | 19                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 12.900                 | 0                     | 64                    | 10                    | 43.654                      | 40.403               | 31.024                   | 219                       | 21.033                   | 99,5                | 21                          |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 8.700                  | 0                     | 28                    | 10                    | 43.654                      | 42.648               | 20.683                   | 339                       | 12.910                   | 99,22               | 42                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 48.859               | 10.341                   | 390                       | 8.558                    | 99,11               | 110                         |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 100                   | 10                    | 43.654                      | 52.883               | 10.341                   | 346                       | 12.540                   | 99,21               | 98                          |                        |
| 14       | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 48.859               | 10.341                   | 32                        | 8.201                    | 99,93               | 5                           |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 28                    | 10                    | 43.654                      | 44.354               | 10.341                   | 840                       | 4.563                    | 98,07               | 168                         |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 15.000                 | 0                     | 64                    | 10                    | 43.654                      | 46.041               | 20.683                   | 242                       | 16.186                   | 99,45               | 25                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 7.740                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 43.654                      | 46.041               | 17.018                   | 9                         | 14.186                   | 99,98               | 1                           |                        |

Tabla 32: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una nave industrial en Jaca

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,21                  | 226,03                 | 95,41                 | 12.250,41             | 2x2x180               | 720                         | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 33                     |
| 1        | 0,21                  | 133,38                 | 56,30                 | 12.620,69             | 4x2x100               | 800                         | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x170            | 800                         | 33                     |
| 2        | 0,21                  | 124,47                 | 52,54                 | 12.719,32             | 4x2x100               | 800                         | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 33                     |
| 3        | 0,22                  | 106,32                 | 44,88                 | 12.823,62             | 4x6x100               | 2.400                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x260            | 800                         | 46                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 220                    | 0                     | 20                    | 20                    | 2.369                       | 666                  | 4.490                    | 0                         | 2.470                    | 100                 | 0                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 87                    | 36                    | 2.369                       | 715                  | 4.490                    | 4                         | 2.522                    | 99,85               | 11                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 300                    | 0                     | 20                    | 20                    | 2.369                       | 714                  | 4.490                    | 0                         | 2.518                    | 100                 | 0                           |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 290                    | 10000000000           | 100                   | 36                    | 2.369                       | 2.175                | 1.587                    | 9                         | 1.074                    | 99,62               | 26                          |                        |

Tabla 33: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un piso en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,19                  | 231,28                 | 88,01                 | 12.436,10             | 4x2x100               | 800                         | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 500                         | 34                     |
| 1        | 0,2                   | 203,83                 | 77,56                 | 12.948,12             | 4x2x100               | 800                         | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x261            | 500                         | 34                     |
| 2        | 0,2                   | 176,56                 | 67,18                 | 13.047,91             | 2x4x180               | 1.440                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x262            | 500                         | 39                     |
| 5        | 0,2                   | 175,87                 | 66,92                 | 13.271,17             | 4x4x100               | 1.600                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 24x1x265            | 500                         | 40                     |
| 3        | 0,2                   | 149,38                 | 56,84                 | 13.434,56             | 2x7x180               | 2.520                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x263            | 500                         | 50                     |
| 4        | 0,22                  | 146,23                 | 55,64                 | 14.644,01             | 4x4x100               | 1.600                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x264            | 500                         | 40                     |
| 6        | 0,26                  | 143,01                 | 54,42                 | 17.347,76             | 4x7x100               | 2.800                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 24x1x266            | 500                         | 53                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 1.368                  | 0                     | 36                    | 36                    | 2.628                       | 713                  | 4.500                    | 31                        | 2.179                    | 98,8                | 25                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 36                    | 36                    | 2.628                       | 712                  | 4.500                    | 22                        | 2.170                    | 99,16               | 64                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 570                    | 10000000000           | 90                    | 52                    | 2.628                       | 1.336                | 4.500                    | 10                        | 2.777                    | 99,62               | 9                           |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 1.000                  | 0                     | 52                    | 52                    | 2.628                       | 1.433                | 4.500                    | 3                         | 2.866                    | 99,9                | 4                           |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 290                    | 0                     | 20                    | 20                    | 2.628                       | 2.373                | 1.591                    | 2                         | 883                      | 99,91               | 8                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 52                    | 52                    | 2.628                       | 1.433                | 4.500                    | 2                         | 2.865                    | 99,92               | 6                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 100                   | 20                    | 2.628                       | 2.549                | 1.591                    | 0                         | 1.055                    | 99,98               | 1                           |                        |

Tabla 34: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en un consumo constante de 300 W en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 8        | 0,13                  | 371,20                 | 74,43                 | 16.284,53             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x365            | 1.600                       | 88                     |
| 0        | 0,14                  | 365,96                 | 73,38                 | 17.057,05             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 24x1x365            | 1.600                       | 84                     |
| 6        | 0,14                  | 365,28                 | 73,25                 | 17.239,15             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x365            | 1.600                       | 84                     |
| 7        | 0,14                  | 365,25                 | 73,24                 | 17.240,77             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 84                     |
| 3        | 0,14                  | 364,31                 | 73,05                 | 17.286,73             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x365            | 1.600                       | 84                     |
| 2        | 0,14                  | 285,70                 | 57,29                 | 18.032,51             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x365            | 1.600                       | 84                     |
| 5        | 0,15                  | 281,32                 | 56,41                 | 18.813,48             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 24x1x365            | 1.600                       | 88                     |
| 4        | 0,15                  | 280,14                 | 56,17                 | 18.993,24             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x260            | 1.600                       | 84                     |
| 1        | 0,15                  | 279,24                 | 55,99                 | 19.036,49             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 24x1x365            | 1.600                       | 88                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 1.102                  | 0                     | 20                    | 20                    | 4.987                       | 4.172                | 4.497                    | 2                         | 2.713                    | 99,96               | 2                           |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 880                    | 10000000000           | 49                    | 36                    | 4.987                       | 3.971                | 4.497                    | 3                         | 2.513                    | 99,94               | 2                           |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 570                    | 0                     | 68                    | 20                    | 4.987                       | 3.971                | 4.497                    | 2                         | 2.512                    | 99,96               | 4                           |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 20                    | 20                    | 4.987                       | 3.969                | 4.497                    | 6                         | 2.514                    | 99,87               | 9                           |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 1.320                  | 10000000000           | 49                    | 36                    | 4.987                       | 3.971                | 4.497                    | 3                         | 2.513                    | 99,94               | 2                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 1.320                  | 0                     | 36                    | 36                    | 4.987                       | 3.971                | 4.497                    | 3                         | 2.513                    | 99,95               | 2                           |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 900                    | 0                     | 84                    | 20                    | 4.987                       | 4.172                | 4.497                    | 2                         | 2.712                    | 99,96               | 3                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 1.102                  | 0                     | 20                    | 20                    | 4.987                       | 3.969                | 4.497                    | 7                         | 2.514                    | 99,87               | 6                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 570                    | 0                     | 68                    | 20                    | 4.987                       | 4.172                | 4.497                    | 1                         | 2.712                    | 99,97               | 3                           |                        |

Tabla 35: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una oficina en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 9        | 0,07                  | 1.131,53               | 75,70                 | 27.219,91             | 2x14x330              | 9.240                       | 2x1660               | 3.320                    | 1x5500                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 171                    |
| 4        | 0,07                  | 1.112,32               | 74,42                 | 27.250,34             | 2x15x330              | 9.900                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x4000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 183                    |
| 1        | 0,08                  | 941,87                 | 63,01                 | 29.069,31             | 2x14x330              | 9.240                       | 2x1660               | 3.320                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x1320           | 6.000                       | 171                    |
| 12       | 0,08                  | 934,56                 | 62,52                 | 29.293,61             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x4000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 171                    |
| 7        | 0,08                  | 918,69                 | 61,46                 | 29.492,83             | 2x23x330              | 15.180                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 281                    |
| 6        | 0,09                  | 805,30                 | 53,88                 | 32.296,88             | 2x16x300              | 9.600                       | 2x1660               | 3.320                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 181                    |
| 14       | 0,09                  | 764,10                 | 51,12                 | 32.432,19             | 2x16x300              | 9.600                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 181                    |
| 8        | 0,09                  | 752,39                 | 50,34                 | 32.680,96             | 2x16x330              | 10.560                      | 2x1660               | 3.320                    | 1x5500                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 196                    |
| 11       | 0,09                  | 711,18                 | 47,58                 | 33.069,81             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x4000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 171                    |
| 10       | 0,09                  | 699,48                 | 46,80                 | 34.668,98             | 2x19x300              | 11.400                      | 2x1660               | 3.320                    | 2x4000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 214                    |
| 2        | 0,09                  | 698,45                 | 46,73                 | 34.892,26             | 2x16x300              | 9.600                       | 2x1660               | 3.320                    | 1x4000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 181                    |
| 3        | 0,1                   | 630,88                 | 42,21                 | 36.546,53             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x6345               | 6.345                    | 2x4000                    | Gasolina                 | 24x1x770            | 6.000                       | 171                    |
| 0        | 0,1                   | 623,47                 | 41,71                 | 37.343,03             | 2x16x300              | 9.600                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x4000                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 181                    |
| 5        | 0,1                   | 622,45                 | 41,64                 | 38.924,45             | 2x14x300              | 8.400                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x5500                    | Diésel                   | 24x1x770            | 6.000                       | 158                    |
| 13       | 0,12                  | 617,41                 | 41,31                 | 44.025,29             | 2x14x330              | 9.240                       | 2x1660               | 3.320                    | 1x4000                    | Diésel                   | 24x1x1320           | 6.000                       | 171                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 84                    | 20                    | 14.947                      | 10.856               | 9.055                    | 99                        | 3.034                    | 99,34               | 27                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 2.320                  | 0                     | 49                    | 36                    | 14.947                      | 11.632               | 18.706                   | 2                         | 13.379                   | 99,98               | 1                           |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 4.730                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 14.947                      | 10.856               | 9.055                    | 5                         | 2.949                    | 99,97               | 1                           |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 3.440                  | 10000000000           | 100                   | 36                    | 14.947                      | 10.856               | 18.706                   | 4                         | 12.604                   | 99,97               | 1                           |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 49                    | 36                    | 14.947                      | 17.835               | 4.528                    | 20                        | 5.319                    | 99,87               | 5                           |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 4.730                  | 0                     | 36                    | 36                    | 14.947                      | 11.264               | 9.055                    | 76                        | 3.418                    | 99,49               | 20                          |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 3.190                  | 10000000000           | 49                    | 36                    | 14.947                      | 11.264               | 9.217                    | 81                        | 3.582                    | 99,46               | 23                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 62                    | 36                    | 14.947                      | 12.407               | 9.055                    | 28                        | 4.505                    | 99,81               | 8                           |                        |
| 11       | CARG. CICL.           | 4.000                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 14.947                      | 10.856               | 18.706                   | 4                         | 12.604                   | 99,97               | 1                           |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 4.000                  | 0                     | 62                    | 36                    | 14.947                      | 13.375               | 9.055                    | 12                        | 5.453                    | 99,92               | 5                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 4.000                  | 0                     | 52                    | 20                    | 14.947                      | 11.264               | 9.055                    | 72                        | 3.412                    | 99,52               | 27                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 1.200                  | 10000000000           | 36                    | 20                    | 14.947                      | 10.856               | 18.706                   | 3                         | 12.603                   | 99,98               | 1                           |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 3.440                  | 0                     | 100                   | 36                    | 14.947                      | 11.264               | 9.217                    | 72                        | 3.573                    | 99,52               | 26                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 4.730                  | 10000000000           | 100                   | 36                    | 14.947                      | 9.856                | 18.706                   | 10                        | 11.607                   | 99,93               | 3                           |                        |
| 13       | SEG. DEM.             | 2.320                  | 0                     | 20                    | 20                    | 14.947                      | 10.856               | 9.055                    | 2                         | 2.946                    | 99,98               | 1                           |                        |

Tabla 36: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una granja en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 2        | 0,08                  | 2.249,11               | 63,06                 | 73.870,37             | 2x24x330              | 15.840                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 328                    |
| 12       | 0,08                  | 2.160,57               | 60,58                 | 74.776,56             | 2x23x330              | 15.180                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 353                    |
| 5        | 0,08                  | 2.105,49               | 59,03                 | 74.821,55             | 2x24x300              | 14.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 344                    |
| 6        | 0,08                  | 2.075,60               | 58,19                 | 75.572,45             | 2x24x330              | 15.840                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 360                    |
| 13       | 0,09                  | 1.810,59               | 50,76                 | 80.106,36             | 2x16x330              | 10.560                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 272                    |
| 11       | 0,09                  | 1.773,76               | 49,73                 | 80.761,89             | 2x40x300              | 24.000                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 451                    |
| 14       | 0,09                  | 1.748,24               | 49,02                 | 81.775,12             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 528                    |
| 7        | 0,09                  | 1.690,86               | 47,41                 | 83.313,73             | 2x24x300              | 14.400                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 312                    |
| 0        | 0,1                   | 1.634,72               | 45,83                 | 85.858,63             | 2x31x330              | 20.460                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x2160           | 12.000                      | 379                    |
| 3        | 0,1                   | 1.555,76               | 43,62                 | 86.114,63             | 2x16x330              | 10.560                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 273                    |
| 8        | 0,1                   | 1.549,60               | 43,45                 | 86.336,12             | 2x18x330              | 11.880                      | 2x6345               | 12.690                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 286                    |
| 9        | 0,1                   | 1.492,80               | 41,85                 | 87.921,76             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 528                    |
| 10       | 0,1                   | 1.486,03               | 41,66                 | 88.366,95             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 528                    |
| 1        | 0,11                  | 1.414,38               | 39,66                 | 96.330,41             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x15000                   | Diésel                   | 24x1x3240           | 12.000                      | 528                    |
| 4        | 0,11                  | 1.352,91               | 37,93                 | 100.410,10            | 2x16x330              | 10.560                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x15000                   | Diésel                   | 24x2x2160           | 12.000                      | 528                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 18.611               | 41.212                   | 232                       | 19.568                   | 99,35               | 44                          |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 7.740                  | 10000000000           | 74                    | 36                    | 35.667                      | 17.835               | 39.014                   | 120                       | 18.854                   | 99,66               | 20                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 35.667                      | 16.895               | 39.014                   | 97                        | 17.896                   | 99,73               | 21                          |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 100                   | 36                    | 35.667                      | 18.611               | 39.014                   | 547                       | 20.042                   | 98,47               | 94                          |                        |
| 13       | CARG. CICL.           | 7.740                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 35.667                      | 12.407               | 41.212                   | 264                       | 13.448                   | 99,26               | 43                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 7.740                  | 0                     | 87                    | 36                    | 35.667                      | 28.159               | 20.606                   | 1.107                     | 9.408                    | 96,9                | 174                         |                        |
| 14       | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 52                    | 20                    | 35.667                      | 12.407               | 72.738                   | 51                        | 46.994                   | 99,86               | 8                           |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 3.960                  | 0                     | 52                    | 20                    | 35.667                      | 16.895               | 41.212                   | 34                        | 17.674                   | 99,91               | 8                           |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 68                    | 20                    | 35.667                      | 24.039               | 41.212                   | 78                        | 24.811                   | 99,78               | 14                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 100                   | 20                    | 35.667                      | 12.407               | 41.212                   | 26                        | 13.217                   | 99,93               | 4                           |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 20                    | 20                    | 35.667                      | 13.958               | 41.212                   | 134                       | 14.858                   | 99,62               | 25                          |                        |
| 9        | SEG. DEM.             | 2.700                  | 0                     | 20                    | 20                    | 35.667                      | 12.407               | 72.738                   | 17                        | 46.959                   | 99,95               | 5                           |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 2.700                  | 10000000000           | 84                    | 20                    | 35.667                      | 12.407               | 72.738                   | 34                        | 46.977                   | 99,9                | 6                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 6.600                  | 0                     | 49                    | 36                    | 35.667                      | 12.407               | 72.738                   | 40                        | 46.982                   | 99,89               | 7                           |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 6.600                  | 10000000000           | 36                    | 20                    | 35.667                      | 12.407               | 72.738                   | 0                         | 46.957                   | 100                 | 0                           |                        |

Tabla 37: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una comunidad de propietarios en Bilbao



| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 5        | 0,09                  | 3.179,10               | 72,82                 | 99.757,34             | 2x36x330              | 23.760                      | 2x14700              | 29.400                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 752                    |
| 8        | 0,09                  | 2.937,45               | 67,29                 | 101.940,62            | 2x32x300              | 19.200                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 422                    |
| 6        | 0,1                   | 2.647,32               | 60,64                 | 110.537,00            | 2x36x330              | 23.760                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 700                    |
| 2        | 0,1                   | 2.367,23               | 54,23                 | 114.305,23            | 2x36x300              | 21.600                      | 2x14700              | 29.400                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 728                    |
| 3        | 0,11                  | 2.210,60               | 50,64                 | 116.305,48            | 2x36x330              | 23.760                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 474                    |
| 4        | 0,11                  | 2.144,27               | 49,12                 | 120.594,68            | 2x36x330              | 23.760                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 474                    |
| 1        | 0,11                  | 1.754,13               | 40,18                 | 124.301,67            | 2x40x300              | 24.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 476                    |
| 7        | 0,12                  | 1.704,09               | 39,04                 | 129.794,81            | 2x40x330              | 26.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x3x1000           | 12.000                      | 504                    |
| 0        | 0,13                  | 1.643,20               | 37,64                 | 146.271,28            | 2x36x300              | 21.600                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 449                    |
| 9        | 0,14                  | 1.628,93               | 37,31                 | 152.382,59            | 2x40x300              | 24.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x3x1000           | 12.000                      | 476                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 10.800                 | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 27.916               | 72.658                   | 119                       | 53.604                   | 99,73               | 12                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 8.700                  | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 22.527               | 36.329                   | 1.801                     | 13.256                   | 95,87               | 221                         |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 3.960                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 43.654                      | 27.916               | 67.945                   | 172                       | 48.939                   | 99,61               | 30                          |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 25.343               | 72.658                   | 169                       | 51.080                   | 99,61               | 28                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 43.654                      | 27.916               | 36.329                   | 1.059                     | 17.818                   | 97,57               | 180                         |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 15.000                 | 0                     | 82                    | 10                    | 43.654                      | 27.916               | 36.329                   | 926                       | 17.694                   | 97,88               | 97                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 10.800                 | 0                     | 82                    | 10                    | 43.654                      | 28.159               | 36.329                   | 853                       | 17.877                   | 98,05               | 85                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 31.018               | 36.329                   | 52                        | 19.887                   | 99,88               | 10                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 9.000                  | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 25.343               | 36.329                   | 1.223                     | 15.458                   | 97,2                | 211                         |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 8.700                  | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 28.159               | 36.329                   | 139                       | 17.106                   | 99,68               | 17                          |                        |

Tabla 38: Resultados sistema autónomo con baterías de plomo en una nave industrial en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 0        | 0,22                  | 297,60                 | 125,62                | 13.092,62             | 4x0x100               | 0                           | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 34                     |
| 1        | 0,22                  | 259,09                 | 109,37                | 13.151,08             | 2x3x180               | 1.080                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 37                     |
| 2        | 0,23                  | 252,43                 | 106,56                | 13.335,19             | 4x3x100               | 1.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 38                     |
| 3        | 0,23                  | 169,07                 | 71,37                 | 13.456,40             | 4x3x100               | 1.200                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 38                     |
| 4        | 0,23                  | 148,73                 | 62,78                 | 13.460,30             | 4x6x100               | 2.400                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 46                     |
| 5        | 0,23                  | 121,66                 | 51,36                 | 13.676,66             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x1000                    | Gasolina                 | 1x1x126             | 800                         | 61                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 0        | CARG. CICL.           | 500                    | 10000000000           | 28                    | 100                   | 2.369                       | 0                    | 4.490                    | 54                        | 1.846                    | 97,73               | 155                         |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 290                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.369                       | 940                  | 4.490                    | 1                         | 2.739                    | 99,98               | 2                           |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 150                    | 10000000000           | 57                    | 100                   | 2.369                       | 1.008                | 4.490                    | 7                         | 2.814                    | 99,7                | 21                          |                        |
| 3        | SEG. DEM.             | 440                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.369                       | 1.008                | 4.490                    | 0                         | 2.807                    | 99,98               | 1                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 720                    | 0                     | 64                    | 10                    | 2.369                       | 2.015                | 1.587                    | 33                        | 931                      | 98,6                | 49                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 300                    | 10000000000           | 64                    | 100                   | 2.369                       | 2.687                | 1.587                    | 10                        | 1.577                    | 99,6                | 14                          |                        |

Tabla 39: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un piso en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 2        | 0,2                   | 282,48                 | 107,49                | 13.197,50             | 2x5x180               | 1.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 44                     |
| 0        | 0,2                   | 282,44                 | 107,47                | 13.197,96             | 4x7x100               | 2.800                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 53                     |
| 1        | 0,2                   | 269,78                 | 102,66                | 13.220,78             | 2x5x180               | 1.800                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x126             | 500                         | 44                     |
| 3        | 0,21                  | 194,68                 | 74,08                 | 13.644,96             | 4x7x100               | 2.800                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 53                     |
| 4        | 0,22                  | 156,08                 | 59,39                 | 14.253,59             | 4x8x100               | 3.200                       | 1x660                | 660                      | 1x500                     | Gasolina                 | 1x1x126             | 500                         | 61                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 430                    | 0                     | 64                    | 10                    | 2.628                       | 1.566                | 4.500                    | 4                         | 2.994                    | 99,85               | 11                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 360                    | 0                     | 10                    | 10                    | 2.628                       | 2.351                | 1.591                    | 19                        | 872                      | 99,26               | 57                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 1102                   | 0                     | 82                    | 10                    | 2.628                       | 1.566                | 4.500                    | 8                         | 2.998                    | 99,71               | 8                           |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 430                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 2.628                       | 2.351                | 1.591                    | 20                        | 873                      | 99,22               | 57                          |                        |
| 4        | CARG. CICL.           | 290                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 2.628                       | 2.687                | 1.591                    | 10                        | 1.197                    | 99,63               | 27                          |                        |

Tabla 40: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en un consumo constante de 300 W en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 10       | 0,14                  | 354,37                 | 71,06                 | 17.918,87             | 2x5x280               | 2.800                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x252             | 1.600                       | 77                     |
| 8        | 0,15                  | 325,88                 | 65,35                 | 18.761,82             | 2x10x200              | 4.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 76                     |
| 4        | 0,15                  | 319,34                 | 64,03                 | 18.763,20             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 99                     |
| 2        | 0,16                  | 271,21                 | 54,38                 | 19.662,97             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x252             | 1.600                       | 88                     |
| 6        | 0,16                  | 265,89                 | 53,32                 | 20.125,91             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 88                     |
| 7        | 0,16                  | 264,23                 | 52,98                 | 20.128,28             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x3000                    | Diésel                   | 1x1x252             | 1.600                       | 88                     |
| 1        | 0,16                  | 240,79                 | 48,28                 | 20.356,24             | 2x10x200              | 4.000                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x189             | 1.600                       | 76                     |
| 5        | 0,16                  | 236,77                 | 47,48                 | 20.525,32             | 2x9x280               | 5.040                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 99                     |
| 9        | 0,16                  | 236,75                 | 47,47                 | 20.526,69             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x252             | 1.600                       | 88                     |
| 3        | 0,18                  | 232,57                 | 46,64                 | 22.172,39             | 2x8x280               | 4.480                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x1900                    | Diésel                   | 1x1x252             | 1.600                       | 88                     |
| 0        | 0,2                   | 223,05                 | 44,73                 | 24.942,71             | 2x11x200              | 4.400                       | 1x1660               | 1.660                    | 1x2000                    | Gasolina                 | 1x1x189             | 1.600                       | 84                     |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 836                    | 0                     | 64                    | 10                    | 4.987                       | 2.433                | 9.151                    | 5                         | 5.619                    | 99,9                | 7                           |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 880                    | 10000000000           | 64                    | 10                    | 4.987                       | 3.370                | 4.497                    | 31                        | 1.928                    | 99,37               | 25                          |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 880                    | 0                     | 100                   | 10                    | 4.987                       | 4.380                | 4.497                    | 6                         | 2.916                    | 99,88               | 8                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 1634                   | 0                     | 46                    | 10                    | 4.987                       | 3.894                | 4.497                    | 6                         | 2.427                    | 99,87               | 5                           |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 1102                   | 10000000000           | 46                    | 10                    | 4.987                       | 3.894                | 4.497                    | 15                        | 2.437                    | 99,7                | 11                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 900                    | 10000000000           | 82                    | 10                    | 4.987                       | 3.894                | 4.497                    | 6                         | 2.427                    | 99,88               | 5                           |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 570                    | 0                     | 82                    | 10                    | 4.987                       | 3.370                | 4.497                    | 23                        | 1.921                    | 99,53               | 50                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 1720                   | 10000000000           | 82                    | 10                    | 4.987                       | 4.380                | 4.497                    | 8                         | 2.918                    | 99,83               | 6                           |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 570                    | 10000000000           | 46                    | 10                    | 4.987                       | 3.894                | 4.497                    | 6                         | 2.426                    | 99,89               | 4                           |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 570                    | 10000000000           | 28                    | 10                    | 4.987                       | 3.894                | 4.497                    | 6                         | 2.426                    | 99,89               | 4                           |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 1720                   | 0                     | 46                    | 10                    | 4.987                       | 3.707                | 4.497                    | 17                        | 2.251                    | 99,66               | 12                          |                        |

Tabla 41: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una oficina en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 9        | 0,09                  | 1.315,48               | 88,01                 | 33.035,65             | 2x22x330              | 14.520                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x5500                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 269                    |
| 7        | 0,09                  | 1.260,58               | 84,34                 | 33.216,25             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 171                    |
| 12       | 0,09                  | 1.028,22               | 68,79                 | 34.987,04             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 196                    |
| 13       | 0,09                  | 1.025,62               | 68,62                 | 35.245,16             | 2x15x330              | 9.900                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x5500                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 183                    |
| 1        | 0,1                   | 1.021,75               | 68,36                 | 38.262,57             | 2x19x300              | 11.400                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 214                    |
| 8        | 0,1                   | 1.003,14               | 67,11                 | 38.637,46             | 2x21x330              | 13.860                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x5500                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 257                    |
| 5        | 0,1                   | 999,38                 | 66,86                 | 38.765,34             | 2x19x300              | 11.400                      | 1x3471               | 3.471                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 214                    |
| 0        | 0,1                   | 939,39                 | 62,85                 | 38.877,62             | 2x21x330              | 13.860                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 257                    |
| 10       | 0,1                   | 843,63                 | 56,44                 | 38.902,21             | 2x27x300              | 16.200                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 304                    |
| 11       | 0,1                   | 827,30                 | 55,35                 | 39.087,90             | 2x14x300              | 8.400                       | 1x3471               | 3.471                    | 1x5500                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 158                    |
| 14       | 0,11                  | 794,37                 | 53,15                 | 40.325,77             | 2x16x330              | 10.560                      | 2x1660               | 3.320                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 196                    |
| 2        | 0,12                  | 781,26                 | 52,27                 | 43.068,46             | 2x22x300              | 13.200                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 248                    |
| 4        | 0,12                  | 757,91                 | 50,71                 | 43.417,51             | 2x14x330              | 9.240                       | 1x6345               | 6.345                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 171                    |
| 3        | 0,12                  | 753,50                 | 50,41                 | 43.854,12             | 2x22x300              | 13.200                      | 1x1660               | 1.660                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 248                    |
| 6        | 0,12                  | 753,22                 | 50,39                 | 44.331,18             | 2x16x330              | 10.560                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x4000                    | Diésel                   | 1x1x360             | 6.000                       | 196                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 3960                   | 10000000000           | 64                    | 10                    | 14.947                      | 17.060               | 4.528                    | 240                       | 4.750                    | 98,39               | 69                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 1760                   | 10000000000           | 64                    | 10                    | 14.947                      | 10.856               | 9.217                    | 357                       | 3.408                    | 97,61               | 139                         |                        |
| 12       | CARG. CICL.           | 3440                   | 10000000000           | 46                    | 10                    | 14.947                      | 12.407               | 9.217                    | 190                       | 4.799                    | 98,73               | 74                          |                        |
| 13       | SEG. DEM.             | 3960                   | 0                     | 10                    | 10                    | 14.947                      | 11.632               | 9.217                    | 269                       | 4.101                    | 98,2                | 73                          |                        |
| 1        | CARG. CICL.           | 4000                   | 10000000000           | 82                    | 10                    | 14.947                      | 13.375               | 9.217                    | 137                       | 5.715                    | 99,08               | 54                          |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 3190                   | 10000000000           | 10                    | 10                    | 14.947                      | 16.284               | 4.528                    | 233                       | 3.967                    | 98,44               | 79                          |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 3440                   | 0                     | 100                   | 10                    | 14.947                      | 13.375               | 9.217                    | 138                       | 5.717                    | 99,08               | 50                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 4000                   | 0                     | 28                    | 10                    | 14.947                      | 16.284               | 4.528                    | 251                       | 3.985                    | 98,32               | 98                          |                        |
| 10       | CARG. CICL.           | 2320                   | 10000000000           | 46                    | 10                    | 14.947                      | 19.007               | 4.528                    | 152                       | 6.613                    | 98,98               | 60                          |                        |
| 11       | SEG. DEM.             | 5500                   | 0                     | 64                    | 10                    | 14.947                      | 9.856                | 9.217                    | 601                       | 2.652                    | 95,98               | 171                         |                        |
| 14       | SEG. DEM.             | 3440                   | 0                     | 46                    | 10                    | 14.947                      | 12.407               | 9.055                    | 175                       | 4.625                    | 98,83               | 63                          |                        |
| 2        | CARG. CICL.           | 1200                   | 10000000000           | 28                    | 10                    | 14.947                      | 15.487               | 4.528                    | 317                       | 3.251                    | 97,88               | 117                         |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 3440                   | 0                     | 10                    | 10                    | 14.947                      | 10.856               | 18.706                   | 93                        | 12.675                   | 99,38               | 34                          |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 3440                   | 10000000000           | 46                    | 10                    | 14.947                      | 15.487               | 4.528                    | 319                       | 3.256                    | 97,86               | 125                         |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 4000                   | 10000000000           | 10                    | 10                    | 14.947                      | 12.407               | 18.706                   | 53                        | 14.193                   | 99,64               | 21                          |                        |

Tabla 42: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una granja en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 5        | 0,08                  | 4.274,70               | 119,85                | 72.120,83             | 2x51x300              | 30.600                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 575                    |
| 2        | 0,08                  | 4.184,33               | 117,32                | 72.311,68             | 2x29x330              | 19.140                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 416                    |
| 1        | 0,08                  | 3.194,15               | 89,55                 | 73.919,99             | 2x29x330              | 19.140                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 416                    |
| 9        | 0,08                  | 3.016,43               | 84,57                 | 74.100,40             | 2x29x330              | 19.140                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 416                    |
| 3        | 0,09                  | 2.754,86               | 77,24                 | 81.282,89             | 2x46x300              | 27.600                      | 1x6345               | 6.345                    | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 518                    |
| 10       | 0,09                  | 2.751,70               | 77,15                 | 81.301,65             | 2x36x300              | 21.600                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 442                    |
| 4        | 0,09                  | 2.566,91               | 71,97                 | 83.247,87             | 2x29x300              | 17.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 396                    |
| 6        | 0,09                  | 2.550,39               | 71,51                 | 83.621,30             | 2x29x300              | 17.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 396                    |
| 7        | 0,1                   | 2.530,77               | 70,96                 | 90.369,88             | 2x36x330              | 23.760                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 467                    |
| 0        | 0,1                   | 2.277,81               | 63,86                 | 91.595,44             | 2x35x330              | 23.100                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 460                    |
| 8        | 0,11                  | 1.927,69               | 54,05                 | 99.390,41             | 2x36x300              | 21.600                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x9000                    | Diésel                   | 15x1x1000           | 12.000                      | 442                    |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 5        | SEG. DEM.             | 9.000                  | 0                     | 100                   | 10                    | 35.667                      | 35.903               | 20.606                   | 1.471                     | 17.378                   | 95,88               | 253                         |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 10                    | 10                    | 35.667                      | 22.488               | 39.014                   | 1.111                     | 24.480                   | 96,88               | 180                         |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 10                    | 10                    | 35.667                      | 22.488               | 39.014                   | 110                       | 23.370                   | 99,69               | 18                          |                        |
| 9        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 64                    | 10                    | 35.667                      | 22.488               | 39.014                   | 1.192                     | 24.522                   | 96,66               | 204                         |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 6.480                  | 10000000000           | 82                    | 10                    | 35.667                      | 32.383               | 20.606                   | 1.696                     | 14.073                   | 95,25               | 291                         |                        |
| 10       | SEG. DEM.             | 5.220                  | 0                     | 82                    | 10                    | 35.667                      | 25.343               | 39.014                   | 907                       | 27.120                   | 97,46               | 179                         |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 9.000                  | 0                     | 28                    | 10                    | 35.667                      | 20.415               | 39.014                   | 1.325                     | 22.627                   | 96,28               | 227                         |                        |
| 6        | CARG. CICL.           | 5.220                  | 10000000000           | 28                    | 10                    | 35.667                      | 20.415               | 39.014                   | 180                       | 21.360                   | 99,5                | 31                          |                        |
| 7        | SEG. DEM.             | 9.000                  | 0                     | 64                    | 10                    | 35.667                      | 27.916               | 39.014                   | 889                       | 29.674                   | 97,51               | 153                         |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 6.480                  | 0                     | 64                    | 10                    | 35.667                      | 27.141               | 39.014                   | 45                        | 27.967                   | 99,87               | 7                           |                        |
| 8        | CARG. CICL.           | 9.000                  | 10000000000           | 46                    | 10                    | 35.667                      | 25.343               | 39.014                   | 992                       | 27.206                   | 97,22               | 170                         |                        |

Tabla 43: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una comunidad de propietarios en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)          | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh) | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos | Potencia PV (kWp)           | Aerogeneradores      | Potencia eólica (kW)     | Generador AC              | Tipo generador           | Baterías            | Inversor (W)                | Regulador de carga (A) |
|----------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|----------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------|
| 3        | 0,09                  | 2.785,34               | 63,80                 | 100.280,37            | 2x53x300              | 31.800                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 597                    |
| 1        | 0,09                  | 2.580,85               | 59,12                 | 102.188,73            | 2x41x330              | 27.060                      | 1x26900              | 26.900                   | 2x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 735                    |
| 6        | 0,1                   | 2.571,01               | 58,90                 | 106.552,09            | 2x41x330              | 27.060                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 735                    |
| 5        | 0,1                   | 2.059,35               | 47,17                 | 110.069,92            | 2x33x330              | 21.780                      | 1x26900              | 26.900                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x3x1000           | 12.000                      | 678                    |
| 4        | 0,1                   | 2.020,55               | 46,29                 | 110.351,56            | 2x42x330              | 27.720                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 519                    |
| 0        | 0,12                  | 1.778,17               | 40,73                 | 128.362,52            | 2x41x330              | 27.060                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 15x3x1000           | 12.000                      | 512                    |
| 2        | 0,12                  | 1.755,77               | 40,22                 | 132.564,69            | 2x53x300              | 31.800                      | 1x14700              | 14.700                   | 1x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 597                    |
| 7        | 0,14                  | 1.744,08               | 39,95                 | 147.658,14            | 2x60x300              | 36.000                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x15000                   | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 676                    |
| 8        | 0,14                  | 1.680,94               | 38,51                 | 153.238,94            | 2x99x300              | 59.400                      | 1x14700              | 14.700                   | 2x9000                    | Diésel                   | 15x2x1000           | 12.000                      | 1.115                  |
| Solución | Estrategia de control | P_mín_gen (W)          | P_cri_gen (W)         | SOC_stp_gen (%)       | SOC_mín (%)           | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año) | Energía eólica (kWh/año) | Energía Gen. AC (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) | Horas eq. generador (h/año) |                        |
| 3        | CARG. CICL.           | 8700                   | 10000000000           | 28                    | 10                    | 43.654                      | 37.310               | 36.329                   | 271                       | 26.436                   | 99,38               | 28                          |                        |
| 1        | SEG. DEM.             | 9000                   | 0                     | 82                    | 10                    | 43.654                      | 31.793               | 67.945                   | 99                        | 52.755                   | 99,77               | 18                          |                        |
| 6        | SEG. DEM.             | 6600                   | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 31.793               | 67.945                   | 86                        | 52.743                   | 99,8                | 15                          |                        |
| 5        | CARG. CICL.           | 4500                   | 10000000000           | 46                    | 10                    | 43.654                      | 25.590               | 67.945                   | 28                        | 46.447                   | 99,93               | 3                           |                        |
| 4        | SEG. DEM.             | 9000                   | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 32.569               | 36.329                   | 432                       | 21.860                   | 99,01               | 78                          |                        |
| 0        | SEG. DEM.             | 6480                   | 0                     | 10                    | 10                    | 43.654                      | 31.793               | 36.329                   | 45                        | 20.658                   | 99,9                | 8                           |                        |
| 2        | SEG. DEM.             | 6600                   | 0                     | 46                    | 10                    | 43.654                      | 37.310               | 36.329                   | 192                       | 26.364                   | 99,56               | 33                          |                        |
| 7        | CARG. CICL.           | 8700                   | 10000000000           | 10                    | 10                    | 43.654                      | 42.238               | 36.329                   | 157                       | 31.259                   | 99,64               | 49                          |                        |
| 8        | SEG. DEM.             | 2700                   | 0                     | 82                    | 10                    | 43.654                      | 69.693               | 36.329                   | 31                        | 58.631                   | 99,93               | 13                          |                        |

Tabla 44: Resultados sistema autónomo con baterías de litio en una nave industrial en Bilbao

| Solución | LCOE (€/kWh)           | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh)       | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos    | Potencia PV (kWp)          | Aerogeneradores           | Potencia eólica (kW)     | Baterías            | Inversor (W) |
|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| 8        | 0,14                   | 279,69                 | 118,06                      | 8.275,29              | 4x7x100                  | 2.800                      | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 800          |
| 6        | 0,14                   | 260,06                 | 109,78                      | 8.397,55              | 4x6x100                  | 2.400                      | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 800          |
| 4        | 0,15                   | 240,87                 | 101,68                      | 8.967,01              | 4x5x100                  | 2.000                      | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 800          |
| 7        | 0,16                   | 216,91                 | 91,56                       | 9.220,91              | 2x7x180                  | 2.520                      | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 800          |
| 5        | 0,16                   | 206,40                 | 87,13                       | 9.267,61              | 2x6x180                  | 2.160                      | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 800          |
| 3        | 0,16                   | 173,80                 | 73,36                       | 9.679,95              | 4x4x100                  | 1.600                      | 1x660                     | 660                      | 24x0x170            | 800          |
| 2        | 0,17                   | 155,10                 | 65,47                       | 9.825,81              | 4x3x100                  | 1.200                      | 1x660                     | 660                      | 24x0x170            | 800          |
| 0        | 0,17                   | 110,36                 | 46,59                       | 9.884,73              | 2x0x180                  | 0                          | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x170            | 800          |
| 1        | 0,18                   | 107,19                 | 45,25                       | 10.553,09             | 2x1x180                  | 360                        | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x170            | 800          |
| Solución | Regulador de carga (A) | Estrategia de control  | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año)  | Energía eólica (kWh/año) | Energía Comprada (kWh/año) | Energía Vendida (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) |              |
| 8        | 53                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 3.224                 | 0                        | 1.285                      | 1.015                     | 2.140                    | 45,75               |              |
| 6        | 46                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 2.763                 | 0                        | 1.302                      | 893                       | 1.696                    | 45,05               |              |
| 4        | 38                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 2.303                 | 0                        | 1.323                      | 606                       | 1.256                    | 44,17               |              |
| 7        | 50                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 3.007                 | 0                        | 1.292                      | 964                       | 1.930                    | 45,45               |              |
| 5        | 43                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 2.577                 | 0                        | 1.310                      | 825                       | 1.518                    | 44,72               |              |
| 3        | 31                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 1.842                 | 1.460                    | 703                        | 676                       | 1.642                    | 70,08               |              |
| 2        | 23                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 1.382                 | 1.460                    | 729                        | 571                       | 1.207                    | 68,99               |              |
| 0        | 32                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 0                     | 4.143                    | 653                        | 798                       | 2.431                    | 72,26               |              |
| 1        | 32                     | SEG. DEM.              | 2.369                       | 430                   | 4.143                    | 501                        | 589                       | 2.709                    | 78,67               |              |

Tabla 45: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en un piso en Zaragoza



| Solución | LCOE (€/kWh)           | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh)       | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos    | Potencia PV (kWp)          | Aerogeneradores           | Potencia eólica (kW)     | Baterías            | Inversor (W) |
|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| 6        | 0,1                    | 262,6                  | 99,92                       | 6372,41               | 4x5x100                  | 2000                       | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 500          |
| 4        | 0,1                    | 246,35                 | 93,74                       | 6681,25               | 4x4x100                  | 1600                       | 0x660                     | 0                        | 24x0x170            | 500          |
| 5        | 0,1                    | 187                    | 71,16                       | 6896,93               | 4x4x100                  | 1600                       | 1x660                     | 660                      | 24x0x170            | 500          |
| 3        | 0,11                   | 168,58                 | 64,15                       | 6990,4                | 4x3x100                  | 1200                       | 1x660                     | 660                      | 24x0x170            | 500          |
| 2        | 0,11                   | 152,87                 | 58,17                       | 7192,32               | 4x2x100                  | 800                        | 1x660                     | 660                      | 24x0x170            | 500          |
| 0        | 0,11                   | 117,35                 | 44,65                       | 7202,78               | 2x0x180                  | 0                          | 1x1660                    | 1660                     | 24x0x170            | 500          |
| 1        | 0,12                   | 113,66                 | 43,25                       | 7658,97               | 2x1x180                  | 360                        | 1x1660                    | 1660                     | 24x0x170            | 500          |
| Solución | Regulador de carga (A) | Estrategia de control  | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año)  | Energía eólica (kWh/año) | Energía Comprada (kWh/año) | Energía Vendida (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) |              |
| 6        | 38                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 2303                  | 0                        | 1537                       | 516                       | 1218                     | 41,26               |              |
| 4        | 31                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 1842                  | 0                        | 1587                       | 366                       | 803                      | 39,54               |              |
| 5        | 31                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 1842                  | 1460                     | 833                        | 584                       | 1513                     | 68,07               |              |
| 3        | 23                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 1382                  | 1460                     | 862                        | 484                       | 1081                     | 66,98               |              |
| 2        | 16                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 921                   | 1460                     | 917                        | 369                       | 678                      | 64,79               |              |
| 0        | 28                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 0                     | 4143                     | 722                        | 616                       | 2244                     | 72,28               |              |
| 1        | 31                     | SEG. DEM.              | 2628                        | 430                   | 4143                     | 565                        | 540                       | 2516                     | 78,26               |              |

Tabla 46: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en un consumo constante de 300 W en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)           | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh)       | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos    | Potencia PV (kWp)          | Aerogeneradores           | Potencia eólica (kW)     | Baterías            | Inversor (W) |
|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| 0        | 0,13                   | 453,42                 | 90,92                       | 15.718,58             | 2x3x280                  | 1.680                      | 2x1660                    | 3.320                    | 24x0x170            | 1.600        |
| 1        | 0,13                   | 437,53                 | 87,73                       | 15.782,68             | 2x3x280                  | 1.680                      | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x260            | 1.600        |
| 4        | 0,13                   | 422,85                 | 84,79                       | 15.988,26             | 2x10x200                 | 4.000                      | 1x660                     | 660                      | 24x0x170            | 1.600        |
| 5        | 0,13                   | 409,83                 | 82,18                       | 16.330,69             | 2x10x200                 | 4.000                      | 1x660                     | 660                      | 24x0x260            | 1.600        |
| 6        | 0,13                   | 398,45                 | 79,90                       | 16.827,50             | 2x11x200                 | 4.400                      | 0x3471                    | 0                        | 24x0x260            | 1.600        |
| 7        | 0,14                   | 359,70                 | 72,13                       | 17.229,89             | 2x12x200                 | 4.800                      | 0x1660                    | 0                        | 24x0x260            | 1.600        |
| 8        | 0,14                   | 289,10                 | 57,97                       | 17.452,50             | 2x4x200                  | 1.600                      | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x260            | 1.600        |
| 9        | 0,14                   | 284,27                 | 57,00                       | 17.638,93             | 2x4x280                  | 2.240                      | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x260            | 1.600        |
| 3        | 0,15                   | 283,83                 | 56,91                       | 18.137,88             | 2x6x200                  | 2.400                      | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x170            | 1.600        |
| 2        | 0,15                   | 240,73                 | 48,27                       | 18.286,55             | 2x5x200                  | 2.000                      | 1x1660                    | 1.660                    | 24x0x170            | 1.600        |
| Solución | Regulador de carga (A) | Estrategia de control  | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año)  | Energía eólica (kWh/año) | Energía Comprada (kWh/año) | Energía Vendida (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) |              |
| 0        | 68                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 2.002                 | 8.295                    | 971                        | 1.271                     | 5.911                    | 87,94               |              |
| 1        | 36                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 2.002                 | 4.147                    | 1.448                      | 1.501                     | 2.306                    | 77,07               |              |
| 4        | 76                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 4.621                 | 1.455                    | 1.275                      | 1.237                     | 2.030                    | 81,13               |              |
| 5        | 76                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 4.621                 | 1.455                    | 1.275                      | 1.237                     | 2.030                    | 81,13               |              |
| 6        | 84                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 5.083                 | 0                        | 1.727                      | 1.018                     | 1.519                    | 71,48               |              |
| 7        | 91                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 5.546                 | 0                        | 1.645                      | 1.156                     | 1.888                    | 73,34               |              |
| 8        | 34                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 1.849                 | 4.147                    | 1.522                      | 1.503                     | 2.235                    | 75,42               |              |
| 9        | 44                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 2.669                 | 4.147                    | 1.186                      | 1.418                     | 2.680                    | 82,95               |              |
| 3        | 46                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 2.773                 | 4.147                    | 1.153                      | 1.395                     | 2.747                    | 83,69               |              |
| 2        | 38                     | SEG. DEM.              | 4.987                       | 2.311                 | 4.147                    | 1.316                      | 1.484                     | 2.467                    | 80,04               |              |

Tabla 47: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una oficina en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)           | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh)       | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos    | Potencia PV (kWp)          | Aerogeneradores           | Potencia eólica (kW)     | Baterías            | Inversor (W) |
|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| 6        | 0,07                   | 1191,85                | 79,74                       | 26423,92              | 2x9x300                  | 5400                       | 1x3471                    | 3471                     | 24x0x1320           | 6000         |
| 0        | 0,07                   | 1168,7                 | 78,19                       | 26449,11              | 2x16x300                 | 9600                       | 0x3471                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 12       | 0,07                   | 1145,94                | 76,67                       | 26698,15              | 2x17x300                 | 10200                      | 0x3471                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 2        | 0,07                   | 1123,45                | 75,16                       | 27389,63              | 2x19x300                 | 11400                      | 0x6345                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 14       | 0,08                   | 1080,13                | 72,26                       | 29747,41              | 2x17x330                 | 11220                      | 0x3471                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 11       | 0,08                   | 934,94                 | 62,55                       | 30966,47              | 2x17x330                 | 11220                      | 0x3471                    | 0                        | 24x0x1320           | 6000         |
| 3        | 0,08                   | 922,7                  | 61,73                       | 31091,44              | 2x9x330                  | 5940                       | 1x3471                    | 3471                     | 24x0x770            | 6000         |
| 5        | 0,08                   | 772,16                 | 51,66                       | 31237,33              | 2x18x330                 | 11880                      | 0x14700                   | 0                        | 24x0x1320           | 6000         |
| 4        | 0,08                   | 761,6                  | 50,95                       | 31333,74              | 2x22x300                 | 13200                      | 0x6345                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 10       | 0,09                   | 757,3                  | 50,67                       | 31898,3               | 2x24x300                 | 14400                      | 0x6345                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 1        | 0,09                   | 633,01                 | 42,35                       | 34001,4               | 2x3x330                  | 1980                       | 1x6345                    | 6345                     | 24x0x1320           | 6000         |
| 8        | 0,1                    | 631,79                 | 42,27                       | 37558,44              | 2x12x330                 | 7920                       | 1x6345                    | 6345                     | 24x0x770            | 6000         |
| 9        | 0,1                    | 615,71                 | 41,19                       | 37795,76              | 2x18x330                 | 11880                      | 0x3471                    | 0                        | 24x0x1320           | 6000         |
| 13       | 0,1                    | 605,33                 | 40,50                       | 38069,95              | 2x21x300                 | 12600                      | 0x3471                    | 0                        | 24x0x770            | 6000         |
| 7        | 0,1                    | 600,8                  | 40,20                       | 38381,83              | 2x12x300                 | 7200                       | 1x3471                    | 3471                     | 24x0x1320           | 6000         |
| Solución | Regulador de carga (A) | Estrategia de control  | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año)  | Energía eólica (kWh/año) | Energía Comprada (kWh/año) | Energía Vendida (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) |              |
| 6        | 102                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 8114                  | 8421                     | 3755                       | 2904                      | 4030                     | 83,67               |              |
| 0        | 180                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 14424                 | 0                        | 5600                       | 3222                      | 3767                     | 71,3                |              |
| 12       | 191                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 15326                 | 0                        | 5494                       | 3869                      | 4549                     | 72,1                |              |
| 2        | 215                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 17129                 | 0                        | 5303                       | 4754                      | 6133                     | 73,56               |              |
| 14       | 207                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 16904                 | 0                        | 5330                       | 4678                      | 5939                     | 73,36               |              |
| 11       | 207                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 16904                 | 0                        | 5330                       | 4678                      | 5939                     | 73,36               |              |
| 3        | 109                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 8949                  | 8421                     | 3438                       | 2995                      | 4492                     | 86,17               |              |
| 5        | 219                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 17898                 | 0                        | 5229                       | 4888                      | 6817                     | 74,14               |              |
| 4        | 246                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 19833                 | 0                        | 5045                       | 4988                      | 8542                     | 75,54               |              |
| 10       | 270                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 21636                 | 0                        | 4912                       | 5006                      | 10196                    | 76,54               |              |
| 1        | 117                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 2983                  | 17122                    | 4725                       | 4855                      | 8788                     | 75,72               |              |
| 8        | 182                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 11932                 | 17122                    | 1826                       | 2060                      | 14347                    | 98,4                |              |
| 9        | 219                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 17898                 | 0                        | 5229                       | 4888                      | 6817                     | 74,14               |              |
| 13       | 238                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 18932                 | 0                        | 5125                       | 4943                      | 7731                     | 74,94               |              |
| 7        | 137                    | SEG. DEM.              | 14947                       | 10818                 | 8421                     | 2932                       | 2893                      | 5767                     | 90,14               |              |

Tabla 48: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una granja en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)           | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh)       | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos    | Potencia PV (kWp)          | Aerogeneradores           | Potencia eólica (kW)     | Baterías            | Inversor (W) |
|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| 13       | 0,07                   | 2.269,92               | 63,64                       | 60.841,15             | 2x7x330                  | 4.620                      | 3x14700                   | 44.100                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 11       | 0,07                   | 2.216,62               | 62,15                       | 60.903,18             | 2x18x330                 | 11.880                     | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x3240           | 12.000       |
| 4        | 0,07                   | 2.091,82               | 58,65                       | 62.429,81             | 2x5x300                  | 3.000                      | 2x6345                    | 12.690                   | 24x0x3240           | 12.000       |
| 12       | 0,07                   | 2.026,11               | 56,81                       | 64.593,44             | 2x16x330                 | 10.560                     | 3x6345                    | 19.035                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 7        | 0,07                   | 2.007,23               | 56,28                       | 65.554,02             | 2x5x330                  | 3.300                      | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 10       | 0,07                   | 1.688,79               | 47,35                       | 66.709,41             | 2x13x300                 | 7.800                      | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 5        | 0,08                   | 1.632,28               | 45,76                       | 68.427,18             | 2x22x300                 | 13.200                     | 1x6345                    | 6.345                    | 24x0x3240           | 12.000       |
| 6        | 0,08                   | 1.610,31               | 45,15                       | 68.528,05             | 2x9x300                  | 5.400                      | 2x6345                    | 12.690                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 0        | 0,08                   | 1.574,31               | 44,14                       | 68.963,20             | 2x13x330                 | 8.580                      | 2x6345                    | 12.690                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 9        | 0,08                   | 1.550,98               | 43,49                       | 69.483,13             | 2x13x330                 | 8.580                      | 2x14700                   | 29.400                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 3        | 0,08                   | 1.545,24               | 43,32                       | 69.779,05             | 2x13x330                 | 8.580                      | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 14       | 0,08                   | 1.544,17               | 43,29                       | 70.102,41             | 2x2x330                  | 1.320                      | 3x6345                    | 19.035                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 1        | 0,09                   | 1.488,59               | 41,74                       | 82.661,65             | 2x37x300                 | 22.200                     | 0x6345                    | 0                        | 24x0x2160           | 12.000       |
| 8        | 0,1                    | 1.460,94               | 40,96                       | 85.950,20             | 2x1x300                  | 600                        | 3x6345                    | 19.035                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 2        | 0,1                    | 1.454,24               | 40,77                       | 91.879,21             | 2x5x330                  | 3.300                      | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| Solución | Regulador de carga (A) | Estrategia de control  | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año)  | Energía eólica (kWh/año) | Energía Comprada (kWh/año) | Energía Vendida (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) |              |
| 13       | 797                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 6.960                 | 106.539                  | 7.021                      | 7.956                     | 83.568                   | 83,92               |              |
| 11       | 570                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 17.898                | 66.246                   | 7.124                      | 7.638                     | 54.511                   | 83,08               |              |
| 4        | 219                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 4.507                 | 37.767                   | 11.546                     | 10.475                    | 15.812                   | 74,2                |              |
| 12       | 422                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 15.909                | 56.651                   | 6.585                      | 6.701                     | 40.481                   | 89,94               |              |
| 7        | 242                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 4.972                 | 35.513                   | 13.096                     | 12.458                    | 17.416                   | 64,68               |              |
| 10       | 289                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 11.719                | 35.513                   | 10.496                     | 9.854                     | 21.240                   | 72,88               |              |
| 5        | 250                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 19.833                | 18.884                   | 12.055                     | 9.427                     | 12.706                   | 72,92               |              |
| 6        | 227                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 8.113                 | 37.767                   | 10.120                     | 9.615                     | 17.789                   | 78,76               |              |
| 0        | 273                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 12.926                | 37.767                   | 8.869                      | 8.380                     | 21.172                   | 82,77               |              |
| 9        | 570                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 12.926                | 71.026                   | 7.283                      | 7.678                     | 54.498                   | 82,58               |              |
| 3        | 523                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 12.926                | 66.246                   | 7.671                      | 8.021                     | 50.154                   | 81,36               |              |
| 14       | 352                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 1.989                 | 56.651                   | 9.897                      | 9.894                     | 30.308                   | 79,43               |              |
| 1        | 422                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 33.355                | 0                        | 20.113                     | 13.066                    | 15.853                   | 49,07               |              |
| 8        | 352                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 901                   | 56.651                   | 10.364                     | 10.394                    | 29.719                   | 78,04               |              |
| 2        | 469                    | SEG. DEM.              | 35.667                      | 4.972                 | 66.246                   | 9.830                      | 10.111                    | 44.627                   | 74,55               |              |

Tabla 49: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una comunidad de propietarios en Zaragoza

| Solución | LCOE (€/kWh)           | Emisiones (kg CO2/año) | Emisiones (g CO2/kWh)       | Coste Actual Neto (€) | Paneles fotovoltaicos    | Potencia PV (kWp)          | Aerogeneradores           | Potencia eólica (kW)     | Baterías            | Inversor (W) |
|----------|------------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------|
| 14       | 0,07                   | 2.582,35               | 59,15                       | 75.705,64             | 2x9x300                  | 5.400                      | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 10       | 0,07                   | 2.480,69               | 56,83                       | 76.505,03             | 2x9x300                  | 5.400                      | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 0        | 0,07                   | 2.461,98               | 56,40                       | 76.809,09             | 2x16x330                 | 10.560                     | 2x14700                   | 29.400                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 5        | 0,07                   | 2.444,04               | 55,99                       | 77.368,73             | 2x5x300                  | 3.000                      | 2x14700                   | 29.400                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 1        | 0,07                   | 2.410,96               | 55,23                       | 79.088,21             | 2x31x300                 | 18.600                     | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 7        | 0,07                   | 2.396,54               | 54,90                       | 79.997,40             | 2x7x330                  | 4.620                      | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 4        | 0,07                   | 2.277,58               | 52,17                       | 80.524,96             | 2x7x330                  | 4.620                      | 2x26900                   | 53.800                   | 24x0x3240           | 12.000       |
| 11       | 0,07                   | 2.269,24               | 51,98                       | 80.604,88             | 2x6x330                  | 3.960                      | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x3240           | 12.000       |
| 12       | 0,07                   | 2.255,28               | 51,66                       | 81.299,65             | 2x19x330                 | 12.540                     | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 13       | 0,08                   | 2.249,89               | 51,54                       | 82.024,35             | 2x33x300                 | 19.800                     | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x3240           | 12.000       |
| 8        | 0,08                   | 2.110,29               | 48,34                       | 89.332,10             | 2x14x330                 | 9.240                      | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 3        | 0,08                   | 2.063,00               | 47,26                       | 90.578,04             | 2x3x330                  | 1.980                      | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 2        | 0,08                   | 2.044,03               | 46,82                       | 90.770,97             | 2x25x300                 | 15.000                     | 1x14700                   | 14.700                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| 6        | 0,08                   | 1.998,93               | 45,79                       | 91.797,52             | 2x9x330                  | 5.940                      | 2x26900                   | 53.800                   | 24x0x3240           | 12.000       |
| 9        | 0,09                   | 1.993,19               | 45,66                       | 98.081,02             | 2x21x300                 | 12.600                     | 1x26900                   | 26.900                   | 24x0x2160           | 12.000       |
| Solución | Regulador de carga (A) | Estrategia de control  | Energía consumida (kWh/año) | Energía PV (kWh/año)  | Energía eólica (kWh/año) | Energía Comprada (kWh/año) | Energía Vendida (kWh/año) | Energía exceso (kWh/año) | Frac. Renovable (%) |              |
| 14       | 500                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 8.114                 | 62.384                   | 13.987                     | 14.350                    | 40.009                   | 69,84               |              |
| 10       | 281                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 8.114                 | 33.374                   | 18.397                     | 13.099                    | 15.600                   | 59,3                |              |
| 0        | 625                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 15.910                | 66.747                   | 12.341                     | 12.987                    | 50.337                   | 74,04               |              |
| 5        | 531                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 4.508                 | 66.747                   | 14.723                     | 15.171                    | 41.568                   | 68,01               |              |
| 1        | 469                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 27.947                | 33.374                   | 15.385                     | 15.322                    | 32.053                   | 67,05               |              |
| 7        | 281                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 6.960                 | 33.374                   | 18.836                     | 12.912                    | 14.937                   | 58,18               |              |
| 4        | 0                      | SEG. DEM.              | 43.654                      | 6.960                 | 124.768                  | 10.793                     | 12.016                    | 97.400                   | 78,64               |              |
| 11       | 266                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 5.966                 | 33.374                   | 19.251                     | 12.669                    | 14.405                   | 57,12               |              |
| 12       | 609                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 18.893                | 62.384                   | 12.350                     | 12.986                    | 48.961                   | 74,03               |              |
| 13       | 484                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 29.750                | 33.374                   | 15.250                     | 15.273                    | 33.703                   | 67,39               |              |
| 8        | 562                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 13.921                | 62.384                   | 12.881                     | 13.379                    | 44.584                   | 72,66               |              |
| 3        | 469                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 2.983                 | 62.384                   | 15.770                     | 16.199                    | 36.797                   | 65,45               |              |
| 2        | 422                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 22.538                | 33.374                   | 15.868                     | 15.618                    | 27.195                   | 65,78               |              |
| 6        | 1.016                  | SEG. DEM.              | 43.654                      | 8.949                 | 124.768                  | 10.366                     | 11.486                    | 98.909                   | 79,74               |              |
| 9        | 609                    | SEG. DEM.              | 43.654                      | 18.932                | 62.384                   | 12.344                     | 12.992                    | 48.992                   | 74,04               |              |

Tabla 50: Resultados sistema de energías renovables con conexión a la red en una nave industrial en Zaragoza

## ANEXO VI. EJEMPLOS DE SIMULACIÓN DE iHOGA

En este anexo se muestran dos ejemplos detallados de la gráfica de potencia suministrada por los elementos del sistema en cada momento para uno de los escenarios simulados (una comunidad de vecinos en Zaragoza con almacenamiento de baterías de plomo-ácido). En la primera imagen se muestran 3 días de mediados de marzo, a modo de ejemplo genérico. En la segunda, 3 días de diciembre, para mostrar la entrada en funcionamiento de la generación auxiliar.

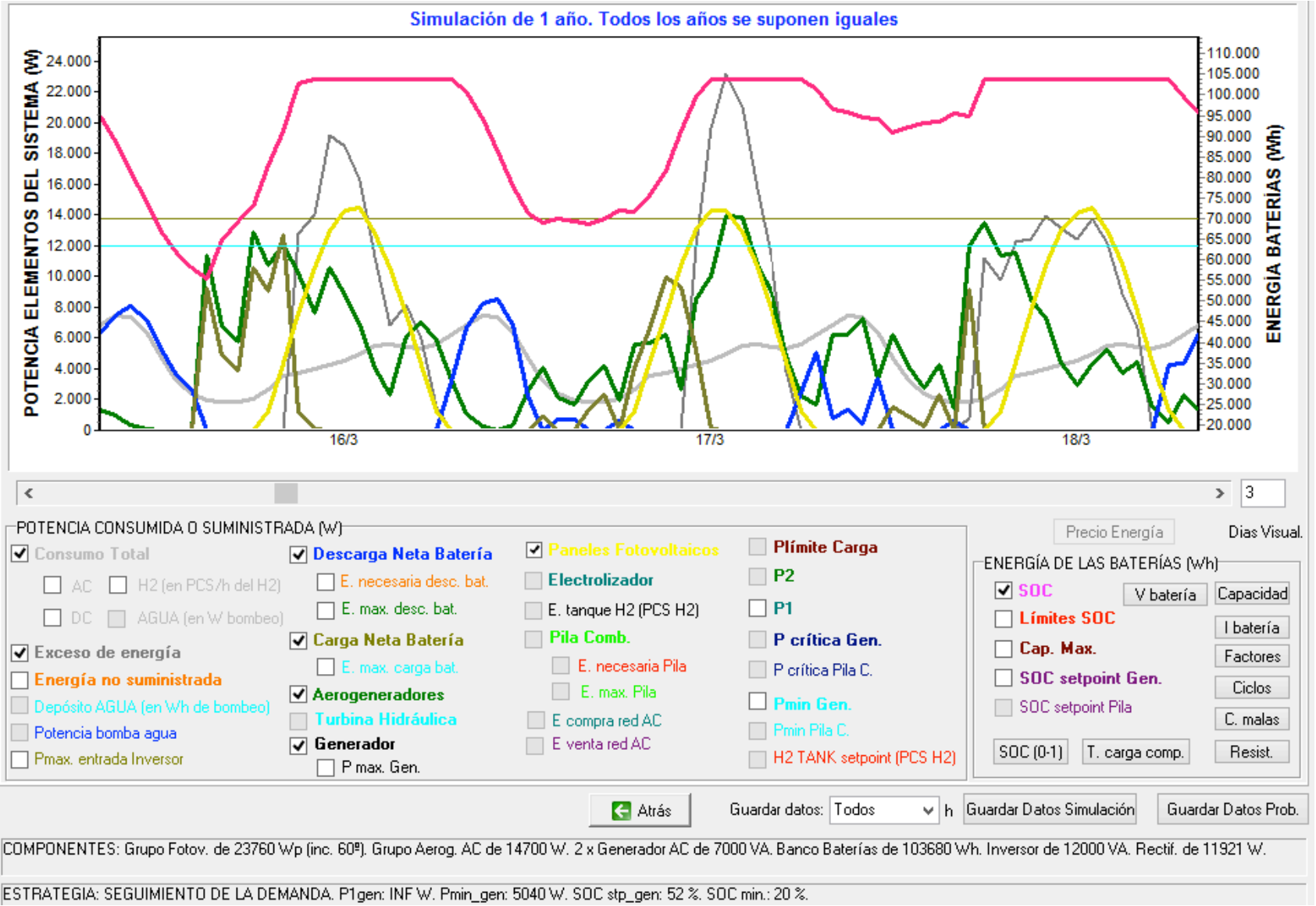


Figura 27: Simulación de 3 días en iHOGA para el escenario de una comunidad de propietarios con baterías de plomo-ácido en Zaragoza en marzo

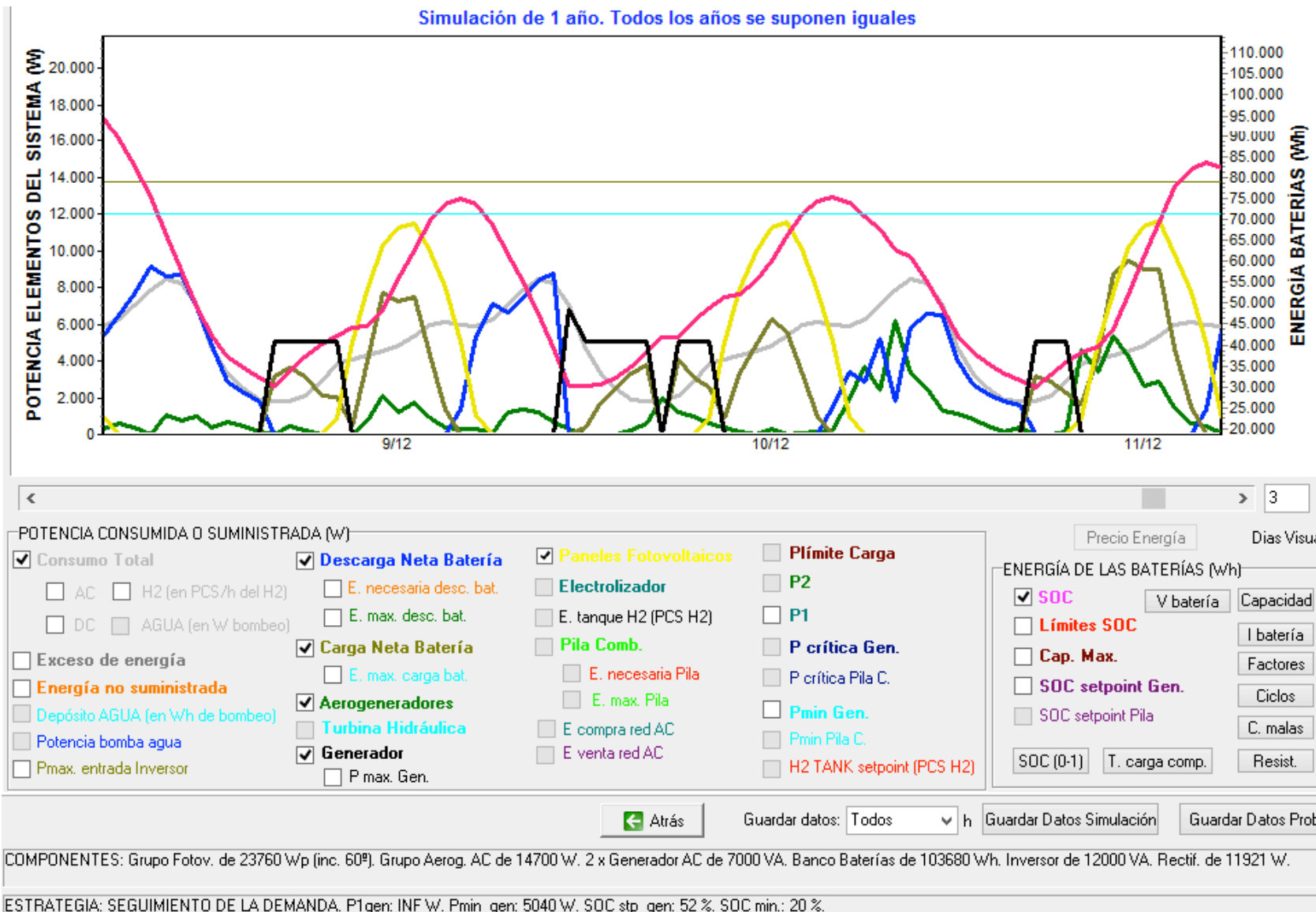


Figura 28: Simulación de 3 días en iHOGA para el escenario de una comunidad de propietarios con baterías de plomo-ácido en Zaragoza en diciembre