



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

RESUMEN

El presente trabajo de fin de grado tiene como objetivo el análisis y el dimensionado de sistemas híbridos renovables para el abastecimiento de las necesidades eléctricas de una oficina de la ONU situada en Dekese, República Democrática del Congo.

A lo largo del documento, se realiza el estudio de los requerimientos de la oficina, obteniéndose el perfil energético de la demanda. Asimismo, se ha examinado el potencial renovable y los recursos energéticos disponibles en la zona.

Se recogen además las distintas tecnologías empleadas para el modelado, habiendo explorado las soluciones que el ofrece el mercado.

Seguidamente, y mediante el software de microrredes HOMER, se ha elaborado un análisis que se basa en distintos apartados, tanto técnicos como económicos, de las distintas configuraciones propuestas.

Finalmente, se ha realizado un estudio de sensibilidad para la selección de la configuración óptima que suministre, de la forma más adecuada, electricidad a la oficina.

AGRADECIMIENTOS

“A mi familia, por haberme brindado la oportunidad de estudiar,

A mi tutora Elisa, por toda la ayuda proporcionada,

A mis amigos

...”

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. OBJETO DEL DOCUMENTO	7
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	7
2. IMPORTANCIA DE LA AYUDA INTERNACIONAL Y DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES	8
3. DEKESE, REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO	9
3.1. GENERALIDADES SOBRE LA REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO	9
3.2. CLIMA	12
4. CASO DE ESTUDIO: OFICINA DE LA ONU	13
4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA.....	13
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA OFICINA	14
4.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA	14
4.4. RECURSOS ENERGÉTICOS	17
4.5. RESTRICCIONES DEL MODELO	18
5. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA SISTEMAS AISLADOS	19
5.1. RESUMEN DE TECNOLOGÍAS A EMPLEAR	19
5.2. TECNOLOGÍAS Y FUNDAMENTOS.....	19
5.2.1. Placas solares fotovoltaicas.....	20
5.2.2. Aerogenerador	23
5.2.3. Generador Diésel:.....	26
5.2.4. Inversores (convertidor DC-AC).....	27
5.2.5. Acumuladores	27
5.2.6. Reguladores de carga	29
6. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE DISTINTAS CONFIGURACIONES	30
6.1. DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS TENIDOS EN CUENTA.....	30
6.2. ANÁLISIS	31
6.2.1. Configuración 1: Fotovoltaica + Baterías	31
6.2.2. Configuración 2: Fotovoltaica+Generador Diésel+Baterías	34
6.2.3. Configuración 3: Fotovoltaica + Generador Diésel	37
6.2.3. Configuración 4: Fotovoltaica +Aerogenerador+ Generador Diésel+Baterías.....	41
6.3. SELECCIÓN DE LAS CONFIGURACIONES MÁS ADECUADAS.....	43
6.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	44

6.4.1. Configuración 1	44
6.4.2. Configuración 2	46
6.5. SELECCIÓN DE CONFIGURACIÓN ÓPTIMA	49
7. CONCLUSIONES	50

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. CONSIDERACIONES	53
2. PRECIOS DESCOMPUESTOS	54
3. RESUMEN PRESUPUESTO	61

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Situación de la RDC. Fuente: http://blog.pucp.edu.pe/	9
Ilustración 2: Provincias RDC Fuente: https://es.wikipedia.org/	9
Ilustración 3: Localización Dekese Fuente: Google Maps	10
Ilustración 4: Diagrama de Metodología Empleada Fuente: Elaboración propia	13
Ilustración 5: Edificio prefabricado ya instalado Fuente: ONU	14
Ilustración 6: Aerogenerador de eje vertical Fuente: ONU.....	14
Ilustración 7: Disposición e iluminancia Fuente: Elaboración propia	16
Ilustración 8: Esquema Instalación Fuente: SystemWare	19
Ilustración 9: Trayectoria del Sol en hemisferio sur Fuente: La web de las energías renovables: ...	20
Ilustración 10: Placas con seguidor solar Fuente: ONU	21
Ilustración 11: Variación potencia según Temperatura e Irradiación y Dimensiones de módulo Fuente: http://www.atersa.es	21
Ilustración 12: Esquema cálculo de separación entre placas Fuente: UCLM.....	22
Ilustración 13: Rosa de los Vientos Fuente: http://meteo.navarra.es	24
Ilustración 14: Módulo prefabricado para almacén de equipamiento eléctrico Fuente: ONU	29

ÍNDICE ECUACIONES

Ecuación 1: Altura solar mínima Fuente: UCLM.....	22
Ecuación 2: Distancia mínima entre placas Fuente: UCLM.....	22
Ecuación 3: Velocidad a distinta altura Fuente: Apuntes Energías Renovables GITI	25
Ecuación 4: Ecuación de Weibull Fuente: Apuntes de Tecnología Energética GITI	26

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Demandantes de energía Fuente: Elaboración propia	15
Tabla 2: Valores de Iluminancia Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 3: Características técnicas Optimum GS 320 Fuente: http://www.atersa.es	21
Tabla 4: Parámetros y resultado de distancia mínima Fuente: Elaboración propia	23
Tabla 5: Valor Parámetros Weibull Fuente: Elaboración Propia	26
Tabla 6: Parámetros técnico-económicos. Configuración 1 Fuente: Elaboración Propia	31
Tabla 7: Parámetros técnico-económicos. Configuración 2 Fuente: Elaboración Propia	35
Tabla 8: Parámetros técnico económicos-Configuración 3 Fuente: Elaboración Propia	38
Tabla 9: Parámetros técnico económicos-Configuración 3 Fuente: Elaboración Propia	42

ÍNDICE GRÁFICAS

Gráfica 1: PIB per cápita Fuente: Banco Mundial	11
Gráfica 2: Mortalidad infantil Fuente: Banco Mundial	11
Gráfica 3: Temperatura media y precipitaciones Dekese (1991-2015) Fuente: Banco Mundial	12
Gráfica 4: Demandas laborable y no laborable	17
Gráfica 5: Recursos eólico y solar Fuentes: PVGIS y NASA Surface Meteorology and Solar Resources	18

Gráfica 6: Potencia Aeolos-V 3kW Fuente: https://windstarturbine.com	25
Gráfica 7: Distribución de Weibull Fuente: HOMER	26
Gráfica 8: Profundidad de descarga vs Número de ciclos Fuente: http://www.tecsol24h.net	28
Gráfica 9: Curva de capacidad Fuente: Trojan	29
Gráfica 10: Carga Insatisfecha a lo largo del año - Configuración 1 Fuente: Elaboración Propia:	32
Gráfica 11: Pico de demanda insatisfecha Fuente: Elaboración propia.....	33
Gráfica 12: Coste Actual Neto por componente Fuente: Elaboración Propia	34
Gráfica 13: Carga Insatisfecha a lo largo del año - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia	35
Gráfica 14: Pico de Demanda Insatisfecha - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia.....	36
Gráfica 15: Generación Mensual Promedio por Componente Fuente: Elaboración propia	37
Gráfica 16: Coste Actual Neto por componente - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia	37
Gráfica 17: Carga Insatisfecha a lo largo del año - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia	39
Gráfica 18: Demanda insatisfecha- Configuración 3 Fuente: Elaboración propia1	40
Gráfica 19: Generación Mensual Promedio por Componente-Configuración 3 Fuente: Elaboración propia	40
Gráfica 20: Coste Actual Neto por componente Fuente: Elaboración Propia	41
Gráfica 21: Generación Promedio Mensual por componente Fuente: Elaboración propia	42
Gráfica 22: Coste Actual Neto por Componente-Configuración 4 Fuente: Elaboración Propia	43
Gráfica 23: Tabla resumen de parámetros tecno-económicos Fuente: Elaboración propia	43
Gráfica 24. Variación de capacidad fotovoltaica y número de baterías - Configuración 1 Fuente: Elaboración propia	45
Gráfica 25: Resumen Económico de Sensibilidad-Configuración 1 Fuente: Elaboración Propia	45
Gráfica 26: Sensibilidad para Exceso y Demanda Eléctricos Fuente: Elaboración Propia.....	46
Gráfica 27: Coste Actual Neto Sensibilidad-Configuración 2 Fuente: Elaboración propia.....	47
Gráfica 28: Gasto de combustible- Sensibilidad- Configuración 2 Fuente: Elaboración Propia	47
Gráfica 29: Coste de la electricidad - Sensibilidad - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia ...	48
Gráfica 30: Exceso y demanda Eléctricas-Sensibilidad- Configuración 2 Fuente: Elaboración propia	48

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETO DEL DOCUMENTO

El presente trabajo tiene como fin principal el estudio de diversas configuraciones de sistemas híbridos aislado de la red para afrontar la demanda eléctrica de una oficina de la ONU, situada en Dekese (República Democrática del Congo).

Para ello, el análisis se basa en criterios tanto técnicos como económicos en pos de encontrar la solución óptima. Además, es menester ver el funcionamiento de las configuraciones en distintas situaciones mediante un análisis de sensibilidad que ayude a elegir aquel que mejor se adapte a las contingencias que pudieran surgir a lo largo de la vida del proyecto.

Siendo un lugar en conflicto, se busca la independencia de combustibles fósiles en la mayor medida posible, sopesando las ventajas y desventajas que supondría su uso. Para ello, se han de poner restricciones al sistema que hagan que se cumplan unos requisitos mínimos en estas materias.

Es también uno de los objetivos del presente trabajo el análisis y estimación de la demanda eléctrica, obtenida mediante los elementos que requieren de energía eléctrica y que componen el lugar de trabajo, generándose una demanda a lo largo de la semana distinguiendo entre día laborable y día no laborable.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Este documento ha sido elaborado como última prueba evaluativa dentro de los estudios del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, y que resulta imprescindible para la finalización de éstos. De igual modo, ha servido para realizar una investigación en el ámbito de las energías renovables como medio para la generación eléctrica, adquiriendo los conocimientos necesarios que se engloban en el marco de los sistemas aislados.

En segunda instancia se ha escogido un tema relacionado con las misiones internacionales de cooperación y ayuda como las de la ONU debido a la motivación que implica tratar de mejorar la situación de aquellas personas más desfavorecidas.

2. IMPORTANCIA DE LA AYUDA INTERNACIONAL Y DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

La relevancia de diversas organizaciones cuyas misiones humanitarias ayudan a millones de personas está creciendo en el mundo. Cada vez más gente se solidariza con aquella más desfavorecida, haciendo labores de incalculable valor humano.

La ONU, fundada en 1945, es la mayor organización de países que velan por los derechos internacionales, así como por la paz y el desarrollo económico y social. Con 193 estados miembros en la actualidad, las misiones desarrolladas por los integrantes se reparten por multitud de países. Están muy presentes en aquellos en los que los recursos escasean o que han sufrido guerras y conflictos recientemente.

Gracias a los organismos de este tipo como Médicos Sin Fronteras, Cruz Roja o Ingeniería Sin Fronteras, muchas poblaciones consiguen alimentos, asistencia sanitaria, formación en diversas materias o la creación de construcciones.

La gran dependencia de la energía eléctrica actualmente está deviniendo en un serio problema a afrontar. Muchos de los lugares que necesitan de ayuda carecen de las infraestructuras necesarias para el suministro fiable de energía. Lugares como hospitales, escuelas, etc, no se conciben sin un mínimo de electricidad para cubrir las necesidades más básicas.

Por ello, las energías renovables ocupan uno de los papeles más importantes en los lugares aislados. La capacidad de obtener energía en casi cualquier zona que provenga de fuentes renovables como pueden ser el sol o el viento, es un gran avance en misiones de este tipo.

Pero el ámbito de las energías renovables no se acota simplemente a lugares aislados. La producción en grandes explotaciones está creciendo año a año debido a la concienciación sobre el cambio climático y la dependencia de combustibles fósiles. Diversas medidas han sido tomadas por los estados como la entrada en vigor del protocolo de Kioto en 2005 o más recientemente la conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en París del año 2015. Ésta última ha resultado trascendental al ser legalmente vinculante, con las sanciones pertinentes en caso de no cumplirse lo establecido.

En el año 2015 en España las renovables representaron un 36.1% del total de la energía eléctrica producida según los datos que facilita la REE (Red Eléctrica de España). A nivel europeo, un 25.5% en 2014.

Todos estos datos muestran el peso que están consiguiendo dentro del sector energético al ser energías que no contribuyen a la generación de gases de efecto invernadero que conllevan el calentamiento del planeta.

3. DEKESE, REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO

3.1. GENERALIDADES SOBRE LA REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO

La República Democrática del Congo (en adelante RDC) es un país situado en el centro del continente africano, siendo atravesado por el ecuador. Limita con multitud de países, tales como Angola, Uganda y la República Centroafricana, entre otros; tal y como se puede observar en la imagen adyacente. Ocupa una extensión de 2.345.441 km², situándose como el segundo con mayor extensión en África sólo por detrás de Argelia.



Ilustración 1. Situación de la RDC. Fuente: <http://blog.pucp.edu.pe/>

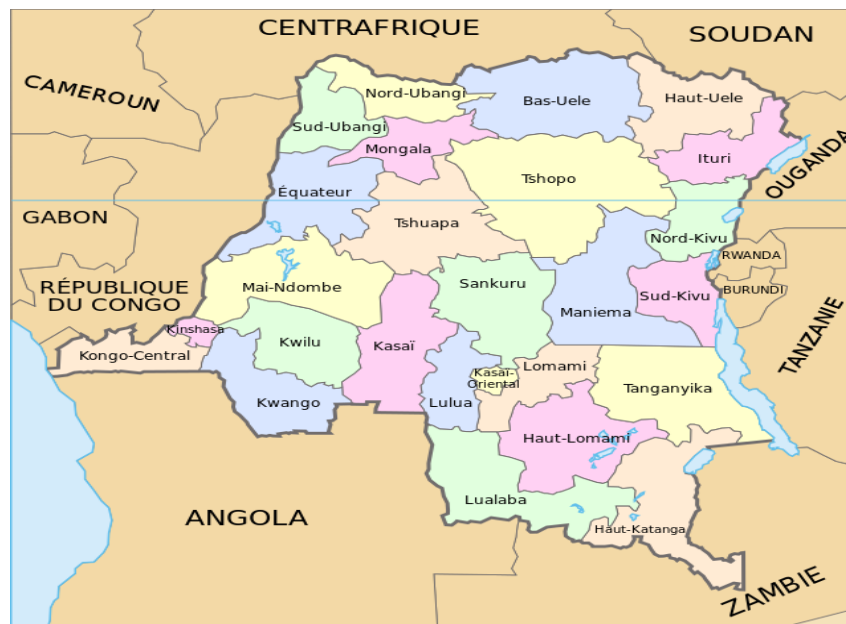


Ilustración 2: Provincias RDC Fuente: <https://es.wikipedia.org/>

Cuenta con una población de 79 millones de personas, según las estimaciones realizadas por el Banco Mundial (2012). Su capital se sitúa en Kinshasa, una ciudad con 9,757 millones de habitantes al oeste del país. Está dividido en provincias, 26 concretamente tras la Constitución de 2015. Dekese está situado dentro de la provincia de Kasai, anteriormente conocido como Kasai Occidental. Esta provincia está dividida a su vez en varios territorios, siendo Dekese el lugar donde se localiza el municipio de mismo nombre.

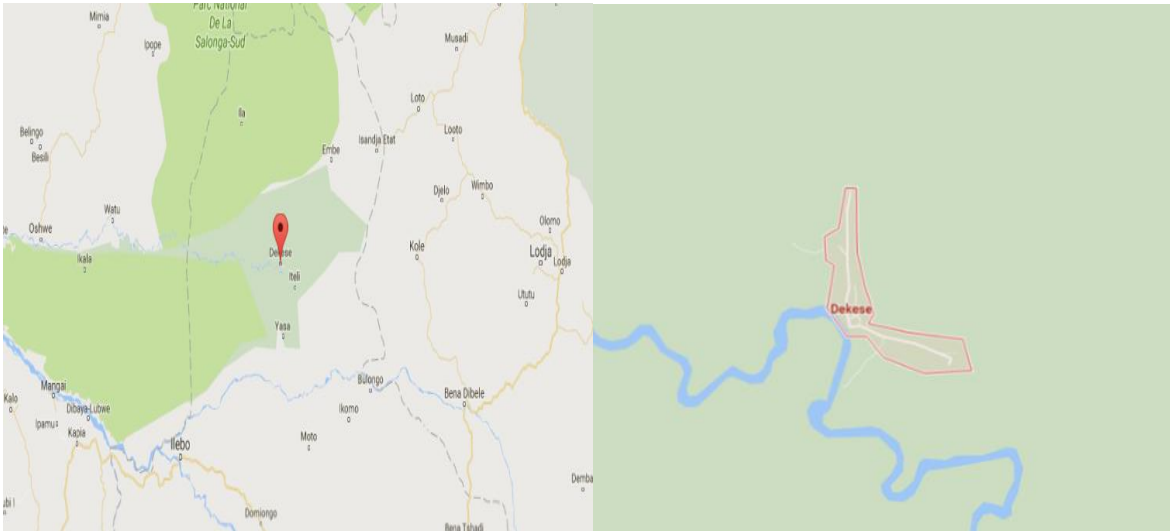
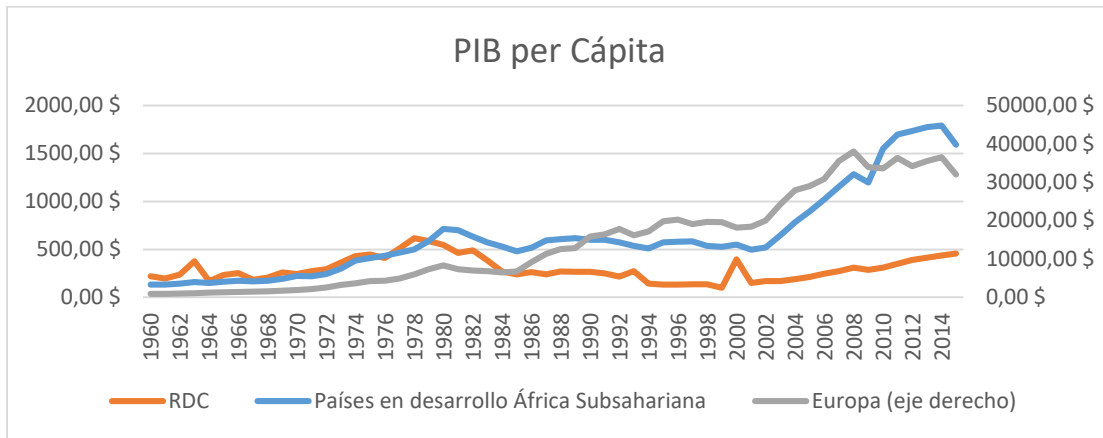


Ilustración 3: Localización Dekese Fuente: Google Maps

Con aproximadamente el 52% de las reservas naturales de agua dulce de África, la RDC se caracteriza por sus selvas espesas en la cuenca y al oeste del país, así como bosques de carácter más seco y sabana en las zonas meridionales y septentrionales. También posee ecosistemas de montaña a lo largo de la frontera más oriental.

La situación económica ha mejorado en los últimos años debido al proceso de consolidación institucional y la reformulación económica al que se ha visto sometido el país tras muchos años de inestabilidad política, conflictos armados y crecimiento negativo. Así, tras la consecución de un acuerdo para la cancelación de la deuda externa, el PIB ha ido en gran aumento durante el periodo de 2011-2015 por valores entre el 8.7% y el 6.9%. En 2016 bajó fuertemente hasta el 2.5%. A pesar de ello, la RDC depende en grado sumo de los fondos exteriores aportados desde varios frentes (Europa, EEUU o china entre otros) para las infraestructuras necesarias.

Sin embargo, el PIB del país sigue siendo de los más bajos de entre todo el continente africano. Comparando con los países en vías de desarrollo de África subsahariana, se puede observar un desnivel de más de 1.000 dólares estadounidenses en cuanto a PIB per cápita se refiere. La realidad de las personas congoleñas es la extendida pobreza que se cierne sobre alrededor del 70% de la población, que vive con menos del estándar de pobreza fijado en 1.90\$.

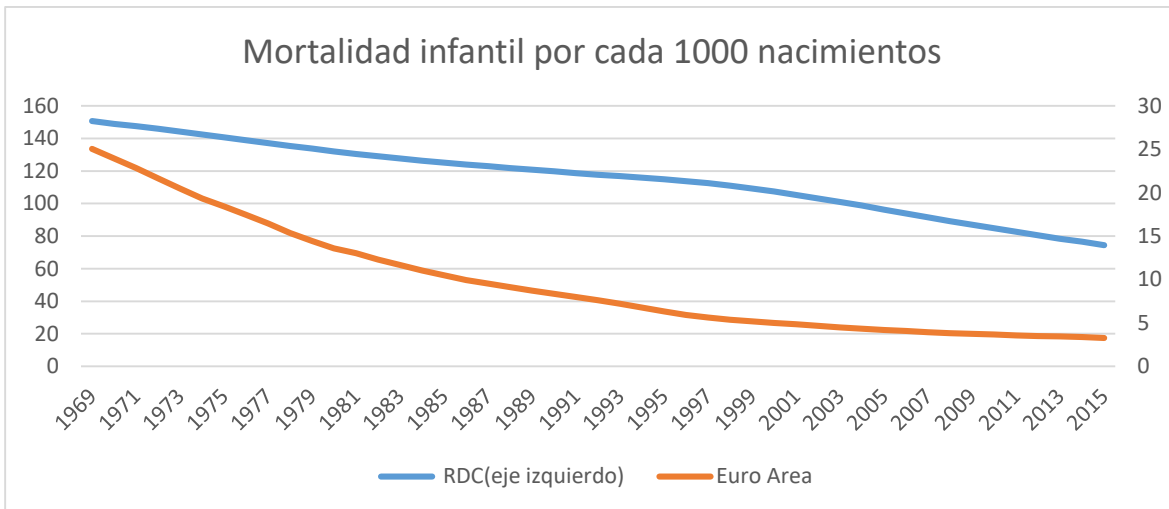


Gráfica 1: PIB per cápita Fuente: Banco Mundial

Es reseñable también la distribución del empleo por sectores. El FMI estima que un 80% de los trabajadores desempeñan labores agrícolas, mientras que sólo el 15% se dedica al sector servicios y menos del 5% a industria.

En cuanto a educación, la RDC ha experimentado un notable crecimiento en el porcentaje de niños que recibe educación primaria. En 2002 solamente el 64,1% asistía a las clases de primaria, mientras que en 2013 el dato es del 87 % según el DHS de EEUU, muy cercano al 95% europeo.

La atención médica que reciben los congoleños es precaria. Los datos del Banco Mundial muestran que menos de un cuarto de la población posee acceso a infraestructuras apropiadas. Esta falta de medios deviene en el desarrollo de multitud de enfermedades, tales como malaria o tuberculosis, y a su vez en una alta mortalidad. A pesar de ello, los datos muestran que poco a poco, y gracias a la inestimable ayuda de ayudas de diversos países y de las misiones humanitarias, las cifras de mortalidad y enfermedades se van reduciendo.



Gráfica 2: Mortalidad infantil Fuente: Banco Mundial

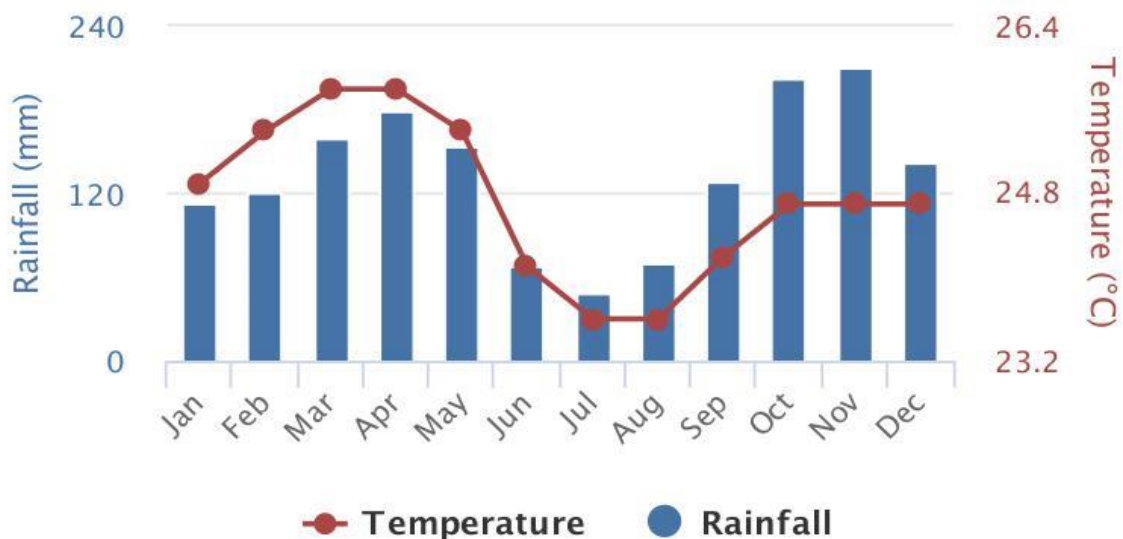
Actualmente, el sector energético adolece de falta de capacidad energética. La RDC cuenta con 2500 MW de potencia instalados, los cuales contrastan de forma drástica con el constante aumento de población y de la forma de vida, cada vez más ligada a la electricidad. Se estima que sólo está explotado un 2% de la capacidad hidroeléctrica. Es por ello que uno de los planes del país es el de aumentar la capacidad hasta 14303MW para el año 2030.

El acceso a la energía eléctrica es muy pobre. Solo el 13% del total de la población dispone de ella, llegando al 25% en las ciudades importantes y por debajo del 10% en zonas rurales. Además, este suministro se ve cortado con bastante frecuencia.

En cuanto al sector de abastecimiento de agua, la falta de infraestructuras hace que tres cuartos de la población no tengan acceso a agua potable. Como en los anteriores datos, se ve agravado en las zonas rurales con tan sólo un 12%. Por ello, uno de los principales objetivos que la RDC se ha marcado es aumentar esa tasa de acceso para 2020, fijándola en el 50% para zonas urbanas y 30% en zonas rurales.

3.2. CLIMA

El clima de toda la RDC viene marcado por el paso del ecuador a través del país. Dekese, en concreto, posee un clima tropical que hace que sus variaciones de temperatura a lo largo del año sean leves y estén acotadas entre los 23 y 26 grados centígrados. Además, sus estaciones pueden dividirse en 2 muy diferenciadas. Estación seca, la cual apenas tiene duración y la estación húmeda, que se prolonga a lo largo de casi todo el año dejando abundantes precipitaciones a su paso.



Gráfica 3: Temperatura media y precipitaciones Dekese (1991-2015) Fuente: Banco Mundial

4. CASO DE ESTUDIO: OFICINA DE LA ONU

4.1. METODOLOGÍA EMPLEADA

El resumen de la metodología que ha sido empleada para el estudio del presente trabajo puede verse resumido en el siguiente diagrama:

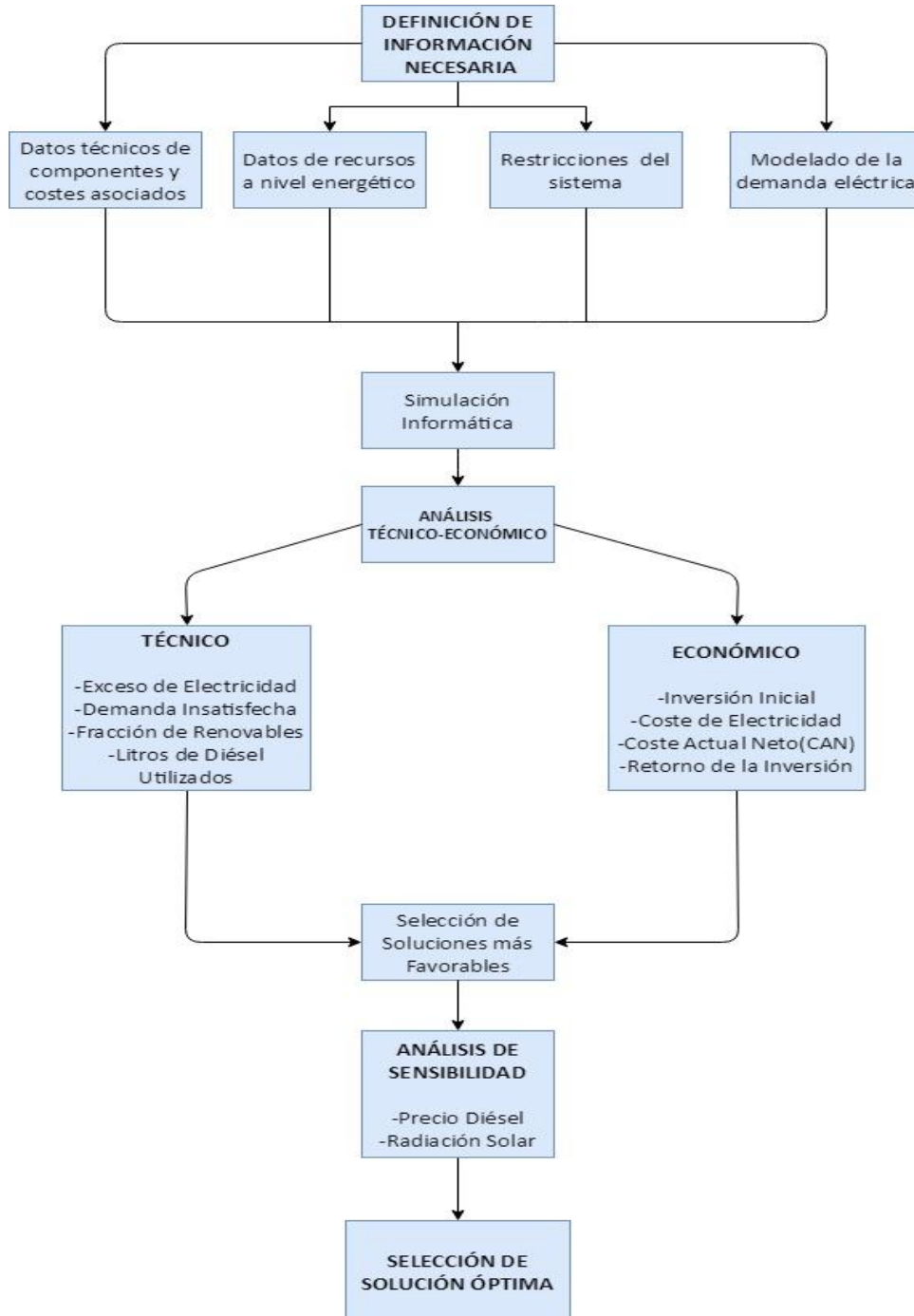


Ilustración 4: Diagrama de Metodología Empleada Fuente: Elaboración propia

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA OFICINA

El proyecto a desarrollar trata la posibilidad de alimentar una oficina completamente operativa de la ONU mediante las energías renovables (Green Office) anteriormente expuestas. Esta oficina contendrá todo lo necesario para que los trabajadores desempeñen su labor sin problemas.

El lugar de trabajo es un edificio compuesto por 6 módulos prefabricados que juntos dan lugar a las oficinas, zona de encuentro y baños. El total de la superficie a tener en cuenta es de 165m².



Ilustración 5: Edificio prefabricado ya instalado Fuente: ONU



Ilustración 6: Aerogenerador de eje vertical Fuente: ONU

4.3. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

El programa de optimización energética para micro redes HOMER requiere de la demanda eléctrica para realizar los diversos cálculos de la red. Por ello, se han analizado dos días comunes, es decir, que se repetirán con pequeñas modificaciones en el consumo a lo largo del tiempo en el que se explote la instalación. Al ser un trabajo de oficina, se ha distinguido entre día laborable y día festivo.

Se han considerado los siguientes elementos como demandantes de potencia en la instalación:

Ordenadores Portátiles
Refrigeración
Nevera
Luces
Antena parabólica
Impresora multifunción

Tabla 1: Demandantes de energía Fuente: Elaboración propia

A continuación, se analiza la potencia que requiere cada uno de los elementos mencionados.

Ordenador Portátil: El ordenador portátil que se ha analizado es el HP Envy m6, un computador que tiene como características principales un procesador Intel core i5 con 2.66 GHz, 4 GB de memoria RAM y 500 GB de almacenamiento en disco duro. La potencia necesaria es suministrada mediante una fuente de alimentación en cuyas características técnicas aparece que el consumo es de 90 W pico. A pesar de que no siempre requerirá el máximo sino que su consumo medio se aproximará a 40-50 Wattios (dependiendo de los procesos abiertos, iluminación de pantallas,...), para el cálculo se ha utilizado el caso más desfavorable. Sumando la potencia de todos los ordenadores operativos, se estima el total en 0,9 kW.

Refrigeración: En cuanto a la refrigeración se ha tomado la necesidad de entre 75 y 100 frigorías por cada metro cuadrado como referencia para la estimación. Este dato es utilizado por diversas ingenierías que se dedican a la climatización, como por ejemplo “Centraliza Recursos S.L.” para los cálculos de las instalaciones pertinentes.

Excluyendo 15 m² que se utilizan para los aseos, el total considerado es de 150 m². Ello implica que se necesita un aparato que cubra entre 11250 y 15000 frigorías, lo cual convertido a unidades de potencia internacional es un intervalo de 13-17.4 kW. Al ser un sistema aislado que depende de las condiciones climáticas para la obtención de energía, se ha tomado el valor más bajo. Por ello se ha seleccionado el modelo GPEZS-140VJA de Mitsubishi cuya capacidad para generación de frío llega hasta los 13 kW, siendo su consumo nominal de 4.32 kW. Este último dato es el que se utiliza en la estimación.

El citado aparato estará en funcionamiento durante las horas laborales del día.

Nevera: la necesidad de refrigeración de alimentos y bebidas, así como de medicamentos que lo necesiten (como por ejemplo la insulina) para su conservación, hacen que se tenga en cuenta el consumo de una pequeña nevera. Se ha considerado que está operativa las 24 horas del día, con una potencia de 100 Wp como caso más desfavorable.

Iluminación: la iluminación en oficinas es una de las necesidades capitales para desempeñar un buen trabajo. La norma establece que el nivel de iluminancia óptimo es de 500 lx. Para la estimación del total de potencia que consume este apartado se ha utilizado el programa Dialux Evo 7. Los planos utilizados son los de un rectángulo de 11x15 metros. El coeficiente de reflexión de luz se ha tomado como el estándar que viene proporcionado por el programa. La altura de las luminarias es la misma que la del techo de la oficina, el cual se sitúa en 2.5 metros.

Los resultados exponen la necesidad de 25 luminarias LG Electronics Spain LF60174044B.D00GWK0 KS_LG LED FlatLight 60W 300X1200 4000K M-bar. La elección de este tipo de luminaria viene determinada por su excelente relación de consumo e iluminancia.

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	578	483	664	0.835
Suelo	20	538	397	587	0.738
Techo	78	175	138	437	0.789
Paredes (4)	78	374	174	1030	/

Tabla 2: Valores de Iluminancia Fuente: Elaboración propia

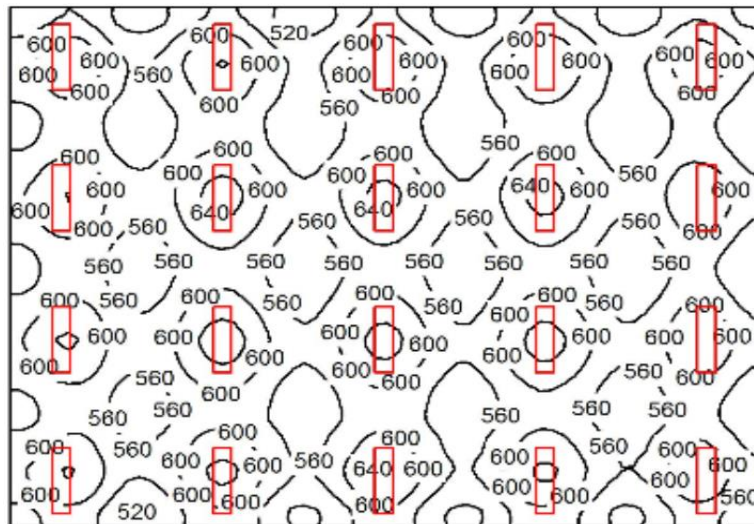
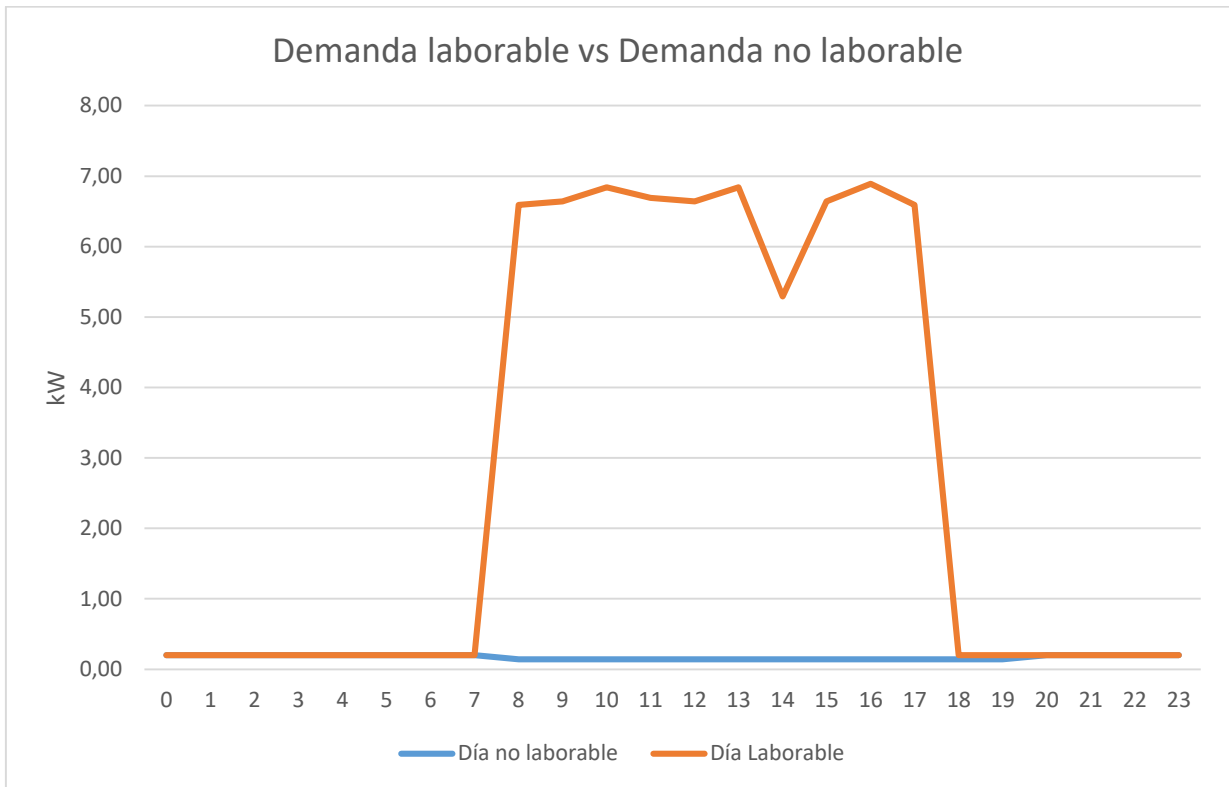


Ilustración 7: Disposición e iluminancia Fuente: Elaboración propia

Se utilizarán durante las horas laborales.

Impresora multifunción: la impresora se utiliza para la impresión en papel de los documentos necesarios, así como para realización de escaneos o fotocopias. Se ha seleccionado el modelo MFC-9330CDW de la marca Brother cuyo consumo nominal es de 350 W.

Antena Parabólica: otra de las necesidades imperantes para que la oficina pueda funcionar es la conexión a internet. Al ser un sitio aislado, ésta se realizará mediante una antena parabólica que detecte y redirija la señal en el área de trabajo. La antena parabólica estará en funcionamiento durante las 24h del día a lo largo de toda la semana. Se ha estimado su consumo en 40W.



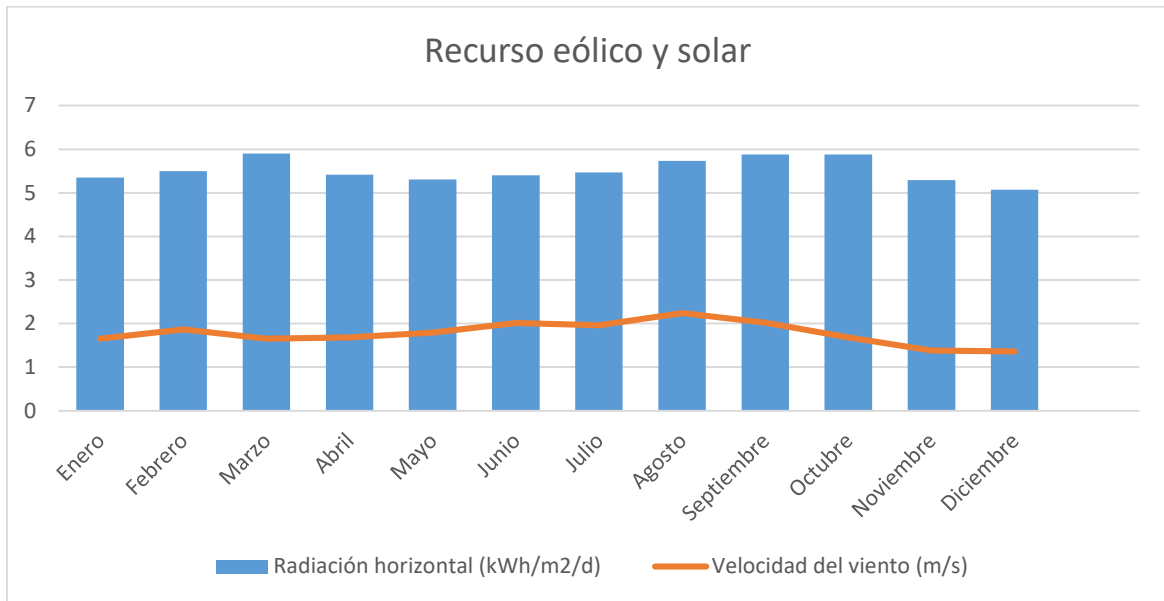
Gráfica 4: Demandas laborable y no laborable

Una vez ingresadas en el programa, HOMER les aplica una variabilidad aleatoria que en este caso se ha marcado en el 5%. Por ello el pico de demanda máximo a cubrir será de 7,87 kW, siendo la media de 51,70 kWh/d. Importante conocer esto ya que en base a esta demanda se ha hecho una primera selección de todos los aparatos que formarán el sistema aislado.

4.4. RECURSOS ENERGÉTICOS

Atendiendo a los recursos energéticos que posee Dekese en materia de fuentes renovables, sobresalen hidroeléctrico, solar y de biomasa. En menor medida también aparece el eólico.

La siguiente gráfica recoge los datos medios para radiación solar horizontal y velocidad del viento a lo largo de los distintos meses del año.



Gráfica 5: Recursos eólico y solar Fuentes: PVGIS y NASA Surface Meteorology and Solar Resources

Observando la gráfica, podemos hacer una primera interpretación de que el recurso eólico no es lo suficientemente grande a 50 m de altura del suelo para que la implantación de un aerogenerador resulte rentable.

En cambio el recurso solar es elevado y bastante uniforme a lo largo de todo el año, resultando en principio idónea la instalación de módulos fotovoltaicos.

4.5. RESTRICCIONES DEL MODELO

HOMER incorpora la posibilidad de incluir restricciones para un mejor modelado del sistema. En el caso estudiado, se han incluido dos limitaciones que se han de cumplir. Estas son:

1. Fracción mínima de renovables: se ha establecido como mínimo un 65% de la fracción mínima. Es decir, 6,5 de cada 10 wattios de los que necesite la oficina habrán de obtenerse de energías puramente renovables.
2. Escasez de capacidad máxima: es el porcentaje sobre la carga total de un año en que el sistema no podría cumplir con la demanda, ya sea debido a picos muy altos de consumo o poca producción.

5. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA SISTEMAS AISLADOS

5.1. RESUMEN DE TECNOLOGÍAS A EMPLEAR

En este particular caso, se ha considerado la inclusión de 3 dispositivos destinados a la producción de energía eléctrica. Estos son: placas solares fotovoltaicas, aerogenerador y un generador diésel para los momentos en los que no se pudiera satisfacer la demanda, ya sea por fallo tecnológico o por la carencia de recursos momentáneos.

Asimismo, los sistemas aislados necesitan de herramientas que conviertan las corrientes continuas en corrientes alternas que sean similares a las ondas senoidales que utilizan los instrumentos electrónicos presentes en la oficina. Es por ello que la inclusión de un inversor resulta vital para la operación si se instalasen módulos fotovoltaicos. De igual modo, es fundamental la participación de un regulador de carga, cuya misión es la de absorber los picos de corriente que se pudieran producir y adecuar la electricidad para un uso óptimo de ella.

Y por último, se necesita de baterías que almacenen la energía que se genere a lo largo del día que no haya sido utilizada y que puedan suministrar potencia en momentos en los que se necesita. La instalación de todos ellos lleva a pensar en un esquema de este tipo:

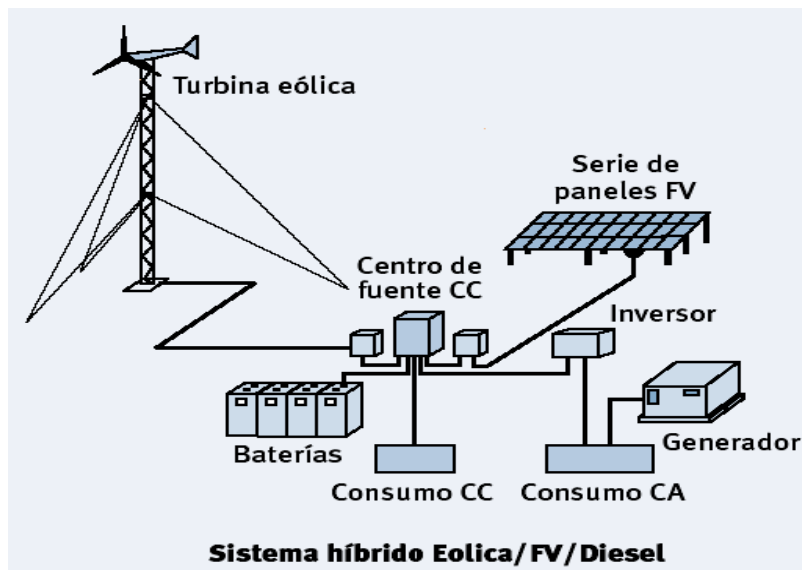


Ilustración 8: Esquema Instalación Fuente: SystemWare

5.2. TECNOLOGÍAS Y FUNDAMENTOS

A continuación se detallan todos los elementos mencionados y su fundamento, eligiéndose los modelos que pueden cumplir con los requisitos.

5.2.1. Placas solares fotovoltaicas

Éstas suelen estar muy presentes en los sistemas aislados debido a que, pese a ser una tecnología todavía en desarrollo y que va mejorando su eficiencia energética, no precisa de más costes que un leve mantenimiento una vez ya instaladas.

Basan su funcionamiento en el efecto fotovoltaico, el cual se basa a su vez en la liberación de los electrones de elementos semiconductores (silicio normalmente) al incidir sobre ellos energía en forma de fotones provenientes de la radiación solar. Con la incorporación de sustancias dopantes se consigue crear una diferencia de potencial dentro del semiconductor que consigue hacer fluir los electrones desde una zona P (dopada con boro) hasta una zona N (dopada con fósforo), creándose así una corriente eléctrica continua.

La disposición angular de las placas es función de la latitud en la que se encuentren, ya que el sol describe diferentes trayectorias dependiendo de la localización y de la estación en la que se encuentre.

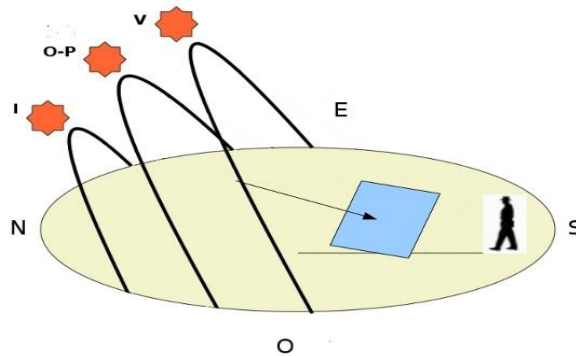


Ilustración 9: Trayectoria del Sol en hemisferio sur Fuente: La web de las energías renovables:

Al estar Dekese en el hemisferio sur, las placas han colocarse en el sentido norte. El grado óptimo de inclinación para placas fijas en este lugar viene proporcionado por la fuente PVGIS, el cual marca 6 grados sexagesimales. La perpendicularidad de las placas respecto a la incidencia del sol marcan la mayor o menor cantidad de potencia que se puede obtener.

En el caso estudiado, se ha optado por 2 configuraciones distintas que pueden trabajar a la vez:

1. Placas fijas: Se situarían en la zona superior del bloque prefabricado con la orientación respecto al sol que se ha mencionado anteriormente.
2. Placas con seguimiento horizontal: se situarían en una estructura de soporte cuya base se situaría en el suelo, y que se cambiaría su posición cada mes.



Ilustración 10: Placas con seguidor solar Fuente: ONU

Para los cálculos de la instalación, se han utilizado las placas que suministra Atersa fuera de la Unión Europea y Estados Unidos. Se ha optado por la selección del modelo GS Optimum 320 de 320W debido a las prestaciones que posee así como por su competitivo precio. El coste completo de instalación y adquisición de los materiales se ha estimado gracias a CYPE ingenieros, resultando para el módulo elegido un total de 329.06€. El mantenimiento se situaría en torno a los 4.93€ por año.

Las características se detallan a continuación:

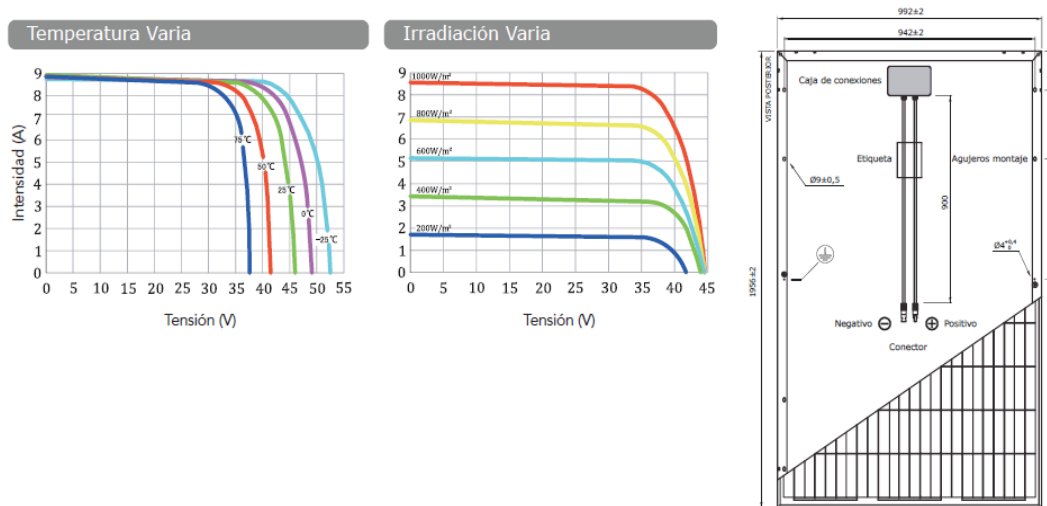


Ilustración 11: Variación potencia según Temperatura e Irradiación y Dimensiones de módulo Fuente: <http://www.atersa.es>

Características Eléctricas	Optimum GS 320
Potencia Máxima	320 W
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	37.56 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	8.52 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45.82 V
Intensidad Cortocircuito (Isc)	9.03 A
Eficiencia	16.50 %
Coeficiente de Temperatura para Potencia Máxima	-0.45%/° C
Temperatura de Funcionamiento	45±2 ° C

Tabla 3: Características técnicas Optimum GS 320 Fuente: <http://www.atersa.es>

Por otra parte, la instalación de los módulos fijos se pretende hacer en la parte superior del bloque prefabricado como se ha mencionado anteriormente. Esto supone una restricción en la capacidad máxima admisible, ya que la superficie que tiene es de 165 m². En este caso, se ha calculado la disposición correcta de las placas de tal modo que no se produzcan sombras que vayan en perjuicio de la producción eléctrica.

Como se puede observar en la Ilustración 8, es en invierno cuando la sombra que las placas proyectan más alargada puede resultar. La situación más desfavorable sucederá alrededor del 21 de junio, pues tendrá lugar el solsticio de invierno en el hemisferio sur. Los cálculos a realizar mediante trigonometría se exponen a continuación:

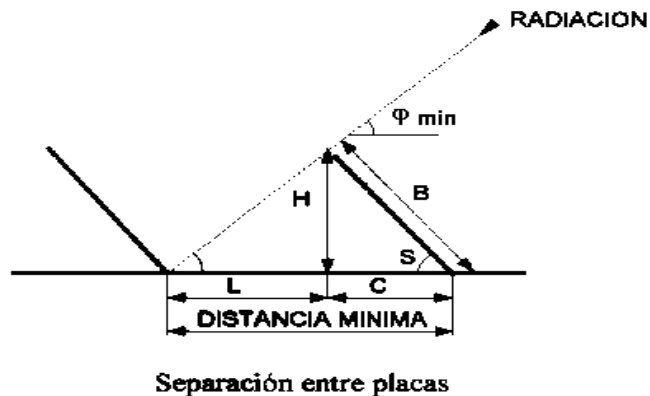


Ilustración 12: Esquema cálculo de separación entre placas Fuente: UCLM

Según Antonio Quintanilla y otros, el ángulo mínimo (altura solar mínima al mediodía) respecto a la incidencia de los rayos viene determinado por la ecuación siguiente:

$$\varphi_{\min} = (90^\circ - \phi) - 23^\circ$$

Ecuación 1: Altura solar mínima Fuente: UCLM

Donde:

ϕ = latitud φ_{\min} = Altura solar mínima al mediodía solar.

Quedando la Distancia Mínima como:

$$Dist. \min. = B \times \cos S + \frac{B \times \sin S}{Tg \varphi_{\min}}$$

Ecuación 2: Distancia mínima entre placas Fuente: UCLM

Con todo lo anteriormente expuesto y con el ángulo de inclinación óptimo proporcionado por el PVGIS para la latitud indicada, se tiene:

B=994 mm
S= 6°
$\varphi_{\min}=90+3.5-23=69.5^\circ$
Dmin= 1027.4 mm

Tabla 4: Parámetros y resultado de distancia mínima Fuente: Elaboración propia

Por tanto 1.03 m es el mínimo a dejar entre una y otra placa. Situando las placas en horizontal a lo largo de los 15m de longitud que tiene la zona superior, se podría colocar una fila de 7 módulos fotovoltaicos. Teniendo en cuenta la separación a dejar entre placas, otras 10 filas podrían instalarse en los 11 metros en la otra dirección del plano. Con lo que el máximo de paneles a instalar sería de 70, con la potencia máxima de 22.4 kW.

Sin embargo, esta cifra está limitada por la carga máxima que puede soportar este tipo de construcciones prefabricadas. El peso total de los 70 módulos tendría alrededor de 1.4 toneladas (70x19.6 kg), por lo que resulta inviable.

Se ha escogido como selección final la cifra de 32 módulos fotovoltaicos, los cuales se situarían alrededor del perímetro de la oficina, ya que es ahí donde las cargas irán directamente a tierra sin generar grandes momentos que pudieran dañar la integridad de la estructura. Además se cuenta con que el viento que puede incidir sobre los paneles no será elevado según los datos registrados en la zona.

Tras lo expuesto, se ha establecido un máximo de 10.24 kW con inclinación fija.

5.2.2. Aerogenerador

La energía eólica es aquella proveniente de la energía cinética que dispone el aire. Este movimiento es consecuencia de los rayos solares que inciden sobre la Tierra. Éstos calientan el aire a diversas temperaturas dependiendo del lugar. Con ello, las densidades cambian y el aire de mayor temperatura se eleva por encima de aquel que está más frío, generándose diferencias de presión; y a su vez el flujo de aire que se denomina viento.

Las características que definen la cantidad de potencia aprovechable del viento son la dirección, la velocidad y la densidad. Se utiliza un diagrama polar llamado rosa de los vientos para conocer tanto la dirección como velocidad media en una zona determinada. Con esto se puede diseñar la orientación que deberán tener las hélices del aerogenerador para maximizar la potencia conseguida.

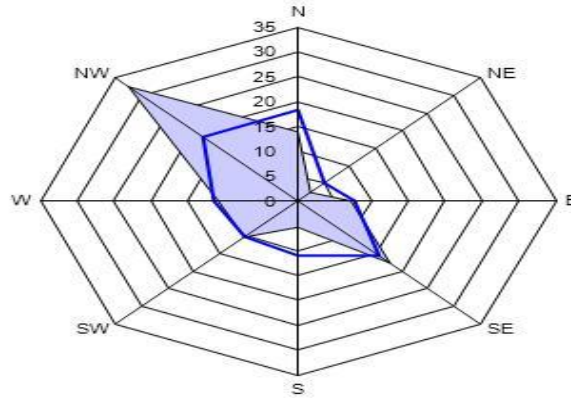


Ilustración 13: Rosa de los Vientos Fuente: <http://meteo.navarra.es>

Los aerogeneradores son dispositivos cuyo funcionamiento se basa en la transmisión de movimiento del viento a las palas o hélices. Una vez éste choca con ellas, las hace girar a una determinada velocidad y mediante un multiplicador de velocidad y un alternador se consigue generar energía eléctrica.

Dentro de los aerogeneradores se pueden discernir dos grupos:

1. Aerogeneradores de Eje Horizontal

- 1.1. A barlovento

En este caso, las hélices del aerogenerador se enfrentan al sentido del viento. Requieren de un sistema que las mantenga así de forma permanente.

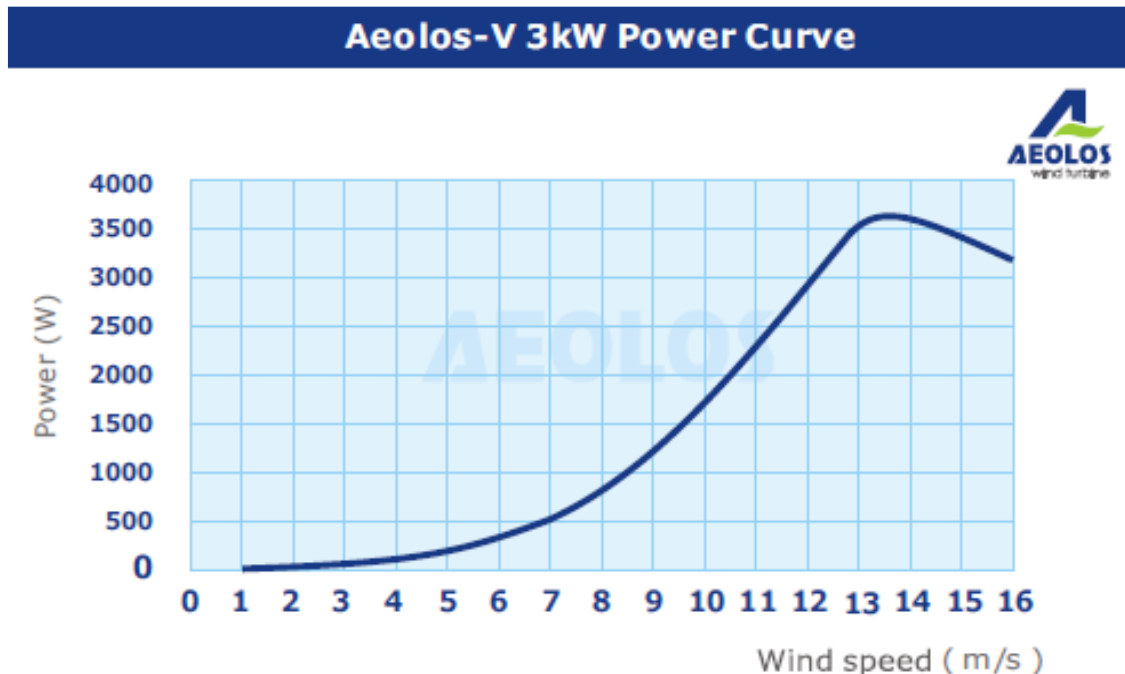
- 1.2. A sotavento

El viento actúa golpeando por detrás de las hélices, y por tanto, los elementos como la torre o la carcasa afectan a la generación de potencia. No necesitan de sistema para la orientación.

2. Aerogeneradores de Eje Vertical

Se caracterizan por tener una menor eficiencia, pero la dirección del viento no importa, ya que giran indistintamente.

En nuestro caso, y tras observar la gráfica 3 donde se aprecia que el recurso eólico no es abundante, se ha buscado en el mercado un aerogenerador que comience a producir energía a bajas velocidades. Se ha optado por el modelo Aeolos-V de 3 kW de eje vertical cuya curva de potencia viene detallada a continuación.



Gráfica 6: Potencia Aeolos-V 3kW Fuente: <https://windstarturbine.com>

Otro de los motivos para la selección de este aerogenerador ha sido la capacidad que tiene este tipo de dispositivos de eje vertical para producir energía eléctrica sin importar la dirección en la que sopla el viento.

Un factor importante a considerar es la altura de instalación, puesto que la velocidad del viento evoluciona según la altura siguiendo la ecuación:

$$v_h = v_0 \left(\frac{h}{h_0} \right)^b$$

Ecuación 3: Velocidad a distinta altura Fuente: Apuntes Energías Renovables GITI

Donde b es un coeficiente que viene marcado por el terreno (rugosidad, forma, etc). Se le ha asignado el valor de $b=0.1$ debido a que es el característico para zonas donde hay unos pocos árboles. Para este caso concreto, los datos de la velocidad del viento han sido tomados a una altura de 10 m. Nuestra torre se situaría a 20 m de distancia del suelo con el fin de optimizar la energía cinética disponible. El software HOMER tiene en cuenta las variaciones de velocidad solicitando el coeficiente b , así como la altura del buje y el recurso de viento junto a la altura a la que fue medido.

La distribución de Weibull es otra de las funciones necesarias para los cálculos. Sin embargo, al tener simplemente disponible los datos mensuales de viento, no se pueden calcular de forma precisa los parámetros. Es por ello que se ha realizado una aproximación de los valores gracias al software, que asigna valores de entre los típicos para las características del viento.

$$P(V) = \frac{k}{A} \left(\frac{V}{A}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{A}\right)^k\right], V \geq 0$$

Ecuación 4: Ecuación de Weibull Fuente: Apuntes de Tecnología Energética GITI

Donde:

k: factor de forma

A: factor de escala

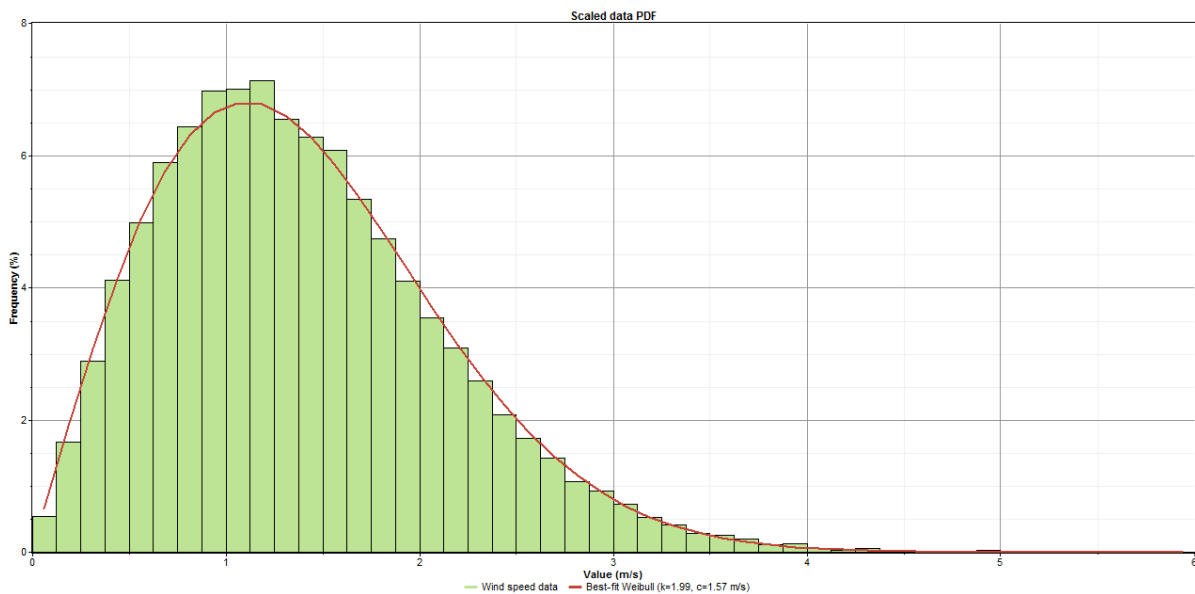
V: velocidad media del viento en unidades del S.I. (m/s)

Finalmente se ha asignado estos valores de entre los que HOMER sugiere:

k=2
A=0.85

Tabla 5: Valor Parámetros Weibull Fuente: Elaboración Propia

Quedando una distribución de Weibull de este tipo:



Gráfica 7: Distribución de Weibull Fuente: HOMER

5.2.3. Generador Diésel:

Los generadores diésel basan su funcionamiento en la energía química que posee el combustible. Mediante un motor de combustión interna se produce la quema de diésel y a su vez el movimiento de los elementos mecánicos que van conectados a un generador eléctrico. El diésel necesita de un encendido por compresión (MEC) y tiene un Poder Calorífico Inferior (PCI) mayor que el de otros

combustibles como la gasolina, con lo que se puede obtener mayor potencia para un volumen de capacidad dado. Además, la eficiencia que presentan es mayor.

Los generadores de este tipo son muy utilizados en lugares donde los cortes de electricidad son frecuentes o como sistema de suministro de emergencia en diversas industrias donde la producción no se puede detener. En el caso tratado, se necesita de él en aquellos casos en los que la generación mediante aerogenerador y módulos fotovoltaicos, así como los acumuladores, no logren abastecer las necesidades de la oficina. Esto podría darse en situaciones en las que el viento no tuviese la velocidad suficiente así como en las horas sin luz diurna.

No obstante la eficiencia de este dispositivo es reducida (25-40%), con lo que se ha de modelar el sistema de modo que se utilice lo más mínimo. Además, al ser una zona de conflicto, el acceso a combustibles fósiles de este tipo podría resultar complicada.

Dentro del mercado se pueden encontrar diversos proveedores de generadores como Honda, Kaiser, Pramac, etc. De entre todos se ha seleccionado la serie P de Pramac. Las potencias seleccionadas son de 4,8, 3,5 kW y 0, para tener en cuenta la posibilidad de un sistema que incorpore un 100% de renovables.

5.2.4. Inversores (convertidor DC-AC)

Los inversores son dispositivos electrónicos cuya función consiste en convertir la corriente continua en corriente alterna. Son necesarios en estas instalaciones debido a que la energía eléctrica que se consigue mediante las placas solares o las baterías es continua. Los inversores más comunes incorporan una tensión de entrada de 12, 24 o 48 V.

Las características que más interesan en estos dispositivos son un alto grado de robustez y que en caso de avería sean fácilmente reparables.

Para el caso estudiado se han introducido varias potencias para la simulación, a saber: 5,8 y 10 kW. El precio se ha estimado gracias al programa CYPE ingenieros. Se ha extrapolado el coste de una instalación de 1.8 kW, cuyo precio se sitúa en 2000€, obteniéndose 1.11 €/W.

5.2.5. Acumuladores

Los acumuladores son aquellos dispositivos cuya misión es la de almacenar energía para poder suministrarla en las ocasiones en las que la producción no logra satisfacer el consumo. En sistemas aislados que funcionan mediante el uso de energías renovables son indispensables. Los acumuladores más comunes son las baterías, pero no son los únicos. También existen por ejemplo acumuladores de inercia.

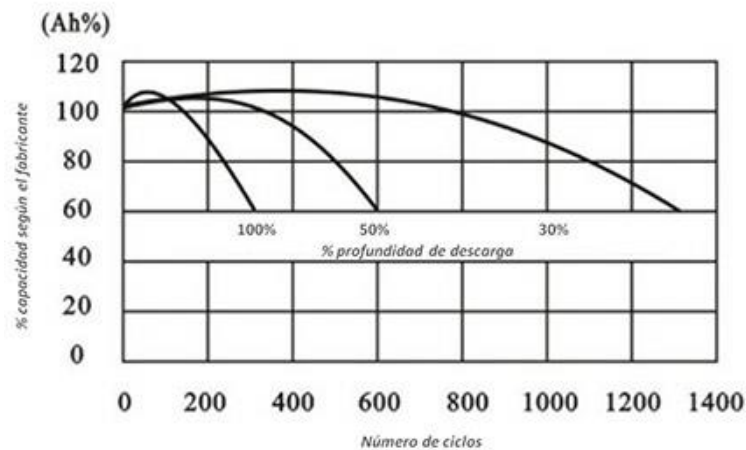
Las baterías basan su funcionamiento en procesos electroquímicos. Sus celdas electrolíticas se componen de un ánodo y de un cátodo. Éste último recibe (reducción) los electrones que el ánodo libera (oxidación). De este modo se produce una corriente eléctrica que es utilizada para alimentar la instalación.

Hoy en día hay diversas baterías como pueden ser las de plomo-ácido, las de níquel-cadmio o las de gel. Estas últimas experimentan un auge debido a que no necesitan de mantenimiento como sí lo hacen las demás, en las que hay que añadir agua a las celdas cada cierto tiempo.

La capacidad de las baterías viene expresada en Ah, es decir, la cantidad de energía eléctrica que pueden suministrar estando cargadas. Grosso modo, una cuya capacidad sea de 200 Ah podrá dar 20 amperios durante 10 horas o 200 amperios durante 1 h.

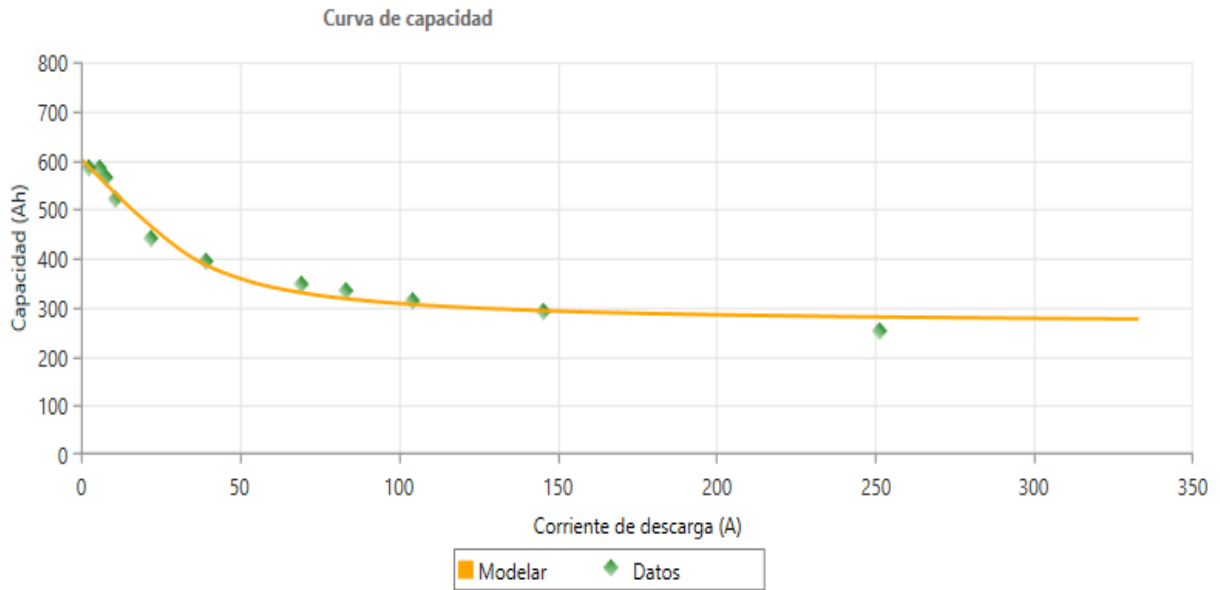
Cabe señalar la importancia de las baterías en estas instalaciones, ya que junto a los inversores son los cuellos de botella.

Otro de los datos importantes para baterías es la vida útil que presentan. Está muy afectada por la profundidad de descarga, limitándose de forma severa los ciclos para descargas importantes. La siguiente gráfica muestra la relación que se da.



Gráfica 8: Profundidad de descarga vs Número de ciclos Fuente: <http://www.tecsol24h.net>

Para la simulación se ha seleccionado el modelo IND9 de Trojan tanto por sus características como por ser uno de los fabricantes más fiables del mercado. La tecnología de ciclo profundo que incorpora permite un alto porcentaje de descarga sin dañar la batería y obteniendo mayor vida útil que otras. Su precio se sitúa alrededor de los 850€.



Gráfica 9: Curva de capacidad Fuente: Trojan

5.2.6. Reguladores de carga

Por último, los reguladores de carga también resultan indispensables en este tipo de configuraciones aisladas. Su misión reviste en controlar el estado de las baterías, salvaguardando la integridad y alargando la vida de sus componentes. Además, los controladores MPPT (Maximum Power Point Tracker) hacen que los módulos fotovoltaicos trabajen en la zona de máxima potencia obteniendo así la máxima energía posible.

Para la estimación del coste y del funcionamiento se ha utilizado los reguladores MPPT de Atersa, obteniendo un coste medio de 0.16€/W. La eficiencia del dispositivo se sitúa en un 95%.



Ilustración 14: Módulo prefabricado para almacén de equipamiento eléctrico Fuente: ONU

6. ANÁLISIS TÉCNICO-ECONÓMICO DE DISTINTAS CONFIGURACIONES

6.1. DESCRIPCIÓN DE CONCEPTOS TENIDOS EN CUENTA

A continuación se va a introducir la descripción de algunos parámetros, tanto técnicos como económicos, sobre los cuales se ha basado el análisis de las configuraciones.

Aspecto Técnico:

1. Exceso Eléctrico: es sobrante de energía eléctrica que no es utilizada por el sistema. Se produce cuando la producción sobrepasa la demanda y las baterías son incapaces de absorber más energía. En este caso se ha considerado la posibilidad de que ese exceso sea utilizado con el fin de bombear agua hacia un depósito.
2. Demanda Insatisfecha: se produce cuando la producción no consigue suministrar la cantidad de energía demandada, produciéndose un corte en la electricidad. Este parámetro habrá de minimizarse en pos de que la oficina no sufra de continuos cortes en el suministro eléctrico, que obliguen a una gestión de la demanda. Esta se calcula como la fracción entre el total de energía que no ha sido proporcionada entre el total suministrado a lo largo del año.
3. Fracción de Renovables: es el porcentaje que representa la energía renovable suministrada entre el total. En el caso estudiado se ha buscado que esta fracción sea elevada, de modo que no se dependa de combustibles fósiles.
4. Litros de Diésel utilizados: cuenta la totalidad de los litros de diésel empleados a lo largo del año. Al ser una zona en conflicto, este parámetro ha de ser minimizado en medida de lo posible, ya que la disponibilidad de este puede resultar complicada. Además, el precio está sujeto a las contingencias, pudiendo elevarse su precio en momentos de mayor conflictividad. Además, lleva asociados los kg de CO₂ que se generan por la explotación.

Aspecto Económico:

1. Inversión: la inversión computa el coste inicial al que hay que hacer frente para poner en funcionamiento la instalación.
2. CAN (Coste Actual Neto): representa el coste actual de un componente (o el total de todo el sistema), teniendo en cuenta tanto el coste de instalación y operación del proyecto a lo largo de su vida, y descontando los ingresos obtenidos.
3. Coste de Electricidad: es el coste promedio por cada kWh de energía eléctrica producido.

4. **Retorno de la Inversión:** el retorno de la inversión se ha establecido como el tiempo en años que se tardará en amortizar la instalación aislada. El precio del kWh de referencia se ha tomado como el típico de entre los sistemas aislados, que se sitúa alrededor de 0,4-0,5 €/kWh.

6.2. ANÁLISIS

6.2.1. Configuración 1: Fotovoltaica + Baterías

La primera de las configuraciones a analizar se caracteriza por una fracción renovable del 100%, es decir, la energía utilizada sólo provendría de los módulos fotovoltaicos. Por tanto, el consumo de diésel sería de 0 litros para el ciclo de vida del proyecto que se ha situado en 25 años. Las características de este sistema son:

- Módulos fotovoltaicos de seguimiento mensual de eje horizontal cuya potencia es de 19.6kW.
- Regulador de seguimiento MPPT de 15 kW en total.
- 12 baterías Trojan IND9 de 6V.
- Inversor de 8 kW.

Las características técnico-económicas se presentan a continuación:

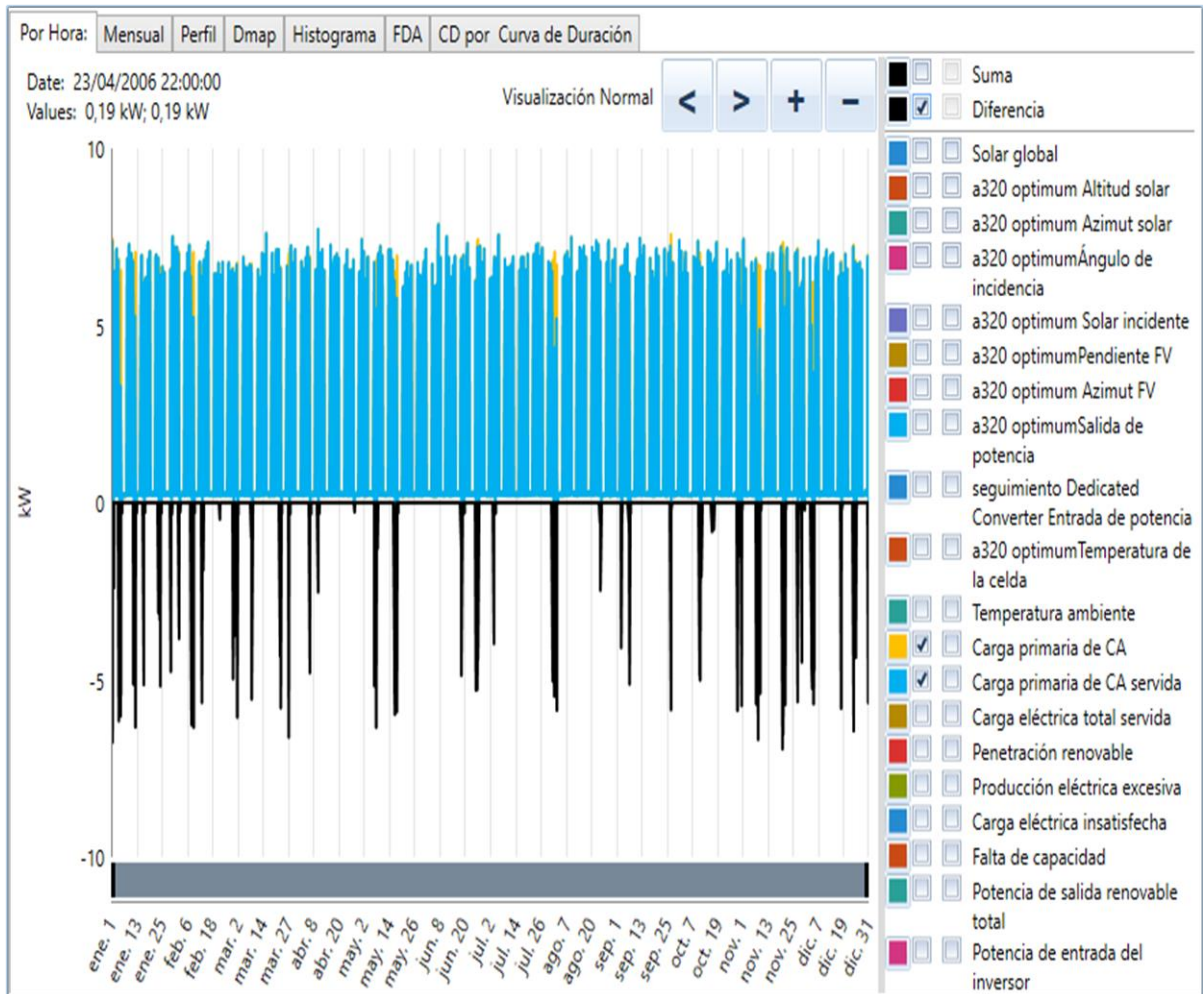
PARÁMETROS TÉCNICOS			
Exceso Eléctrico	Demanda insatisfecha	Fracción de Renovables	Litros de Diésel
38,2%	7,10%	100%	0
PARÁMETROS ECONÓMICOS			
Inversión	Coste Actual Neto	Coste de Electricidad	Retorno de Inversión
43.207 €	60.018 €	0,276 €	8 años y 8 meses

Tabla 6: Parámetros técnico-económicos. Configuración 1 Fuente: Elaboración Propia

En el escenario actual se puede observar un porcentaje de exceso eléctrico muy elevado. La explicación reside en que la demanda está muy concentrada en las horas laborables de los cinco días en que se trabaja. El consumo medio fuera de esas horas se sitúa alrededor de los 0,2 kW de potencia, lo que implica que el exceso crezca en esos días una vez las baterías ya hayan sido cargadas. Esto es algo que previsiblemente se va a repetir en todos los casos.

Sin embargo, este sobrante de energía no tiene por qué ser malgastado en su totalidad. Una de las soluciones que se podría proponer sería el disponer de esta electricidad para el bombeo de aguas hasta un depósito que la almacenara para su posterior uso. Asimismo, podría utilizarse para la recarga de las baterías de los ordenadores portátiles, lo que permitiría a los trabajadores la posibilidad de desconectarse del sistema y seguir trabajando a la misma vez.

En cuanto a la demanda, se observa que la carga servida no logra cumplir con un valor de un 7,1%. Esto implica que se necesitaría de estrategias cuya función sea la de gestionar la demanda. La siguiente gráfica muestra los momentos a lo largo del año en que la demanda no se vería cubierta.



Gráfica 10: Carga Insatisfecha a lo largo del año - Configuración 1 Fuente: Elaboración Propia:

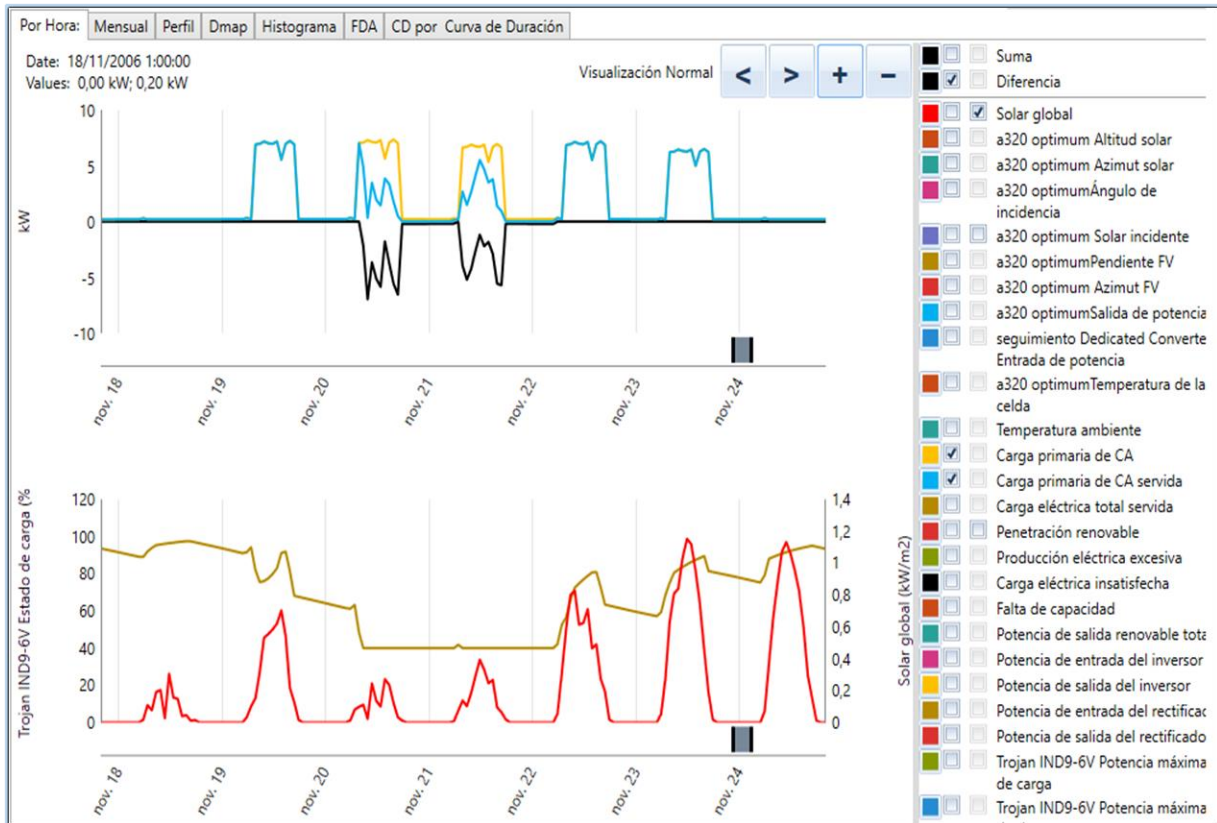
En el caso expuesto, se podría optar por la desconexión de cargas cuyo funcionamiento no fuera indispensable para el funcionamiento de la oficina, como puede ser el aire acondicionado, el cual gasta alrededor de 4,32 kW. Además, las baterías de los portátiles harían que se pudiese continuar trabajando sin cortes en el ordenador durante varias horas. El total de energía a desconectar sería de 5,22 kW logrando un descenso significativo de la carga a suministrar.

Observando el pico de diferencia más grande desde más cerca, e ilustrando también el estado de carga de las baterías así como la cantidad de potencia solar incidente en la parte de abajo, se puede observar que la diferencia más señalada es de 6,9 kW de potencia y viene dada a consecuencia de la poca energía que se puede aprovechar del sol. Con lo señalado, en este caso extremo no se podría cumplir con la demanda ni desconectando las cargas señaladas.

Las baterías se descargan a lo largo de la noche, y se recargan durante el día cuando la producción eléctrica excede la demanda solicitada y a lo largo del fin de semana. En el caso que estamos estudiando en la gráfica 11, éstas tratan de igualar la potencia demandada, mas acaban cortando el suministro debido a que llegan a su máxima profundidad de descarga (60%, 40% de estado de carga).A

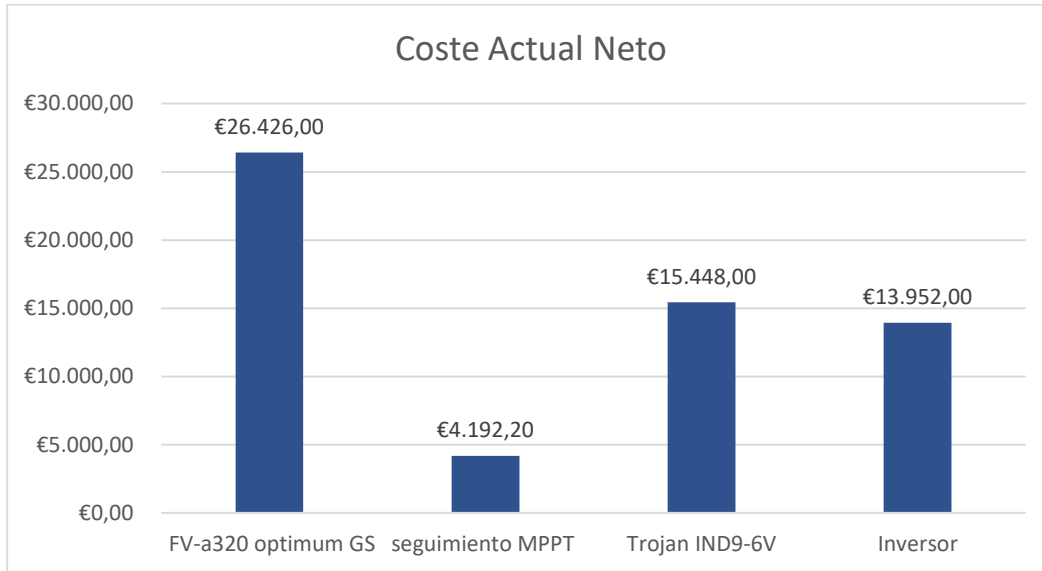
Una solución a lo expuesto podría ser la inclusión de un mayor número de baterías, aprovechando de este modo la generación excesiva. Sin embargo, se ha visto que la rapidez con que se descargan las baterías es alta, por lo que no se podría abastecer durante varias horas una demanda tan grande. Asimismo, la limitación de espacio también juega un papel importante que hace que un número bajo sea adecuado.

Cabe destacar que la totalidad de la energía producida se hace a través de fuentes renovables, con lo que el consumo de Diésel es nulo. Esto implica también que las emisiones de CO₂ también serán nulas en cuanto a producción se refiere.



Gráfica 11: Pico de demanda insatisfecha Fuente: Elaboración propia

En lo que al apartado económico se refiere, más de un 50% (incorporando el seguidor MPPT) del coste actual neto lo acapara la instalación fotovoltaica, seguido de las baterías y de inversor.



Gráfica 12: Coste Actual Neto por componente Fuente: Elaboración Propia

El reparto de los costes es de este modo debido a que las placas fotovoltaicas son el único medio para obtener energía que incorpora el sistema. Además, la energía fotovoltaica es todavía una tecnología en fase de desarrollo lejos de haber alcanzado su óptimo.

Es reseñable el coste de la electricidad, ya que este valor mejora lo obtenido normalmente en instalaciones aisladas (0,4-0,5 €/kWh). Con él se calcula el tiempo que ha de pasar para la recuperación económica de la inversión inicial. En este caso, el ahorro anual se sitúa alrededor de los 6814 € para los resultados obtenidos de la simulación informática. Por ello, transcurriría un lapso de tiempo de 8,64 años, es decir, 8 años y 8 meses, para recuperar el dinero invertido.

6.2.2. Configuración 2: Fotovoltaica+Generador Diésel+Baterías

El segundo escenario planteado posee los siguientes componentes:

- Fotovoltaica de seguimiento mensual horizontal, con 19,1 kW de potencia.
- Regulador de seguimiento MPPT de 15 kW en total.
- Generador Diésel con 3,5 kW de potencia.
- Inversor de 8 kW.
- 8 baterías Trojan IND9 de 6V.

Esta configuración se diferencia con la anterior en la inclusión de un generador diésel, lo que implica menor cantidad de baterías (4 menos) y menos potencia fotovoltaica. Las principales características técnico-económicas se detallan a continuación:

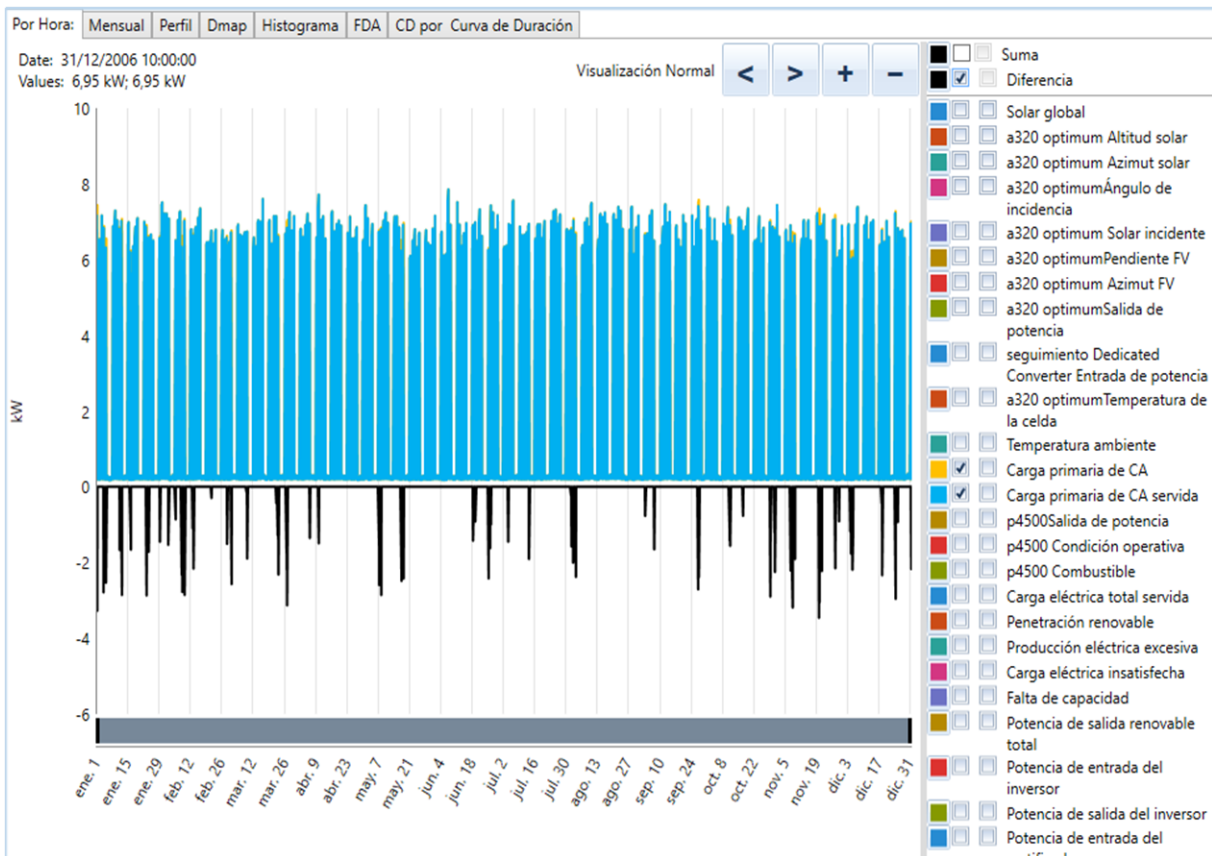
PARÁMETROS TÉCNICOS			
Exceso Eléctrico	Demanda insatisfecha	Fracción de Renovables	Litros de Diésel
36,70%	1,70%	91,10%	536
PARÁMETROS ECONÓMICOS			
Inversión	Coste Actual Neto	Coste de Electricidad	Retorno de Inversión
42.073 €	68.578 €	0,298 €	9 años 6 meses

Tabla 7: Parámetros técnico-económicos. Configuración 2 Fuente: Elaboración Propia

Comenzando por el apartado técnico, se observa un ligero descenso de un 1,5% en cuanto al exceso eléctrico se refiere respecto a la configuración 1. Sin embargo, sigue siendo elevado y se podría utilizar algunas de las soluciones propuestas para el apartado 1 también en este caso.

En cuanto a la demanda insatisfecha, una clara mejoría aparece en este escenario. Sólo un 1,7% no podría ser cubierto por el sistema. La gráfica 13 muestra este dato a lo largo de todo el año, de forma similar a la de la configuración 1.

Analizándola se hace notar que los picos de demanda insatisfecha están mucho menos acentuados. Mientras en la configuración 1 se tenían momentos en que ésta llegaba hasta los 7 kW, en este escenario no presenta mayores de 4 kW. Lo que implica que la desconexión de cargas como ya se ha mencionado en el apartado anterior haría que se cumpliera con la demanda sin complicaciones.



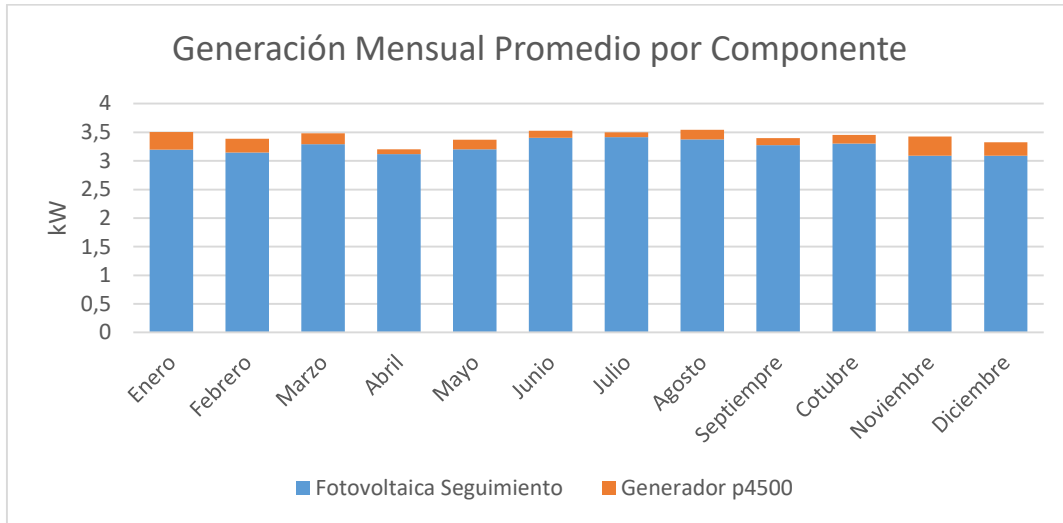
Gráfica 13: Carga Insatisfecha a lo largo del año - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia

Entrando más en detalle, el pico se observa en noviembre. En la gráfica 14 aparecen representados los mismos parámetros que en la 11, pero añadiendo la potencia suministrada por el generador diésel. Éste comienza a funcionar en el momento en que la cantidad de radiación global es reducida y las placas no pueden suministrar la potencia necesaria. En el momento en que la radiación incide a unos niveles más normales las baterías se cargan y el generador deja de funcionar.



Gráfica 14: Pico de Demanda Insatisfecha - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia

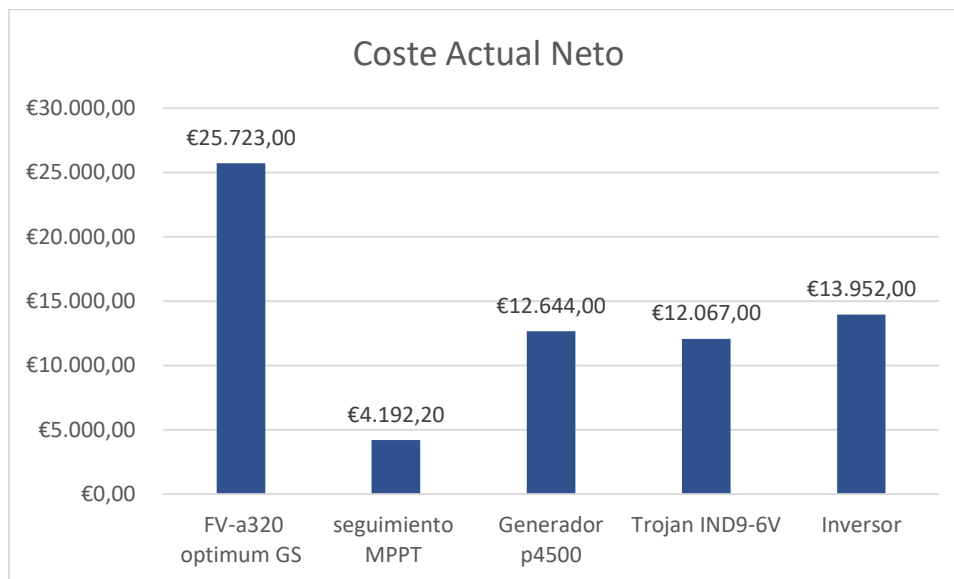
La fracción renovable obtenida es muy alta, como indica la gráfica 15, lo que implica que el generador no se utiliza a menos que sea estrictamente necesario. Aun así, el consumo de combustible es de 536 L de Diésel al año, lo que deviene en unas emisiones de CO₂ a la atmósfera de 1.411 kg por año. Evidentemente, estas 1,4 toneladas de dióxido de carbono tendrían un impacto ambiental.



Gráfica 15: Generación Mensual Promedio por Componente Fuente: Elaboración propia

Pasando al apartado económico, en la gráfica 15 se muestra de nuevo todos los costes actuales netos por componente del sistema. Destaca otra vez el coste de la solar fotovoltaica, alcanzando casi el 44% del total.

Por otra parte, los demás componentes están prácticamente equiparados en cuanto al coste, siendo el del inversor el mayor de todos ellos. El retorno de la inversión se ha calculado del mismo modo que en la configuración 1, cambiando el precio del kWh para este caso.



Gráfica 16: Coste Actual Neto por componente - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia

6.2.3. Configuración 3: Fotovoltaica + Generador Diésel

Esta configuración se caracteriza por la no inclusión de baterías que almacenen energía. Sus componentes son:

- Fotovoltaica con seguimiento solar horizontal mensual de 30 kW de potencia.
- Regulador de seguimiento MPPT de 15 kW.
- Inversor de 8 kW.
- Generador diésel de 3,5 kW.

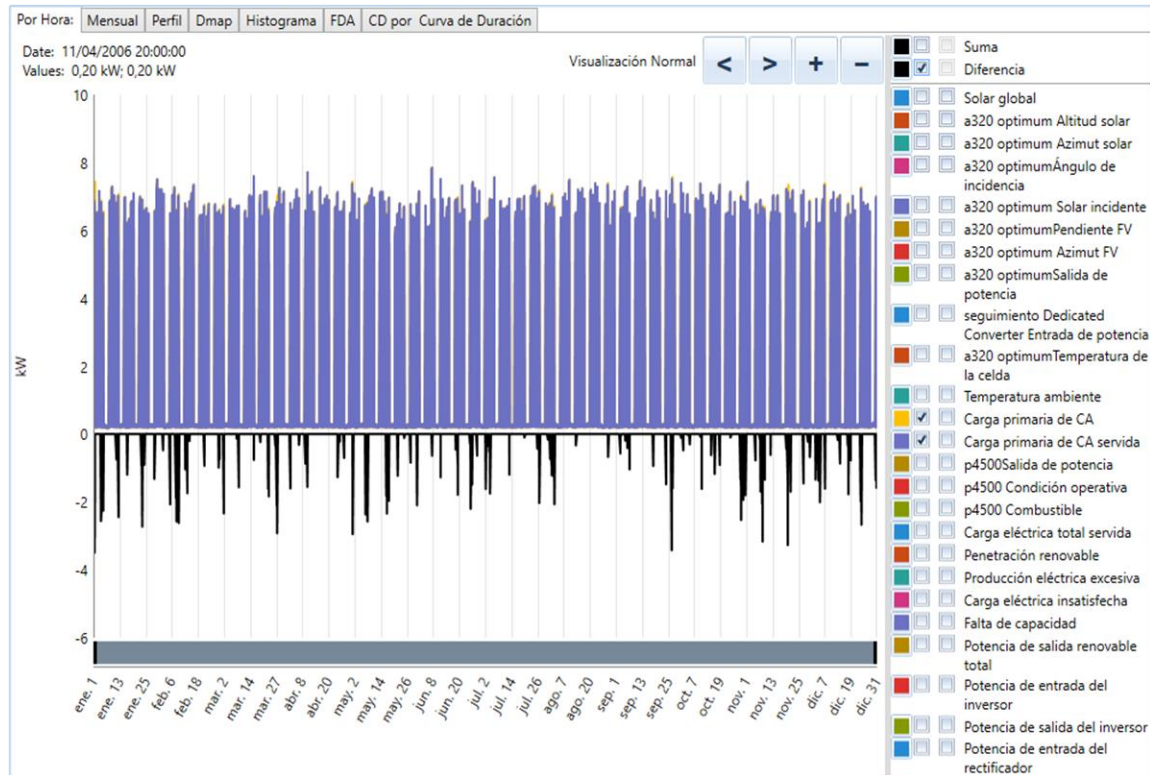
Las características técnico-económicas se presentan a continuación:

PARÁMETROS TÉCNICOS			
Exceso Eléctrico	Demanda insatisfecha	Fracción de Renovables	Litros de Diésel
60,20%	1,50%	67%	1967
PARÁMETROS ECONÓMICOS			
Inversión	Coste Actual Neto	Coste de Electricidad	Retorno de Inversión
47.236 €	110.032 €	0,476 €	16 años 2 meses

Tabla 8: Parámetros técnico económicos-Configuración 3 Fuente: Elaboración Propia

Este es el escenario que peores parámetros presenta, tanto en la parte económica como en la parte técnica. Tan solo se ve una mejoría en el caso de la cantidad de demanda insatisfecha debido al gran incremento (alrededor de un 50%) de instalación fotovoltaica. El exceso de electricidad es el mayor de entre los casos presentados hasta el momento, casi duplicando lo mostrado.

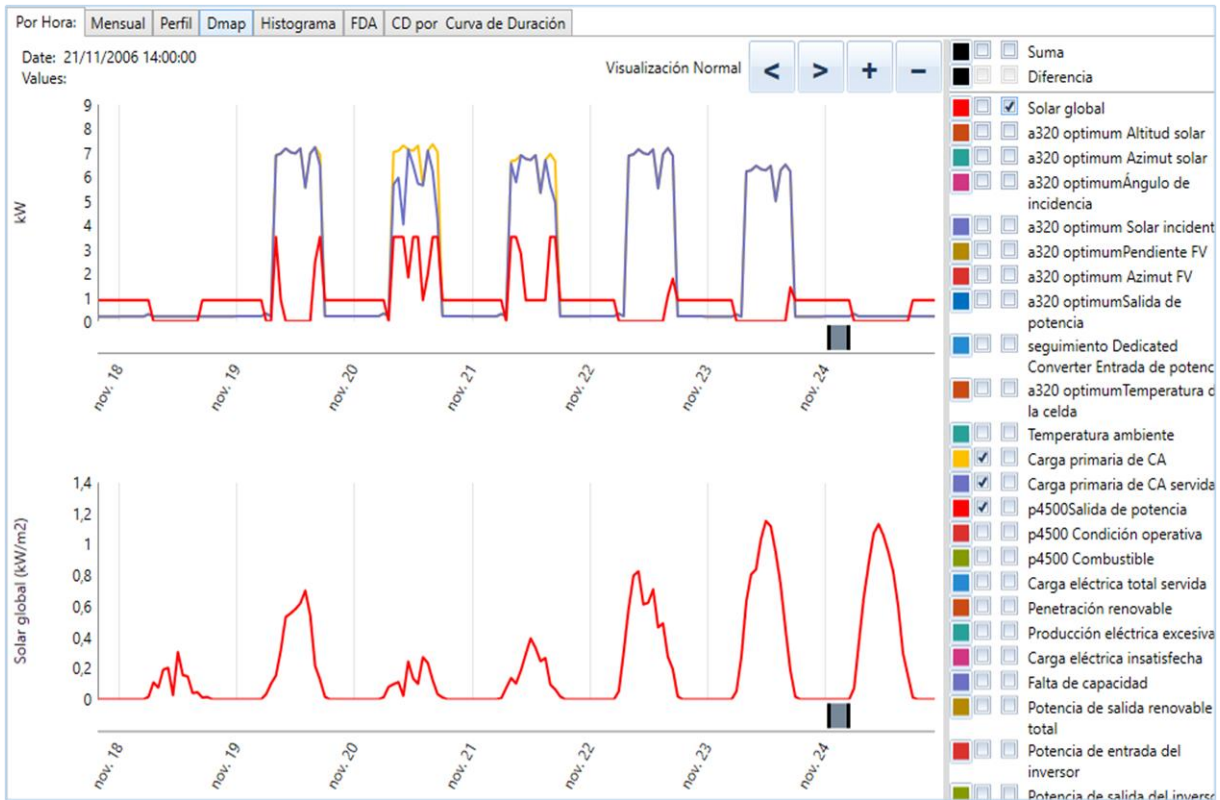
La fracción de renovables mengua claramente debido a la no inclusión de baterías que almacenen energía para liberarla, verbigracia, a lo largo de la noche. Esto implica el constante funcionamiento del generador durante los momentos en que no se dispone de radiación solar suficiente.



Gráfica 17: Carga Insatisfecha a lo largo del año - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia

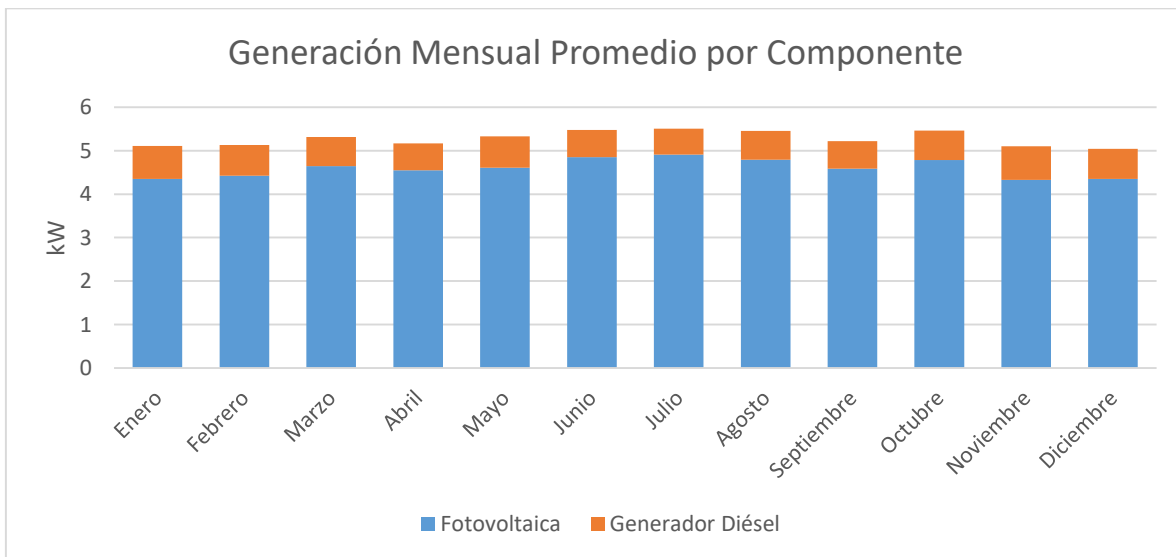
La distribución de la demanda a lo largo del año es muy parecida a la anterior, consiguiéndose picos que no llegan a los 4 kW de diferencia. Esto implica que este fallo en el suministro se podría subsanar gestionando la demanda como se ha explicado anteriormente.

En la gráfica 18 se aprecia cómo el generador cubre la demanda al desaparecer la energía que proviene del sol, como se ha mencionado. El que no se ajuste exactamente a la carga demandada es debido a que el motor tiene una carga mínima establecida en un 25%.



Gráfica 18: Demanda insatisfecha- Configuración 3 Fuente: Elaboración propia1

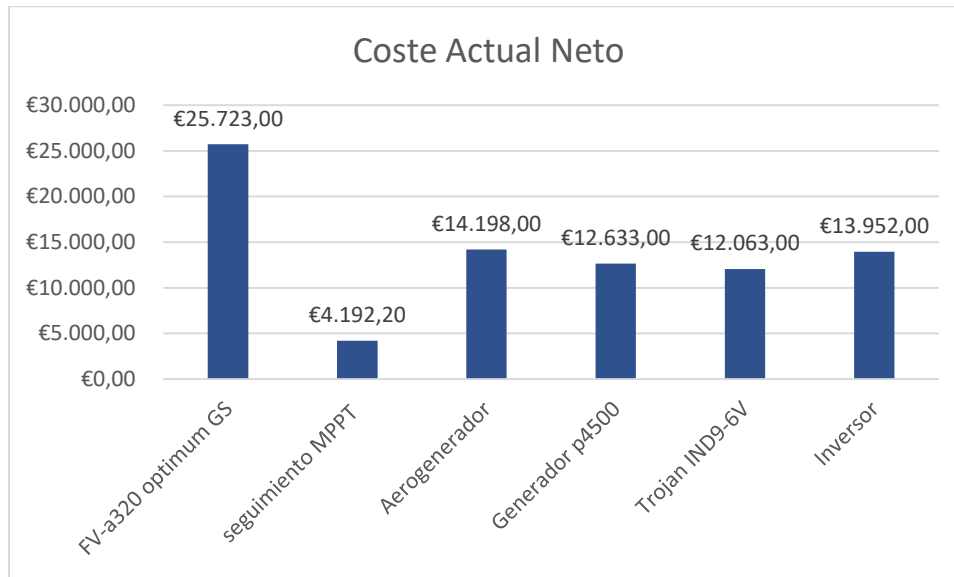
A pesar de ser el que mejor se ajusta a la demanda (debido al aumento de potencia fotovoltaica), es el que más gasto de combustible presenta. En concreto, se gastan 1967 litros de Diésel que ocasionan una emisión de CO₂ de 5.178,80 kg por año de explotación de la oficina.



Gráfica 19: Generación Mensual Promedio por Componente-Configuración 3 Fuente: Elaboración propia

En el aspecto económico es el que peores números lleva asociados. Las mayores sumas de dinero en cuanto a inversión inicial, coste actual neto y coste de la electricidad aparecen en este caso. Del mismo modo, es la configuración con la que más tiempo se tardaría en recuperar la inversión realizada.

En la siguiente gráfica se resumen el coste actual neto de cada componente:



Gráfica 20: Coste Actual Neto por componente Fuente: Elaboración Propia

En ella se puede observar el significativo cambio de coste en cuanto al generador debido al gran incremento de consumo de combustible. Es por ello que el coste actual neto de la fotovoltaica pasa a ser el segundo mayor. En cuanto al precio del inversor y del controlador de seguimiento MPPT, se mantienen ya que tienen las mismas especificaciones.

6.2.3. Configuración 4: Fotovoltaica +Aerogenerador+ Generador Diésel+Baterías

En este escenario se ha optado por añadir un aerogenerador a la configuración 2. Finalmente de la simulación se obtienen los siguientes componentes:

- Fotovoltaica de seguimiento horizontal mensual con una potencia de 19,1 kW.
- Aerogenerador de 3kW.
- Generador diésel de 3,5 kW.
- 8 baterías Trojan IND9 de 6V
- Inversor de 8 kW.

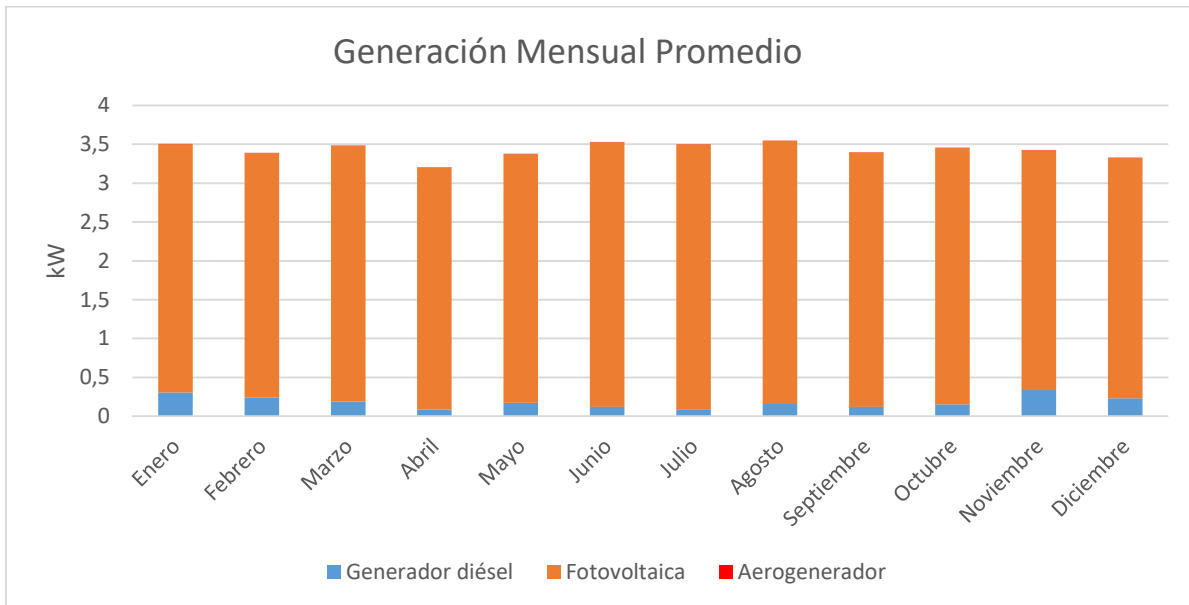
Las principales características técnico-económicas se recogen en la siguiente tabla:

PARÁMETROS TÉCNICOS

Exceso Eléctrico	Demanda insatisfecha	Fracción de Renovables	Litros de Diésel
36,70%	1,70%	91,10%	535
PARÁMETROS ECONÓMICOS			
Inversión	Coste Actual Neto	Coste de Electricidad	Retorno de Inversión
53.773 €	82.762 €	0,359 €	11 años 5 meses

Tabla 9: Parámetros técnico económicos-Configuración 3 Fuente: Elaboración Propia

Se observa que los parámetros técnicos son similares a los obtenidos para la configuración 2. Esto se puede explicar mediante la gráfica de generación media mensual desglosada para cada componente:



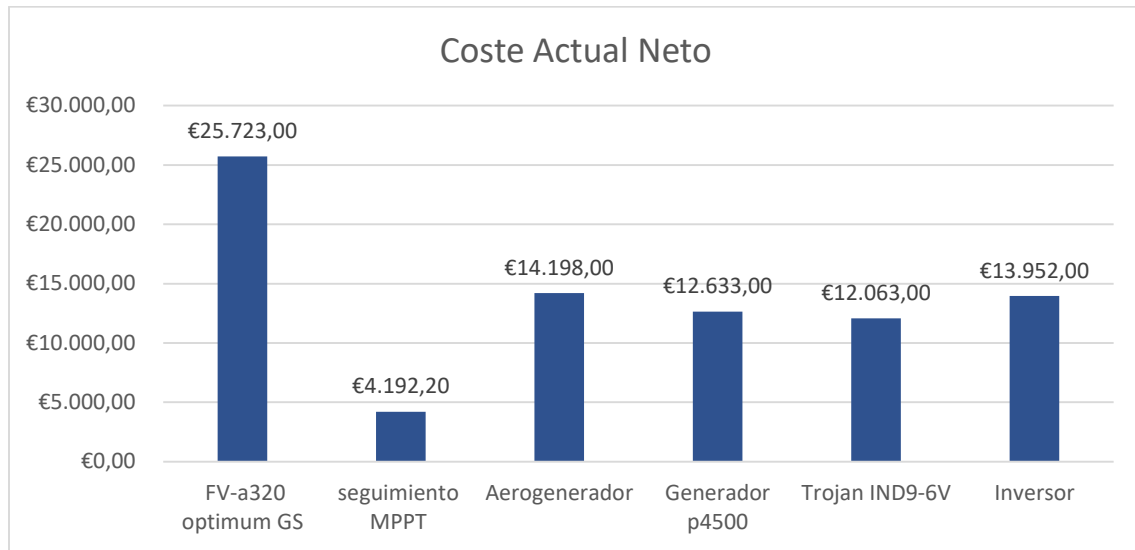
Gráfica 21: Generación Promedio Mensual por componente Fuente: Elaboración propia

Se pone de manifiesto que el aporte energético del aerogenerador es prácticamente nulo. Computando el total de energía generada a lo largo del año se obtiene un valor de 4 kWh.. La implicación que esto tiene en el sistema es que éste se comportará igual que en la configuración 2n en la que no existe el aerogenerador.

Este resultado se había previsto en el estudio de los recursos de la zona del presente trabajo, puesto que la velocidad del viento era muy baja como para generar energía eléctrica mediante el aerogenerador.

Es por ello que la inclusión de un aerogenerador para la zona estudiada no supone ninguna ventaja, sino que es perjudicial ya que los costes aumentan a cambio de 4 kWh como muestra el gráfico 22.

Un análisis más exhaustivo no es pertinente, ya que se ha puesto de manifiesto que esta configuración no es adecuada en pos de cubrir la demanda energética con la mayor rentabilidad posible.



Gráfica 22: Coste Actual Neto por Componente-Configuración 4 Fuente: Elaboración Propia

Nota: en las configuraciones no se ha incluido en ningún caso fotovoltaica fija sobre el tejado debido a que la simulación obtenía mejores resultados añadiendo potencia a la de seguimiento antes que a la mencionada.

6.3. SELECCIÓN DE LAS CONFIGURACIONES MÁS ADECUADAS

En el presente apartado se seleccionan las mejores alternativas estudiadas para un posterior análisis de sensibilidad.

En la siguiente tabla se expone el resumen de las configuraciones estudiadas:

	Configuración 1	Configuración 2	Configuración 3	Configuración 4
Exceso Eléctrico	38,20%	36,70%	60,20%	36,70%
Demanda insatisfecha	7,10%	1,70%	1,50%	1,70%
Fracción de Renovables	100%	91,10%	67%	91,10%
Litros de Diésel	0	536 L	1967 L	535 L
Inversión	43.207 €	42.073 €	47.236 €	53.773 €
Coste Actual Neto	60.018 €	68.578 €	110.032 €	82.762 €
Coste de Electricidad	0,276 €	0,298 €	0,476 €	0,359 €
Retorno de Inversión	8 años 8 meses	9 años 6 meses	16 años 2 meses	11 años 5 meses

Gráfica 23: Tabla resumen de parámetros tecno-económicos Fuente: Elaboración propia

Las configuraciones más adecuadas son la 1 y la 2. Son las que menor coste de electricidad, inversión y coste actual neto presentan, haciéndolas claramente superiores a la 3 y la 4. Estas dos últimas han quedado descartadas debido a múltiples razones:

1. Configuración 3: es la que peores parámetros presenta de todas las analizadas. En el apartado económico es aquella que mayor coste de electricidad, inversión y coste actual neto presenta. Además, a pesar de ser la que menor demanda insatisfecha presenta, el exceso eléctrico es muy excesivo, así como el consumo de diésel. Esta dependencia del generador hace que sea la que menor fracción de renovables presenta.
2. Configuración 4: la presente configuración no es viable debido a que incorpora un elemento como es el aerogenerador que no añade valor en esta localización. Por ello la configuración 2 es superior o igual en todos los parámetros analizados.

6.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Las contingencias pueden hacer que aquella configuración que se había elegido por delante de las demás pase a no ser la que mejor se adapta a las necesidades. Por lo tanto, es necesario un análisis de sensibilidad que otorgue más información acerca del comportamiento.

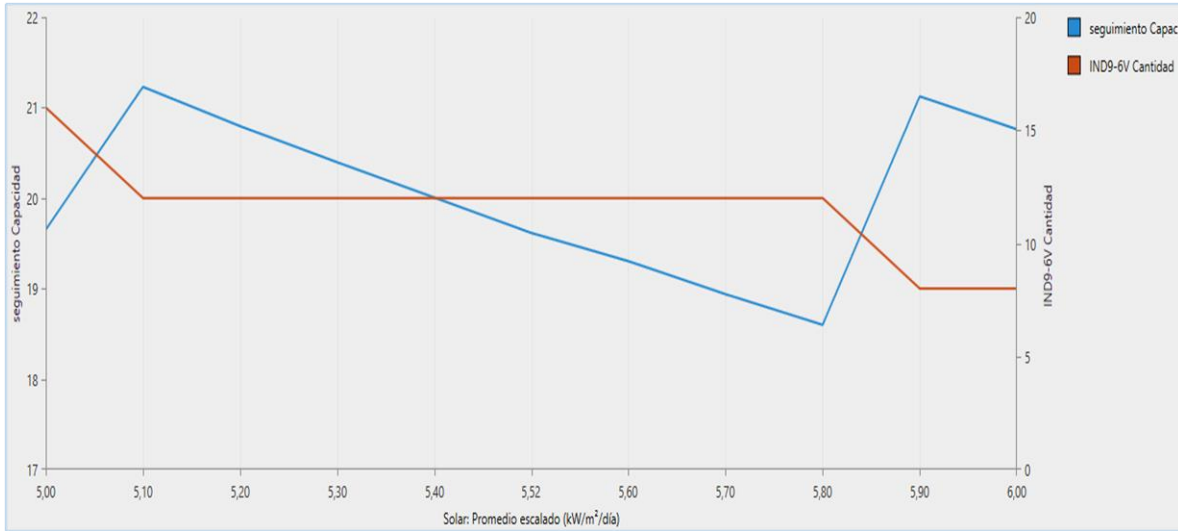
Se han seleccionado dos parámetros, a saber:

- Precio del diésel: el precio del diésel puede cambiar debido a la inestabilidad tanto política como social que acaece en la zona. Por ello se ha cambiado en 15 céntimos de euro, tanto a lo bajo como a lo alto. El precio se ha fijado por tanto en 1€, 1,15€ y 1,30€.
- Radiación solar incidente: se ha cambiado el total de radiación incidente por metro cuadrado a lo largo del día situándose ahora en el intervalo de 5 a 6 kWh/m² por día.

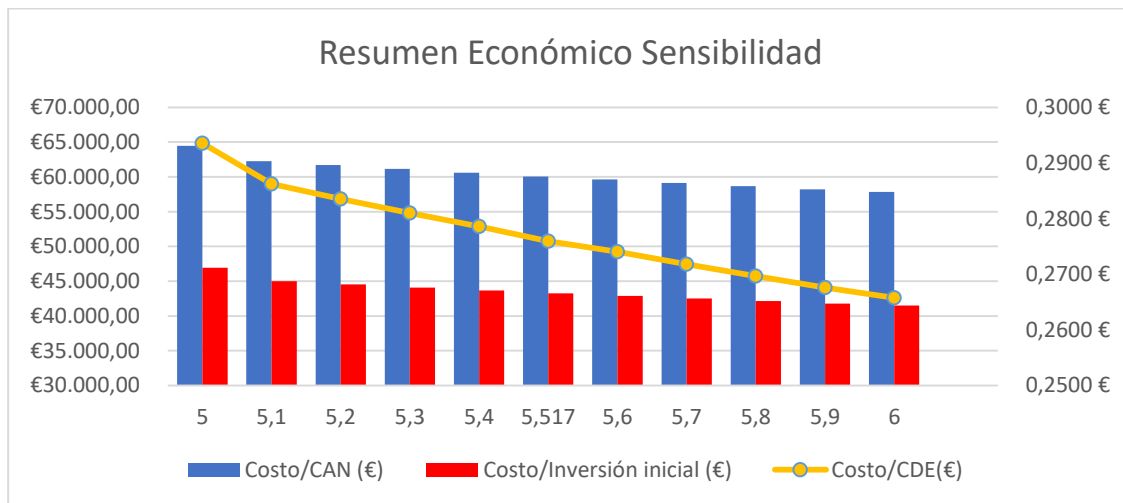
6.4.1. Configuración 1

Esta configuración no está afectada por la variación del precio del diésel, ya que poseía una fracción 100% renovable. Cabe destacar que en la solución anterior HOMER tomó el óptimo para la radiación promedio de 5,52 kWh/m² en pos de cumplir con las restricciones tomadas, lo que implica que para esas especificaciones de potencia no se obtiene solución por debajo de la radiación de 5,52 kWh. Es por ello que en este caso el software varía la cantidad de baterías y de potencia solar según la radiación, como muestra la gráfica 24.

En cuanto a la variación del coste, se observa en la gráfica 25 que la diferencia del coste actual neto entre los extremos es menor de 7.000 €. El coste eléctrico se sitúa en un margen de 3 céntimos por cada kWh.

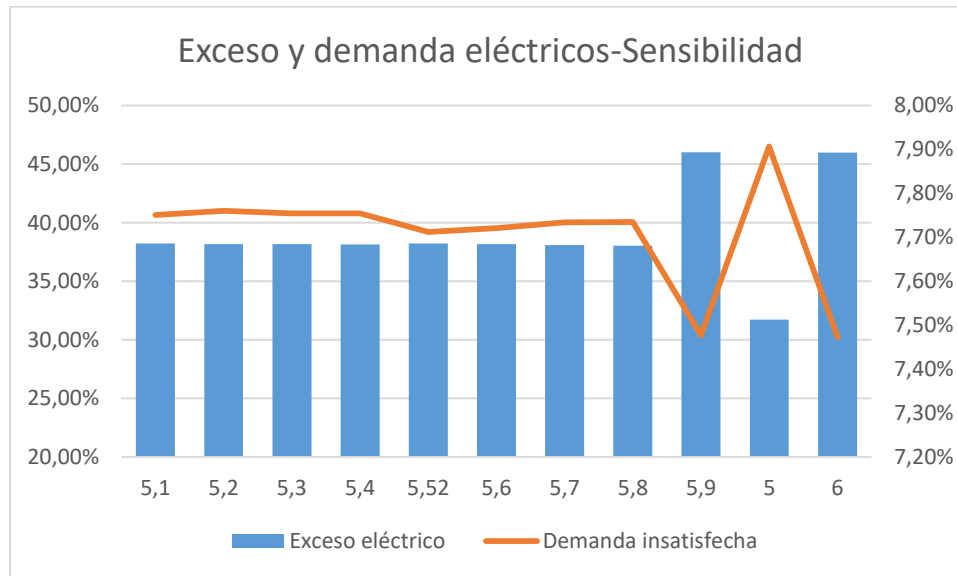


Gráfica 24. Variación de capacidad fotovoltaica y número de baterías - Configuración 1 Fuente: Elaboración propia



Gráfica 25: Resumen Económico de Sensibilidad-Configuración 1 Fuente: Elaboración Propia

En el apartado técnico tampoco hay grandes variaciones, obteniéndose valores muy parecidos para cada configuración. Se hace notar que cuando el exceso eléctrico baja, crece la demanda insatisfecha.



Gráfica 26: Sensibilidad para Exceso y Demanda Eléctricos Fuente: Elaboración Propia

Se concluye que, gracias a la variación de los componentes para cada configuración, los parámetros técnicos no son altamente sensibles a los cambios en la radiación. Por otra parte, si se hubiera mantenido la configuración inicial no se habría podido cumplir el requisito de mínima demanda por cubrir para valores inferiores al de la media anual.

Por tanto, la selección óptima que cumple con todo lo establecido siendo menos sensible es la de:

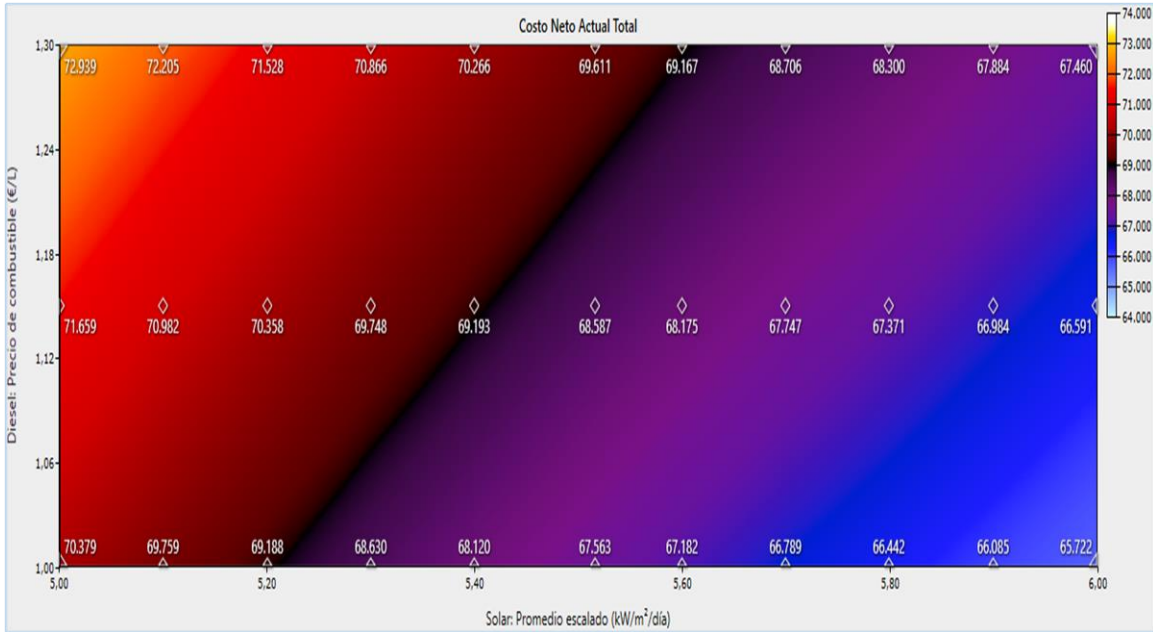
- Fotovoltaica de Seguimiento de 19,7 kWh.
- Controlador MPPT de 15 kW.
- 16 baterías Trojan IND9 de 6V con una capacidad de 600 Ah.
- Inversor de 8 kW.

6.4.2. Configuración 2

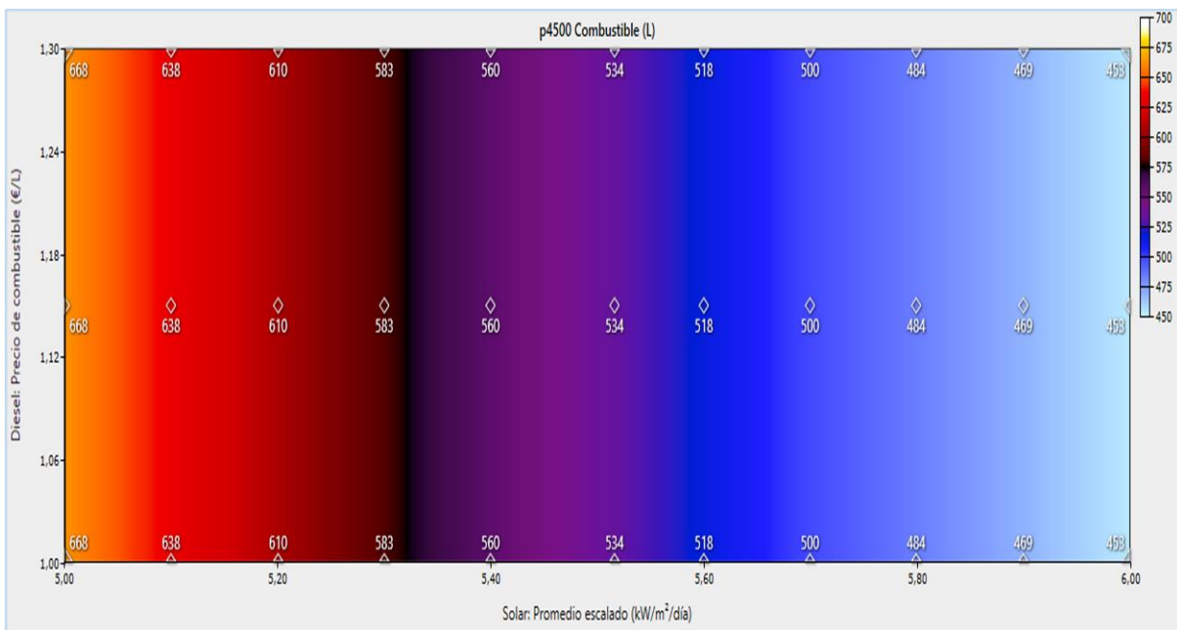
La segunda configuración ha sido sometida al análisis de sensibilidad sin variar sus componentes obtenidos en el primer análisis. Esto ha sido posible gracias a la integración del generador diésel, haciendo que la instalación no dependa únicamente de la radiación solar para funcionar. Este primer dato indica que es menos sensible a la variación de energía incidente.

En un gráfico de colores (gráfica 27) se ha representado la variación de coste neto en función tanto de la radiación solar como del precio del diésel. Evidentemente, el mayor coste sucede para el precio diésel más elevado y la radiación más reducida. Del mismo modo sucede con el menor coste, cuanto menor es el precio del diésel y mayor la radiación.

Es reseñable que la diferencia monetaria entre el peor y el mejor de los casos es de alrededor de 7.000€, teniendo que ver claramente con la cantidad de diésel utilizada, que se ilustra en la gráfica 28.

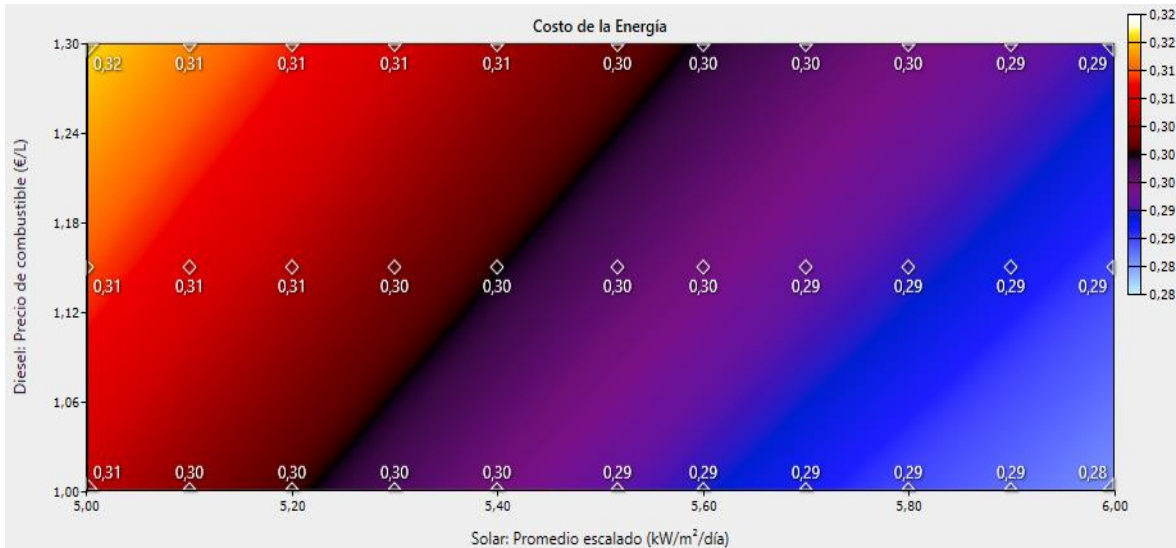


Gráfica 27: Coste Actual Neto Sensibilidad-Configuración 2 Fuente: Elaboración propia



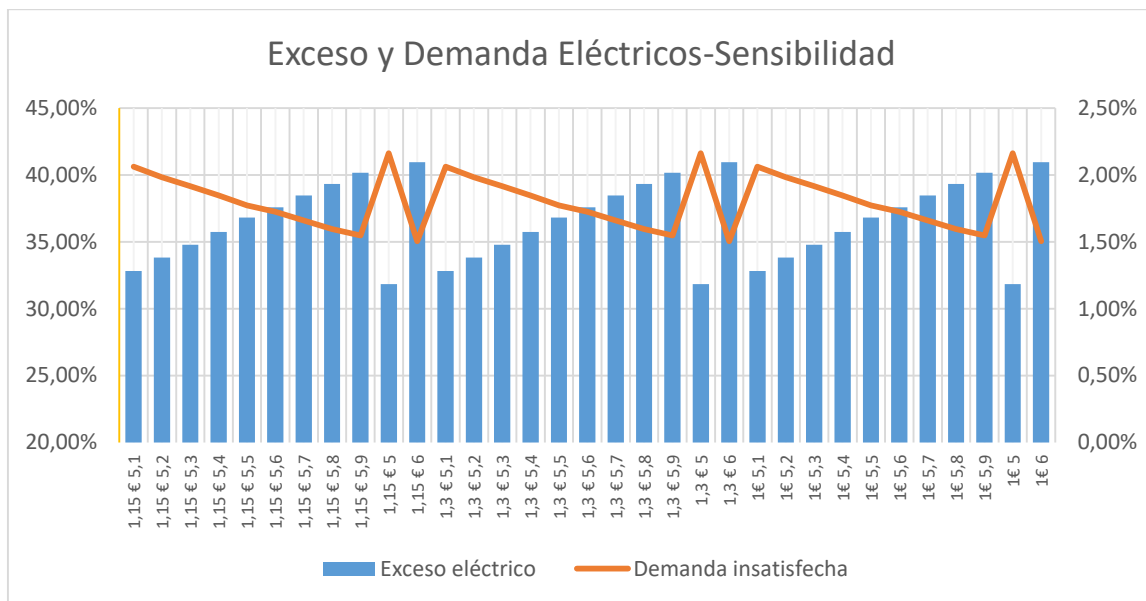
Gráfica 28: Gasto de combustible- Sensibilidad- Configuración 2 Fuente: Elaboración Propia

El coste de la electricidad tiene una diferencia de 4 céntimos entre el mejor y el peor de los casos estudiados. Todo ello viene relacionado con el consumo de diésel y su precio. Cuanta más dependencia se tiene (para 5kwh) y un precio más alto (1,30 €) se observa el máximo de 0,32 €/kWh, mientras que cuando es el más barato y menos dependencia se tiene, se obtiene un valor de 0,28€/kWh.



Gráfica 29: Coste de la electricidad - Sensibilidad - Configuración 2 Fuente: Elaboración propia

La demanda insatisfecha para los casos señalados varía alrededor de un 0,5 %, obteniéndose un muy buen dato que implica la poca sensibilidad antes mencionada. En cuanto al exceso eléctrico, este crece a medida que la radiación hace lo propio.



Gráfica 30: Exceso y demanda Eléctricas-Sensibilidad- Configuración 2 Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que al ser siempre los mismos componentes la inversión inicial (42.114 €) no se ve alterada para los distintos casos, al contrario de lo que sucedía en la configuración 1 en la que se ha necesitado de habilitar la variación de los componentes para que los resultados fueran factibles para radiaciones medias menores que la impuesta de 5,52 kWh/m²/d.

6.5. SELECCIÓN DE CONFIGURACIÓN ÓPTIMA

En este apartado se muestra cuál es la selección óptima de las configuraciones analizadas mediante los criterios explicados anteriormente.

La configuración 2 es la elegida como selección óptima, cuyos componentes eran:

- Fotovoltaica de seguimiento mensual horizontal, con 19,1 kW de potencia.
- Regulador de seguimiento MPPT de 15 kW en total.
- Generador Diésel con 3,5 kW de potencia.
- Inversor de 8 kW.
- 8 baterías Trojan IND9 de 6V con 600 Ah.

La explicación reside en varios puntos críticos:

1. Es una configuración más versátil que la integrada únicamente por módulos fotovoltaicos. Su capacidad de adecuarse a la variación de radiación solar incidente y cumplir con la demanda establecida es superior a la de la configuración 1, presentando un coste (tanto para CDE como CAN) bastante similar aun con los peores escenarios.
2. Los picos de demanda insatisfecha, así como la cantidad total que obtiene son menos pronunciados que aquellos que aparecen en la configuración 1, en la que ni siquiera la gestión de la demanda mediante desconexión de cargas como el aire acondicionado conseguían cumplir los mínimos necesarios.
3. A pesar de utilizar un combustible que podría ser difícil obtener en ciertas ocasiones, el consumo que se hace de él no es excesivo, ya que en la mayoría de las ocasiones la energía solar y la almacenada en las baterías es más que suficiente para el suministro eléctrico. Además, la gestión de la demanda podría reducir este consumo siempre y cuando se garantizase un mínimo de consumo eléctrico.
4. El exceso eléctrico que presenta es similar a la configuración 1. Una porción tan alta explicada por el apenas uso de la energía durante los fines de semana.
5. La fracción de renovables que presenta está alrededor del 90%, siendo un muy buen dato para un sistema híbrido renovable.

7. CONCLUSIONES

Gracias a la metodología utilizada en este trabajo, ha sido posible un análisis satisfactorio de las diferentes configuraciones planteadas para cubrir las necesidades eléctricas de la oficina. El estudio de la demanda eléctrica mediante los componentes que integran la oficina ha servido para la estimación de dos perfiles de consumo con los que calcular. Se ha comprobado que mediante los recursos disponibles en la zona estudiada, era plausible la instalación de sistemas de alta fracción renovable que cumpliesen con los criterios establecidos.

En el apartado de análisis técnico-económico, basado en la simulación realizada con el software HOMER, se han desestimado 2 de las 4 configuraciones planteadas. Éstas presentaban parámetros que se alejaban de la configuración óptima, obteniéndose mejores resultados en las dos restantes.

Se han planteado soluciones en aquellos punto técnicos, como el exceso eléctrico (uso para bombeo) o la demanda insatisfecha (gestionar la demanda), con el fin de mejorar el desempeño de la instalación en su explotación.

Finalmente, se ha contemplado el estudio de sensibilidad que ha permitido la selección de la solución óptima. En él se ha analizado la respuesta de los sistemas planteados a la variación de la radiación solar incidente y al precio del diésel. Se ha visualizado mediante gráficas la evolución de ambas configuraciones en función de los parámetros mencionados.

La configuración 2 ha resultado ser la más adecuada. Esto se debe a que su sensibilidad a la variación solar incidente es menor a consecuencia de la incorporación de otra instalación capaz de generar potencia como es el generador diésel. Además, la gestión de la demanda mediante la desconexión de cargas permitiría el funcionamiento de la oficina sin cortes eléctricos, lo cual no se podía asegurar para todos los casos en la configuración 1. En ella se daban picos de potencia de carga insatisfecha muy elevados.

BIBLIOGRAFÍA

- E. Alcor. “*Instalaciones solares fotovoltaicas*” 4ª edición.
- Javier María Méndez Muñiz. Rafael Cuervo García. “*Energía solar fotovoltaica*” 4ª edición.
- Enríquez Harper. “*El ABC de las energías renovables en los sistemas eléctricos*” (2012)
- Mohan L. Kolhe. “*Techno-economic sizing of off-grid hybrid renewable energy system for rural electrification in Sri Lanka*” (2015)
- José Javier Parra Sánchez. “*Análisis y optimización del dimensionamiento de un sistema renovable híbrido para abastecer las necesidades eléctricas de una zona aislada en Guayaquil (Ecuador)*.”(2016)
- Vidal Castelló, Miguel “*Análisis de viabilidad de energías renovables en proyectos de cooperación al desarrollo. Aplicación a una escuela y dispensario médico en la República Democrática del Congo*” (2016)
- MECNT. “*Atlas des énergies renouvelables de la RDC*”(2014)
- ONU. “*Green offices for international aid agencies at remote geographical areas*”
- Especificaciones Técnicas Turbina Eólica.
<https://www.windturbinestar.com/uploads/pdf/aeolos-output.pdf>
- Cálculos Solares. http://edii.uclm.es/~arodenas/Solar/calculo_aislados4.htm
- Recurso solar. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?map=africa>
- Recurso Viento.
<https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/retscreen.cgi?email=skip%40larc.nasa.gov&step=1&lat=-3.29&lon=21.22&submit=Submit>
- Software HOMER. “http://www.homerenergy.com/HOMER_pro.html”.
- Clima RDC
http://sdwebx.worldbank.org/climateportal/index.cfm?page=country_historical_climate&ThisRegion=Africa&ThisCCode=COD
- Clima Dekese. <https://es.climate-data.org/location/53021/>
- Precio actual del diésel en RDC. http://fr.globalpetrolprices.com/Republic-of-the-Congo/diesel_prices/ç
- Especificaciones Técnicas de regulador MPPT.
<http://www.atersa.com/img/2011121104032.pdf>
- Especificaciones de paneles fotovoltaicos. <http://www.atersa.es/img/201721413224.pdf>
- PVP Atersa. <http://www.atersa.es/img/2017511111921.pdf>
- Especificaciones Técnicas Batería. http://www.trojanbattery.com/pdf/datasheets/IND9-6V_TrojanRE_Data_Sheets.pdf
- Catálogo de precios CYPE. www.generadordeprecios.info/
- Datos contexto social, político y económico de la RDC.
<http://datos.bancomundial.org/pais/congo-republica-democratica-del>
- Software dialux: <https://www.dial.de/es/software/dialux/download/>

PRESUPUESTO

1. CONSIDERACIONES

A continuación se expone el presupuesto del presente Trabajo de Fin de Grado. Este se ha hecho en base al estudio realizado a lo largo del documento, asemejándose a los elaborados en las consultorías. Se ha tenido en cuenta como mano de obra las horas empleadas en su realización de:

- Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, a razón de 35€/h.
- Ingeniero Industrial Superior, a razón de 80€/h.

En cuanto a los costes complementarios estos dependen del tipo de tarea, aplicándose porcentajes entre 1 y 4 por ciento.

Otros porcentajes que se han contemplado son:

- Gastos Generales (13%)
- IVA (21%)

Cabe destacar que no se ha aplicado el porcentaje de beneficio industrial (6%) debido a que es un proyecto de índole cooperativa y de ayuda.

2. PRECIOS DESCOMPUESTOS

Presupuesto

Número	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
Capítulo: 01			Sistemas Aislados			
Capítulo: 01.01			Búsqueda bibliográfica sobre Sistemas Aislados			
01.01.01 GITI	5,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	175	
01.01.02 CDC2	0,02		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	175	3,5	
Total capítulo: 01.01						178,50
Capítulo: 01.02			Reunión Informativa con Tutora			
01.02.01 GITI	3,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	105	
01.02.02 IIS	3,00h		Ingeniero Industrial Superior Ingeniero Industrial Superior	80	240	
01.02.03 CDC2	0,02		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	345	6,9	
Total capítulo: 01.02						351,90
Total capítulo: 01						530,40

Presupuesto

Número	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
Capítulo: 02			Análisis de la Demanda Eléctrica			
Capítulo: 02.01			Búsqueda de información de especificaciones de la oficina			
02.01.01 GITI	15,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	525	
02.01.02 IIS	2,00h		Ingeniero Industrial Superior Ingeniero Industrial Superior	80	160	
02.01.03 CDC1	0,01		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	685	6,85	
Total capítulo: 02.01						691,85
Capítulo: 02.02			Cálculos y simulaciones			
02.02.01 GITI	25,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	875	
02.02.02 CDC4	0,04		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	875	35	
Total capítulo: 02.02						910,00
Capítulo: 02.03			Redacción y edición			
02.03.01 GITI	10,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	350	
02.03.02 CDC2	0,02		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	350	7	
Total capítulo: 02.03						357,00
Total capítulo: 02						1.958,85

Presupuesto

Número	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
Capítulo: 03			Análisis de Recursos Disponibles			
Capítulo: 03.01			Búsqueda en Bases de Datos y Atlas Renovable			
03.01.01 GIT	15,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	525	
			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
Total capítulo: 03.01						525,00
Total capítulo: 03						525,00

Presupuesto

Número	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
Capítulo: 04			Tecnologías disponibles			
Capítulo: 04.01			Búsqueda de especificaciones y precios			
04.01.01	30,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	1.050	
GIT			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
04.01.02	0,02		Costes Directos Complementarios	1.050	21	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 04.01					1.071,00	
Capítulo: 04.02			Cálculos			
04.02.01	3,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	105	
GIT			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
04.02.02	0,01		Costes Directos Complementarios	105	1,05	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 04.02					106,05	
Capítulo: 04.03			Redacción y edición			
04.03.01	10,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	350	
GIT			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
04.03.02	0,02		Costes Directos Complementarios	350	7	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 04.03					357,00	
Total capítulo: 04					1.534,05	

Presupuesto

Número	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
Capítulo: 05		Análisis Técnico-Económico				
Capítulo: 05.01		Software de optimización HOMER				
05.01.01	1,00		Licencia anual de HOMER para estudiantes	250	250	
HOMS			Licencia anual de HOMER para estudiantes			
05.01.02	1,00		Licencia anual de HOMER para académicos	750	750	
HOMA			Licencia anual de HOMER para académicos			
05.01.03	0,01		Costes Directos Complementarios	1.000	10	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 05.01						1.010,00
Capítulo: 05.02		Valoración de las distintas configuraciones				
05.02.01	30,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	1.050	
GITI			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
05.02.02	0,03		Costes Directos Complementarios	1.050	31,5	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 05.02						1.081,50
Capítulo: 05.03		Redacción y edición				
05.03.01	15,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	525	
GITI			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
05.03.02	0,03		Costes Directos Complementarios	525	15,75	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 05.03						540,75
Capítulo: 05.04		Reunión informativa				
05.04.01	2,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	70	
GITI			Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales			
05.04.02	2,00h		Ingeniero Industrial Superior	80	160	
IIS			Ingeniero Industrial Superior			
05.04.03	0,03		Costes Directos Complementarios	230	6,9	
CDC			Costes Directos Complementarios			
Total capítulo: 05.04						236,90
Total capítulo: 05						2.869,15

Análisis de configuraciones de
sistemas híbridos renovables

Presupuesto

Número	Cantidad	Ud	Descripción	Precio	Subtotal	Importe
Capítulo: 06			Análisis de sensibilidad			
Capítulo: 06.01			Valoración de la sensibilidad			
06.01.01 GITI	20,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	700	
06.01.02 CDC	0,03		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	700	21	
Total capítulo: 06.01						721,00
Capítulo: 06.02			Redacción y edición			
06.02.01 GITI	8,00h		Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	35	280	
06.02.02 CDC	0,01		Costes Directos Complementarios Costes Directos Complementarios	280	2,8	
Total capítulo: 06.02						282,80
Total capítulo: 06						1.003,80
Total presupuesto						8.421,25

Menfis 8.1.12 - Versión evaluación

3. RESUMEN PRESUPUESTO

	Análisis de configuraciones de sistemas híbridos renovables	Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	Ref.: prores1
		Fec.:

Nº Orden	Descripción de los capítulos	Importe	%
01	Sistemas Aislados	530,40	6,30 %
01.01	Búsqueda bibliográfica sobre Sistemas Aislados	178,50	33,65 %
01.02	Reunión Informativa con Tutora	351,90	66,35 %
02	Análisis de la Demanda Eléctrica	1.958,85	23,26 %
02.01	Búsqueda de información de especificaciones de la oficina	691,85	35,32 %
02.02	Cálculos y simulaciones	910,00	46,46 %
02.03	Redacción y edición	357,00	18,22 %
03	Análisis de Recursos Disponibles	525,00	6,23 %
03.01	Búsqueda en Bases de Datos y Atlas Renovable	525,00	100,00 %
04	Tecnologías disponibles	1.534,05	18,22 %
04.01	Búsqueda de especificaciones y precios	1.071,00	69,82 %
04.02	Cálculos	106,05	6,91 %
04.03	Redacción y edición	357,00	23,27 %
05	Análisis Técnico-Económico	2.869,15	34,07 %
05.01	Software de optimización HOMER	1.010,00	35,20 %
05.02	Valoración de las distintas configuraciones	1.081,50	37,69 %
05.03	Redacción y edición	540,75	18,85 %
05.04	Reunión informativa	236,90	8,26 %
06	Análisis de sensibilidad	1.003,80	11,92 %
06.01	Valoración de la sensibilidad	721,00	71,83 %
06.02	Redacción y edición	282,80	28,17 %

TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL

..... 8.421,25 €

13 % Gastos Generales

..... 1.094,76 €

TOTAL EJECUCIÓN POR CONTRATA

..... 9.516,01 €

21 % I.V.A.

..... 1.998,36 €

TOTAL PRESUPUESTO C/IVA

..... 11.514,37 €

Asciende el presupuesto proyectado, a la expresada cantidad de:

ONCE MIL QUINIENTOS CATORCE EUROS CON TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS

1 de Julio de
2017