



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG

- Memoria
- Presupuesto

Índice Memoria.

1. Introducción.....	6
1.1-Marco global.....	6
1.2-Objeto del Proyecto.....	6
1.3-Motivación y justificación.....	7
2.-Marco teórico.....	8
2.1- Introducción.....	8
2.2- Microrredes Aisladas.....	8
2.3- Tecnologías para el suministro Off-Grid.....	9
2.3.1- Generador Diesel.....	9
2.3.2- Sistemas Híbridos.....	10
2.2.3.1- Sistema Diesel+Fotovoltaica:.....	10
2.2.3.2- Diesel+Solar+Eólica.....	11
2.4- Software HOMER:.....	12
2.5- Fundamentos del Proceso Analítico Jerárquico.....	13
3.- Caso de estudio.....	14
3.1- Caracterización de la zona aislada.....	16
3.1.1.- Geografía y demografía.....	17
3.1.2.- Potencial energético.....	18
3.1.2.1- Recurso Solar.....	18
3.1.2.2.- Potencial eólico.....	20
3.1.2.3.- Diésel.....	21
3.1.2.4.- Demanda eléctrica.....	21
3.2.- Análisis tecno-económico.....	23
3.2.1.- Introducción datos.....	24
3.2.1.1.- Carga eléctrica.....	24
3.2.1.2.- Recurso eólico.....	24
3.2.1.3.- Recurso solar.....	25
3.2.1.4.- Recurso combustible diesel.....	26
3.2.1.5.- Equipos.....	27
3.2.2.- Simulación.....	28
3.2.3.- Análisis de sensibilidad.....	29
3.2.3.1.- Diésel+Solar+Batería:.....	30
3.2.3.2.- Eolica+Diésel+Batería:.....	32
3.2.3.3.- Solar+Diésel:.....	34
3.3.- Aplicación AHP.....	36
3.3.2.- Esquema Jerárquico:.....	38
3.3.3- Asignación de prioridades.....	39
3.3.4.- Cálculo de pesos globales.....	59
Conclusión Final.....	63
Bibliografía.....	64
Anexo I: Cuestionario del experto en energías renovables par método AHP.....	65

Índice gráficos memoria:

Imagen 1: Esquema de instalación fotovoltaica+diesel+baterías.
Imagen 2: Esquema de instalación fotovoltaica/aerogenerador+diesel+baterías.
Imagen 3: Gráfica población Albalatdelsorells 2016.
Tabla 1: Radiación solar diaria e índice de claridad por meses en Albalardelsorells.
Imagen 3: Radiación global horizontal e índice de claridad introducido en HOMER.
Imagen 4: Velocidades medias del viento por mes en Albalatdelsorells.
Imagen 5: Consumo de un día entre-semana del mes de Enero.
Imagen 6: Consumo eléctrico anual de 100 viviendas tipo.
Imagen 7: Pestaña introducción carga eléctrica en HOMER
Imagen 8: Pestaña introducción recurso eólico en HOMER
Imagen 9: Pestaña introducción recurso solar en HOMER
Imagen 10: Pestaña introducción Fuel en HOMER
Imagen 11: Pestaña introducción equipos en HOMER
Imagen 12: Esquema inputs HOMER
Tabla 2: Resumen Costes y performance equipos.
Imagen 13: Configuraciones híbridas resultantes de la simulación con HOMER
Imagen 14: Tipos de resultados de simulación en HOMER
Imagen 15: Resultados alternativa 1 en HOMER
Imagen 16: Resultados costes alternativa 1 en HOMER
Imagen 17: Cash Flow de alternativa 1 en HOMER
Imagen 18: Producción media eléctrica mensual de alternativa 1 en HOMER
Imagen 19: Emisiones alternativa 1
Imagen 20: Sistema aislado vs Sistema conectado en 1
Imagen 21: Resultados alternativa 2 en HOMER
Imagen 22: Resultados costes alternativa 2 en HOMER
Imagen 23: Cash Flow de alternativa 2 en HOMER
Imagen 24: Producción media eléctrica mensual de alternativa 2 en HOMER
Imagen 25: Sistema aislado vs Sistema conectado en alternativa 2
Imagen 26: Resultados alternativa 3 en HOMER
Imagen 27: Resultados costes alternativa 1 en HOMER
Imagen 28: Cash Flow de alternativa 3 en HOMER
Tabla 3: Resumen de los Criterios del modelo AHP
Imagen 29: Esquema jerárquico AHP del sistema híbrido
Tabla 4: Escala valoración verbal para asignación de prioridades en método AHP
Imagen 31: Ecuaciones Ratio Consistencia de método AHP
Tabla 5: Resumen inconsistencias límite para matrices de tamaño n en método AHP
Imagen 32: Prioridades criterios primer nivel.
Imagen 33: Porcentajes de prioridad criterios
Imagen 34: Prioridades subcriterios segundo nivel económico
Imagen 35: Porcentajes de prioridad subcriterios económicos
Imagen 36: Prioridades subcriterios segundo nivel tecnológico.
Imagen 37: Porcentajes de prioridad subcriterios tecnológicos
Imagen 38: Prioridades subcriterios segundo nivel medioambiental.
Imagen 39: Porcentajes de prioridad subcriterios medioambientales
Imagen 40: Prioridades subcriterios segundo nivel social
Imagen 41: Porcentajes de prioridad subcriterios sociales
Imagen 42: Ponderación de alternativas respecto a la inversión inicial.
Imagen 43: Porcentajes de prioridades respecto a la inversión inicial
Imagen 44: Ponderación de alternativas respecto al VAN.
Imagen 45: Porcentajes de prioridades respecto al VAN

Imagen 46: Ponderación de alternativas respecto al COE.
Imagen 47: Porcentajes de prioridades respecto al COE
Imagen 48: Ponderación de alternativas respecto al coste de fuel.
Imagen 49: Porcentajes de prioridades respecto al coste del fuel
Imagen 50: Ponderación de alternativas respecto a la madurez tecnológica.
Imagen 51: Porcentajes de prioridades respecto a la madurez tecnológica
Imagen 52: Ponderación de alternativas respecto al exceso de electricidad.
Imagen 53: Porcentajes de prioridades respecto al exceso de electricidad producida
Imagen 54: Ponderación de alternativas respecto a la autonomía.
Imagen 55: Porcentajes de prioridades respecto a la autonomía
Imagen 56: Ponderación de alternativas respecto a la fracción renovable.
Imagen 57: Porcentajes de prioridades respecto a la fracción renovable
Imagen 58: Ponderación de alternativas respecto a las emisiones de CO2.
Imagen 59: Porcentajes de prioridades respecto a las emisiones de CO2
Imagen 60: Ponderación de alternativas respecto al impacto medioambiental
Imagen 61: Porcentajes de prioridades respecto al impacto medioambiental
Imagen 62: Ponderación de alternativas respecto a la aceptación pública
Imagen 63: Porcentajes de prioridades respecto a la aceptación pública
Imagen 64: Ponderación de alternativas respecto a la creación de empleo
Imagen 65: Porcentajes de prioridades respecto a la creación de empleo
Tabla 6: Matriz pesos segundo y tercer nivel
Tabla 7: Matriz pesos locales alternativas.
Imagen 66: Ecuación cálculo pesos globales alternativas
Imagen 67: Matriz pesos locales de cada alternativa respecto a los subcriterios
Imagen 68: Vector pesos globales de cada subcriterio respecto al sistema híbrido
Imagen 69: Ventana Priorities con el resultado del método AHP

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Necesidad del presupuesto	81
2. Cuadro de precios descompuestos	82
3. Resumen de capítulos.....	92

AGRADECIMIENTOS

“A mi familia

A mi tutora Elisa PeñalvoLópez

Al experto en energías renovables David Alfonso Solar

A mis compañeros

...”

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1-Marco global

El mundo se ve inmerso en varios conflictos de diferentes índoles, uno de ellos es la energía, pues es bien sabido que las fuentes de energía convencionales nos conducen a un camino sin retorno de la mano del cambio climático.

Es por ello que las energías alternativas o renovables son hoy en día más que una opción a contemplar. Conforme se avanza en el uso de las energías verdes, van surgiendo dificultades a la hora de adaptar esa solución limpia a las necesidades humanas.

Una de esas dificultades reside en abastecer energéticamente zonas remotas rurales, que por falta de medios económicos o estructurales no pueden conectarse a la red eléctrica.

La electrificación de estas zonas se hace mediante micro redes alimentadas por generadores eléctricos de fuentes fósiles, o sistemas híbridos combinando fuentes renovables con dichos generadores.

1.2-Objeto del Proyecto

El objeto de proyecto correspondiente al presente Trabajo de Fin de Grado será analizar e identificar la mejor combinación de sistemas híbridos renovables para el abastecimiento eléctrico de una zona remota aislada en la provincia de Valencia.

En primer lugar se hará un estudio de los diferentes recursos energéticos de esa zona. Habiendo investigado el potencial energético disponible, se seleccionaran las tres alternativas más favorables tecnológicamente mediante el uso del software HOMER, muy conocido en el ámbito energético por su sencillez y potencia a la hora de dar solución al abastecimiento en zonas remotas aisladas de la red eléctrica.

Con estas tres alternativas se propondrá el uso del Proceso Analítico Jerárquico (AHP), un método de análisis multicriterio usado en muchas empresas del todo el mundo para la toma de decisiones cuando hay varios factores a tener en cuenta.

Por último, con el apoyo de las dos herramientas descritas anteriormente, se pasará a la selección del mejor sistema híbrido según unos factores y una zona aislada dada.

1.3-Motivación y justificación

Existen dos razones fundamentales que motivan la realización del siguiente Trabajo de Fin de Grado, además de la necesidad de realizarlo para la obtención del Grado de Ingeniería de Tecnologías Industriales.

El uso de sistemas aislados de generación eléctrica para zonas remotas o rurales es algo cada vez más habitual, pues proveen de una solución factible a la imposibilidad de conexión de un núcleo urbano a la red eléctrica, ya sea por falta de recursos económicos o estructurales.

No obstante, existen núcleos urbanos, como el del caso del presente proyecto, que para conseguir el suministro eléctrico de la distribuidora local, necesitan invertir una cantidad considerable de dinero en la instalación de distribución, la cual posteriormente se queda a la empresa distribuidora, además de seguir pagando el coste fijo de la factura eléctrica.

Es por ello que se propone como alternativa el autoabastecimiento eléctrico mediante sistemas híbridos aislados.

Por otra parte, se buscaba ampliar los horizontes de un estudio tecno-económico típico que se podría realizar con el software *Homer*, pues diversos factores como el social, medioambiental, etc... no son contemplados. Para ello, nos apoyaremos en la herramienta matemática AHP (*Proceso Analítico Jerárquico*), para facilitarnos la selección de la configuración de sistema híbrido que mejor se adapta a las necesidades de una zona en concreto.

2.-Marco teórico

2.1- Introducción

La mayoría de las plantas de generación eléctrica se encuentran muy alejadas de sus puntos de consumo. Eso conlleva la construcción y mantenimiento de complejas infraestructuras de distribución de la energía, para poder suministrarla a los usuarios en óptimas condiciones.

Frente a éste modelo tradicional, surge una alternativa, donde la generación de la energía se descentraliza, haciéndose in situ, física y virtualmente cerca del consumidor.

La Generación Distribuida, definida según el DPCA (Distribution Power Coalition of America) como cualquier tecnología de generación a pequeña escala que proporciona electricidad en puntos más cercanos al consumidor, que se puede conectar (o no) a la red eléctrica.

En cuanto a la limitación de potencia de las instalaciones generadoras, en España el Régimen Especial decreta 50 MW de instalación máximo, sin embargo, la prestigiosa consultoría británica EscoVale Consultancy contempla hasta los 100 MW.

2.2- Microrredes Aisladas.

Una de las aplicaciones de la Generación Directa más extendidas por todo el mundo son los sistemas Off-Grid, microrredes eléctricas aisladas de la red, que con una producción de miles de kW/h pueden abastecer hasta 500 viviendas.

Se basan en la combinación de sistemas híbridos compuestos por diferentes tecnologías renovables y convencionales, principalmente; generadores de combustibles fósiles, placas fotovoltaicas, microturbinas, molinos eólicos, gasificadores de biomasa, etc...

La clave para el continuo suministro de energía eléctrica será un sistema de acumulación de la energía, generalmente basado en baterías, volantes de inercia o aire comprimido.

Esta forma de abastecimiento eléctrico es una opción ventajosa, en cuanto a fiabilidad frente a apagones, calidad del suministro eléctrico, adaptabilidad a las necesidades del usuario, gracias a la variedad de tecnologías posibles para la generación. Alto rendimiento energético si se utiliza junto con sistemas de cogeneración para la producción de calefacción y ACS.

Por último, y no menos importante, citar el bajo impacto medioambiental de estos sistemas, reduciéndose las emisiones principalmente de CO₂ si se utilizan configuraciones con altas fracciones renovables.

2.3- Tecnologías para el suministro Off-Grid.

Convencionalmente, el suministro eléctrico en aquellos núcleos urbanos remotos se conseguía combinando generadores de combustible con baterías.

Estos generadores consistían en motores de combustión interna alternativos, turbinas de gas o de vapor.

Los nuevos sistemas híbridos (renovables-no renovables) buscan combinar los beneficios de las energías renovables con la fiabilidad en suministro de las no renovables.

2.3.1- Generador Diésel.

Los generadores diésel se encargan de aprovechar la energía termoquímica interna en los combustibles fósiles para generar electricidad

Este proceso de generación va pasando por varias etapas, cada una de las cuales corresponde con una forma de energía.

Los motores de combustión interna alternativos transforman la energía térmica de un fluido compresible en energía mecánica.

Éstos aprovechan la energía cinética acumulada en los gases de escape, resultante de la combustión de la mezcla aire-fuel dado unas condiciones. Los gases de escape empujan un émbolo o pistón que se desplaza en el interior de un cilindro haciendo girar un cigüeñal y obteniendo un movimiento de rotación.

Ésta energía mecánica es aprovechada por un alternador, una máquina eléctrica compuesta por una parte fija(estator) y otra móvil(rotor), que aprovechando las leyes de Faraday y Lenz, convierten un movimiento rotativo en corriente eléctrica alterna.

2.3.2- Sistemas Híbridos

Los sistemas híbridos para generación eléctrica son aquellos que utilizan fuentes de energía convencional (combustible) y no convencional (solar, eólica...).

Como se ha mencionado antes, estos sistemas híbridos surgen de la necesidad de combinar el continuo y fiable suministro por parte de los generadores diésel, y los beneficios medioambientales y económicos de las tecnologías fotovoltaicas y eólicas.

Un requerimiento común en los sistemas de energía no convencional, es el almacenamiento. La continuidad de generación depende de la disponibilidad del recurso, en el caso de la energía solar solo se tiene disponibilidad de algunas horas del día, en la eólica se requiere del viento, por esta razón la energía eléctrica obtenida debe utilizarse inmediatamente, de manera que se almacena en baterías que permiten disponer de la energía no utilizada inmediatamente para aprovecharla cuando los requerimientos de energía superan el aporte de las fuentes alternas.

Los generadores diésel son introducidos como un apoyo al abastecimiento eléctrico, asegurando el suministro en las horas pico y reduciendo así el tamaño necesario de las instalaciones de fuentes renovables.

2.2.3.1- Sistema Diésel + Fotovoltaica:

Una configuración muy adoptada, dada sus beneficios económicos y medioambientales, por grandes consumidores industriales como minas y canteras.

Consta de grandes módulos fotovoltaicos que absorben la radiación solar para convertirla en energía eléctrica. Esta electricidad se encuentra en forma continua, es por ello que se necesitara disponer de un grupo inversor híbrido bidireccional, para convertir esa corriente continua en alterna para así poder ser aprovechada por las viviendas.

El exceso de electricidad producida en horas de caída de la demanda, será vertida en un sistema de acumulación basado en baterías de plomo-ácido, usándose como apoyo en las horas de mayor demanda. La conexión y desconexión de los módulos fotovoltaicos con las baterías, según la carga de éstas, vendrá dada por un regulador de carga.

Como sistema de apoyo en horas pico de demanda, se conectarán en paralelo equipos generadores diésel, los cuales estarán conectados directamente a las cargas demandantes (viviendas), y al sistema inversor para la posible carga de la batería.

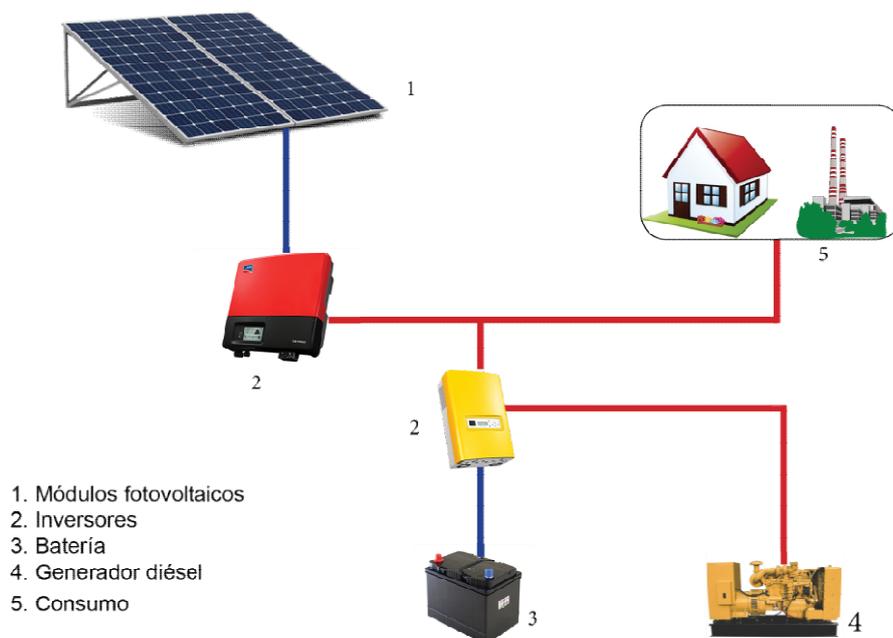


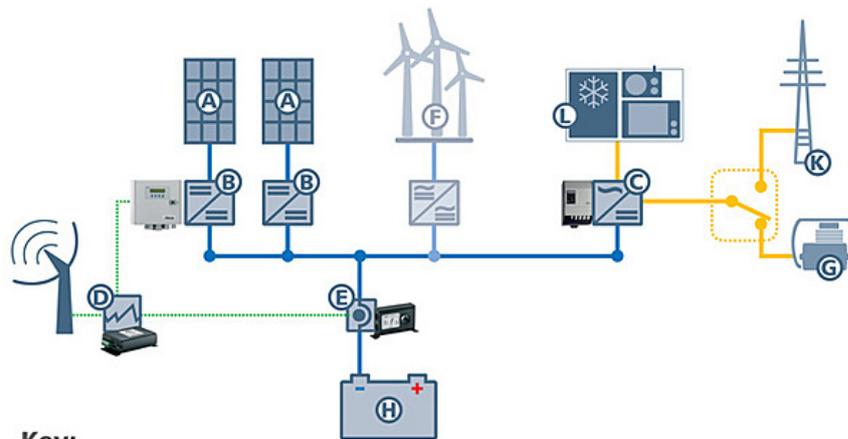
Imagen 1: Esquema de instalación fotovoltaica+diésel+baterías.

2.2.3.2- Diesel+Solar+Eólica:

Otra configuración alternativa usualmente utilizada en sistemas off-grid, que aprovecha tanto el recurso solar como el eólico.

La instalación combinaría el sistema híbrido diésel-fotovoltaico explicado en el apartado anterior con un sistema de aerogeneradores de media-aja potencia y dimensiones.

Los aerogeneradores aprovechan la energía cinética de las masas de aire en movimiento para convertirla en energía mecánica en contacto con las hélices de su rotor. Dicho rotor, estará conectado a al rotor de un alternador trifásico para convertir esa energía eléctrica en electricidad alterna.



Key:

- | | | | |
|---|--|---|-----------------------------|
| A | Solar modules | F | Wind turbines with inverter |
| B | Solar charge controller
Steca Power Tarom | G | Diesel generator |
| C | Hybrid-inverter
Steca Xtender (XTS, XTM, XTH) | H | Battery |
| D | Data logger Steca PA Tarcom | K | Public grid |
| E | Current sensor (Shunt)
Steca PA HS200 | L | Electrical load (230 V AC) |

Imagen 2: Esquema de instalación fotovoltaica/aerogenerador+diésel+baterías.

2.3- Software HOMER:

Las distintas combinaciones híbridas así como el análisis tecno-económico de éstas, referido todo ello a la zona del presente caso, lo proporcionará el software HOMER.

HOMER (HybridOptimizationModelforMultipleEnergyResources) es un software originalmente desarrollado por NationalRenewableEnergyLaboratory, mejorado y distribuido por HomerEnergy. Extensamente utilizado para el diseño de redes aisladas remotas en cualquier sector, ya sea industrial, doméstico, militar, etc...

El programa identifica el sistema de mínimo costo de un conjunto de alternativas posibles, simulando el comportamiento horario del sistema a lo largo de un año, y ordenando las soluciones crecientemente con el VAN para el ciclo de vida de la instalación.

Dicho caso de estudio será contemplado en HOMER mediante la introducción de la curva de demanda eléctrica de la zona, las diferentes tecnologías que se quieren contemplar en las combinaciones híbridas (fotovoltaica, aerogeneradores, generador diésel, gasificadores...) y los recursos que dispone la zona.

La simulación se realiza hora por hora, calcula por cada hora del año la potencia renovable disponible, la energía eléctrica generada y la compara con la demanda de las carga.

Cuando ha completado un año de simulación, el programa determina si se cumplieron las restricciones impuestas por el usuario, las cantidades de energía generadas, la fracción de energía renovable, las emisiones contaminantes, así como los costes procedentes del consumo anual de combustible, las horas de operación de los generadores, el consumo de la vida útil de las baterías, el exceso de electricidad, etc.

Tras la simulación, optimización y análisis de sensibilidad realizada por HOMER, se procederá a la selección de las 3 mejores alternativas según los resultados que nos proporciona, y en base a unos criterios especificados.

2.4- Fundamentos del Proceso Analítico Jerárquico.

Conforme avanza la tecnología, es más difícil conseguir hallar la solución óptima a un problema o cuestión. Dado el extenso abanico de posibilidades, dar con la configuración de los recursos disponibles, que mejor satisfaga las necesidades impuestas dependerá mucho de los criterios que se tengan en cuenta.

Con el objetivo de ir más allá del enfoque tecno-económico que nos facilita el software *HOMER*, se hará uso de un método para la toma de decisiones multicriterio.

AHP (AnalyticHierarchyCriteria) fue desarrollado en la década de los setenta por Thomas L. Saaty. Es el método multicriterio más extendido por todo el mundo, permitiendo al usuario descomponer un problema complejo en un conjunto de subsistemas más sencillos.

Este método multicriterio se fundamentará en:

- El problema se estructurará en una jerarquía de niveles, encabezado por el objetivo del caso, seguido por criterios y subcriterios, con las diferentes alternativas en el nivel inferior.
- La valoración subjetiva priorizando los elementos del modelo jerárquico
- Comparación pareada entre los elementos de cada nivel del modelo
- Evaluación de los elementos mediante asignación de pesos.
- Clasificación de las alternativas según sus respectivos pesos.
- Síntesis
- Análisis de Sensibilidad

Como principales ventajas del AHP frente a otros métodos multicriterio, citar:

- Método con base matemática
- Desglose de un problema complejo en partes más sencillas para facilitar su análisis
- Utiliza una escala común para medir criterios cualitativos y cuantitativos
- Permite la valoración consensuada de diferentes grupos de interés
- Herramienta de fácil uso, complementario a un posterior estudio matemático de optimización.

3.- Caso de estudio

En el presente proyecto se propondrá una metodología específica para la selección de la configuración del sistema híbrido que abastecerá una demanda eléctrica, en una zona aislada de la red.

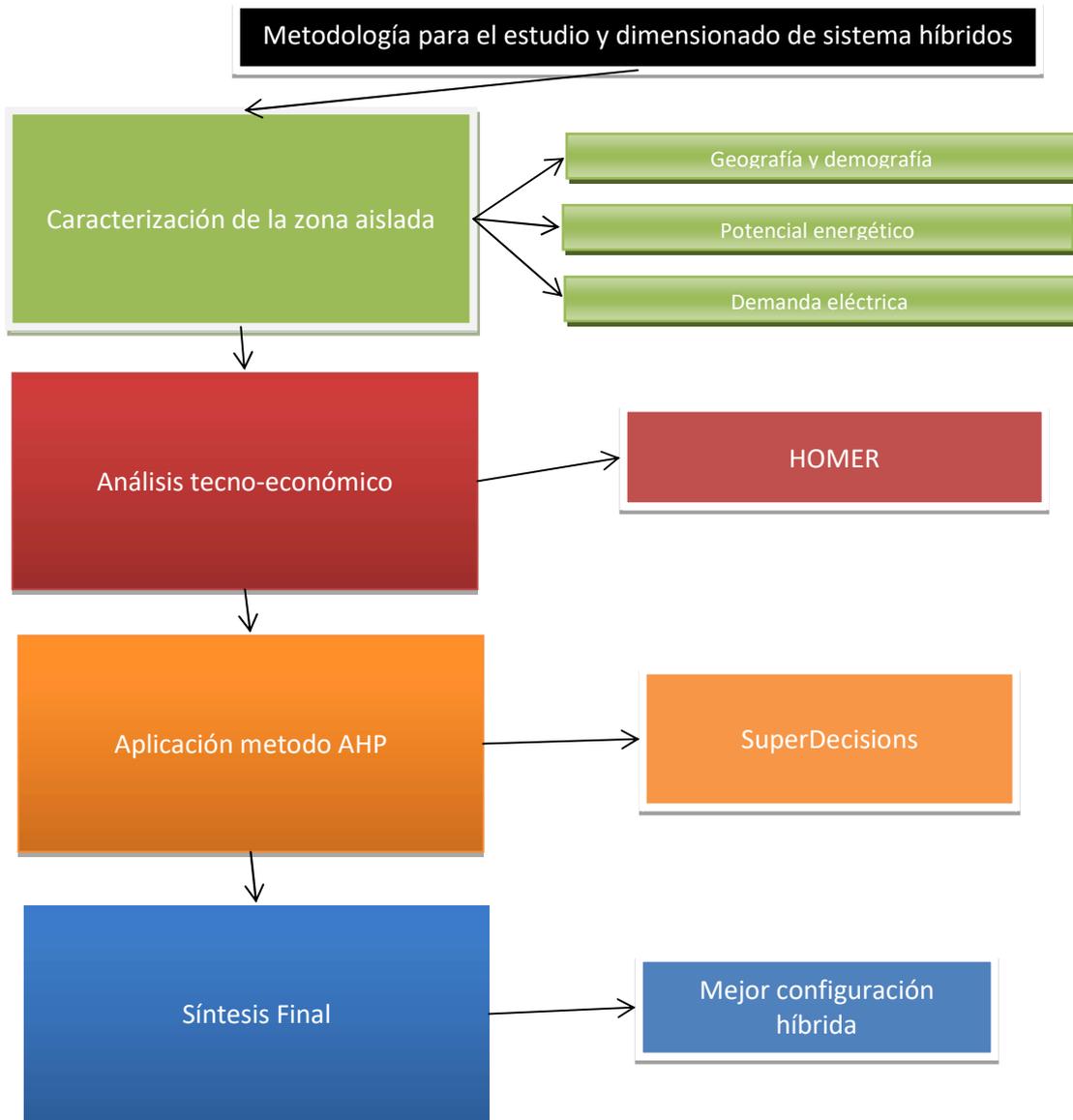
En primer lugar, se procederá a realizar un estudio general de los recursos y estadísticas que caracterizan la comarca en donde se sitúa la zona, conociendo así el potencial energético en el cual apoyarse para la generación eléctrica. Se seleccionarán los equipos para las diferentes tecnologías híbridas en función de la carga eléctrica a satisfacer.

Habiendo realizado dicho pre-estudio de la zona, lo siguiente será hacer un análisis tecno-económico con el software HOMER, introduciendo ese potencial energético de las diferentes fuentes y la demanda eléctrica. Como resultado, se obtendrán una serie de configuraciones de sistemas híbridos que satisfarán la demanda de forma factible. Se seleccionarán tres alternativas de esas combinaciones, atendiendo a sus costes y características técnicas.

A continuación, tras elegir 3 alternativas de sistema híbrido, se procederá a seleccionar aquella configuración que mejor satisfaga la demanda en base a una serie de factores. Para ello, se utilizará el método de decisión multicriterio AHP, el cual basándose en la visión subjetiva de varios expertos, reflejada ésta en cuestionarios para la selección de los criterios, se crea una jerarquía de niveles con el objetivo de decisión, los criterios valorados y las alternativas preseleccionadas, la cual mediante una matriz de comparaciones pareadas asignará pesos a las diferentes alternativas, clasificándolas así para su posterior selección.

Como resultado, se obtendrá la configuración de tecnologías híbridas que mejor satisface una demanda eléctrica, con los recursos específicos donde se sitúa dicha demanda, y bajo el criterio de varios expertos, incrementando así la extensión del análisis frente al estudio tecno-económico tipo.

ESQUEMA METODOLOGÍA PROPUESTA EN EL TRABAJO



3.1- Caracterización de la zona aislada

3.1.1.- Geografía y demografía

El Término municipal de AlbalatdelsSorells se sitúa, desde el punto de vista geocientífico, entre el glaciar de acumulación de Museros y el de derramamiento del glaciar de Puçol-Meliana, siendo un ambiente de llanura costera y perteneciente a un sistema aluvial-coluvial. Formado por un material de tipo abanico aluvial y otros, su capacidad portante es alta, el espesor del regolito superior a 5 m., su corrosividad baja, de fácil excavación, con permeabilidad y estabilidad de talud medio.

El suelo es de tipo fluvisol y cambisol, de un espesor efectivo entre 120-60, con un índice de materia orgánica menor al 2%, de textura equilibrada, predregosidad que oscila entre el índice 0 y el 40, su salinidad es de grado bajo, %C03 entre 20 y 50, su estabilidad estructural media, con prácticas de conservación.

En cuanto a su sistema hídrico hay que decir que el régimen de sus ríos es perenne y de disponibilidad alta; su hidrogeología presenta acuíferos de tipo detrítico de disponibilidad también alta.

Su relieve (pendiente) es llano, inferior a 5%, y su rugosidad se considera, por lo tanto, lisa.

El riesgo de colapso es nulo, la vulnerabilidad de las aguas subterráneas es alta, la erosión laminar y la pérdida de suelo (Tm/ Hay/año) oscila entre 0 y 10 (actual y potencial); el riesgo de inundación es nulo, igual que el de deslizamiento.

Entre los factores bióticos destacan los cultivos de regadío, con vegetación climatófila de montaña litoral y cuya etapa predominante es la de pastizal con matorral.

El uso del suelo es eminentemente agrario (75%) , con cultivo intensivo y, las limitaciones para otro uso se deben a las limitaciones (de alto grado) por protección de las aguas subterráneas.

El municipio de AlbalatdelsSorells consta de 3889 habitantes, un 1.73% de la población de la comarca y 0.15% de la provincia de Valencia. Su densidad de población oscila entre los 842 habitantes por metro cuadrado, donde la mayoría de la población (54%) se encuentra entre los 30 y 64 años de edad.

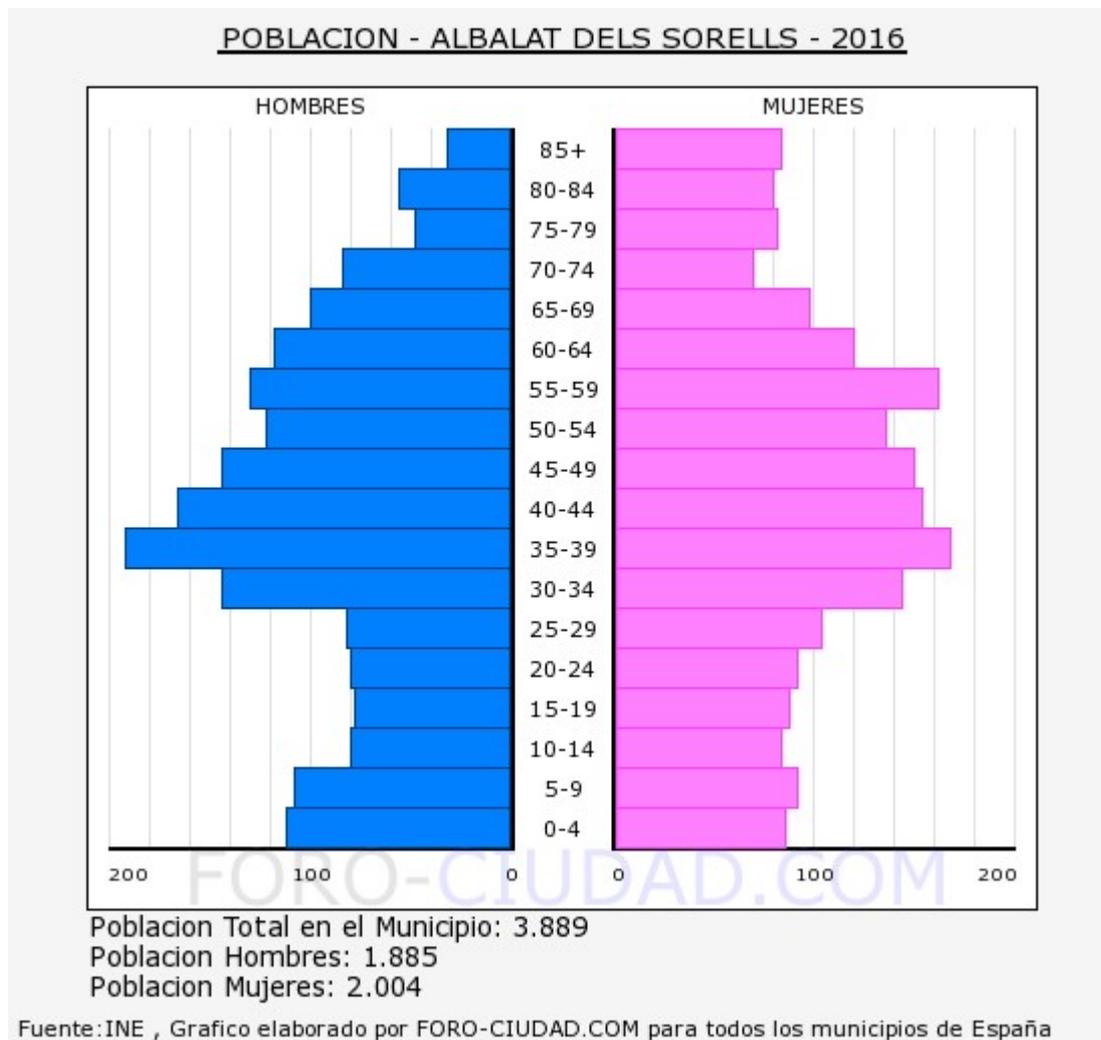


Imagen 3: Gráfica población Albalat dels Sorells 2016.

Se calculan 1921 viviendas en la comarca de Horta Nord, 18 de ellas en Albalat dels Sorells, con un precio básico de 758 euros el metro cuadrado.

Respecto al trabajo en la comarca, se registran 17119 personas desocupadas, de los cuales 689% son menores de 25 años, un dato relativamente bajo respecto al 57.93 % de mujeres desocupadas.

La desocupación obtiene un pico en el sector servicios, con un 71.18%, frente al 12.81% del sector industria, pese a ello, el sector servicio obtiene un índice de contratación del 65.21% y el de industria un 16.66%.

Dados estos datos, las instalaciones propuestas en este presente proyecto podrían crear puesto de trabajo en el sector industria o servicios, reduciendo la desocupación de las personas activas, pudiendo focalizarse en el cuello de botella existente en la desocupación entre las mujeres activas.

3.1.2.- Potencial energético.

La comarca de l’Horta Nord es una zona con un gran potencial energético, en concreto, es un lugar rico en recurso solar y eólico. El aprovechamiento de estas fuentes para la generación eléctrica, junto a combustibles fósiles como el diésel, hace factible la utilización de sistemas híbridos como medio de abastecimiento de núcleos urbanos reducidos aislados de la red.

Cabe destacar la ausencia en este estudio energético zonal, del recurso hidrológico, debido a su poco uso en el ámbito de la energía eléctrica, siendo más habitual su utilización en el gran sistema de riego extendido sobre la huerta.

En cuanto al recurso de la biomasa, existen dos motivos por el cual se ha descartado la inclusión de gasificadores de biomasa en los sistemas híbridos propuestos.

En primer lugar, no es una tecnología tan desarrollada en sistemas off-grid de media-baja potencia, siendo habitual encontrarse con instalaciones de gran tamaño y potencia, incompatibles con la instalación de generación eléctrica propuesta en este proyecto.

El segundo motivo deriva del primero, al aumentar tanto el tamaño de la instalación con la potencia requerida, también aumenta el costo de instalación y mantenimiento, en el cual se le añade el gasto en biocombustible (pellets o astillas) necesario para la generación eléctrica, haciendo que sea inviable para nuestro caso de estudio.

3.1.2.1- Recurso Solar.

Valencia puede presumir de un recurso solar abundante, lo cual lo hace muy atractivo para asentar instalaciones fotovoltaicas en sus tierras, con alrededor de 217 empresas dedicadas a instalaciones fotovoltaicas aisladas.

Para analizar el potencial solar de la zona de Albalat del Sorells, se hará referencia a la radiación solar provista por la base de datos PVGIS-CMSAF.

La radiación solar, se verá reflejada en la radiación global horizontal, la cual está compuesta por:

- Radiación directamente proveniente del Sol
- Radiación difusa, aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma.
- Radiación albedo, aquella reflejada por la superficie terrestre, cuya cantidad depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado coeficiente albedo.

Otro dato que definirá el potencial solar de nuestra zona, vendrá dado por el índice de claridad, cuyo objetivo es comparar la irradiación anual sobre nuestra zona de estudio, con la irradiación anual de una superficie horizontal situada fuera de la atmósfera.

	Índice de claridad	Radiación diaria horizontal (kWh/m ² /d)
ENERO	0.535	2.269
FEBRERO	0.556	3.135
MARZO	0.568	4.329
ABRIL	0.567	5.456
MAYO	0.551	6.074
JUNIO	0.584	6.770
JULIO	0.626	7.064
AGOSTO	0.611	6.182
SEPTIEMBRE	0.571	4.733
OCTUBRE	0.543	3.374
NOVIEMBRE	0.515	2.341
DICIEMBRE	0.493	1.882
Media anual	0,57	4,474

Tabla 1: Radiación solar diaria e índice de claridad por meses en Albatat dels Sorells.

Como datos significativos, se podría destacar la media anual, donde el índice de claridad alcanza el 57% y la radiación solar anual 4.474 kWh/m²/día, con claros picos en Julio para los dos datos.

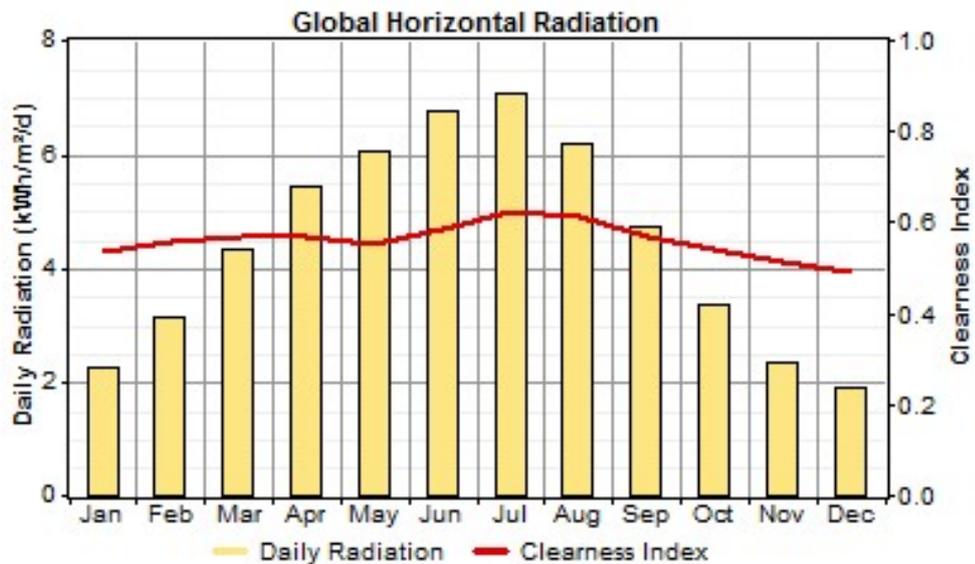


Imagen 3: Radiación global horizontal e índice de claridad introducido en HOMER.

3.1.2.2.- Potencial eólico.

España un es país puntero en aprovechamiento de energía eólica, ocupando el segundo puesto como productor de energía en Europa y el cuarto mundial. La Comunidad Valenciana a día de hoy tiene instalada alrededor de 1189 MW de potencia eólica, un 5.17% del total instalado en el territorio español.

Existen instalaciones de gran potencia en la Comunidad Valenciana que alcanzan casi los 50MW, como las de Folch I en Castellfort (Castellón), Villanueva I en Jarafuel (Valencia) o Torre Miró en Morella (Castellón).

Otra alternativa que esta surgiendo en Valencia, es la utilización de aerogeneradores para el autoconsumo de viviendas aisladas.

Para el diseño y dimensionado de las instalaciones eólicas, es preciso saber la velocidad media anual alcanzada en esa zona.

	Velocidad del viento (m/s)
ENERO	4.820
FEBRERO	5.050
MARZO	5.080
ABRIL	5.150
MAYO	4.530
JUNIO	4.420
JULIO	4.600
AGOSTO	4.460
SEPTIEMBRE	4.170
OCTUBRE	4.320
NOVIEMBRE	4.510
DICIEMBRE	4.730
Media anual	4,65

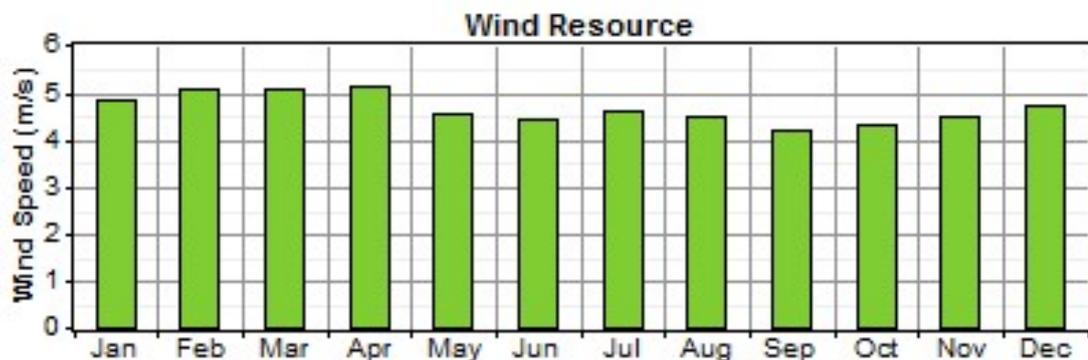


Imagen 4: Velocidades medias del viento por mes en Albalatdelsorells.

3.1.2.3.- Diésel.

En cuanto al combustible seleccionado para alimentar los generadores eléctricos, se usará diésel como fuente de combustible fósil, dado su menor precio y emisiones de CO₂.

Los generadores eléctricos de gasolina suelen ser más pequeños y silenciosos, ofrecen mejor calidad en la tensión eléctrica consumen menos combustibles.

Pese a las numerosas ventajas que presentan, se ha descartado utilizar generadores eléctricos alimentados por gasolina ya que, aparte de ser el litro de gasolina más caro que el de diésel, no existen a día de hoy generadores eléctricos de gasolina de servicio continuo, si no, de servicio intermitente, variando éste entre las 4 horas.

Como características del diésel, se podrán considerar:

- Precio medio en Valencia: 0.73 el litro
- Poder calorífico inferior: 43.2 MJ/kg.
- Densidad de 820 kg/m
- Composición en carbono: 88%
- Composición en azufre: 0.33%

3.1.2.4.- Demanda eléctrica.

En el año 2002, más de 20 vecinos de Albalat dels Sorells (Valencia) se asociaron con la finalidad de urbanizar la zona "La Macaria" de esta localidad, para convertir sus terrenos rústicos en parcelas urbanas. En dicha zona, se estima que se construirán 430 viviendas, de las cuales 100 serán viviendas unifamiliares y 330 viviendas plurifamiliares.

El presente trabajo se centrará en esas 100 viviendas unifamiliares posibles, calculando la demanda equivalente a éstas mediante la factura eléctrica de una sola vivienda tipo, la cual se corresponderá con el hogar del autor.

La distribuidora eléctrica que suministra en las viviendas del autor provee las gráficas del consumo diario y mensual del periodo de tiempo que se elija. Se han aprovechado los datos correspondientes al año 2016, para posteriormente multiplicarlos por las 100 viviendas que se quieren estudiar, obteniendo una aproximación de la carga que se requiere abastecer.

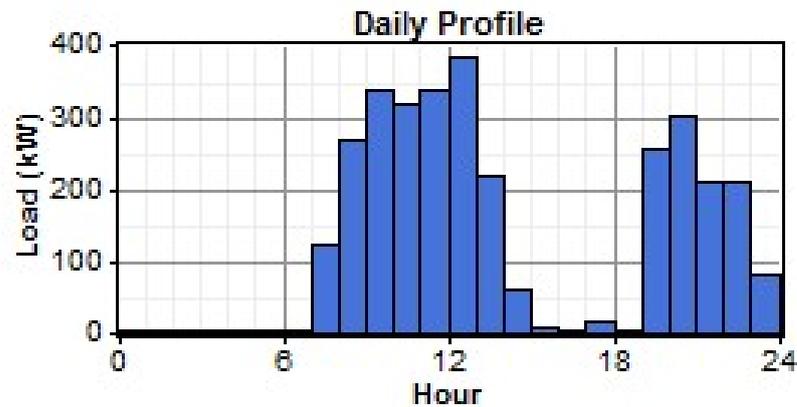


Imagen 5: Consumo de un día entre-semana del mes de Enero.

Representado el consumo anual de 100 viviendas correspondiente a cada mes del año, se podrá destacar un pico de potencia en de 383 kW en el mes de Enero, el cual coincide con el mes más frío y con menos horas diurnas, además de corresponder a las 1 horas de la tarde, momento aprovechado para comer.

Por el contrario, observamos como el consumo alcanza su menor valor en el mes de Junio, uno de los más calurosos del año, con un pico de potencia de 129 kW.

El promedio de la demanda diaria eléctrica de las 100 viviendas es de 1432 kWh/día.

Cabe especificar que, el kilovatio hora (kWh) es la unidad de medida que utilizan las empresas distribuidoras para cobrar el consumo de los usuarios en un periodode tiempo. Es el equivalente a mantener encendido 10 lámparas de 100 W al mismo tiempo durante 1 hora.

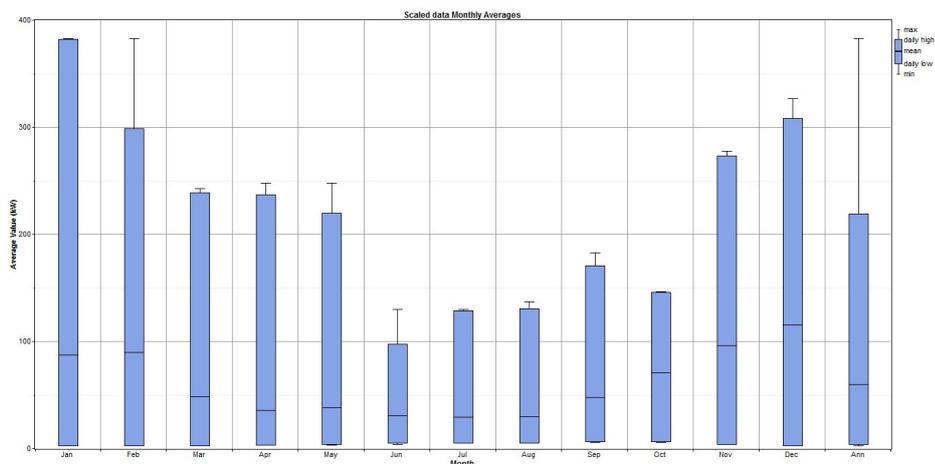


Imagen 6: Consumo eléctrico anual de 100 viviendas tipo.

3.2.- Análisis tecno-económico.

Para éste apartado, se hará uso del software HOMER para el análisis tecno-económico, habiendo ya definido las tecnologías que se procederán a utilizar y las características energéticas del lugar que se quiere abastecer.

A continuación, se muestra una metodología definida para hacer usos de ésta herramienta de forma eficiente:



3.2.1.- Introducción datos

En primer lugar, se procederá a introducir los datos (inputs) que definirán nuestro espacio de trabajo, previo a la simulación de éste.

3.2.1.1.- Carga eléctrica

La demanda energética que se quiere alimentar se verá reflejada en el software mediante una carga eléctrica. Se definirá introduciendo los kilovatios consumidos cada hora del día de las 100 viviendas,

correspondiente a dos días tipo de cada mes, entre-semana y fin de semana, siendo un total de 24 perfiles de 12 datos cada uno.

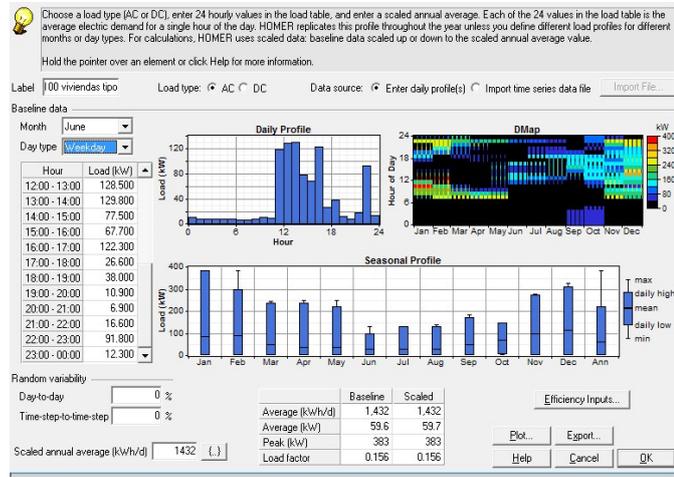


Imagen 7: Pestaña introducción carga eléctrica en HOMER

3.2.1.2.- Recurso eólico.

HOMER necesita el recurso eólico de la zona para calcular la potencia de los aerogeneradores para cada hora del año. Para ello se introducirán las velocidades medias de cada mes en esa zona, 12 datos en total, obtenidas anteriormente de RETSCREEN.

Para facilitar el cálculo, HOMER utiliza datos escalados respecto al valor medio anual para generar los 8760 valores de cada hora del año, pudiéndose modificar mediante parámetros avanzados.

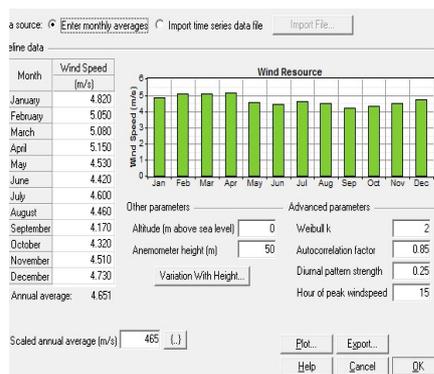


Imagen 8: Pestaña introducción recurso eólico en HOMER

3.2.1.3.- Recurso solar.

Para el cálculo de la potencia del módulo solar requerida para cada hora del día, se necesitará introducir los valores de radiación solar diaria (kWh/m²/día) y el índice de claridad previamente definidos en apartados anteriores.

Además de estos dos, será necesario especificar la situación geográfica de nuestra zona para que el software calcule el índice de claridad desde la radiación solar media, con los valores de latitud y longitud, siendo en nuestro caso latitud 39°59' Norte y longitud 0°59' Este.

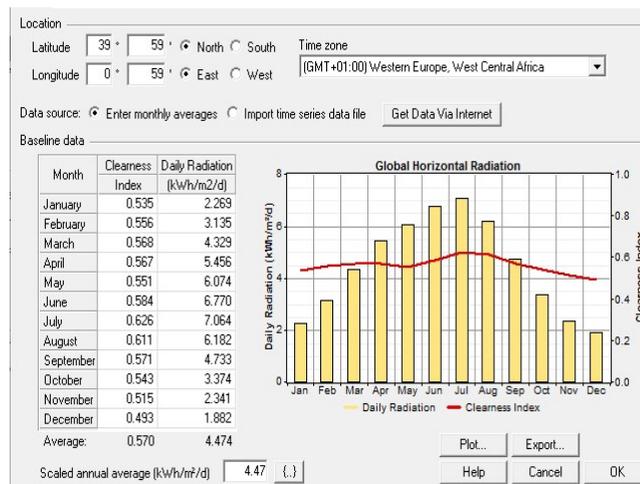


Imagen 9: Pestaña introducción recurso solar en HOMER

3.2.1.4.- Recurso combustible diésel.

Para la estimación del coste de combustible consumido por los generadores eléctricos, se necesitará introducir el precio del litro de diésel (\$/L).

Las propiedades químicas del combustible diésel se han definido en la pestaña de fuel inputs, dentro de los parámetros que definen el generador eléctrico.

Por último, destacar que se ha supuesto que no hay límites de consumo anuales, dada la facilidad de suministro de combustible y la larga vida de la fuente de éste.

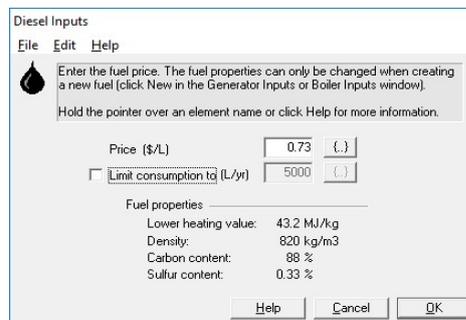


Imagen 10: Pestaña introducción Fuel en HOMER

3.2.1.5.- Equipos.

Las distintas configuraciones de sistemas híbridos que generará HOMER tras la simulación, serán combinaciones de los equipos previamente introducidos.

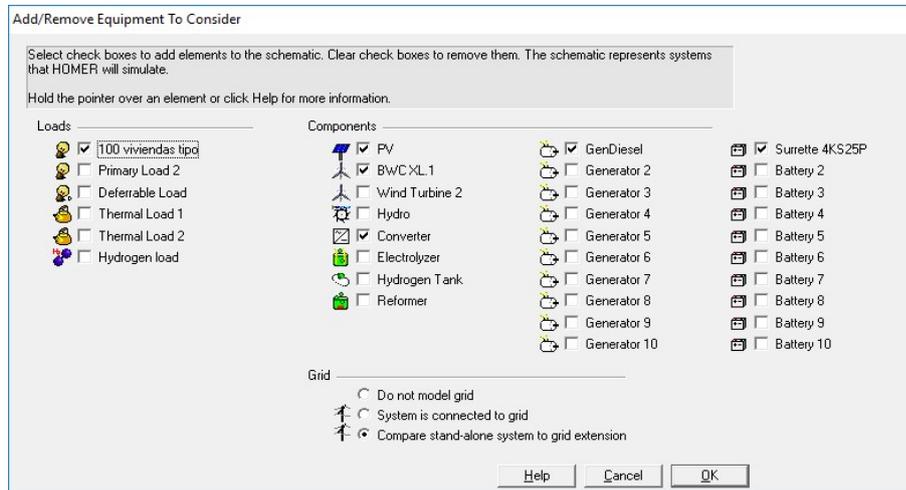


Imagen 11: Pestaña introducción equipos en HOMER

Cada tecnología energética tiene definida una serie de equipos específicos:

- Energía eólica: aerogeneradores
- Energía solar: módulos fotovoltaicos
- Energía hidráulica: centrales a filo de agua.
- Fuente Hidrógeno: Celda electrolítica y tanque de hidrógeno.
- Energía eléctrica: generadores eléctricos de combustible, convertidores, baterías.

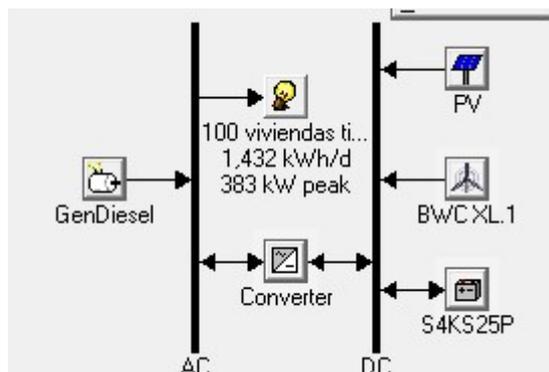


Imagen 12: Esquema inputs HOMER

De estas tecnologías citadas, no aprovecharemos la energía hidráulica, ya que no hay ningún río en el cual establecer la instalación, ni los equipos de hidrógeno, siendo una tecnología aún joven con altos costes.

Para caracterizar cualquiera de los equipos, se deberá introducir la curva de costes, definida por; el coste de capital (\$) para diferentes potencias de máquina (kW), el coste de reemplazo (\$) y el coste de mantenimiento (\$/hora). La simulación combinara dicho equipo según las potencias establecidas en el parámetro “tamaños a considerar”, en los cuales se han especificado 0 (no se usa dicho equipo), 200, 400 y 500 kW.

Equipo	Potencia(kW)	Coste				Vida útil
		Capital(\$)	Reemplazo (\$)	Mantenimiento		
Generador	1	600	500	0,015	20000 horas	
PV	1	1500	1500	0	25 años	
Aerogenerador	1	1200	1200	24	15 años	
Convertidor	1	1250	1250	10	15 años	
Batería	1	1200	1100	50		

Tabla 2: Resumen Costes y performance equipos.

La tabla muestra los costes en dólares y otras especificaciones para definir en Homer las restricciones de cada equipo que compondrá el sistema aislado de la red propuesta. Estos costes se han tomado del PER2011-2020 y las referencias allí citadas.

3.2.2.- Simulación.

Una vez introducidos los datos que definen el sistema aislado de trabajo, el software estará preparado para proceder a la simulación.

HOMER simula la operación de un sistema por medio de cálculos de balances de energía para cada una de las 8,760 horas de un año. Para cada hora, HOMER compara la carga eléctrica y térmica con la energía que el sistema puede entregar en una hora. Para sistemas que incluyen baterías o generadores a base de combustibles, HOMER también decide para cada hora, cómo operar los generadores y cargar o descargar las baterías. Si el sistema satisface las cargas para todo el año, HOMER estima el costo del ciclo de vida del sistema, contabilizando el costo de inversión, costo de reemplazo, costos de operación y mantenimiento, combustible e intereses.

3.2.3.- Análisis de sensibilidad.

Tras la simulación, el software devolverá un conjunto de configuraciones compuestas por los equipos previamente escogidos y a diferentes tamaños de potencia. Cada una de las opciones que devuelve HOMER, es una solución factible para el abastecimiento eléctrico de la carga.

Además, a las distintas combinaciones de sistema híbrido le corresponden una serie de datos que detallan las características operacionales:

- Capital inicial (\$): se corresponde con la inversión inicial, desembolso de la compra de los equipos que configuran esa alternativa.
- Coste de operación(\$/año):
- Coste presente neto total:
- COE: coste en dólares para generar 1 kWh
- Fracción Renovable: valor por unidad de la cantidad de electricidad generada por fuente renovable.
- Diésel (L): litros de diésel consumidos en un año de simulación.
- Diésel (horas): horas operativas del generador eléctrico en un año de simulación.

	PV (kW)	XL1	Dsl (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Dsl (hrs)
[Icons]	200		400	500	200	\$ 1,024,205	164,365	\$ 3,125,344	0.468	0.47	147,182	1,662
[Icons]	200	200	400	500	200	\$ 1,264,205	174,549	\$ 3,495,525	0.523	0.48	146,092	1,647
[Icons]			400	500	200	\$ 696,880	239,926	\$ 3,763,941	0.563	0.00	248,043	2,537
[Icons]		200	400	500	200	\$ 936,880	250,824	\$ 4,143,254	0.620	0.00	247,645	2,538
[Icons]	400		400		200	\$ 1,049,268	382,347	\$ 5,936,950	0.889	0.46	392,053	6,010
[Icons]	400	200	400		200	\$ 1,289,268	392,903	\$ 6,311,884	0.945	0.46	391,376	6,000
[Icons]			500			\$ 180,480	641,736	\$ 8,384,024	1.255	0.00	700,783	8,760
[Icons]		200	500		200	\$ 670,480	660,792	\$ 9,117,615	1.365	0.00	699,952	8,750

Imagen 13: Configuraciones híbridas resultantes de la simulación con HOMER

Añadido a los parámetros operacionales anteriormente citados, HOMER también genera unos resultados de simulación para cada una de las configuraciones referidas a un año de trabajo, donde se encuentra; un resumen de todos los costes contemplados, el flujo de dinero, una comparativa entre electricidad generada y consumida, características operativas de cada componente del sistema, una comparativa entre el NPC del sistema aislado frente al conectado a la red y las emisiones de gases perjudiciales.

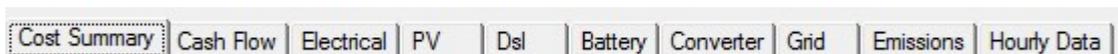


Imagen 14: Tipos de resultados de simulación en HOMER

Se seleccionaran 3 alternativas para su posterior análisis tecno-económico más detallado, siguiéndole la aplicación del método multicriterio AHP.

3.2.3.1.-Diésel+Solar+Batería:

La primera configuración que se va a seleccionar, estará compuesta por:

- Módulo fotovoltaico de 200 kW
- Generador eléctrico diésel de 400 kW
- Batería S4kS25P de 500 kW
- Convertidor de 200 kW

	PV (kW)	XL1	Dsl (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Dsl (hrs)
	200		400	500	200	\$ 1,024,205	164,365	\$ 3,125,344	0.468	0.47	147,182	1,662

Imagen 15: Resultados alternativa 1 en HOMER

La inversión inicial es relativamente baja, con 1.024.205 \$, el coste de operación alcanza los 164.365 por año, el coste por equivalente a consumir un kWh es de 0.468\$.

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	327,325	0	114,289	0	0	441,614
GenDiesel	144,480	94,799	127,476	1,373,483	-27,461	1,712,776
Surette 4KS25P	302,400	206,223	161,070	0	-59,205	610,488
Converter	250,000	104,316	25,567	0	-19,417	360,466
System	1,024,205	405,338	428,402	1,373,483	-106,083	3,125,345

Imagen 16: Resultados costes alternativa 1 en HOMER

El coste presente neto total se verá encarecido por el consumo de combustible diésel, con 1.373.483 \$.

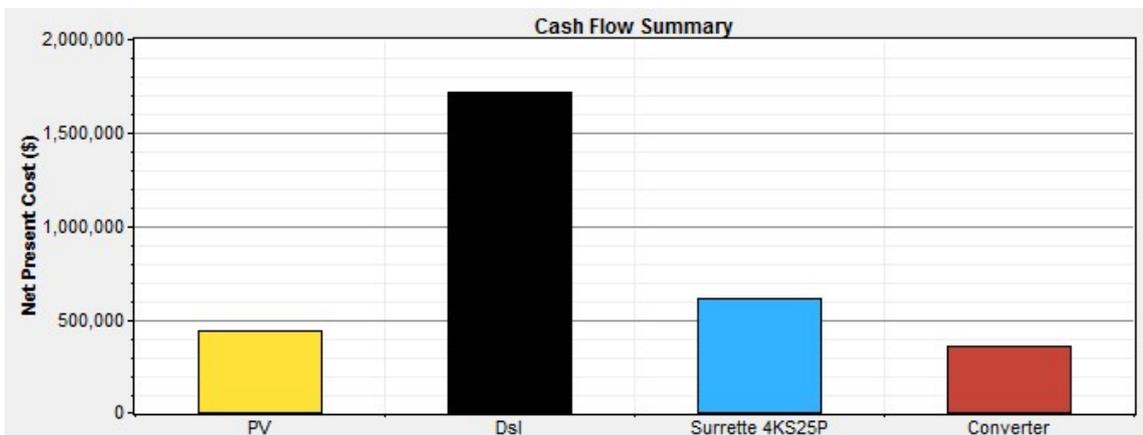


Imagen 17: Flujo de Caja de alternativa 1 en HOMER

Ese gasto significativo en combustible, es debido a que el 52.5% de la electricidad se genera mediante generador eléctrico diésel, aun así, el otro 47.5% de la electricidad es producida por los módulos fotovoltaicos. Es por ello que la fracción renovable alcanza el 0.475

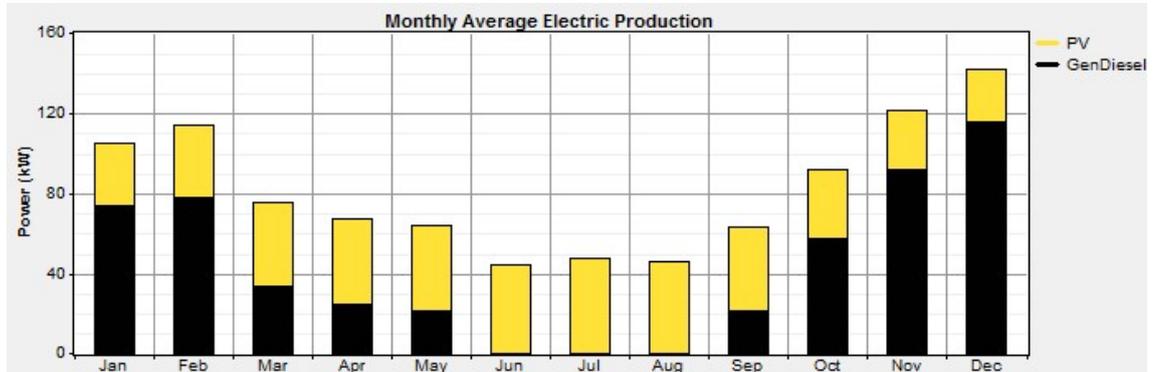


Imagen 18: Producción media eléctrica mensual de alternativa 1 en HOMER

Del uso de generadores diésel para producir la mayor parte del abastecimiento eléctrico, las emisiones de CO₂ y otros gases perjudiciales alcanzan valores significativos, como se puede ver en la siguiente tabla.

Pollutant	Emissions (kg/yr)
Carbon dioxide	387,579
Carbon monoxide	957
Unburned hydrocarbons	106
Particulate matter	72.1
Sulfur dioxide	778
Nitrogen oxides	8,537

Imagen 19: Emisiones alternativa 1

En comparación con la electrificación de nuestra zona mediante conexión con la red eléctrica, el coste presente neto correspondiente comienza a ser mayor que la red aislada a partir de los 245 km, cifra aún mayor que la que separan La Macaria con Central Nuclear de Cofrentes.

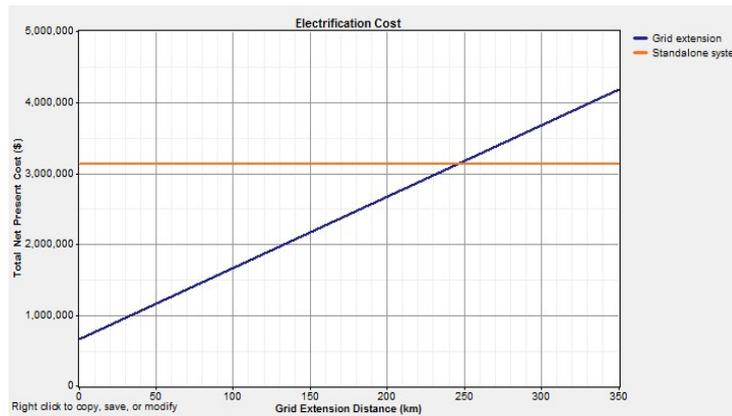


Imagen 20: Sistema aislado vs Sistema conectado en 1

3.2.3.2.- Eólica+Diésel+Batería:

En la segunda alternativa, se ha buscado el sistema híbrido basado en:

- Generador eléctrico de 400 kW.
- Aerogenerador Fuhrländer 250 de 200 kW.
- Batería S4KS25P de 500 kW.
- Convertidor 200 kW.

	PV (kW)	FL250	Dsl (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Dsl (hrs)
		200	400	500	200	\$ 936,880	249,842	\$ 4,130,706	0.618	0.62	246,547	2,524

Imagen 21: Resultados alternativa 2 en HOMER

En cuanto a los costes, se ven incrementados los costes de operación (249.842\$) debido al mayor mantenimiento necesario en aerogeneradores en comparación con los módulos fotovoltaicos. La inversión inicial es menor en la alternativa 2ª (936.880\$) que en la 1ª (1.024.205\$) al ser el kW del aerogenerador 300\$ más barato que el fotovoltaico.

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
Fuhrländer 250	240,000	100,144	61,360	0	-18,640	382,864
GenDiesel	144,480	163,231	193,591	2,300,741	-25,154	2,776,889
Surette 4KS25P	302,400	206,223	161,070	0	-59,205	610,488
Converter	250,000	104,316	25,567	0	-19,417	360,466
System	936,880	573,913	441,588	2,300,741	-122,415	4,130,707

Imagen 22: Resultados costes alternativa2 en HOMER

Los gastos derivados del generador eléctrico se elevan dada la necesidad de consumir más combustible diésel (246.547 L/año). Además el coste presente neto total alcanzará la cifra de 4.130.707\$.

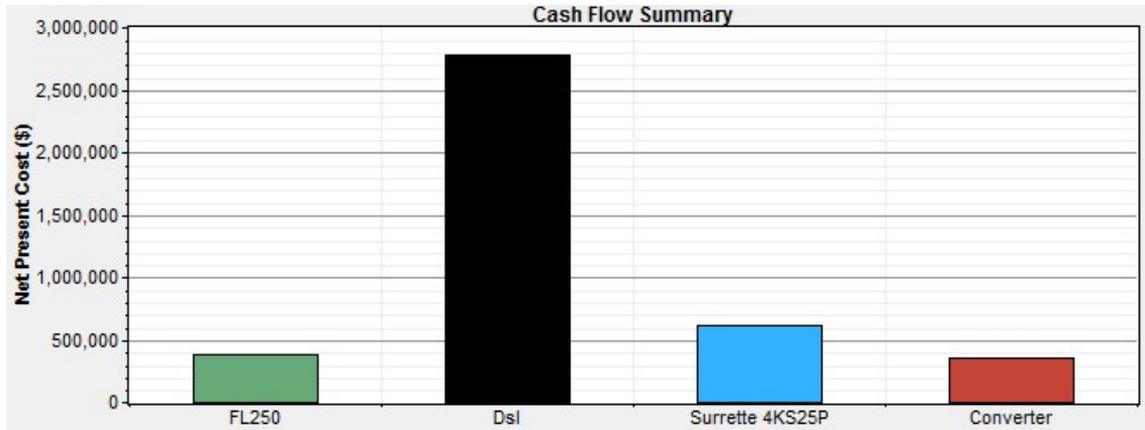


Imagen 23: Cash Flow de alternativa 2 en HOMER

A pesar de consumir más combustible fósil, el aerogenerador produce el 62% de la electricidad generada en el sistema, operando al 0.204% de su capacidad por su bajo rendimiento ante velocidades de viento como las de nuestra zona de estudio. La fracción renovable alcanza los 0.618.



Imagen 24: Producción eléctrica promedio mensual de alternativa 2 en HOMER

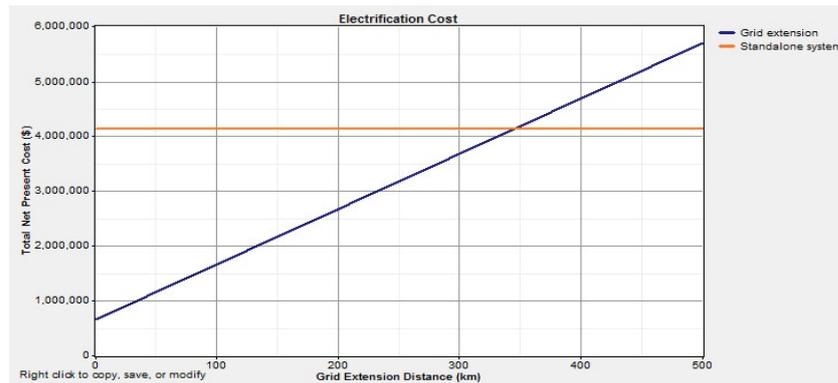


Imagen 25: Sistema aislado vs Sistema conectado en alternativa 2

El coste presente neto correspondiente a la electrificación de la zona La Macaria, mediante sistema híbrido aislado, es menor que el abastecimiento por conexión a la red a partir de los 345 km de instalación.

3.2.3.3.- Solar+Diésel:

La siguiente y última alternativa seleccionada, estará compuesta por:

- Generador eléctrico diésel de 400 kW.
- Módulo fotovoltaico de 400 kW.
- Convertidor de 200 kW

Destacar la ausencia del conjunto de almacenamiento por baterías del sistema híbrido.

	PV (kW)	FL250	Dsl (kW)	S4KS25P	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Diesel (L)	Dsl (hrs)
	400		400		200	\$ 1,049,268	382,347	\$ 5,936,950	0.889	0.46	392,053	6,010

Imagen 26: Resultados alternativa 3 en HOMER

Los costes se ven aumentados en general. La inversión inicial, pese a no utilizar baterías para esta configuración, es mayor que la alternativa 1ª al usar mayor tamaño de potencia en el módulo fotovoltaico. De esto último deriva un mayor coste de electricidad (0.889 \$/kWh) y coste presente neto total (5.936.950\$).

Component	Capital (\$)	Replacement (\$)	O&M (\$)	Fuel (\$)	Salvage (\$)	Total (\$)
PV	654,788	0	228,767	0	0	883,555
GenDiesel	144,480	443,409	460,968	3,658,585	-14,512	4,692,930
Converter	250,000	104,316	25,567	0	-19,417	360,466
System	1,049,268	547,726	715,302	3,658,585	-33,928	5,936,953

Imagen 27: Resultados costes alternativa 1 en HOMER

A pesar de las buenas condiciones solares en Valencia, el gasto en combustible es más que significativo, con 3.658.585\$ anuales.

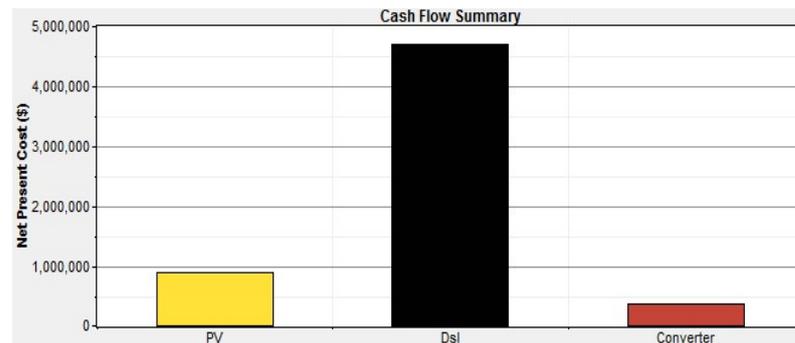


Imagen 28: Flujo de Caja de alternativa 3 en HOMER

Los generadores eléctricos producirán el 54% (798.936 kW/hora) de la electricidad necesaria en las 100 viviendas de la urbanización frente al 46% de la electricidad generada por los módulos fotovoltaicos. Con esto, se alcanza una fracción renovable de 0.46.

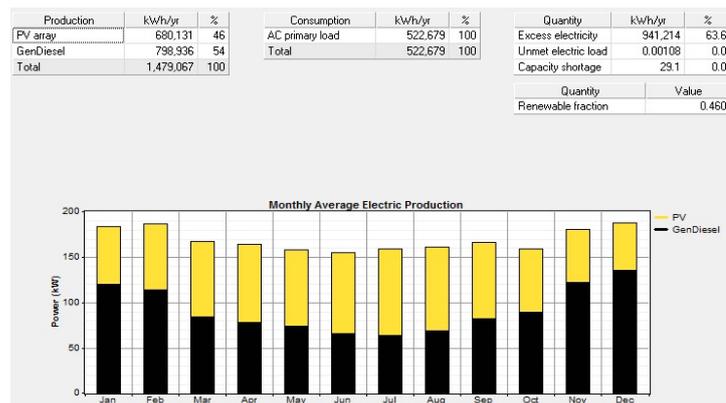


Imagen 29: Producción eléctrica promedio mensual de alternativa 3 en HOMER

Un sistema híbrido con módulos fotovoltaicos sin sistema de acumulación, no es una configuración eficiente en la generación eléctrica, puesto que dicha electricidad producida por la fuente solar se debe consumir al instante, no pudiendo utilizarla para abastecer las viviendas en horas nocturnas.

Para hacer un análisis más profundo de los pros y contras de cada una de las 3 alternativas escogidas, se procederá la aplicación del método multicriterio AHP, obteniendo como resultado la configuración más favorable para el abastecimiento eléctrico de la urbanización estudiada, según una serie de factores y criterios definidos.

3.3.- Aplicación AHP.

Para la selección de la mejor configuración de sistema híbrido que abastecerá la urbanización “La Macaria” en Albalat dels Sorells (Valencia), tras haber realizado un primer estudio tecno-económico con el software HOMER, se aplicará la herramienta para toma de decisiones AHP (AnalyticHierarchyProcess).

El modelo AHP formulado, se basa en una jerarquía de 4 niveles.

En el primer nivel, se tendrá el objetivo del proceso, el cual es la selección del mejor sistema híbrido para el abastecimiento eléctrico de 100 viviendas en Albalat dels Sorells.

El nivel segundo de la jerarquía está compuesto por 4 criterios diferenciados; económicos, tecnológicos, medioambientales y sociales.

3.3.1.- Selección de Criterios:

De cada criterio se le deriva una serie de subcriterios que compondrán el tercer nivel. Dichos subcriterios han sido seleccionados en base a la información dada por el análisis tecno-económico de HOMER, trabajos como (referencia) y lo aconsejado por el cotutor de éste proyecto:

C1.- Criterio económico: características económicas que definen las diferentes configuraciones híbridas:

- C1.1.- Inversión inicial: Desembolso asociado a la compra de los equipos, costes de instalación y materiales.
- C1.2.- Valor actual neto: Una herramienta financiera que nos da una estimación de la rentabilidad de una inversión o proyecto. Cuanto más positivo sea el VAN, mayor rentabilidad se obtendrá.
- C1.3.-COE: representa el coste en dólares de producción de 1 kW/h por parte de la instalación híbrida.

C2.- Criterio tecnológico: subcriterios que intentan resumir los beneficios e inconvenientes técnicos de las diferentes alternativas:

- C2.1.- Madurez: Representa el avance tecnológico en y la disponibilidad en el mercado.
- C2.2.- Exceso de electricidad: Cantidad de kWh producidos en la instalación que no se llega a consumir.
- C2.3.-Autonomía: capacidad de cada instalación de abastecer eléctricamente a las viviendas cuando no es capaz de generar los kWh suficientes.

C3.- Criterio medioambiental: Bloque de subcriterios que pretende evaluar las consecuencias negativas para el medio ambiente de cada configuración híbrida:

- C3.1.- Fracción Renovable: Mide la cantidad de electricidad en tanto por uno generada por fuentes renovables.
- C3.2.- Emisiones: Cantidad de dióxido de carbono emitido a la atmósfera como consecuencia de la generación eléctrica.
- C3.3.- Impacto: Medida del impacto de las instalaciones híbridas en el ecosistema.

C4.- Criterio Social: se querrá evaluar el impacto de las diferentes alternativas en la sociedad:

- C4.1.- Aceptación pública: opinión de la sociedad frente a un tipo de tecnología.
- C4.2.- Creación de empleo: empleabilidad del tipo de instalación estudiada.

Criterio	Subcriterio
C1.-Económico	C1.1.-Inversión inicial C1.2.-VAN C1.3.-COE C1.4.-Coste fuel
C2.Tecnológico	C2.1.-Madurez tecnología C2.2.-Exceso electricidad C2.3.-Autonomía
C3.Medio Ambiental	C3.1.-Fracción Renovable C3.2.-Emisiones C3.3.-Impacto medioambiental
C4.Social	C4.1.-Aceptación pública C4.2.-Creación de empleo

Tabla 3: Resumen de los Criterios del modelo AHP

3.3.2.- Esquema Jerárquico:

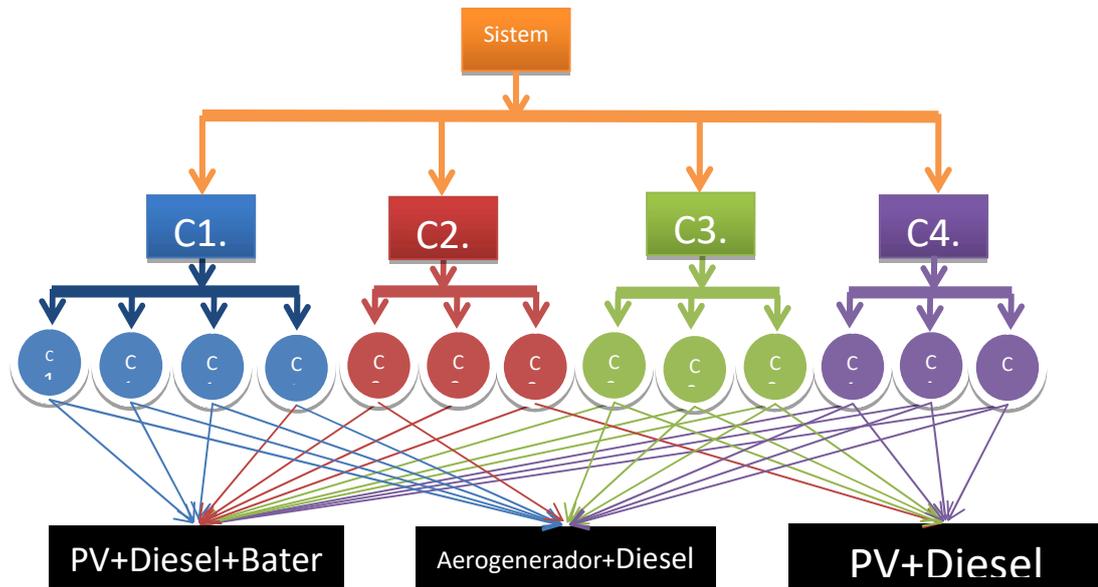


Imagen 29: Esquema jerárquico AHP del sistema híbrido

Para la aplicación del método analítico jerárquico en este sistema, se hará uso del software *SUPER DECISIONS*, un programa gratuito desarrollado por *CDF (CreativeDecisionsFoundation)*, una organización fundada por Thomas L. Saaty para la implementación del método de toma de decisiones AHP mediante software.

El siguiente esquema representa el esquema jerárquico del método AHP aplicado en el presente caso de estudio mediante el software *SUPER DECISIONS*, donde se puede apreciar el nivel superior con el objetivo del método, el primer nivel (criterios) con los diferentes criterios que definen el sistema, el segundo nivel con los subcriterios derivados de cada subcriterios y un tercer nivel compuesto por las tres alternativas de configuraciones híbridas.

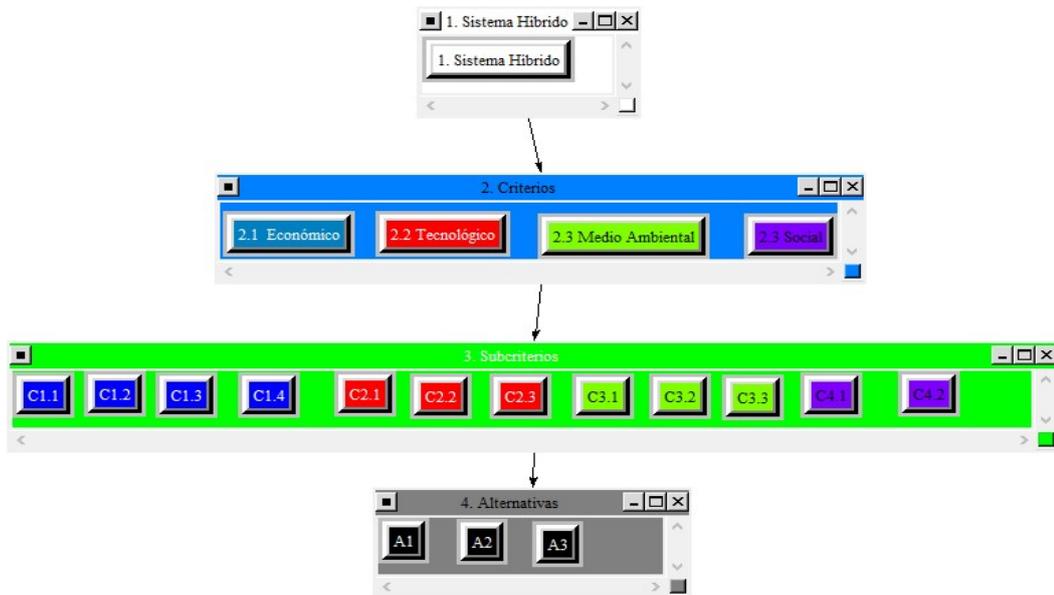


Imagen 30: Esquema jerárquico AHP del sistema híbrido mediante SUPER DECISIONS

3.3.3- Asignación de prioridades.

Tras haber definido el mapa jerárquico del sistema con sus criterios y subcriterios, se procederá a ponderar los elementos del primer y segundo nivel mediante comparaciones pareadas. Dichas comparaciones se harán por parejas en el primer nivel, asignando la prioridad relativa de un criterio sobre el otro respecto al sistema híbrido, para posteriormente hacer lo mismo en el segundo nivel con los subcriterios.

Para el nivel inferior, se compararán las tres alternativas, ponderando sus pesos de importancia respecto a cada subcriterio.

La asignación de los pesos se realizará haciendo referencia a la evaluación del modelo previamente hecha por el experto en Energías Renovables. En este caso, se contará con la valoración subjetiva e imparcial de David Alfonso Solar, Doctor en Ingeniería Industrial y Profesor del Instituto de Ingeniería Energética de la Universitat Politècnica de Valencia, especializado en energías renovables, el cual ha contestado el cuestionario adjunto al final del presente documento.

El cuestionario se basa en la escala subyacente creada por Thomas L. Saaty para calificar las preferencias relativas de los dos elementos comparados, que relaciona cada valoración verbal con un valor numérico asociado.

<i>Escala</i>	<i>Descripción</i>
1	igual de importante
3	moderadamente más importante
5	fuertemente más importante
7	muy fuertemente más importante
9	extremadamente más importante

Tabla 4: Escala valoración verbal para asignación de prioridades en método AHP

En términos de calidad de decisión, una consideración importante a tener en cuenta es la consistencia de los juicios realizados por el decisor en las comparaciones pareadas. Es muy difícil que haya una consistencia perfecta en las decisiones tomadas por un ser humano, es por ello que el método AHP calcula un grado de inconsistencia entre las opiniones pareadas, el cual si es aceptable, se puede seguir con el proceso. En caso contrario, el decisor debe reconsiderar y modificar su juicio a la hora de asignar prioridades a los diferentes elementos.

El grado de inconsistencia se cuantificará mediante el RC (ratio de consistencia), el cual será aceptable siempre y cuando sea inferior a ciertos valores, que dependen del tamaño de la matriz:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54

Imagen 31: Ecuaciones Ratio Consistencia de método AHP

Donde RI es el índice de ruido aleatorio, definido como consistencia media de estimaciones hechas al azar. El índice de consistencia media CI de la matriz de comparaciones pareadas, con lambda_max como valor máximo del autovector de la matriz y (n) el orden de la matriz.

n	3	4	5 o mayor
CR	0,05	0,09	0,1

Tabla 5: Resumen inconsistencias límite para matrices de tamaño n en método AHP

Se empezará asignando las prioridades correspondientes al primer nivel, compuesto por criterios; económicos (C1), tecnológicos (C2), medioambientales (C3) y sociales (C4).

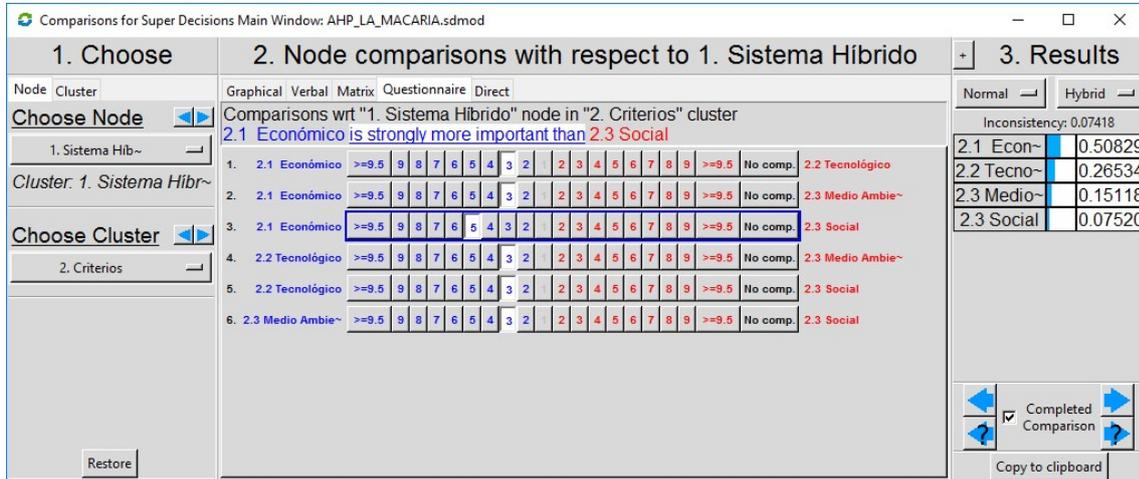


Imagen 32: Prioridades criterios primer nivel.

Como se puede observar en la imagen anterior, el resultado de la valoración del decisor en el cuestionario para los elementos del primer nivel respecto del sistema híbrido será:

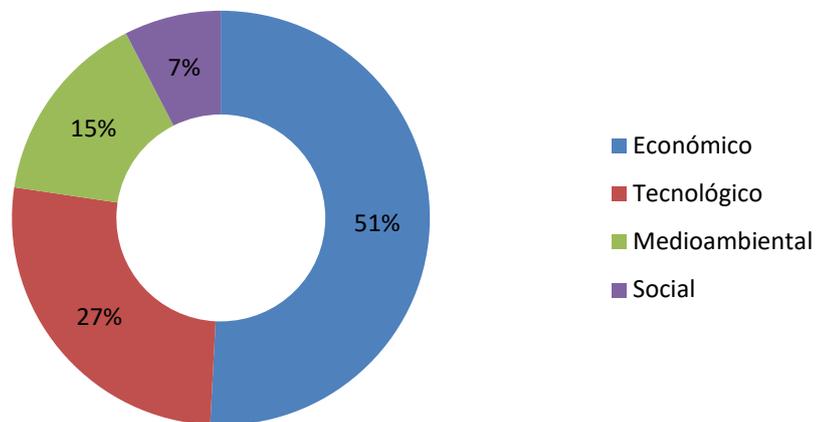


Imagen 33: Porcentajes de prioridad criterios

El ratio de inconsistencia calculado por el software en este primer nivel es de $0.07418 < 0.09$, por tanto cumple con la condición de consistencia para matrices 4×4 .

A continuación se introducirán las prioridades obtenidas en el cuestionario, para el segundo nivel, donde se comparan por parejas los subcriterios asociados al criterio económico; Inversión inicial (C1.1), VAN (C1.2), COE (1.3) y coste del fuel (C1.4).

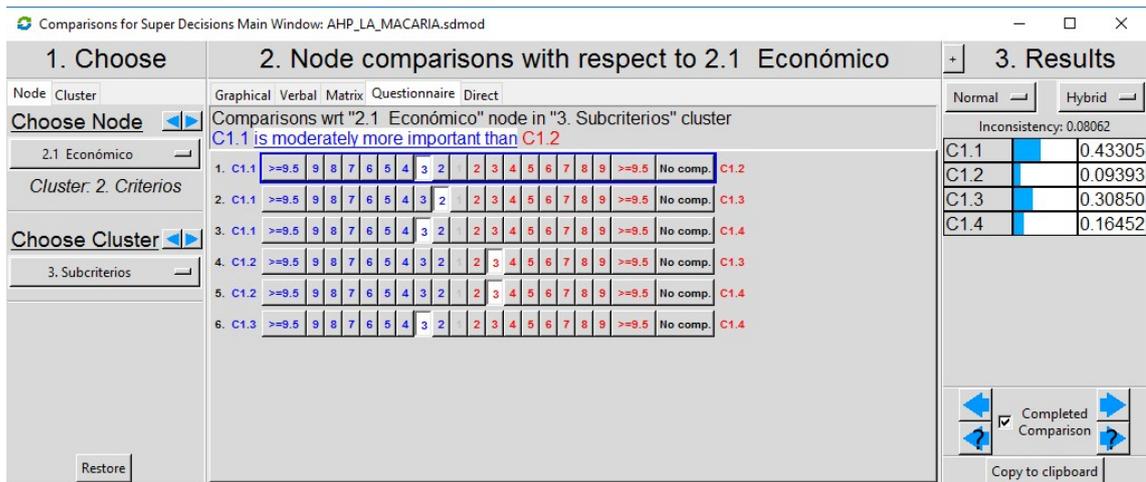


Imagen 34: Prioridades subcriterios segundo nivel económico.

Se ha obtenido como resultado los siguientes pesos locales para los subcriterios económicos, donde destaca la importancia de la inversión inicial en la instalación.

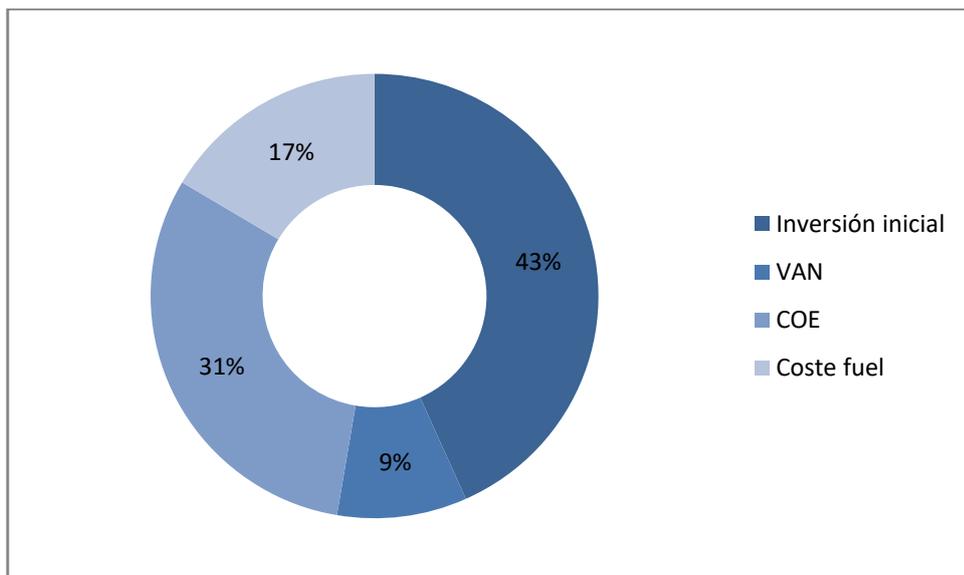


Imagen 35: Porcentajes de prioridad subcriterios económicos

Esta asignación de prioridades cumple con el criterio de consistencia, teniendo un ratio calculado de $0.08 < 0.9$ para matrices 4x4.

Para la asignación de pesos correspondientes al criterio tecnológico, se introducirá en el software la valoración del decisor para los subcriterios; madurez tecnológica (C2.1), exceso de electricidad (C2.2) y autonomía (C2.3).

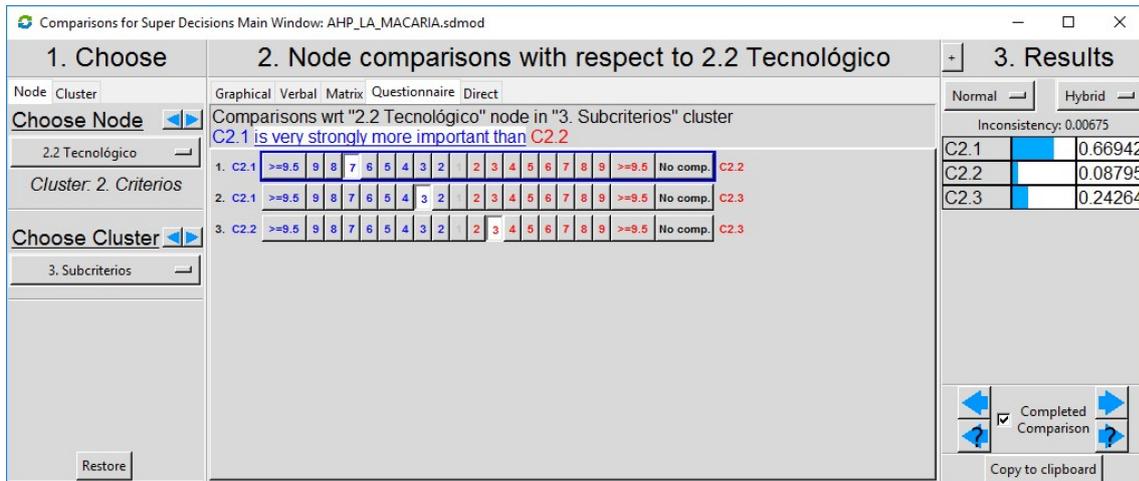


Imagen 36: Prioridades subcriterios segundo nivel tecnológico.

Se obtienen una clara mayor importancia para la madurez de las tecnologías utilizadas en el sistema híbrido, y una menor importancia a la hora de producir electricidad en exceso.

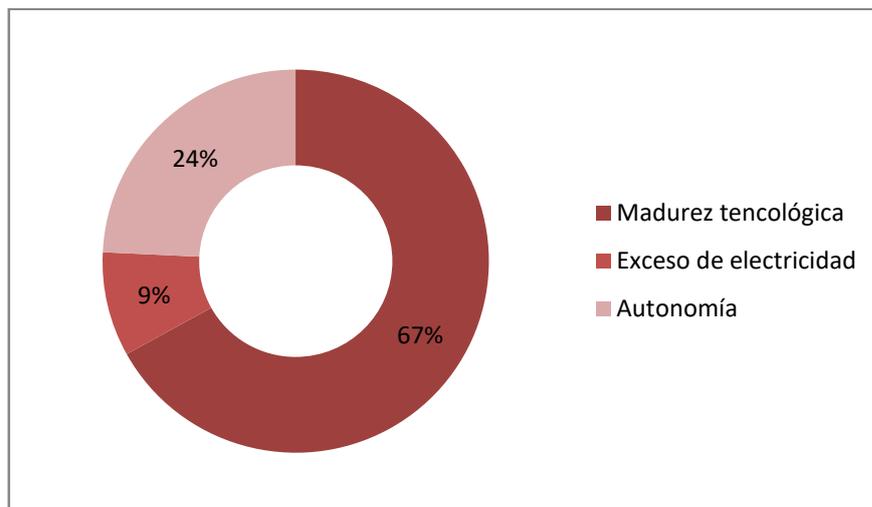


Imagen 37: Porcentajes de prioridad subcriterios tecnológicos

El ratio de inconsistencia calculado por el software es muy bajo, mucho menor que el 0.05 establecido como máximo consistente para matrices 3x3.

A continuación se procederá a introducir las prioridades asignadas a cada subcriterio medioambiental, referidas al cuestionario del decisor; fracción renovable (C3.1), emisiones de CO₂ (C3.2) e impacto medioambiental (C3.3).



Imagen 38: Prioridades subcriterios segundo nivel medioambiental.

Respecto a los subcriterios medioambientales, es importante que cuanto mayor sea la cantidad de energía eléctrica generada desde fuentes renovables, mejor será la configuración híbrida.

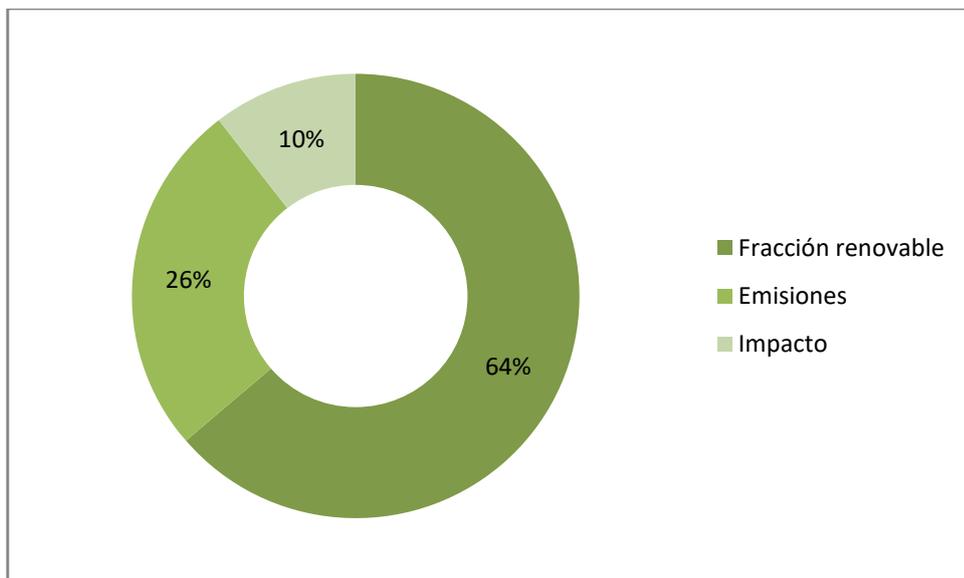


Imagen 39: Porcentajes de prioridad subcriterios medioambientales

La valoración del experto en energías renovables respecto al ámbito medioambiental tiene una inconsistencia de 0.03, menor al 0.05 exigido, por tanto cumple el requisito de consistencia.

Para que el software contemple los subcriterios asociados al criterio social, se deberán introducir los pesos dados por el cuestionario; Aceptación pública (C4.1) y creación de empleo (C4.2).

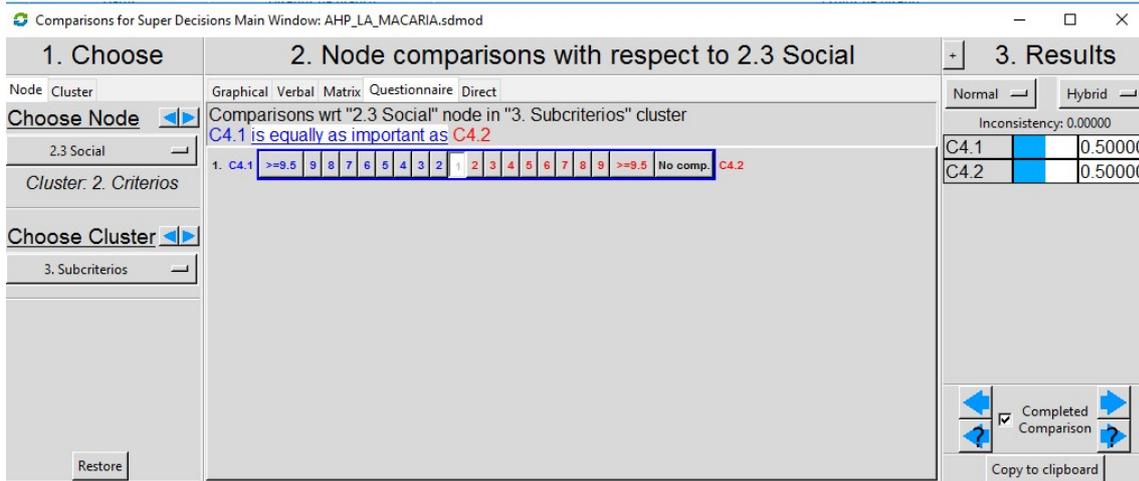


Imagen 40: Prioridades subcriterios segundo nivel social

Según el criterio del experto, tiene la misma importancia la aceptación pública de las distintas tecnologías que componen el sistema híbrido y la cantidad de empleo que pueda generar.

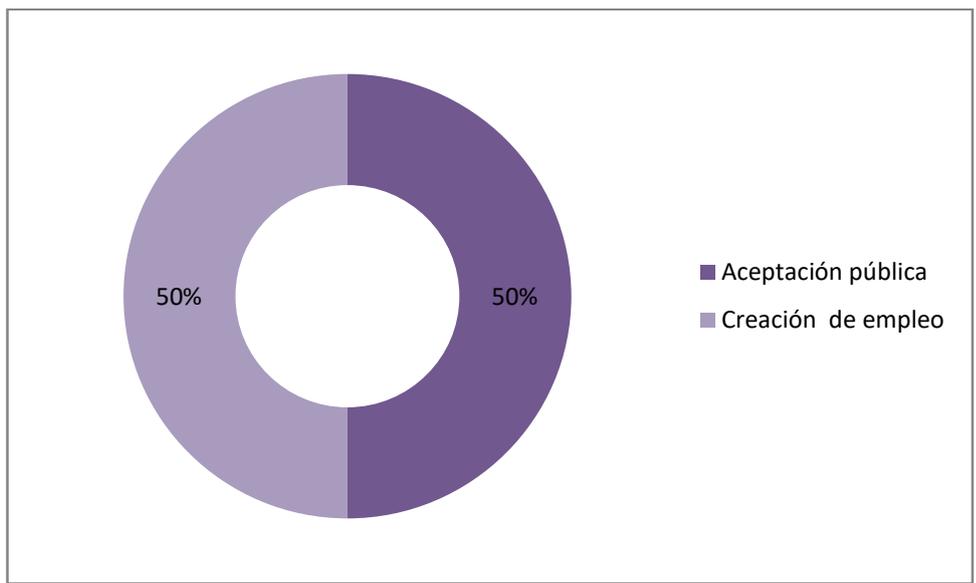


Imagen 41: Porcentajes de prioridad subcriterios sociales

Al ser una matriz 2x2, la inconsistencia siempre tenderá a ser nula.

Para la asignación de prioridades del nivel inferior, se harán comparaciones pareadas de las tres alternativas que componen este nivel respecto a las características o actuación en cada uno de los subcriterios del segundo nivel. El en segundo nivel se pueden diferenciar dos tipos de subcriterios;

- Subcriterios cuantitativos: aquellos subcriterios que tienen un valor numérico asociado a cada alternativa, respecto del cual se valora la prioridad en el nivel inferior. (p.ej. La inversión inicial asociada a la alternativa 1 es de 1.024.205 \$)
- Subcriterios cualitativo: son aquellos subcriterios que no tiene un valor numérico asociado a cada alternativa, su prioridad respecto a las alternativas dependerá de la valoración del experto en el cuestionario de forma verbal.(p.ej. El impacto medioambiental en una instalación de PV+Diésel+Batería es mayor que en una de Aerogenerador+Diesel+batería).

Las prioridades asociadas a subcriterios cuantitativos se introducirán en el software de forma directa con el valor numérico dado por el análisis tecno-económico con *HOMER* anteriormente estudiado. Se activará la casilla *INVERT* con aquellos subcriterios con prioridad inversa ($1/x$), es decir, que cuanto mayor sea el valor, peor.

Para los criterios cualitativos, se consultará el cuestionario dado por el experto en energías renovables, con el mismo procedimiento seguido para los niveles superiores.

A continuación se procede a introducir las prioridades de cada alternativa respecto a los subcriterios de índole económica:

Para el criterio C1.1, la inversión económica es un subcriterio cuantitativo con un valor numérico dado por HOMER, donde a mayor valor, peor actuación de la alternativa correspondiente, es por ello que se activará la casilla invert.

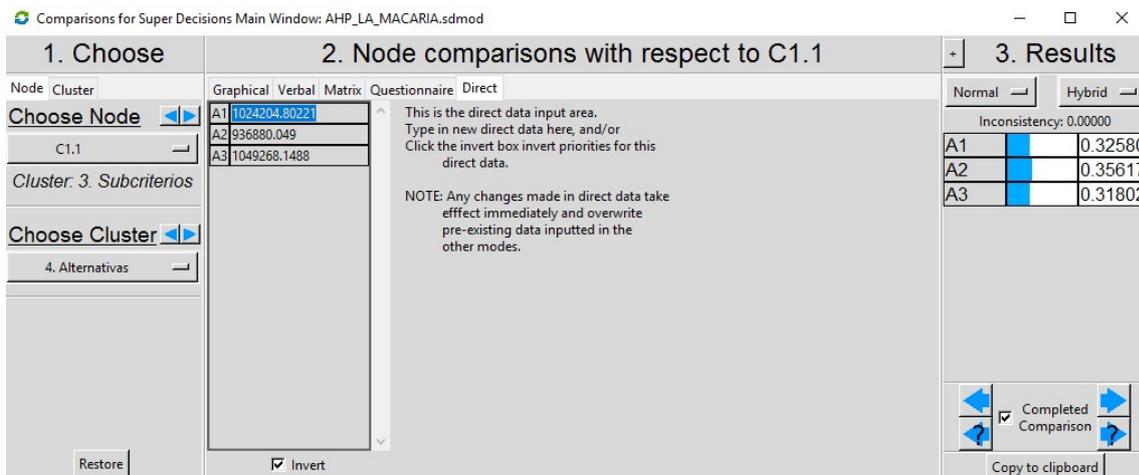


Imagen 42: Ponderación de alternativas respecto a la inversión inicial.

El resultado es muy igualado para las tres alternativas, dado que la inversión inicial no varía mucho con las distintas instalaciones, pero la balanza se decanta por la instalación de aerogenerador+generador diesel+baterías. Como la asignación de prioridades se apoya en valores numérico directos, cumple el criterio de consistencia con plenitud.

C1.1 Inversión inicial

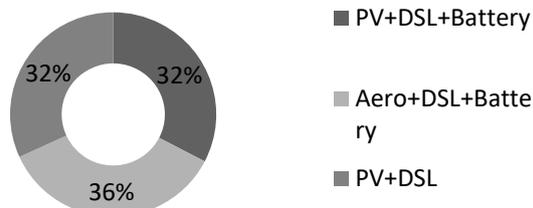


Imagen 43: Porcentajes de prioridades respecto a la inversión inicial

El subcriterio C1.2 también es cuantitativo, por tanto introduciremos los datos dados por HOMER de forma directa. Esta vez no se activará la casilla invert, dado que se prefiere tener mayor valor actual neto asociado a cada instalación híbrida.

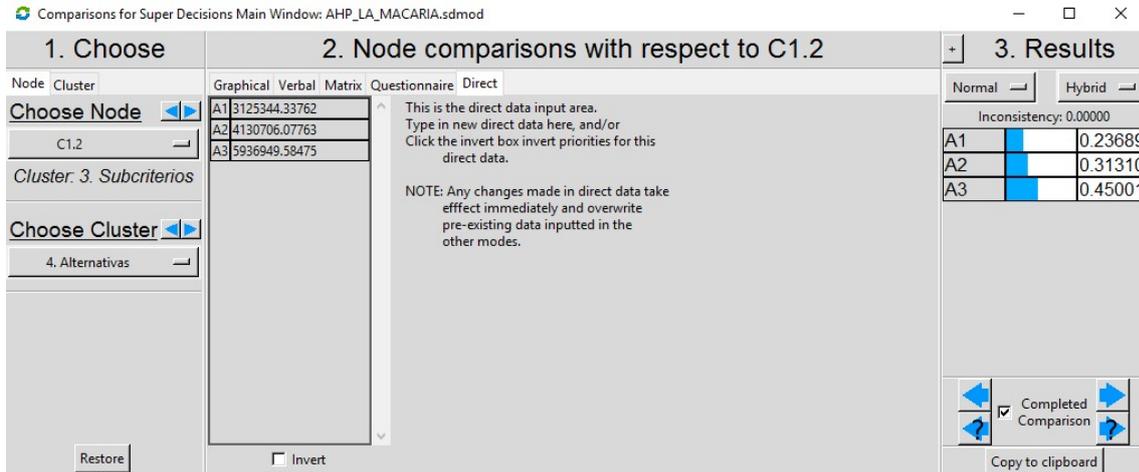


Imagen 44: Ponderación de alternativas respecto al VAN.

Como resultado, se aprecia que la alternativa de generador diésel más fotovoltaica sin sistema de acumulación se lleva el mayor peso de las tres configuraciones.

Al ser directa la introducción de los pesos, la inconsistencia es nula.

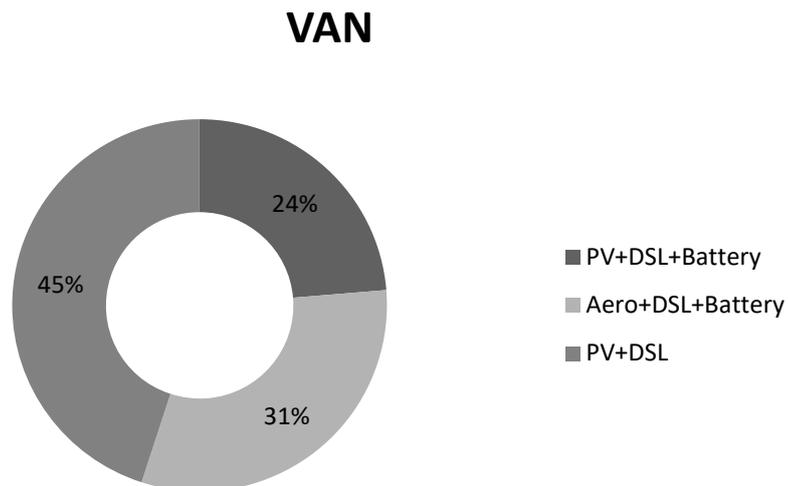


Imagen 45: Porcentajes de prioridades respecto al VAN

El siguiente subcriterio económico también tiene un valor numérico asociado, dado por HOMER, por lo que el procedimiento para la ponderación de las alternativas respecto al coste de producción del kWh es directo e inverso:

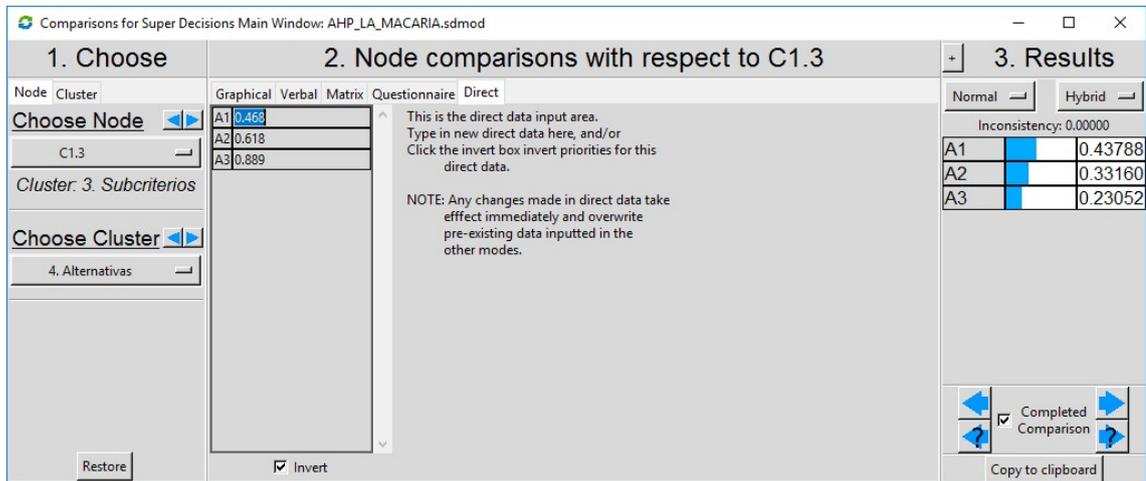


Imagen 46: Ponderación de alternativas respecto al COE.

Se puede apreciar como al ser más barata la generación de electricidad en la instalación fotovoltaica con diésel y baterías, esta alternativa cobra mayor importancia que las otras.

Al ser directa la introducción de los pesos, la inconsistencia es nula.

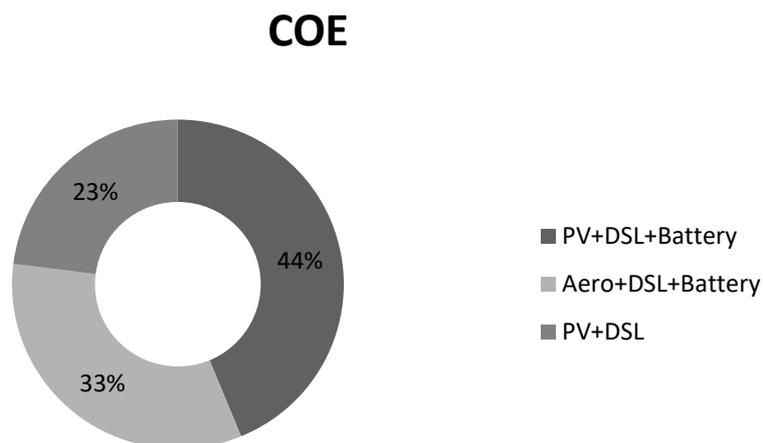


Imagen 47: Porcentajes de prioridades respecto al COE

El último subcriterio económico también es cuantitativo, por tanto se podrá ponderar las alternativas directamente y con la casilla de invert activada.

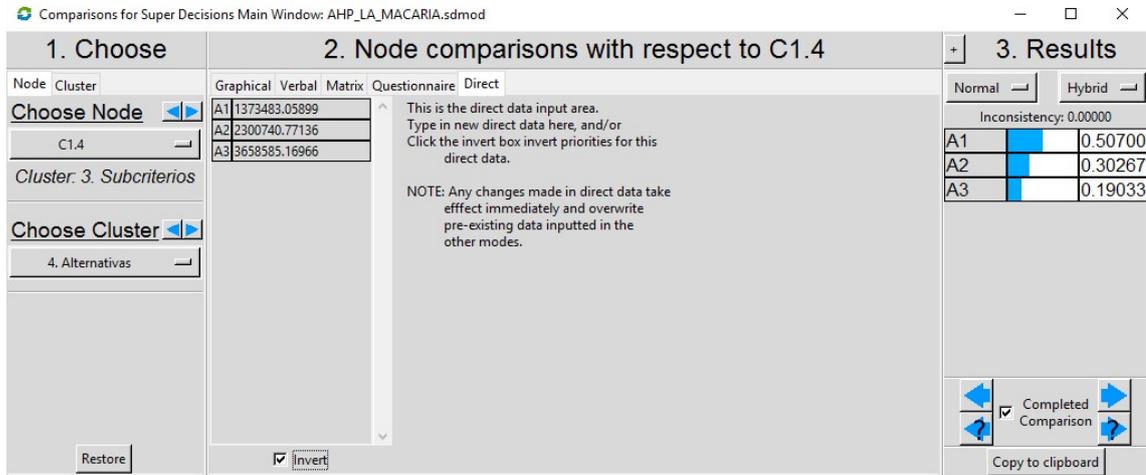


Imagen 48: Ponderación de alternativas respecto al coste de fuel.

La primera alternativa es la que consume menos litros de combustible anuales, por tanto recibe el mayor porcentaje de prioridad respecto a C1.4.

Al ser directa la introducción de los pesos, la inconsistencia es nula.

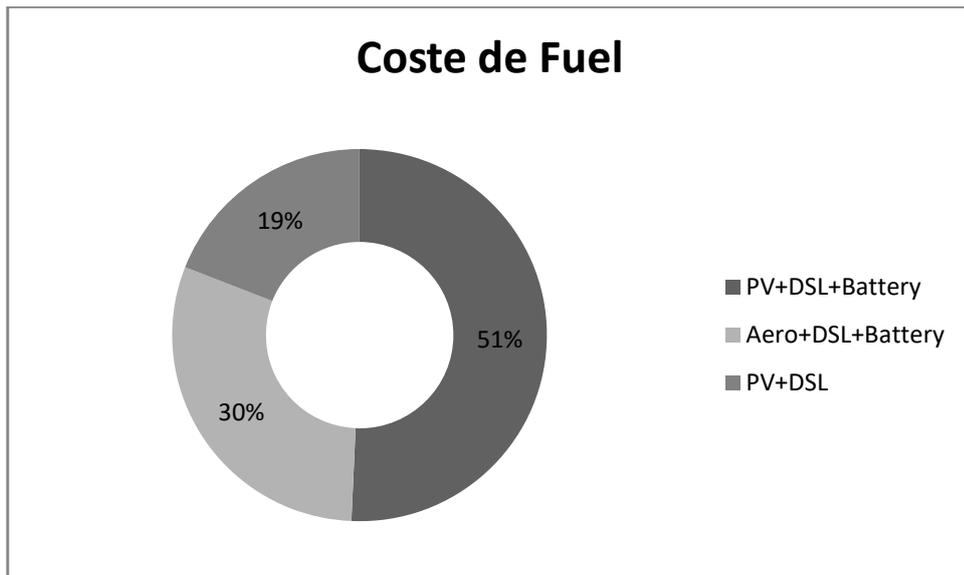


Imagen 49: Porcentajes de prioridades respecto al coste del fuel

Para el primer subcriterio tecnológico, se ha considerado que la madurez tecnológica se iba a valorar de forma cualitativa, por tanto se introducirán las prioridades de las alternativas respecto a éste mediante la consulta del cuestionario.

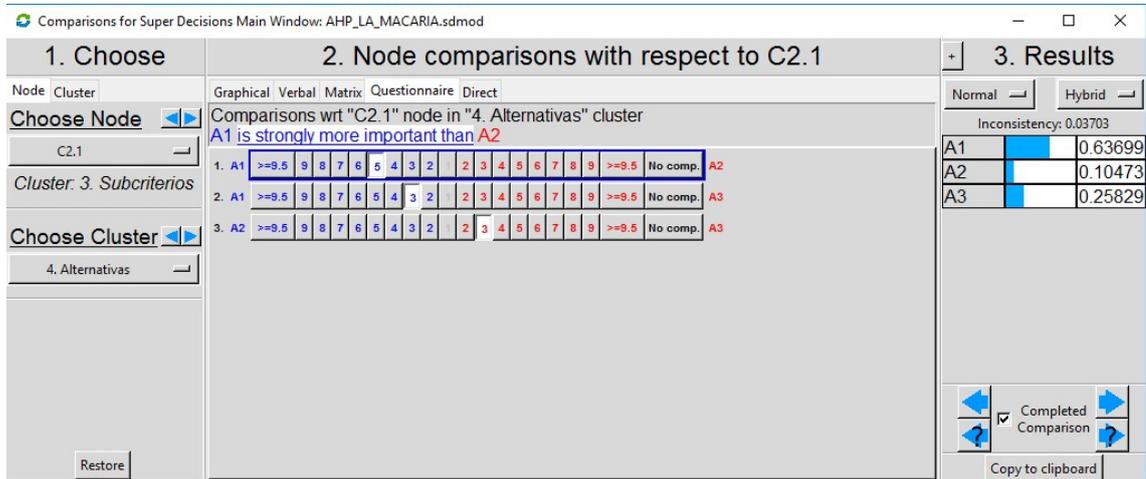


Imagen 50: Ponderación de alternativas respecto a la madurez tecnológica.

La alternativa primera, compuesta por módulos fotovoltaicos, generadores eléctricos y sistema de acumulación mediante baterías ha salido beneficiado en la comparación, siendo una configuración híbrida más sobria y utilizada en sistemas off-grid.

La asignación de pesos de alternativas para la madurez tecnológica es consistente, al tener un ratio de inconsistencia menor al 5% necesario.

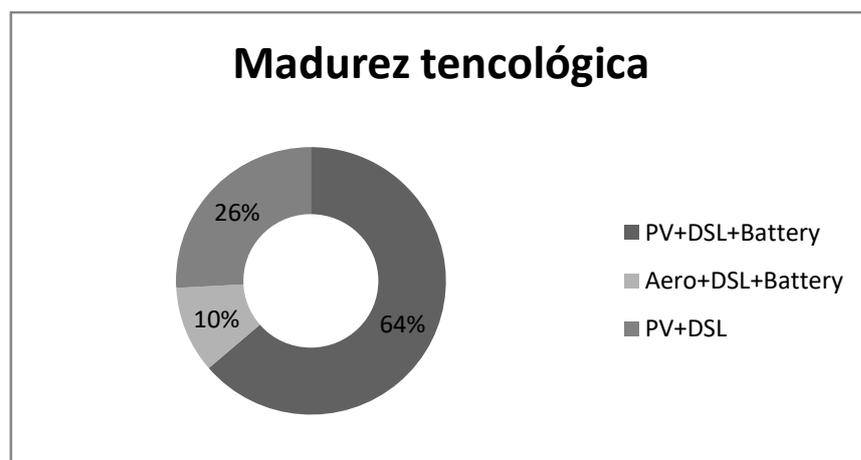


Imagen 51: Porcentajes de prioridades respecto a la madurez tecnológica

Para el exceso de electricidad, se han introducido directamente los valores de los kWh producidos de más por cada alternativa híbrida. Dichos valores son ofrecidos por HOMER en su análisis tecno-económico

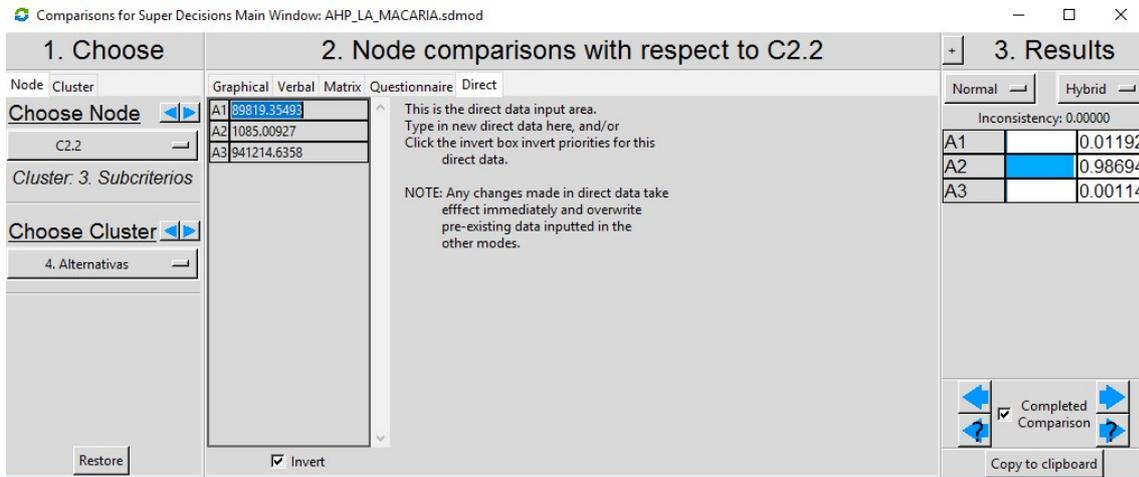


Imagen 52: Ponderación de alternativas respecto al exceso de electricidad.

Dada la poca cantidad de kilovatios hora producidos en exceso por la configuración eólica, ésta recibe el mayor porcentaje de importancia frente a este subcriterio, ya que cuanto mayor sea la electricidad desaprovechada, peor.

Al ser directa la introducción de los pesos, la inconsistencia es nula.

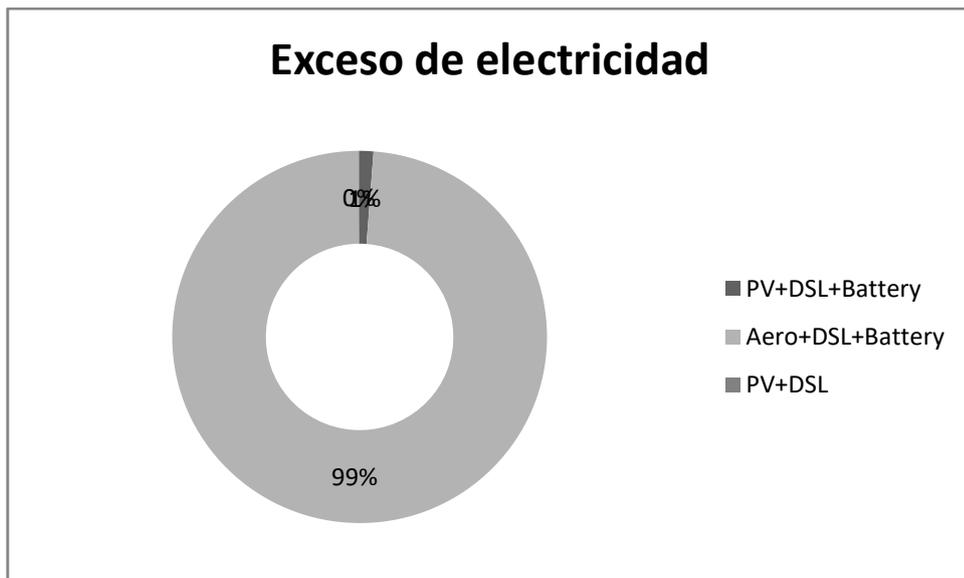


Imagen 53: Porcentajes de prioridades respecto al exceso de electricidad producida

La autonomía de las instalaciones para abastecer la demanda eléctrica se ha considerado un valor cualitativo, puesto que no hay ningún valor directo que se pueda consultar en el análisis anteriormente realizado.

La opinión del experto en energías renovables acerca de este tema se ve reflejada en la siguiente imagen:

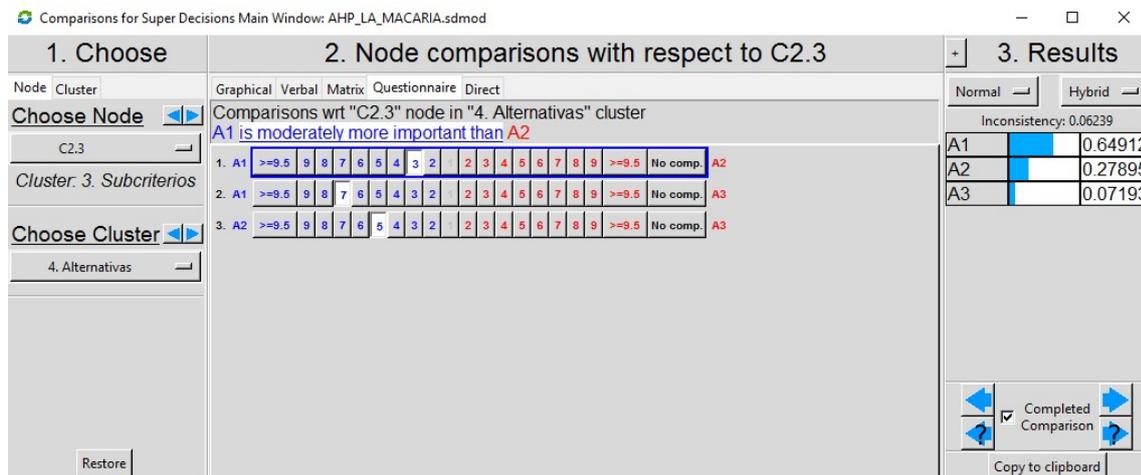


Imagen 54: Ponderación de alternativas respecto a la autonomía.

El sistema con módulos fotovoltaicos y acumulación de electricidad por baterías presenta una mayor autonomía relativa frente a las otras dos configuraciones.

El ratio de inconsistencia es un poco mayor al límite de 0.05, aun así, no se modifica por confianza en la opinión del experto.

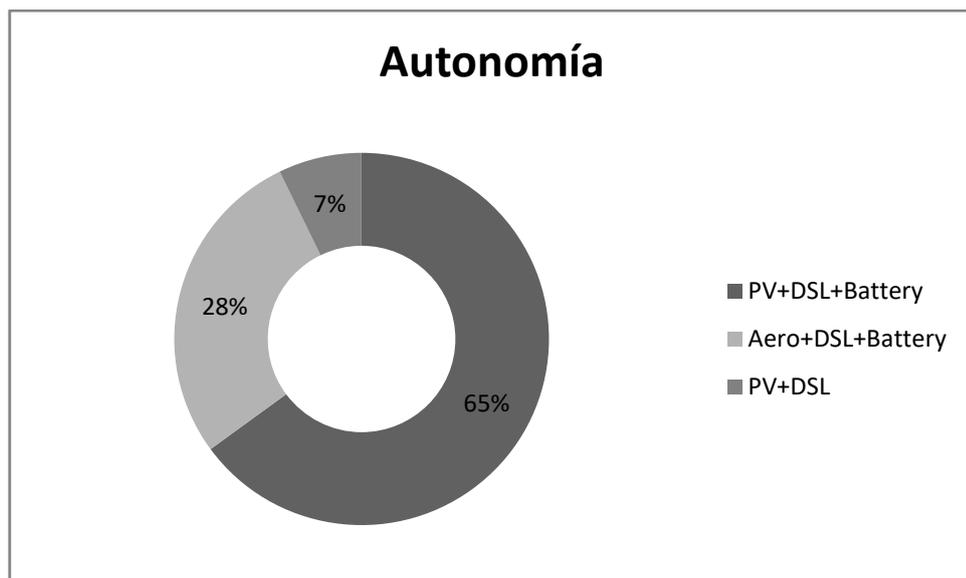


Imagen 55: Porcentajes de prioridades respecto a la autonomía

La fracción renovable es un subcriterio medioambiental clasificado como cuantitativo, dado que se puede consultar un valor numérico asociado a cada alternativa en el análisis con HOMER.

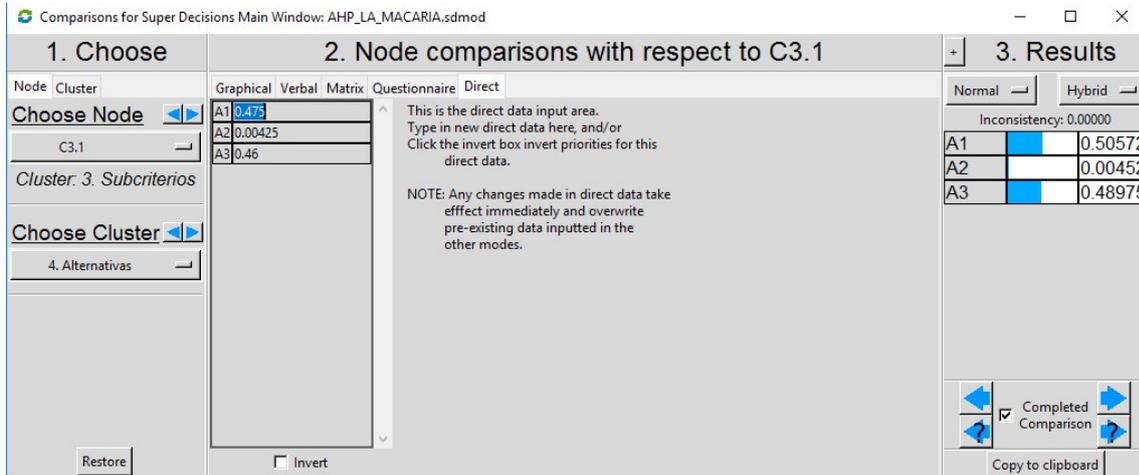


Imagen 56: Ponderación de alternativas respecto a la fracción renovable.

Las alternativas 1 y 3 son configuraciones muy parecidas, es por ello que generan casi la mitad de la electricidad total producida desde fuente renovable (solar).

Al ser directa la introducción de los pesos, la inconsistencia es nula.

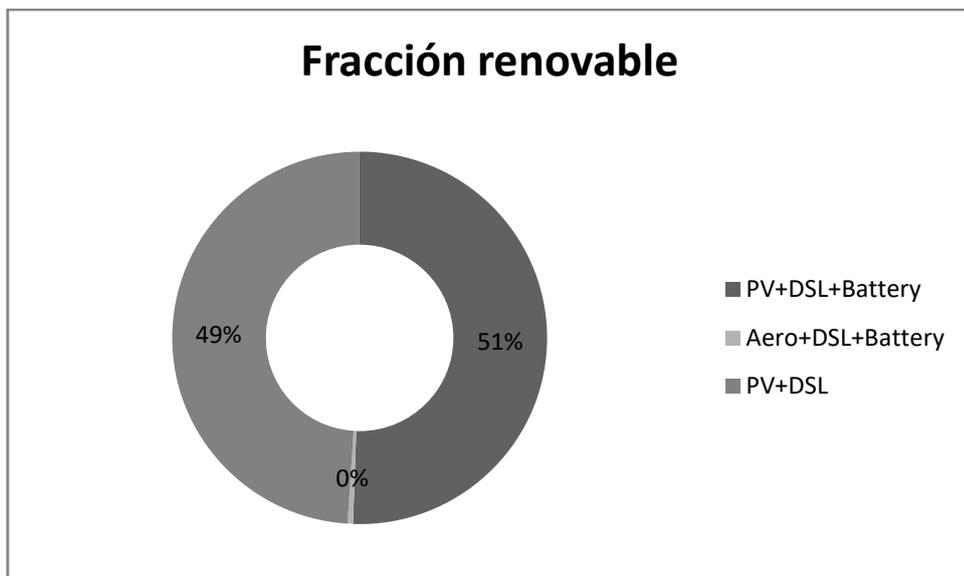


Imagen 57: Porcentajes de prioridades respecto a la fracción renovable

Para el subcriterio de las emisiones, se observará las cantidades de kg de dióxido de carbono emitidos a la atmósfera anualmente por las tres distintas combinaciones híbridas. Por tanto, se introducirán los valores directamente en el software, como subcriterio cuantitativo.

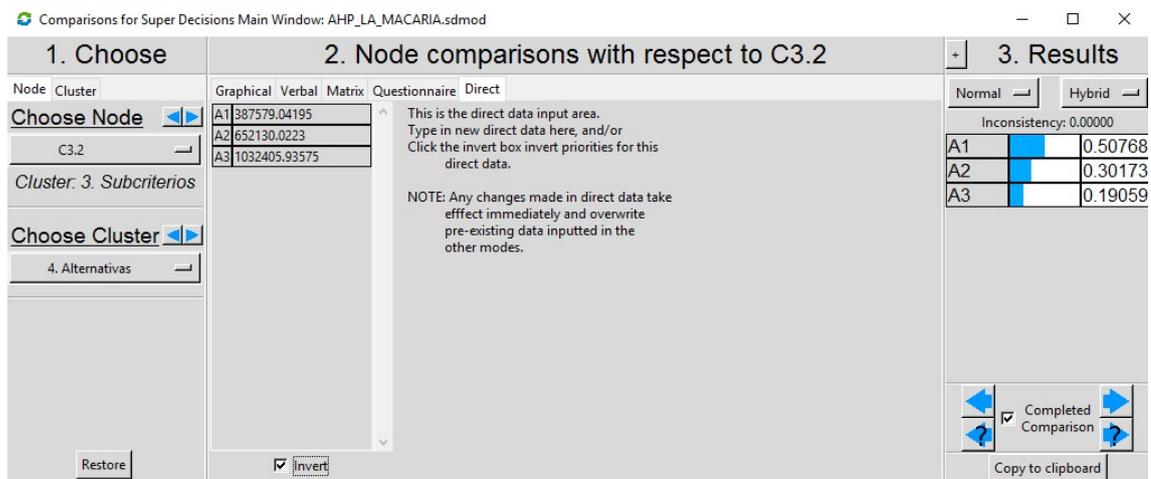


Imagen 58: Ponderación de alternativas respecto a las emisiones de CO₂.

Al utilizar menos cantidad de fuel en los equipos generadores eléctricos a diésel, se consigue menores emisiones de CO₂ en la alternativa 1, obteniendo así una prioridad relativa frente a las otras configuraciones.

Al ser directa la introducción de los pesos, la inconsistencia es nula.

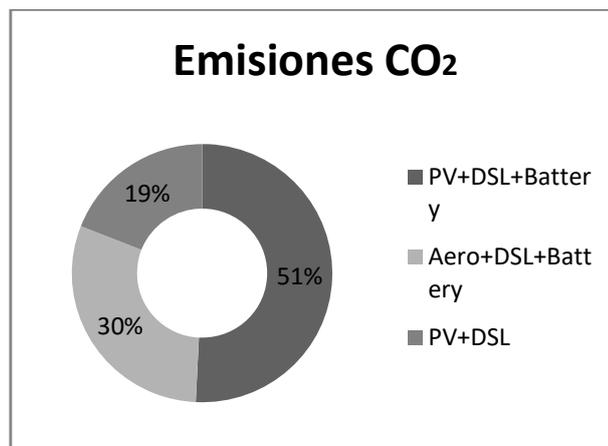


Imagen 59: Porcentajes de prioridades respecto a las emisiones de CO₂

El impacto medioambiental no se puede medir directamente, por lo que la asignación de los pesos de las alternativas respecto a este subcriterio se basará en la opinión transmitida vía cuestionario del experto y su experiencia en el campo renovable.

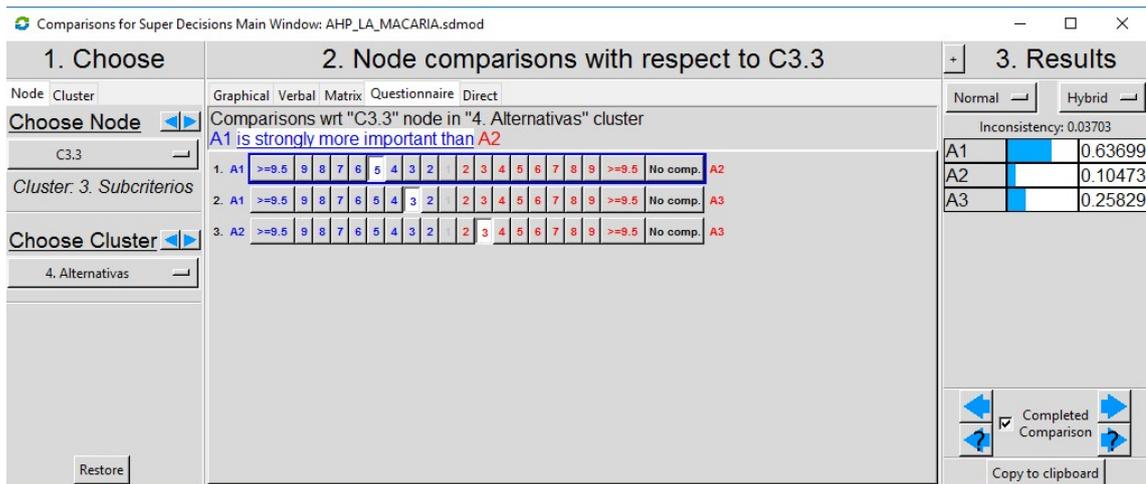


Imagen 60: Ponderación de alternativas respecto al impacto medioambiental

Según la experiencia del experto, la configuración 1 suele tener menor impacto en el medio ambiente que las otras dos alternativas, y así se ve reflejado en el porcentaje de importancia obtenido.

El criterio del decisor en este subcriterio cumple con el requisito de consistencia, siendo la inconsistencia de 0.037 menor a 0.05.

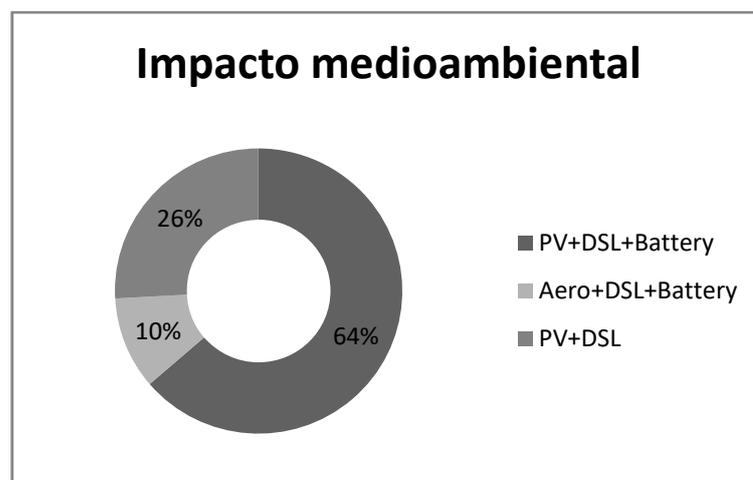


Imagen 61: Porcentajes de prioridades respecto al impacto medioambiental

La aceptación en la sociedad que puedan tener las diferentes instalaciones o tecnologías híbridas que compone el modelo se ha considerado un subcriterio social cualitativo, por lo que se procede a introducir los valores dados en el cuestionario.

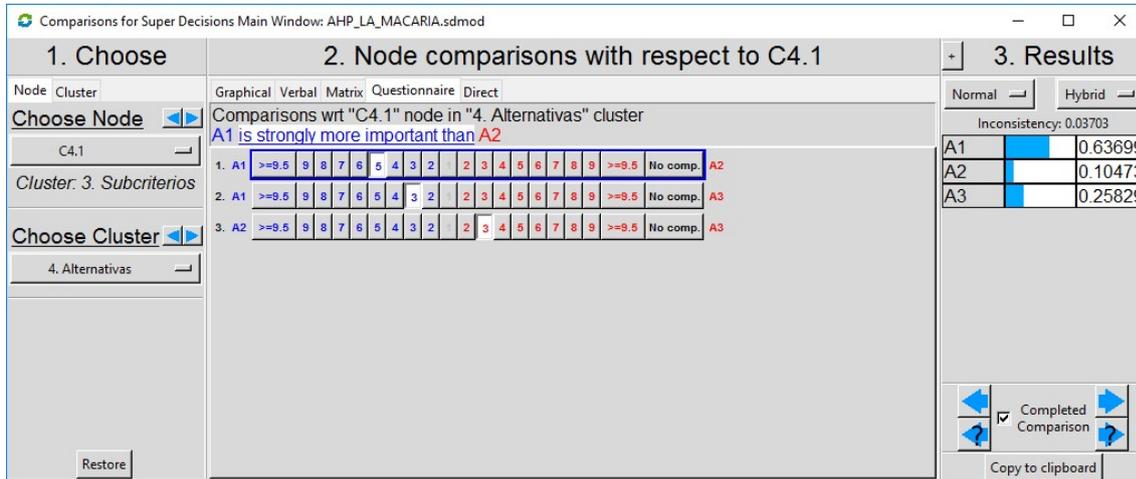


Imagen 62: Ponderación de alternativas respecto a la aceptación pública

Según lo respondido en el cuestionario por parte del experto, la primera alternativa obtendría mayor aceptación pública que las otras dos configuraciones.

El criterio de consistencia se ve cumplido por la inconsistencia menor al límite para matrices 3x3.

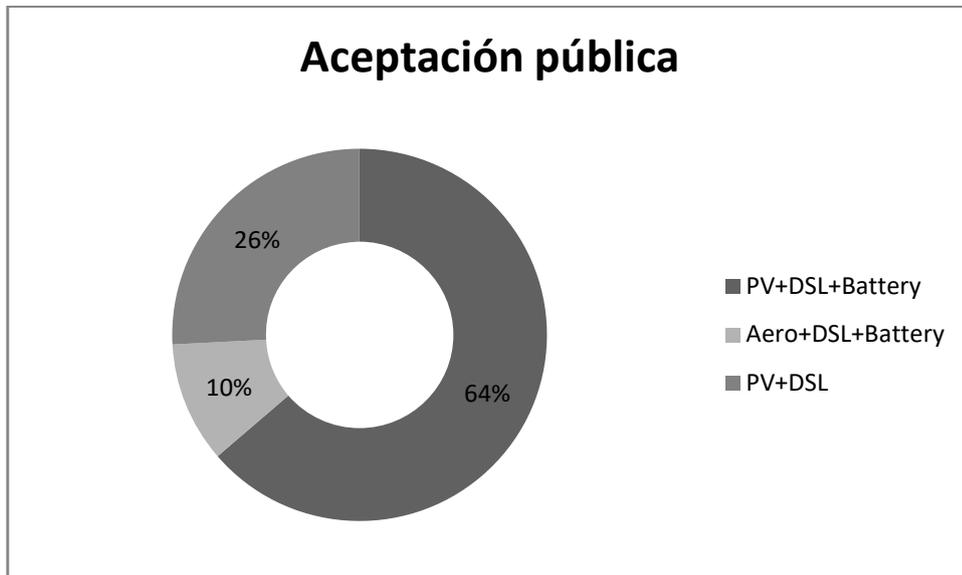


Imagen 63: Porcentajes de prioridades respecto a la aceptación pública

El último subcriterio social que se va a valorar, será la creación de empleo que pueda generar las distintas instalaciones de las tres alternativas escogidas. Este subcriterio también se considera cualitativo, y es por ello que se introducen la valoración verbal dada en el cuestionario.

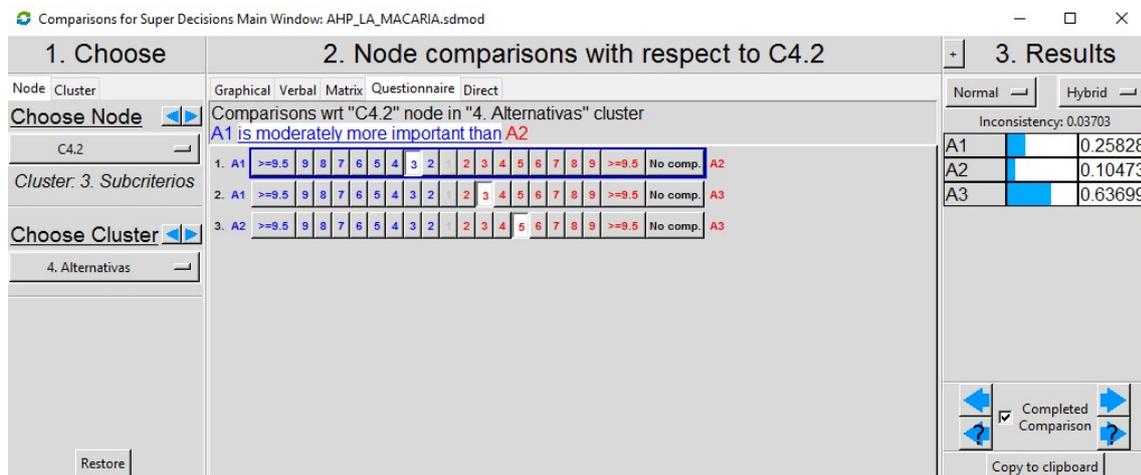


Imagen 64: Ponderación de alternativas respecto a la creación de empleo

Según la opinión del experto, la tercera alternativa con módulos fotovoltaicos, generadores eléctricos diesel y sin baterías generaría más puestos de trabajo que las otras dos instalaciones posibles.

El ratio de inconsistencia es menor al 0.05 requerido, es por ello que se cumple el criterio de consistencia.

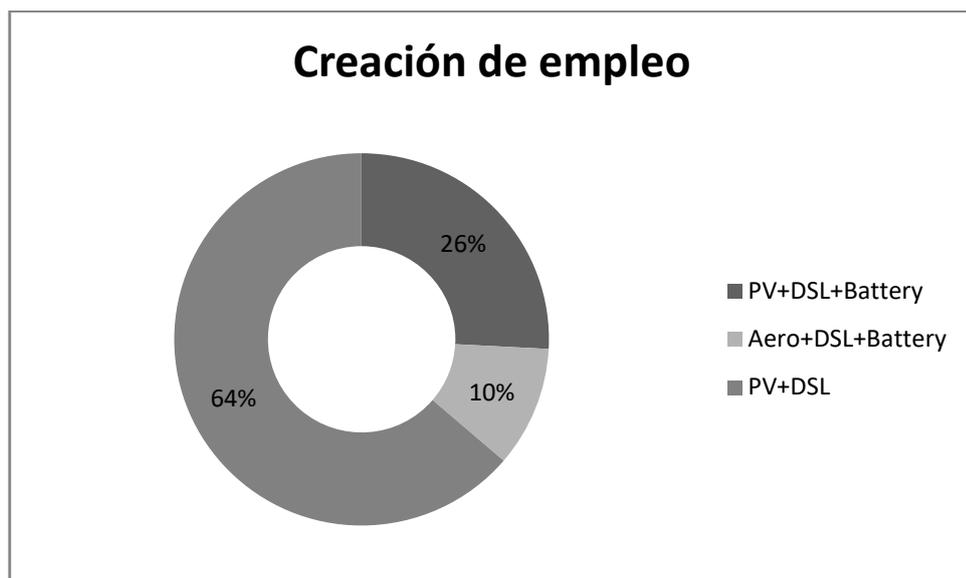


Imagen 65: Porcentajes de prioridades respecto a la creación de empleo

Con este último subcriterio, se finaliza la ponderación de las alternativas en el nivel inferior.

3.3.4.- Cálculo pesos globales.

Tras haber finalizado la asignación de pesos locales en el segundo y tercer nivel, y la ponderación de las alternativas, se procederá al cálculo final de los pesos globales que obtienen cada una de las alternativas estudiadas, y de ahí, la alternativa con mayor peso global, será la considerada “mejor” configuración para el sistema híbrido requerido.

	C1. Criterio económico				C2. Criterio tecnológico			C3. Criterio medioambiental			C4. Criterio social	
	50,83%				26,53%			15,12%			7,52%	
	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C3.1	C3.2	C3.3	C4.1	C4.2
Peso local	43%	31%	17%	9%	67%	9%	24%	63,70%	25,83%	10,47%	50%	50%
Peso global	21,86%	15,76%	8,64%	4,57%	17,78%	2,39%	6,37%	9,63%	3,90%	1,58%	3,76%	3,76%

Tabla 6: Matriz pesos segundo y tercer nivel

	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C2.1	C2.2	C2.3	C3.1	C3.2	C3.3	C4.1	C4.2
A1(%)	32,58%	23,69%	43,79%	50,70%	63,70%	1,19%	64,91%	50,57%	50,77%	63,70%	63,70%	25,83%
A2(%)	35,62%	31,31%	33,16%	30,27%	10,47%	98,69%	27,90%	0,45%	30,17%	10,47%	10,47%	10,47%
A3(%)	31,80%	45,00%	23,05%	19,03%	25,83%	0,11%	7,19%	48,98%	19,06%	25,83%	25,83%	63,70%

Tabla 7: Matriz pesos locales alternativas.

Para el cálculo de los pesos globales de cada alternativa, se utilizará la siguiente ecuación producto de un matriz y un vector:

$$\begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P'_1 \\ P'_2 \\ \dots \\ P'_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Pg_1 \\ Pg_2 \\ \dots \\ Pg_n \end{pmatrix}$$

Imagen 66: Ecuación cálculo pesos globales alternativas

Donde la primera matriz simboliza

$$\begin{matrix}
 & \text{Criterio 1} & \text{Criterio 2} & \dots & \text{Criterio } m \\
 \text{Alternativa 1} & P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1m} \\
 \text{Alternativa 2} & P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2m} \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\
 \text{Alternativa } n & P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nm}
 \end{matrix}$$

Donde P_{ij} es la prioridad de la alternativa i con respecto al criterio j , para $i = 1, 2, \dots, n$; $y j = 1, 2, \dots, m$.

Imagen 67: Matriz pesos locales de cada alternativa respecto a los subcriterios

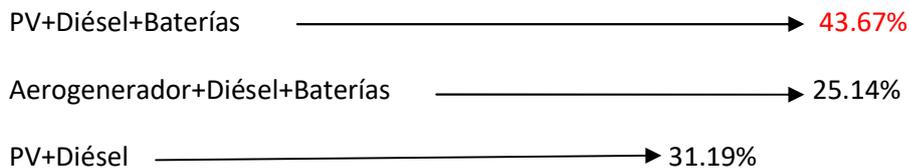
Y el vector es:

$$\begin{matrix}
 & \text{Meta} \\
 & \text{Global} \\
 \text{Criterio 1} & P'_1 \\
 \text{Criterio 2} & P'_2 \\
 \dots & \dots \\
 \text{Criterio } m & P'_m
 \end{matrix}$$

Donde m es el número de criterios y P'_i es la prioridad del criterio i con respecto a la meta global, para $i = 1, 2, \dots, m$.

Imagen 68: Vector pesos globales de cada subcriterio respecto al sistema híbrido

Como resultado se obtiene el vector de los pesos globales obtenidos por cada alternativa respecto a la meta global, que en éste caso será la mejor configuración de sistema híbrido para abastecer 100 viviendas aisladas en Albalatdelsorells:



El mismo resultado se obtiene abriendo la ventana de *Priorities* en el software *SuperDecisions*, donde muestra las prioridades globales correspondientes a las tres alternativas estudiadas.

Super Decisions Main Window: AHP_LA_MACARIA.sdmod... Here are the priorities.

Icon	Name	Normalized by Cluster	Limiting
No Icon	1. Sistema Híbrido	0.00000	0.000000
No Icon	2.1 Económico	0.50829	0.169429
No Icon	2.2 Tecnológico	0.26534	0.088445
No Icon	2.3 Medio Ambiental	0.15118	0.050392
No Icon	2.3 Social	0.07520	0.025067
No Icon	C1.1	0.22011	0.073371
No Icon	C1.2	0.04775	0.015915
No Icon	C1.3	0.15680	0.052268
No Icon	C1.4	0.08363	0.027875
No Icon	C2.1	0.17762	0.059207
No Icon	C2.2	0.02333	0.007778
No Icon	C2.3	0.06438	0.021460
No Icon	C3.1	0.09630	0.032099
No Icon	C3.2	0.03905	0.013016
No Icon	C3.3	0.01583	0.005278
No Icon	C4.1	0.03760	0.012533
No Icon	C4.2	0.03760	0.012533
No Icon	A1	0.46156	0.153855
No Icon	A2	0.25200	0.083999
No Icon	A3	0.28644	0.095480

Imagen 69: Ventana *Priorities* con el resultado del método AHP

Lo calculado con la ecuación de los pesos globales y lo calculado por el software *SuperDecisions* converge en la misma solución: La mejor configuración para nuestro sistema deseado es la alternativa 1 compuesto por módulos fotovoltaicos, generadores eléctricos diésel y sistema de acumulación por baterías.

Síntesis final.

Con la metodología propuesta para el estudio y dimensionado de sistemas híbridos aislados de la red, se han conseguido resultados satisfactorios. Se ha podido comprobar cómo, utilizando los recursos disponibles en la zona de AlbalatdelsSorells, es factible considerar otras opciones alternativas al uso de combustibles fósiles para la generación íntegra de la electricidad en viviendas aisladas. El estudio del potencial energético de la zona, ya advertía de que el recurso solar era muy aprovechable, donde la utilización de módulos fotovoltaicos reduciría la necesidad de utilizar generadores eléctricos diésel de gran tamaño, pudiéndose generar hasta la mitad de la electricidad con fuente renovable.

En el análisis tecno-económico realizado con HOMER, se ha podido comprobar que, pese a las buenas condiciones de las fuentes renovables en la zona, no es posible prescindir del combustible diésel para el abastecimiento eléctrico de cargas de media-baja aisladas, ya que mediante configuraciones con 100% fracción renovable, la demanda eléctrica no llegaría nunca a ser completamente abastecida. Además de esto, la utilización de un sistema de acumulación, en este caso con baterías, disminuye en gran medida los costes y las emisiones contaminantes para el medio ambiente, haciendo del sistema híbrido más eficiente y limpio.

Se han contemplado otros aspectos y factores que un análisis más allá del análisis tecno-económico gracias a la herramienta multicriterio AHP. Con ella, se puede asegurar con mayor exactitud que la configuración con módulos fotovoltaicos, generadores diésel y baterías es la mejor combinación de sistema híbrido para abastecer, de forma aislada de la red, las 100 viviendas unifamiliares que compondrán la urbanización de La Macaria. Gracias a la valoración subjetiva que contempla el método AHP, se puede añadir la experiencia y conocimientos de un experto en energías renovables, viéndose estos reflejados e implementados en el método de decisión.

Para concluir, la metodología que se ha diseñado en el presente trabajo demuestra que, para ciertas circunstancias, puede ser más beneficioso implementar un sistema híbrido aislado que la conexión directa con la red eléctrica para el abastecimiento de núcleos urbanos, ayudando a mejorar las condiciones económicas, sociales y principalmente, medioambientales.

Bibliografía:

- Luis Serrano Iribarnegaray, Javier Martínez Román. “Máquinas eléctricas” 3º Edición.
- Saaty T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill Book Co., N.Y.
- Salman Ahmad, Razman Mat Tahar. “*Selection of renewable energy sources for sustainable development of electricity generation system using analytic hierarchy process: A case of Malaysia*”
- Pablo Aragonés-Beltrán, Fidel Chaparro-González, Juan-Pascual Pastor-Ferrando, Andrea Pla-Rubio.” *An AHP (Analytic Hierarchy Process)/ANP (Analytic Network Process)-based multi-criteria decision approach for the selection of solar-thermal power plant investment projects*”.
- Casarotto.C.F., Romario. J.S., Collihuín. C.A. “*Evaluación de Sistemas Híbridos para electrificación de zonas remotas mediante HOMER*”.
- Luis David Guerra Baeza. “*Estudio de factibilidad técnico/económica de un sistema híbrido de generación de energía eléctrica para escuelas de Quinchao*”
- Laura Juan Escrivá. “*Aplicación del proceso analítico jerárquico al dimensionamiento de sistemas renovables*”.
- ECN Phyllis classification.
- Biomasa Forestal de la Comunidad Valenciana: Estado Actual y futuro.
http://www.agroambient.gva.es/documents/20551003/102695344/04_Aspectos_Legales_AV_EN/41226df8-a768-4c24-83e7-d550888a8007
- Guía básica de la generación distribuida. <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-basica-de-la-generacion-distribuida-fenercom.pdf>.
- Daniel Henríquez. Generación distribuida y microrredes.
http://www.renovae.org/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=104&Itemid=99999999.
- Geografía de Albalat dels Sorells. <http://www.albalatdelsorells.net/index.php/es/albalat-dels-sorells-es/municipio/geografia.html>
- Estadísticas demográficas Albalat dels Sorells.
http://www.argos.gva.es/bdmun/pls/argos_mun/DMEDB_MUNDATOSINDICADORES.DibujaPagina?aNMunId=46009&aNIndicador=3&aVLengua=V
- RETScreen.” <http://www.nrcan.gc.ca/energy/software-tools/7465>”
- Software HOMER.” http://www.homerenergy.com/HOMER_pro.html”.
- SuperDecisions.” <https://www.superdecisions.com/>”

Anexo I: Cuestionario del experto en energías renovables para método AHP

Cuestionario AHP

Instrucciones para el usuario:

El objetivo de este cuestionario es cuantificar el peso de cada criterio respecto al objetivo, el cual es la selección de la mejor alternativa de sistema híbrido renovable.

Los criterios más importantes se compararán entre sí por parejas, eligiendo el más importante de los dos y cuantificando cuánto más.

Seguidamente se compararán los subcriterios de cada criterio fundamental, debiéndose elegir uno de ellos en cada comparación por parejas, y cuantificar su importancia.

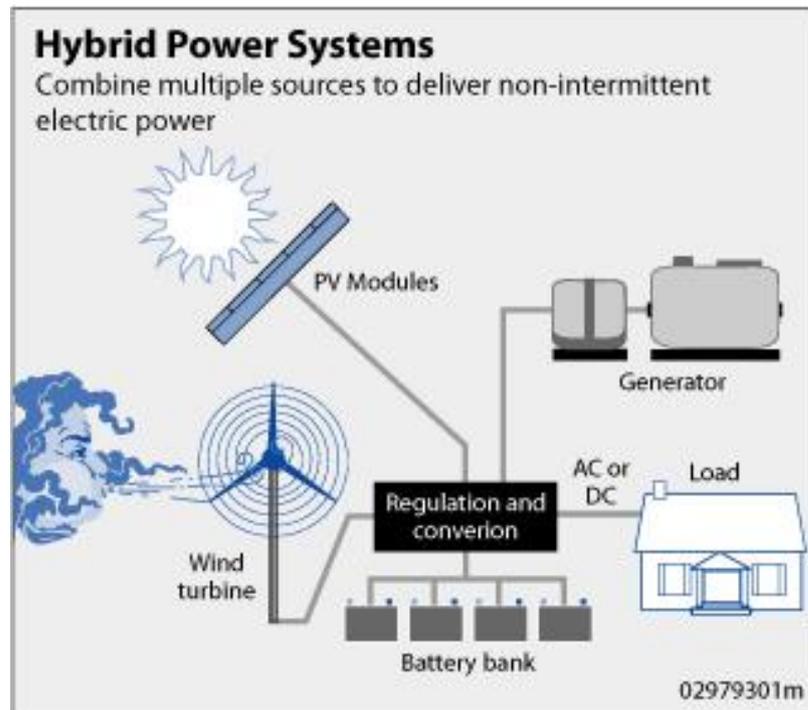
Las asignación de los pesos, ayudará a tomar la decisión de cuál será la mejor configuración de sistema híbrido para el caso de estudio.

<i>Escala</i>	<i>Descripción</i>
1	igual de importante
3	moderadamente más importante
5	fuertemente más importante
7	muy fuertemente más importante
9	extremadamente más importante

La tabla anterior servirá como referencia para comparar la importancia de un criterio sobre otro.

Criterio	Subcriterio
C1.-Económico	C1.1.-Inversión inicial
	C1.2.-VAN
	C1.3.-COE
	C1.4.-Coste fuel
C2.Tecnológico	C2.1.-Madurez tecnología
	C2.2.-Exceso electricidad
	C2.3.-Autonomía
C3.Medio Ambiental	C3.1.-Fracción Renovable
	C3.2.-Emisiones
	C3.3.-Impacto medioambiental
C4.Social	C4.1.-Aceptación pública
	C4.2.-Creación de empleo

Breve descripción de las alternativas:



La primera alternativa (ALT1) se basa en un sistema con módulos fotovoltaicos, generadores eléctricos diesel y sistema de almacenamiento de baterías.

La segunda alternativa (ALT3) está compuesta por aerogeneradores, generadores eléctricos diesel y sistema de almacenamiento de baterías.

La tercera alternativa (ALT4) tendrá módulos fotovoltaicos y generadores eléctricos, sin sistema de almacenamiento por baterías.

Descripción de los criterios:

C1.- Criterio económico: características económicas que definen las diferentes configuraciones híbridas:

- C1.1.- Inversión inicial: Desembolso asociado a la compra de los equipos, costes de instalación y materiales.
- C1.2.- Valor actual neto: Una herramienta financiera que nos da una estimación de la rentabilidad de una inversión o proyecto. Cuanto más positivo sea el VAN, mayor rentabilidad se obtendrá.
- C1.3.- COE: representa el coste en dólares de producción de 1 kWh por parte de la instalación híbrida.

C2.- Criterio tecnológico: subcriterios que intentan resumir los beneficios e inconvenientes técnicos de las diferentes alternativas:

- C2.1.- Madurez: Representa el avance tecnológico y la disponibilidad en el mercado.
- C2.2.- Exceso de electricidad: Cantidad de kWh producidos en la instalación que no se llega a consumir.
- C2.3.- Autonomía: capacidad de cada instalación de abastecer eléctricamente a las viviendas cuando no es capaz de generar los kWh suficientes.

C3.- Criterio medioambiental: Bloque de subcriterios que pretende evaluar las consecuencias negativas para el medio ambiente de cada configuración híbrida:

- C3.1.- Fracción Renovable: Mide la cantidad de electricidad en tanto por uno generada por fuentes renovables.
- C3.2.- Emisiones: Cantidad de dióxido de carbono emitido a la atmósfera como consecuencia de la generación eléctrica.
- C3.3.- Impacto: Medida del impacto de las instalaciones híbridas en el ecosistema.

C4.- Criterio Social: se querrá evaluar el impacto de las diferentes alternativas en la sociedad:

- C4.1.- Aceptación pública: opinión de la sociedad frente a un tipo de tecnología.
- C4.2.- Creación de empleo: empleabilidad del tipo de instalación estudiada.

Coloque una X en la casilla que usted crea conveniente.

Cuestionario Asignación de criterios

Criterios de Primer nivel:

Cuál cree usted que, de los siguientes dos criterios, es el más importante para la electrificación de una zona aislada de la red, mediante sistemas híbridos en Valencia:

A: Las características económicas del sistema

B: Las características tecnológicas del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Las características económicas del sistema

B: Las características medioambientales del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Las características económicas del sistema

B: Las características sociales

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		X		

A: Las características tecnológicas del sistema

B: Las características medioambientales

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Las características tecnológicas del sistema

B: Las características sociales

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Las características medioambientales del sistema

B: Las características sociales

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

Subcriterios segundo nivel:

Cuál cree usted que, de los siguientes dos subcriterios económicos, es el más importante para la electrificación de una zona aislada de la red, mediante sistemas híbridos en Valencia:

A: Las inversión inicial del sistema

B: El VAN asociado al sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Las inversión inicial del sistema

B: El coste de producción de 1 kWh por parte del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Las inversión inicial del sistema

B: El coste en fuel anual del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: El VAN asociado al sistema

B: El coste de producción de 1 kWh por parte del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	X

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: El VAN asociado al sistema

B: El coste en fuel anual del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	X

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: El coste de producción de 1 kWh por parte
 del sistema

B: El coste en fuel anual del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

Cuál cree usted que, de los siguientes dos subcriterios tecnológicos, es el más importante para la electrificación de una zona aislada de la red, mediante sistemas híbridos en Valencia:

A: Madurez tecnológica

B: Exceso de electricidad producida

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
			X	

A: Madurez tecnológica

B: Autonomía del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Exceso de electricidad producida

B: Autonomía del sistema

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	X

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

Cuál cree usted que, de los siguientes dos subcriterios medioambientales, es el más importante para la electrificación de una zona aislada de la red, mediante sistemas híbridos en Valencia:

A: Fracción renovable

B: Emisiones de CO2

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

A: Fracción renovable

B: Impacto medioambiental

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		X		

A: Emisiones de CO2

B: Impacto medioambiental

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
X	

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	X			

Cuál cree usted que, de los siguientes dos subcriterios medioambientales, es el más importante para la electrificación de una zona aislada de la red, mediante sistemas híbridos en Valencia:

A: Aceptación social de la tecnología

B: Creación de puestos de trabajo

¿Cuánto más importante?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	x

igual de importante	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
x				

Asignación de pesos en último nivel entre alternativas.

En este apartado, el usuario deberá tener en cuenta solo aquellos subcriterios cualitativos, puesto que los cuantitativos se asignaran respecto a sus valor asociado a cada alternativa.

Subcriterios:

C1.1-Inversión inicial: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, peor.

C1.2.- VAN: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, mejor.

C1.3. Coste electricidad: a mayor valor, peor.

C1.4.-Coste Fuel: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, peor.

C.2.1.- Madurez de la tecnología: Subcriterio cuantitativo.

Entre las siguientes alternativas, cuál cree usted que cumple mejor el subcriterio C.2.1. ?

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		x		

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

A: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	x

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

C.2.2.- Exceso de electricidad: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, peor.

C.2.3.- Autonomía: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, mejor.

Entre las siguientes alternativas, cuál cree usted que

cumple mejor el subcriterio C.2.3. ?

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
			x	

A: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	x

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		x		

C.3.1.- Fracción renovable: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, mejor.

C.3.2.- Emisiones: Subcriterio cuantitativo, a mayor valor, peor.

C.3.3.- Impacto medioambiental: Subcriterio cualitativo.

Entre las siguientes alternativas, cuál cree usted que cumple mejor el subcriterio C.3.3?

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		x		

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

A: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	x

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

C.4.1-Aceptación social Subcriterio cualitativo.

Entre las siguientes alternativas, cuál cree usted que cumple mejor el subcriterio C.4.1?

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		x		

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

A: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	x

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

C.4.2-Creación de trabajo: Subcriterio cualitativo.

Entre las siguientes alternativas, cuál cree usted que cumple mejor el subcriterio C.4.2?

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
x	

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

A: Fotovoltaica+Diesel+Baterías (ALT1)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	x

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
	x			

A: Aerogenerador+Diesel(ALT2)

B: Fotovoltaica+Diesel(ALT3)

¿Cuánto más?

¿Cuál es más importante?	
A	B
	x

igual	moderadamente más	fuertemente más	muy fuertemente más	extremadamente más
		x		

Presupuesto

1.-Necesidad del presupuesto:

En el siguiente documento se presentará el presupuesto correspondiente al presente Trabajo de Fin de Grado (TFG). Se ha considerado, dada las características y composición del mismo, un proyecto de estudio energético, es por ello que el presupuesto estará compuesto por las horas de graduado en ingeniería industrial e ingeniero industrial senior que se han necesitado para la realización del estudio, algo semejante a lo normalmente contemplado en consultorías energéticas.

Los precios de la mano de obra contemplados serán los siguientes:

- Mano de obra de graduado en ingeniería de Tecnologías Industriales → 35€/hora
- Mano de obra de ingeniero industrial (tutora o experto en energías renovables) → 90€/hora

Como costes indirectos, se consideraran dos tipos diferenciados:

- Costes directos complementarios tipo 1: aquellas tareas que no precisan de desplazamiento de los ejecutores ni medios de transporte para la ejecución de la misma.
- Costes directos complementarios tipo 2: aquellos tareas que sí necesitan desplazamiento de los ejecutores y medios de transporte asociados.

Otros porcentajes que se contemplarán son:

- Gastos generales → 15%
- Beneficio industrial → 6%
- IVA → 21%

	Estudio de Abastecimiento energético de 100 viviendas aisladas La Macaria	Pág.: 1
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Microrredes aisladas	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
-----------	-------------------------------------	----------	--------	---------

Estudio de Abastecimiento energético de 100 viviendas aisladas La Macaria

01 Microrredes aisladas

01.1 Búsqueda y recopilación de estudios y artículos relacionados

01.01.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	16,00	35,00€	560,00€
GITI					
01.01.02		Costes directos complementarios	0,03	560,00€	16,80€
cdc1.0101					
Total Capítulo 01.01					576,80€

01.2 Recolección y filtrado de la información mediante reunión entre tutor y alumno

01.02.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	2,00	35,00€	70,00€
GITI					
01.02.02	h	Ingeniero Industrial	2,00	90,00€	180,00€
TII					

01.02.03	Costes directos complementarios	0,01	250,00€	2,50€
----------	---------------------------------	------	---------	-------

cdc2.0102

	Total Capítulo 01.02	252,50€
--	----------------------------	---------

01.3 Estudio con bibliografía virtual de sistemas híbridos off-grid

01.03.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	6,00	35,00€	210,00€
----------	---	-----------------------------------	------	--------	---------

GITI

01.03.02	Costes directos complementarios	0,01	210,00€	2,10€
----------	---------------------------------	------	---------	-------

cdc1.0103

	Total Capítulo 01.03	212,10€
--	----------------------------	---------

01.4 Recopilación de la información, análisis y síntesis final.

01.04.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	30,00	35,00€	1.050,00€
----------	---	-----------------------------------	-------	--------	-----------

GITI

01.04.02	Costes directos complementarios	0,01	1.050,00€	10,50€
----------	---------------------------------	------	-----------	--------

	Total Capítulo 01.04	1.060,50€
--	----------------------------	-----------

01.5 Escritura de texto en ordenador y edición

01.05.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	12,00	35,00€	420,00€
----------	---	-----------------------------------	-------	--------	---------

GITI

01.05.02	Costes directos complementarios	0,01	420,00€	4,20€
----------	---------------------------------	------	---------	-------

cdc1.0105

	Total Capítulo 01.05	424,20€
--	----------------------------	---------

	Total Capítulo 01	2.526,10€
--	-------------------------	-----------

Menfis 8.1.12 - Versión evaluación

	Estudio de Abastecimiento energético de 100 viviendas aisladas La Macaria	Pág.: 3
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Análisis tecno-económico	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
02	Análisis tecno-económico			
02.1	Consulta de utilización del software mediante reunión con tutor			
02.01.01	h Graduado en Ingeniería Industrial	2,00	35,00€	70,00€
GITI				
02.01.02	h Ingeniero Industrial	2,00	90,00€	180,00€
II				
02.01.03	Costes directos complementarios	0,03	250,00€	7,50€
cdc1.0201				
				Total Capítulo 02.01 257,50€
02.2	Introducción de los datos requeridos por el software			
02.02.01	h Graduado en Ingeniería Industrial	4,00	35,00€	140,00€
GITI				

02.02.02	Costes directos complementarios	0,01	140,00€	1,40€
----------	---------------------------------	------	---------	-------

cdc1.0202

	Total Capítulo 02.02	141,40€
--	----------------------------	---------

02.3 Análisis de los resultado obtenidos

02.03.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	4,00	35,00€	140,00€
----------	---	-----------------------------------	------	--------	---------

GITI

02.03.02	Costes directos complementarios	0,01	140,00€	1,40€
----------	---------------------------------	------	---------	-------

cdc1.0203

	Total Capítulo 02.03	141,40€
--	----------------------------	---------

02.4 Escritura de textos en memoria y edición

02.04.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	12,00	35,00€	420,00€
----------	---	-----------------------------------	-------	--------	---------

GITI

02.04.02	Costes directos complementarios	0,01	420,00€	4,20€
----------	---------------------------------	------	---------	-------

cdc1.0204

	Total Capítulo 02.04	424,20€
--	----------------------------	---------

	Total Capítulo 02	964,50€
--	-------------------------	---------

	Estudio de Abastecimiento energético de 100 viviendas aisladas La Macaria	Pág.: 4
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Estudio del método muticriterio AHP	Fec.:

N.º Orden	Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
03	Estudio del método muticriterio AHP			
03.1	Investigación con bibliografía virtual relacionada con el método multicriterio AHP			
03.01.01	h Graduado en Ingeniería Industrial	12,00	35,00€	420,00€
	GITI			
03.01.02	Costes directos complementarios	0,01	420,00€	4,20€
	cdc1.0301			
	Total Capítulo 03.01			424,20€
03.2	Investigación con bibliografía virtual relacionada con la aplicación del método AHP en energías renovables			
03.02.01	h Graduado en Ingeniería Industrial	12,00	35,00€	420,00€
	GITI			
03.02.02	Costes directos complementarios	0,01	420,00€	4,20€
	cdc1.0302			
	Total Capítulo 03.02			424,20€

03.3 Consulta y recopilación de información relacionada con el método AHP mediante reunión con un experto en métodos multicriterio

03.03.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	2,00	35,00€	70,00€
<small>GITI</small>					
03.03.02	h	Ingeniero Industrial	2,00	90,00€	180,00€
<small>II</small>					
03.03.03		Costes directos complementarios	0,03	250,00€	7,50€
<small>cdc2.0303</small>					
Total Capítulo 03.03					257,50€

03.4 Selección y definición de criterios mediante reunión con experto en energías renovables

03.04.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	3,00	35,00€	105,00€
<small>GITI</small>					
03.04.02	h	Ingeniero Industrial	3,00	90,00€	270,00€
<small>II</small>					
03.04.03		Costes directos complementarios	0,03	375,00€	11,25€
<small>cdc2.0304</small>					
Total Capítulo 03.04					386,25€

03.5 Confección de cuestionario virtual para la asignación de prioridades entre alternativas y criterios

03.05.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	6,00	35,00€	210,00€
<small>GITI</small>					
03.05.02		Costes directos complementarios	0,01	210,00€	2,10€
<small>cdc1.0305</small>					

Total Capítulo 03.05 212,10€

**03.6 Valoración y recopilación de datos a
 través del cuestionario virtual por parte de
 experto en energías renovables**

03.06.01 h Ingeniero industrial 1,00 90,00 € 90,00€

II

03.06.02 Costes directos complementarios 0,01 90,00 € 0,90€

cdc1.0306

Total Capítulo 03.06 90,90€

Total Capítulo 03 1.795,15€

	Estudio de Abastecimiento energético de 100 viviendas aisladas La Macaria	Pág.: 6
	PRESUPUESTO	Ref.: propre1
	Consulta de estrategia frente a la aplicación del método mediante reunión con tutor	Fec.:

N.º Orden		Descripción de las unidades de obra	Medición	Precio	Importe
04		Aplicación del método muticriterio AHP			
04.1		Consulta de estrategia frente a la aplicación del método mediante reunión con tutor			
04.01.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	2,00	35,00€	70,00€
		GITI			
04.01.02	h	Ingeniero Industrial	2,00	90,00€	180,00€
		II			
04.01.03		Costes directos complementarios	0,03	250,00€	7,50€
		cdc1.0401			
		Total Capítulo 04.01			257,50€
04.2		Investigación y análisis de la información obtenida sobre software de aplicación AHP en Super Decisiones			
04.02.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	6,00	35,00€	210,00€
		GITI			
04.02.02		Costes directos complementarios	0,01	210,00€	2,10€
		cdc1.0401			
		Total Capítulo 04.02			212,10€

**04.3 Implementación del modelo jerárquico
 AHP en software SuperDecisions**

04.03.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	12,00	35,00€	420,00€
GITI					
04.03.02		Costes directos complementarios	0,01	420,00€	4,20€
cdc1.0402					
Total Capítulo 04.03					424,20€

**04.4 Recopilación y síntesis de resultados
 obtenidos con software SuperDecisions**

04.04.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	6,00	35,00€	210,00€
GITI					
04.04.02		Costes directos complementarios	0,01	210,00€	2,10€
cdc1.0403					
Total Capítulo 04.04					212,10€

04.5 Redacción de resultados en textos, conclusión y edición

04.05.01	h	Graduado en Ingeniería Industrial	16,00	35,00€	560,00€
GITI					
04.05.02		Costes directos complementarios	0,01	560,00€	5,60€
cdc1.0404					
Total Capítulo 04.05					565,60 €
Total Capítulo 04					1.671,50 €
Total Presupuesto					6.957,25 €

	100 viviendas aisladas La Macaria	Pág.: 1
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	Ref.: prores2
		Fec.:

Descripción de los capítulos	Importe
Microrredes aisladas	2.526,10
Análisis tecno-económico	964,50
Estudio del método muticriterio AHP	1.795,15
Aplicación del método muticriterio AHP	1.671,50

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	6.957,25
15% Gastos Generales	1.043,59
6% Beneficio Industrial	417,44
PRESUPUESTO TOTAL	8.418,28
21% I.V.A.	1.767,84
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	10.186,12