



## Trabajo Fin de Grado

Creación de un grupo electrógeno portátil para una  
Unidad tipo Compañía con paneles solares.

Autor

C.A.C. Javier Armada Guillén

Director académico: D. Miguel Ángel García García

Director militar: Capitán D. Jorge Zaragozá Sánchez de Ocaña

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023





## Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría dar gracias a Dios, porque Él es mi Todo y sin Él mi vida carece de sentido.

En segundo lugar, querría agradecer a mi tutor académico D. Miguel Ángel García García todo el tiempo que ha dedicado en corregirme, aconsejarme y orientarme para llegar a realizar este trabajo. Por su ayuda y su característica disponibilidad.

En tercer lugar, agradecer a todo el personal del Batallón San Quintín "I/3", especialmente a la "URO" Compañía, donde he tenido el honor de realizar mis prácticas y que me ha tratado y acogido como un mando más. Me gustaría expresar mi gratitud a todos sus mandos, en particular al Capitán de Infantería Jorge Zaragozá Sánchez de Ocaña por guiarme y orientarme en este proyecto, a los Tenientes de Infantería Fernando Santa María y Álvaro Esteve, por aconsejarme y guiarme en mis primeros pasos de mi vida castrense fuera de la Academia y al Teniente de Infantería Jorge Riera Chamorro por sus innumerables consejos y valiosas enseñanzas, por su profesionalidad, su disponibilidad y su confianza depositada en mi durante mi tiempo de prácticas.

Para finalizar, me gustaría agradecer a mis padres y a mis hermanos, por todo su cariño y apoyo, a mis íntimos amigos de *Militas Dei* y a mis compañeros infantes de la LXXIX promoción con los que he tenido el privilegio de compartir estos 5 maravillosos años.



## RESUMEN

Actualmente hay una gran variedad de razones que impulsan la creación de un sistema de suministro de energía eléctrica mediante el empleo de energías renovables. Un sistema de suministro energético de estas características, que sea capaz de sustituir a los generadores actuales, tiene grandes beneficios tanto para el medio ambiente, con la reducción de gases de efecto invernadero, como para las Fuerzas Armadas por razones tácticas y operativas, proporcionándoles autonomía energética y logística.

Este proyecto tiene como objetivo principal el diseño de un sistema de suministro energético mediante paneles solares para la sustitución de los generadores actuales que existen en el Ejército de Tierra. Hoy en día, en las Fuerzas Armadas existen diversos proyectos que se han llevado a cabo siguiendo la misma línea, como el Puesto de Mando VERDE, un puesto de mando de entidad Batallón que es suministrado con energía solar y eólica. Con las mismas inquietudes, este proyecto se centra en hacerlo para entidad Compañía y mediante, exclusivamente, energía solar.

Para ello, se ha realizado un inventario de todos los dispositivos que requieren energía eléctrica durante las maniobras de una Compañía y se ha calculado el consumo total necesario a suministrar. Tras realizar el inventario, se estudia la captación de energía solar mediante diferentes programas, como el Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica (PVGIS), en diferentes zonas de operaciones y se realiza el dimensionamiento de los paneles con los valores calculados en Madrid, tomada como zona centro en la geografía peninsular.

Posteriormente, se dimensiona la instalación eléctrica y se focaliza en cada componente de esta, realizando los cálculos necesarios y eligiendo los elementos más adecuados para el máximo rendimiento del sistema. Tras el dimensionamiento de los paneles fotovoltaicos, del regulador, del inversor y del acumulador y cableado, se finaliza con los últimos elementos de soporte y de protección y maniobra como parte esencial de una instalación.

Este proyecto cuenta con un análisis comparativo de los resultados obtenidos mediante el cálculo manual y los que se obtienen en el programa PVGIS, teniendo en cuenta todos los parámetros, llegando a unas conclusiones interesantes.

El trabajo finaliza con un breve análisis de costes para ver la viabilidad económica que tiene el sistema de suministro de energía eléctrica, adoptando una perspectiva realista y optimista.

Como todo trabajo, se concluye con unas ideas fuerza y unos conocimientos aprendidos, además de una futura posible línea de acción, nombrando aspectos de gran interés y utilidad para instalaciones de energía renovables. Con esto último se intenta fomentar la continuidad del estudio para encontrar una solución, especialmente para la cuestión de volumen de estas instalaciones, y así mantener viva la operatividad de estos sistemas e incorporarlos en un futuro a las Unidades del Ejército de Tierra.

## PALABRAS CLAVE

Energía renovable, panel fotovoltaico, almacenamiento de energía, autosuficiencia energética y sostenibilidad.



## ABSTRACT

Currently, there is a wide range of reasons driving the creation of an electricity supply system using renewable energies. Such an energy supply system capable of replacing current generators offers significant benefits for the environment, including the reduction of greenhouse gases. Additionally, it holds strategic and operational advantages for the Armed Forces, providing energy and logistical autonomy.

This project's main objective is to design an energy supply system using solar panels to replace the existing generators in the Army. Presently, various projects within the Armed Forces have followed a similar path, such as the 'VERDE' Command Post, a Battalion-level command post powered by solar and wind energy. Sharing the same concerns, this project focuses on implementing this for a Company-level unit using exclusively solar energy.

To achieve this, an inventory of all devices requiring electrical power during Company maneuvers has been compiled, and the total consumption needed has been calculated. Following the inventory, solar energy capture is studied using different programs, such as the Photovoltaic Geographic Information System (PVGIS), in various operational areas. Panel sizing is done using values calculated in Madrid, considered a central zone on the Iberian Peninsula.

Subsequently, the electrical installation is dimensioned, focusing on each component, performing necessary calculations, and selecting the most suitable elements for maximum system performance. After sizing the photovoltaic panels, the regulator, inverter, accumulator, and wiring, the installation is completed with essential protection components, integral parts of the setup.

This project includes a comparative analysis of the results obtained through manual calculations and those from the PVGIS program, taking all parameters into account, leading to interesting conclusions.

The work concludes with a brief cost analysis to assess the economic viability of the electricity supply system, adopting a realistic and optimistic perspective.

Like any project, it concludes with key takeaways and knowledge gained, as well as a potential future course of action, addressing highly relevant aspects for renewable energy installations. The aim is to encourage further research to find a solution, particularly regarding the scale of these installations, thus ensuring the operability of these systems and potentially integrating them into future units of the Army.

## KEYWORDS

Renewable energy, photovoltaic panel, energy storage, energy self-sufficiency and sustainability.



## INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>IX</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. MARCO DEL TRABAJO:.....	2
1.2. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA:.....	2
<b>2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....</b>	<b>3</b>
2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE .....	3
2.2. METODOLOGÍA .....	4
<b>3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
3.1. ANTECEDENTES:.....	6
3.2. ESTADO DEL ARTE:.....	10
<b>4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>14</b>
4.1. INVENTARIO.....	15
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>37</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXO I. GRUPO MOSA .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO II. TIENDA MODULAR UTILIS.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO III. DATOS DE IRRADIACIÓN GEOESPAZIAL.....</b>	<b>45</b>
3.1. Apéndice A. Iraq.....	45
3.2. Apéndice B. Líbano.....	46
3.3. Apéndice C. Letonia.....	47
3.4. Apéndice D. Madrid.....	48
3.5. Apéndice E. Mali. ....	49
3.6. Apéndice F. Somalia. ....	49
<b>ANEXO IV. MEDIDAS VAMTAC:.....</b>	<b>51</b>



<b>ANEXO V. COMPONENTES INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA: .....</b>	<b>52</b>
5.1.    Apéndice A. Paneles solares.....	53
5.2.    Apéndice B. Acumulador.....	55
5.3.    Apéndice C. Regulador / inversor: .....	56
5.4.    Apéndice D. Tabla de cableado.....	58
5.5.    Apéndice E. Abrazaderas.....	59
5.6.    Apéndice F. Soporte.....	60
5.7.    Apéndice G. Baúl. .....	61
<b>ANEXO VI. COMPARATIVA PVGIS. ....</b>	<b>62</b>
6.1.    Apéndice A. Valores del proyecto.....	63
6.2.    Apéndice B. Valores triplicando la potencia fotovoltaica.....	64
6.3.    Apéndice C. Valores aumentando un tercio la capacidad de la batería. ....	65
6.4.    Apéndice D. Valores de instalación óptima.....	66



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Primera central eléctrica moderna diseñada por Thomas Alva Edison en 1882. Fuente: Electricidad David Pérez, 2017 (Pérez, 2017).....	6
Figura 2: Torres de refrigeración y chimeneas de una central eléctrica. Fuente: Robb Kendrick, National Geographic, 2020 (Kendrick, 2020). .....	7
Figura 3: Paneles solares en el monte. Fuente: Eva Pla, revista Forbes, 2021 (Pla, 2021) .....	9
Figura 4: Grupo electrógeno Mosa modelo GE-6000 DES/GS-L del Ejército de Tierra. Fuente: Elaboración propia, 2023 .....	10
Figura 5: Puesto de mando VERDE. Fuente: Julio Maíz, Defensa, 2017 (Maíz, 2017) .....	11
Figura 6: Tienda Temperfly del Ejército de los Estados Unidos. Fuente: Meghan Young, Trendhunter.com, 2010 (Osborn, 2010).....	12
Figura 7: Soldado del Reino Unido cargando su portátil con un cargador solar. Fuente: Army.mod.uk, 2021 (Army.mod, 2021).....	13
Figura 8: Módulo de Antena de Radiofrecuencia Fotovoltaica (PRAM). Fuente: Nick Paton, CNN, 2021 (Walsh, 2021).....	13
Figura 9: Mochila fotovoltaica. Fuente: David Kamm, 2014 (Kamm, 2014).....	14
Figura 10: Bases de datos de radiación solar predeterminadas en PVGIS 5.2. Fuente: Unión Europea, PVGIS, 2022 (PVGIS, 2022) .....	18
Figura 11: Radiación solar que se recibe en la Tierra. Fuente: Unión Europea, PVGIS, 2022 (PVGIS, 2022).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 12: Radiación solar mensual en kWh/m <sup>2</sup> en los diferentes países. Fuente: elaboración propia, 2023.....	21
Figura 13: Batería LiFePO4 de 25,6V 100Ah. Fuente: eco-worthy.com, 2023 (ECO-WORTHY, 2023) .....	25
Figura 14: Inversor/cargador MultiPlus-II de VICTRON. Fuente: victron.com, 2023 (Victron Energy, 2023) .....	26
Figura 15 : Cableado de una instalación fotovoltaica. Fuente: elandcables.com, 2023 .....	27
Figura 16: Cableado de una instalación eléctrica. Fuente: dursoingenieria.com, 2017 (Dursoingenieria , 2023).....	29
Figura 17: Esquema general de la instalación fotovoltaica propuesta. Fuente: Elaboración propia, 2023 .....	30
Figura 18: Esquema detallado del diseño propuesto de la instalación solar. Fuente: Elaboración	



propia, 2023.....	31
Figura 19: Soporte metálico para la instalación fotovoltaica. Fuente: eco-worthy.com, 2023. (ECO-WORTHY, 2023).....	32
Figura 20: Baúl de 150 L que tendrá el regulador/inversor y las baterías. Fuente: Willy-express.cl, 2021 (Willy-express, 2021).....	33
Figura 21: Porcentaje de días con batería llena y con batería descargada. Fuente: PVGIS, 2023 (PVGIS, 2022) .....	34



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo energético de los distintos equipos eléctricos que hay en una COP. Fuente: Elaboración propia, 2023. ....	17
Tabla 2: Coeficiente de倾inación según el periodo del año. Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2002 (IDAE, 2002) .....	20
Tabla 3: Sección de los diferentes conductores de la instalación. Fuente: Elaboración propia, 2023.. ....	28
Tabla 4: Análisis de costes de los distintos elementos que componen la instalación solar propuesta. Fuente: Elaboración propia, 2023. ....	35



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AGM	Academia General Militar
ANU	Australian National University
BIP	Batallón de Infantería Protegido
BMS	Battery Management System
BON	Batallón
BRILAT	Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable
CA	Corriente Alterna
CC	Corriente Continua
CENAD	Centro Nacional de Adiestramiento
CG	Cuartel General
CIA	Compañía
CM	Campo de Maniobras
COP	Combat Outpost
CUD	Centro Universitario de la Defensa
ET	Ejército de Tierra
EUTM	European Training Mission
FAS	Fuerzas Armadas
FI	Factor de Irradiación
GC	Guardia Civil
GPS	Global Positioning System
HSP	Horas de Sol Pico
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
MALE	Mando de Apoyo Logístico del Ejército
MRAP	Vehículo Protegido Resistente a las Minas y a las Emboscadas
NATO/OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
NSRDEC	Centro Natick de Investigación, Ingeniería y Desarrollo Militar
ONG	Organización No Gubernamental
PC	Puesto de Mando
PCMMI	Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Ingenieros
PRAM	Módulo de Antena de Radiofrecuencia Fotovoltaica
PVGIS	Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica



REBT	Reglamento Electrónico de Baja Tensión
SCC	Sección
SG	San Gregorio
TO	Teatro de Operaciones
TOA	Transporte Oruga Acorazado
TOC	Tactical Operations Center (Centro Táctico de Operaciones)
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de Méjico
VERDE	Vehículo Energético Rápido de Despliegue Ecológico



## 1. INTRODUCCIÓN

En una sociedad caracterizada por una impactante actualización en las nuevas tecnologías y su demanda de energía asociada, junto a un aumento de la conciencia sobre la necesidad de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, el deseo de encontrar nuevas fuentes de energía más sostenibles y eficientes se ha convertido en un imperativo global. En esta situación, la incorporación de fuentes de energía renovables realiza una labor insustituible en la construcción de un futuro más sostenible.

El problema del efecto invernadero es una cuestión crítica que ya está golpeando a mucha parte de la población mundial y tendrá graves consecuencias para las generaciones venideras. Este problema, junto a todos los que acarrea: Cambio climático, aumento del nivel del mar, impacto en la salud de los seres vivos, economía, amenaza para la biodiversidad y muchos más, se pueden reducir y hasta “frenar” si se realizan acciones tanto individuales como gubernamentales e internacionales.

El Ministerio de Defensa, parte de esta sociedad que está en constante evolución, se encuentra en una posición singular y exclusiva para liderar la adopción de tecnologías y acciones que no solo fortalezcan su capacidad táctica, operativa y estratégica, sino que al mismo tiempo contribuyan a la conservación del medio ambiente. El Ejército de Tierra (ET), mano derecha del Ministerio de Defensa, tiene también la posibilidad de lograr este equilibrio gracias a la incorporación de fuentes de energía renovables en sus operaciones e instalaciones.

El ET es una de las instituciones más antiguas que existe en España. Desde sus orígenes, se ha ido actualizando con el avance de nuevas tecnologías y procedimientos; desde su armamento, empezando con el uso del arma blanca y acabando con el sistema de armas actual más sofisticado con sensores de seguimiento térmicos de última generación, hasta su cadena logística u orgánica. Por eso, como en todos sus ámbitos, también debe de renovar y “poner al día” los equipos de suministro de energía presentes en las unidades, todos ellos dependientes de combustibles fósiles.

Dentro de las distintas posibilidades, el uso de la energía eólica, la hidráulica, la solar y la biomasa, han experimentado un aumento exponencial en estos últimos años, convirtiéndose en fuentes de energía de gran fiabilidad. En concreto, la energía solar, ofrece buena perspectiva hacia el futuro, siendo una fuente de energía limpia y abundante.

Por estas razones, este Trabajo de Fin de Grado, se centra tanto en la investigación de los grupos eléctricos actuales como en la sustitución de equipos de suministro de energía. Todos ellos alimentados por combustibles fósiles ya existentes por algún medio que cuente con fuentes de energía renovables, especialmente con la solar. Para ello, dentro de las Unidades del Ejército de Tierra se centrará en las Unidades de la especialidad fundamental del arma de Infantería y, en particular, en las unidades de tipo Compañía.



## 1.1. MARCO DEL TRABAJO:

El presente trabajo tiene como título:

“Creación de un grupo electrógeno portátil para una Unidad tipo Compañía con paneles solares”.

Este Trabajo de Fin de Grado se ha realizado encuadrado en la Segunda (II) Sección de la 2<sup>a</sup> Compañía, “Compañía URO”, perteneciente al Batallón de Infantería Protegido (BIP) “San Quintín” I/3, encuadrado en el Regimiento “El Príncipe” Nº3 dentro de la Brigada “Galicia” VII y cuyo acuartelamiento “Cabo Noval” se encuentra en la localidad de Siero (Gijón, Asturias).

La Compañía “URO”, es una de las tres Compañías de fusiles de Infantería que componen el Batallón San Quintín (Defensa, 2021). Dicha Unidad cuenta con medios MRAP (Mine Resistant Ambush Protected “Resistente a minas y protegido ante emboscadas”) y está instruida para realizar cualquier tipo de acción militar y cumplir toda misión ordenada en cualquier escenario (Cámara, 2022). Esta Unidad forma parte de las unidades de vanguardia del ET siendo el 2º Regimiento más antiguo de todo Europa y el más condecorado del ET (Defensa, 2023). También es conocida por su capacidad aerotransportable (BRILAT: “Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable”) y por ser una Unidad dura y sufrida debido a las condiciones meteorológicas con las que trabajan en su día a día.

## 1.2. ESTRUCTURA DE LA MEMORIA:

La presente memoria ha sido organizada en diferentes apartados.

Inicialmente, el trabajo comienza con una introducción donde se expone y se presenta el tema. Seguidamente, se explica los objetivos de dicho trabajo y el alcance que tendrá, es decir, los límites que definen hasta dónde y qué aspectos se incluirán en el estudio y proyecto. Posteriormente, se plantean los antecedentes, es decir, la visión general del tema a lo largo del tiempo y, a continuación, el estado del arte que proporciona una visión actual de la investigación y del conocimiento del tema a tratar. En el siguiente punto, se encuentra el desarrollo del trabajo y su análisis, que presenta las distintas fases y estudios realizados para encontrar el diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica que cumpla con los requisitos, así como mostrar todos los resultados y el proceso de decisión correspondiente. Seguidamente, se expone un análisis económico donde se presentan los resultados obtenidos, observando los beneficios que aportaría el diseño realizado tanto a la Unidad como al Ejército de Tierra. Para finalizar, se presentan unas conclusiones obtenidas a partir del trabajo realizado de la propuesta final del diseño del sistema de suministro de energía eléctrica mediante paneles solares.



## 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente trabajo tiene por objeto principal el diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica mediante paneles solares para la sustitución de los grupos electrógenos actuales que se encuentran en las unidades del Ejército de Tierra. Cabe destacar que los grupos electrógenos actuales son todos dependientes de combustible fósil.

Este grupo electrógeno debe estar diseñado para responder a las necesidades específicas de suministro eléctrico de una Unidad militar y a las posibles demandas en situaciones de despliegue y en operaciones. Al mismo tiempo, este generador eléctrico debe tener la capacidad de proporcionar energía limpia y autónoma que pueda garantizar el cumplimiento y el éxito de toda misión militar.

Para poder alcanzar el objetivo general es fundamental alcanzar una serie de objetivos específicos que deben de ir lográndose hasta confluir finalmente en el objetivo general anteriormente mencionado.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Conocer los aspectos y problemas con los que cuentan los medios de suministro eléctrico actuales en el Ejército, así como sus limitaciones técnicas y tácticas.
- Identificar las necesidades relativas de potencia y energía que debe satisfacer el sistema de suministro de energía eléctrica e identificar cuáles son los límites del proyecto.
- Realizar un dimensionamiento de la instalación fotovoltaica y de la instalación eléctrica asociada tras confeccionar el inventario de energía y potencia necesaria.
- Realizar una selección de componentes que sean adecuados para la aplicación del generador.
- Diseñar el sistema de suministro de energía eléctrica, tanto la manera de realizar su transporte y su despliegue como los sistemas de protección y control que sean necesarios.
- Analizar el funcionamiento del sistema y sus resultados, así como hacer un “análisis económico” comparando los grupos electrógenos actuales con la nueva propuesta.

Para fijar el alcance de dicho proyecto es importante definir los límites que actuarán de “fronteras” para tener acotado el desarrollo del trabajo. Para ello, es conveniente responder a las siguientes preguntas: ¿Qué aspectos se quiere cubrir con el diseño? ¿Hasta dónde se quiere llegar con este proyecto? y ¿Cuál es su finalidad?

Además, es conveniente distinguir entre “alcance del producto” y “alcance del proyecto”, siendo el primero las características y utilidades que describen al sistema de suministro eléctrico mientras que el segundo hace referencia a las acciones que han de realizarse para llevarlo a cabo.



Los elementos claves que vamos a considerar al definir el alcance son los siguientes:

- **Finalidad del Trabajo:** Para empezar, la finalidad del proyecto coincide con el objetivo principal mencionado en el apartado anterior. La creación del sistema de suministro de energía eléctrica debe de cubrir las necesidades eléctricas de una Unidad militar de entidad tipo Compañía. Para esto, será necesario realizar un inventario de la energía a suministrar en los diferentes escenarios posibles (maniobras, operaciones, campañas, misiones...).
- **Límites geográficos:** el sistema de suministro de energía eléctrica estará capacitado para desplegar en cualquier teatro de operaciones, aunque estará diseñado para territorios con la misma latitud o similar que la de España. Únicamente, su uso no estará previsto en zonas que cuenten con un clima de frío extremo debido a que se necesitarían otros materiales y diseño para esas condiciones climatológicas.

El grupo electrógeno debe de ser útil y funcional para las pequeñas unidades, especialmente para las unidades del arma de Infantería de entidad Compañía. No debe de ser un mero generador, sino que, además tiene que proporcionar energía limpia y sostenible a través de las placas solares. Estos aspectos son cruciales para este tipo de Unidades, ya que les proporciona autonomía e independencia a la hora de realizar sus cometidos.

Para finalizar, los recursos utilizados en este trabajo incluyen conocimientos, herramientas y contenidos aprendidos en las distintas asignaturas del grado de la Ingeniería de Organización Industrial impartido por el Centro Universitario de la Defensa (CUD), además de los conocimientos militares aprendidos de los distintos mandos durante los cuatro años de formación en la Academia General Militar (AGM).

## 2.2. METODOLOGÍA

En este trabajo, para alcanzar el objetivo principal del proyecto, se han aplicado una serie de métodos, tanto métodos cualitativos como cuantitativos.

La metodología cualitativa comprende un conjunto de técnicas y herramientas que se aplican para poder recopilar información, analizarla e interpretar sus datos de naturaleza no numérica. Estos métodos se emplean especialmente cuando se quiere explorar percepciones subjetivas, opiniones, experiencias humanas y características no numéricas. Sirven también para generar una comprensión más rica lo que permite a los investigadores profundizar en su proyecto. En este caso, los métodos cualitativos aplicados son los siguientes:

- **Observación participante:** Este método se ha aplicado durante todo el trabajo, especialmente durante el tiempo de prácticas en la Unidad y en concreto durante los diferentes ejercicios en el Campo de Maniobras (CM) del Acuartelamiento Cabo Noval y durante la semana de maniobras en el Centro Nacional de Adiestramiento de San Gregorio (CENAD de San Gregorio) ubicado en Zaragoza. Esta observación, permite conocer el uso del actual grupo eléctrico, así como el escenario donde se aplicaría el nuevo diseño propuesto.



- **Análisis Documental:** Dicho análisis implica revisión bibliográfica, estudio de documentos, diferentes textos y escritos, además de imágenes que aporten información nueva y de interés para el diseño del sistema de suministro de energía eléctrica.

Por otro lado, los métodos cuantitativos se aplican para proporcionar una información más precisa, numérica y, por tanto, información objetiva. Estas herramientas son importantes para recopilar datos numéricos y medibles, lo que facilita la generalización y decisiones fundamentadas en datos cuantificables. En este proyecto se aplican los siguientes métodos:

- **Análisis cuantitativo:** En este trabajo se realizan análisis cuantitativos, en concreto relacionados con la potencia y energía necesaria, para realizar un posterior dimensionamiento de la instalación fotovoltaica, y un análisis económico al finalizar el trabajo, para comparar el sistema de suministro propuesto y los grupos electrógenos utilizados actualmente y conocer el beneficio que se obtendría con el nuevo diseño.



## 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

### 3.1. ANTECEDENTES:

#### ELECTRICIDAD:

La electricidad ha estado presente en la naturaleza siempre. Desde el inicio hasta hoy en día siempre ha existido, sin embargo, como otros muchos descubrimientos, han tenido que pasar años e incluso siglos para que el hombre la conozca como hoy la conocemos.

La electricidad que nos interesa es la electricidad dinámica. Esta electricidad es aquella que está en movimiento y es un flujo de electricidad a través de un material conductor (Seippel, 1977). Su evolución fue tardía comparada con otros descubrimientos como el del fuego hace 1.6 millones de años (González, 2020) o la de la rueda 3.500 a.C. (Rosales, 2020). A pesar de esto, su evolución y sus aplicaciones han experimentado en el último siglo un gran progreso.

Aunque ya muchos físicos e investigadores se planteaban de qué estaba hecho todo lo que hay en la naturaleza y qué fuerzas existían, no fue hasta 1660 donde el médico inglés William Gilbert introdujo el término electricidad (Implika, s.f.). Posteriormente, Benjamín Franklin propuso en 1747 que la electricidad podía estar en todas las cosas y se podía encontrar tanto en exceso (electricidad positiva) como en defecto (electricidad negativa). Hoy en día seguimos usando estos términos en las pilas o en los distintos sistemas eléctricos (Fernández, 2007). Tras muchos personajes ilustres y sus correspondientes inventos como Alessandro Volta y las pilas, Hans Oersted y el magnetismo, André Ampère y su deducción de las corrientes magnéticas, así como Michael Faraday y la inducción electromagnética, Nikola Tesla y el transformador y los padres del átomo y sus respectivos postulados y teorías, llega Thomas Alva Edison en 1879 con la bombilla (Fernández, 2007).

Fue entonces cuando Thomas Alva Edison creó la primera central eléctrica, con generadores accionados con máquinas de vapor. Estas máquinas generaban electricidad y permitían que los primeros clientes pudiesen iluminar sus casas (Nier, 1984). Estas centrales eléctricas funcionaban con corriente continua, lo que dificultaba su transporte a largas distancias. Fue entonces cuando Nicola Tesla resolvió el problema con su apuesta por la corriente alterna (Fernández, 2007).

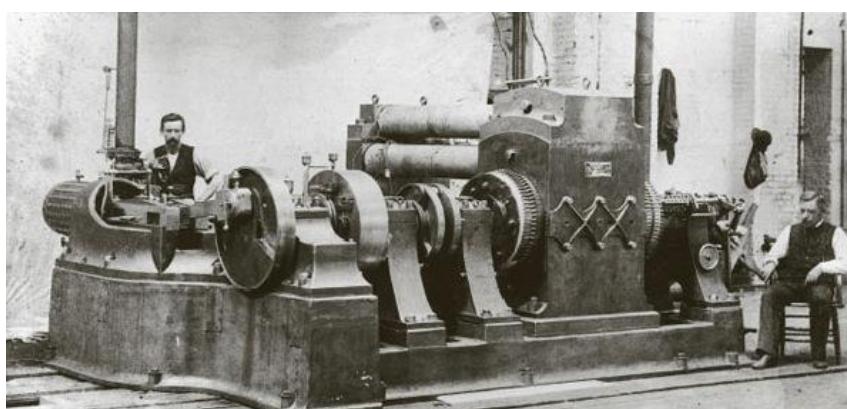


Figura 1: Primera central eléctrica moderna diseñada por Thomas Alva Edison en 1882. Fuente: Electricidad David Pérez, 2017 (Pérez, 2017).



Tras estos acontecimientos, la industria de la electricidad comenzó a revolucionarse y el mundo entero empezó a llenarse de cables. Gracias a estos inventos muchos campos tecnológicos fueron evolucionando como el mundo de las comunicaciones, el de la sanidad o el transporte.

### UN NUEVO PROBLEMA:

A finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX, los hogares, empresas y edificios comienzan a electrificarse, y las nuevas tecnologías no dejan de sorprender a la sociedad con sus nuevas aportaciones. Con la edad electrónica y el crecimiento masivo de las tecnologías eléctricas aparece un nuevo problema: La estrecha relación entre la producción de energía y los combustibles fósiles, los cuales son inherentemente finitos, y su estrecha correlación con el cambio climático.

Cualquier actividad desarrollada por el hombre necesita energía, la mayoría proveniente de materias primas como el carbón, el petróleo o el gas. La producción del petróleo en el último siglo ha experimentado un crecimiento muy alarmante para muchos sectores de la sociedad, pasando de 150 millones de barriles al año en 1900 a 4000 millones de barriles en 1950 (López, 2012). Actualmente, la producción de petróleo se encuentra en 89,9 millones de barriles al año, es decir cerca de 33000 millones de barriles anuales (Statista Research Department , 2023).

Como bien se sabe, todos estos recursos naturales acarrean la característica de que son limitados. Unas cuantas décadas atrás no suponía ningún problema a corto/medio plazo, pero con la evolución de la producción y el crecimiento económico con su correspondiente crecimiento del consumo de la energía, ha acelerado el problema. Un estudio desarrollado por el Centro de Investigación en Energía de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) asegura de que “solo quedan 42 años para que se agoten las reservas de petróleo, 65 para que suceda lo mismo con el gas natural y 150 para el carbón” (Renewable Energy Magazine, 2010). ¿Qué hará el mundo una vez se acaben estas reservas naturales? ¿Existe alguna manera de vivir con total independencia de los combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica?



Figura 2: Torres de refrigeración y chimeneas de una central eléctrica.  
Fuente: Robb Kendrick, National Geographic, 2020 (Kendrick, 2020).

Además, a todo este asunto, hay que añadir el daño medioambiental que el consumo de estos combustibles fósiles está generando en nuestro planeta. El impacto negativo que tiene en



el medio ambiente es tan significativo que contribuye al cambio climático de manera considerable. Entre todos los principales daños provocados por la sobreexplotación de los combustibles fósiles se encuentran las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), la contaminación del aire causando problemas de salud como enfermedades respiratorias, destrucción de ecosistemas e inestabilidad energética y geopolítica.

### **ENERGÍAS ALTERNATIVAS:**

Como todo problema, este también tiene una posible solución. En los últimos años, gobiernos y Organizaciones No Gubernamentales (ONG) están apostando por el uso de energías renovables para una transición hacia una economía más limpia y sostenible. De esta manera se pretende suavizar el daño medioambiental causado por el sobreconsumo de recursos fósiles y poder abordar el cambio climático.

Las energías renovables son fuentes de energía obtenidas de manera natural y que son inagotables o se renuevan a una velocidad mayor de lo que se consumen. Son mucho más respetuosas con el medio ambiente que los combustibles fósiles y más sostenibles. Entre las principales fuentes de energía destacan la energía eólica, la solar, la hidroeléctrica, la energía de biomasa y la geotérmica.

Estas energías alternativas no son tan modernas como se puede pensar. Muchas de ellas se utilizaban siglos atrás como la energía eólica o la hidroeléctrica. La primera, por ejemplo, fue desarrollada en el siglo VII en Persia y servía para moler grano y bombear agua en molinos de viento (Cobiella, s.f.).

Por otro lado, la energía solar se empezó a usar con los griegos y romanos en el siglo VII a.C. para el diseño de hornos solares y así poder calentar los alimentos (SolarMente, 2021). La energía solar como nosotros la percibimos hoy en día empezó en el siglo XIX, cuando se descubrió el efecto fotovoltaico, aunque no fue hasta el s. XX cuando se comenzó a realizar la conversión de energía solar en electricidad (Davidson, 2011).

### **ENERGÍA FOTOVOLTAICA:**

La energía solar es aquella que aprovecha la radiación proveniente del sol que llega a la Tierra para generar electricidad y calor. Está fundamentada en el efecto fotovoltaico y se basa en la corriente que generan los electrones excitados que hay en ciertos materiales semiconductores cuando los fotones de luz inciden en dicho material. Estos materiales están compuestos por células solares y es una parte fundamental de las placas. Estas células están constituidas normalmente de silicio y hay dos principales tipos: las de silicio monocristalino y las de policristalino, cada uno con sus ventajas y desventajas (Jaramillo, s.f.).

Dentro de la gran variedad de aplicaciones que tienen los paneles fotovoltaicos, se encuentran las instalaciones comerciales y empresariales, las plantas de energía solar para producciones a gran escala, electrificación rural y aplicaciones portátiles.

Con el paso del tiempo y el avance de las tecnologías, se ha hecho posible la implementación de los paneles fotovoltaicos en generadores y grupos electrógenos con el propósito de dotarles de una energía limpia y sostenible. Además, otra ventaja que aporta estos paneles es la autonomía e independencia eléctrica que proporciona al grupo electrógeno y, por



ende, a los usuarios.



Figura 3: Paneles solares en el monte.  
Fuente: Eva Pla, revista Forbes, 2021  
(Pla, 2021)

## APLICACIÓN MILITAR:

En la vida militar, a lo largo de la historia, los grupos electrógenos han desempeñado un rol muy importante proporcionando electricidad en situaciones críticas donde el suministro eléctrico para funciones logísticas y tácticas era primordial.

En las últimas décadas, han sido numerosos conflictos donde estos generadores han desempeñado su labor. Destacan los siguientes:

- En la **Primera Guerra Mundial** ya comenzaban a usar grupos electrógenos tanto en el frente de batalla como en campamentos militares asilados. Aunque, estos sistemas eran por lo general máquinas ruidosas y de grandes dimensiones que contaban con motores de combustión interna, eran, sin saberlo, los antecesores de los grupos electrógenos actuales (F. Jarabo, s.f.).
- Durante la **Segunda Guerra Mundial**: Estas máquinas continuaron actualizándose y cumpliendo con labores esenciales de comunicación, logística, iluminación, suministro eléctrico en hospitales de campaña y en sistemas de radar. En esta época se empezó a dar más peso a características como la movilidad y el transporte de dichos equipos (Hernández, 2010).
- **Conflictos recientes** como los de Afganistán o Irak: En estos escenarios, y con el avance de la tecnología, los nuevos equipos son mucho más sofisticados y compactos, lo que facilita su despliegue. Por otro lado, estos generadores pueden funcionar con una variedad de combustibles, ya sea diésel, gasolina o queroseno.

Lo último de estos equipos, es la implementación de nueva tecnología y de fuentes de energía renovables optimizando la eficiencia y sostenibilidad de estos grupos y así poder satisfacer las necesidades de las Fuerzas Armadas.



### ACTUALMENTE EN LAS UNIDADES:

Tras haber contado con diferentes sistemas de generación de energía en las últimas décadas, las Unidades de Infantería del Ejército de Tierra actualmente cuentan con el grupo electrógeno de la marca MOSA. El modelo elegido por el ET es el “GE-6000 DES/GS-L” y está personalizado con una estética militar.



Figura 4: Grupo electrógeno Mosa modelo GE-6000 DES/GS-L del Ejército de Tierra.  
Fuente: Elaboración propia, 2023

En cuanto sus características, es un grupo electrógeno monofásico que tiene incorporado un motor de diésel. Dicho motor es un motor YANMAR de 8.8 CV a 3.0000 rpm, de arranque eléctrico a través de llave y manual. Este grupo eléctrico genera 6 kVA y cuenta con un depósito de 18 litros de capacidad que le permite funcionar durante 9 horas y media (75% carga). Sus dimensiones son 910 x 530 x 620 mm y su peso es de 120 Kg (MOSA, 2009). ANEXO I.

### 3.2. ESTADO DEL ARTE:

Este marco teórico establece las bases de conocimiento para este trabajo, donde las distintas investigaciones y desarrollos previamente realizados sobre los generadores y energías renovables, en concreto la solar, servirán como cimiento para nuestra investigación. Todos estos conocimientos y estudios se aplican en las Fuerzas Armadas, ya sean españolas o de otros países. A continuación, se exponen los sistemas más significativos de los últimos años y que actuarán como base conceptual del presente trabajo:

#### PUESTO DE MANDO “VERDE”:

España, en lo que respecta a las fuentes de energía renovable y al campo de los generadores eléctricos no basados en combustibles fósiles, dentro del Ministerio de Defensa y en concreto en el Ejército de Tierra, el sistema más actual y referente es el Puesto de Mando “VERDE” (Vehículo Energético Rápido Despliegue Ecológico). (Maíz, 2017) Este proyecto es un Puesto de Mando (PC) en un TOA (Transporte Oruga Acorazado), un vehículo utilizado por Unidades de Infantería Acorazada sobre el que se ha implementado un sistema de generación de energía renovable.

La iniciativa de este proyecto se llevó a cabo por parte de la Brigada “Guadarrama” XII con



base en “El Goloso” (Madrid), en concreto por dos militares, el Cabo 1º José Luis Cabestrero Aranda y el Brigada Miguel Ángel Arnaiz García, quiénes con el apoyo de sus mandos lograron llevar a la práctica el proyecto. Su materialización, en coordinación con el Mando de Apoyo Logístico del Ejército (MALE), se realizó en el Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Ingenieros (PCMMI), donde tras un primer prototipo se fue modificando para mejorar sus capacidades (Maíz, 2017).

Inicialmente, el sistema contaba con nueve paneles solares de 220 W, todos ellos colocados de manera fija y horizontal, además de un grupo electrógeno monofásico. Por otro lado, el sistema incorporaba un equipo de almacenamiento basado en cuatro baterías de 220 Ah de 12 V. Todo esto emplazado en un TOA de carga (TOA M-548). A este prototipo inicial, se le añadieron una serie de modificaciones para ampliar sus capacidades como la incorporación de dos aerogeneradores, cada uno de 800 vatios y la sustitución del generador por uno trifásico. Al sistema de almacenamiento de energía se le añadió otras cuatro baterías y al dispositivo fotovoltaico la posibilidad de inclinación para orientarlo hacia el sol. Todas las partes del equipo están unidas por un sistema de cableado muy sencillo y el manejo de información digital es intuitivo y práctico (Gómez, 2019).

La idea principal de este módulo era poder suministrar energía eléctrica a un puesto de mando de entidad Batallón, aunque con sus capacidades se puede suministrar energía al PC de la Brigada. Puede proporcionar una potencia máxima de 6000 W y la capacidad de almacenamiento de las baterías es de 21 kWh (Maíz, 2017).



*Figura 5: Puesto de mando VERDE.  
Fuente: Julio Maíz, Defensa, 2017  
(Maíz, 2017).*

#### **TEMPER FLY:**

Como bien sabemos, el Ejército de los Estados Unidos es pionero en muchos aspectos por el gran capital económico que invierte en Defensa cada año. Uno de los campos es el de las energías renovables donde han desarrollado proyectos novedosos y eficientes. Un ejemplo de



estos proyectos es la tienda de campaña “TEMPER FLY” que cuenta con un sistema solar formado por paneles fotovoltaicos flexibles (Osborn, 2010). La estructura, diseñada por el Centro de Investigación Natick, es capaz de suministrar 800 vatios de electricidad y así garantizar el constante funcionamiento de las comunicaciones. Su tamaño es de 4,9 x 6,1 metros, aunque también existe una versión más pequeña llamada QUADrant (Young, 2010).



Figura 6: Tienda Temperfly del Ejército de los Estados Unidos.

Fuente: Meghan Young, Trendhunter.com, 2010 (Osborn, 2010).

### CARGADORES SOLARES Y BANCO DE ENERGÍA:

Diversos ejércitos, como el del Reino Unido, están dotando sus equipos de generadores solares e híbridos para así operar en zonas del Teatro de Operaciones (TO) remotas donde el acceso a las redes eléctricas locales es limitado o prácticamente inexistente.

Actualmente, en la Operación NEWCOMBE llevada a cabo por el Ejército de Reino Unido en Mali, las Unidades formadas por patrullas están probando unos bancos de energía sostenible formados por unas baterías de iones de litio combinadas con paneles solares (UK. Army be the best, 2021). Estos sistemas pueden ser puestos en marcha por dos personas en un tiempo reducido y tienen la capacidad de alimentar un Cuartel General (CG) si funcionan en combinación los diferentes sistemas.

Otros dispositivos son los cargadores solares, cada vez más frecuentes en Unidades ligeras donde el peso es un factor muy importante para tener en cuenta. Estos cargadores sirven para suministrar energía eléctrica a los dispositivos portátiles que lleva cada combatiente en el equipo ya sean GPS, radio, linternas, etc.... El uso de estos cargadores hace más liviana la entrada de Unidades Paracaidistas en el TO, disminuyendo el peso y aumentando el suministro eléctrico para mantenerse en el campo hasta 72 horas (Army.mod, 2021).



*Figura 7: Soldado del Reino Unido cargando su portátil con un cargador solar.*  
Fuente: Army.mod.uk, 2021 (Army.mod, 2021).

#### MODULO DE ANTENA DE RADIOFRECUENCIA:

Una de las investigaciones más recientes realizada en Estados Unidos por el Ministerio de Defensa ha sido el desarrollo de un panel solar con capacidad de enviar electricidad desde el espacio a cualquier punto de la Tierra.

Científicos estadounidenses que trabajan para el Pentágono han probado con éxito el llamado Módulo de Antena de Radiofrecuencia Fotovoltaica (PRAM), un panel solar conectado a un dron no tripulado, en concreto al X-37B, capaz de “enviar” energía directamente a la Tierra. Este panel solar tiene unas dimensiones de 12 x 12 pulgadas y está diseñado para aprovechar al máximo la luz en el espacio, reteniendo las ondas azules que no han sido distorsionadas por la atmósfera ya que todavía no la han atravesado (Walsh, 2021). Estas ondas son un tipo de radiación electromagnética que cuentan con una longitud de onda corta y transportan una gran cantidad de energía en el espectro de luz visible. Al chocar con la atmósfera, la luz de longitudes de onda más cortas (azul y violeta) es dispersada por aquellas moléculas gaseosas que se encuentran en ella y por esa razón, el cielo tiene ese color azul.

NSR



*Figura 8: Módulo de Antena de Radiofrecuencia Fotovoltaica (PRAM).*  
Fuente: Nick Paton, CNN, 2021 (Walsh, 2021).



Por ahora se siguen realizando estudios y pruebas, aunque el éxito total de este proyecto podría revolucionar el mundo de las energías renovables proporcionando ventajas nunca antes alcanzadas como la capacidad de mandar energía solar a una ciudad en un momento y en una fracción de segundo después, hacerlo a otra. El único factor que debe asegurarse es la viabilidad económica, factor que inicialmente parece estar en contra por el alto coste de dicho dispositivo.

### **SOLDADO GENERADOR DE ENERGÍA:**

Científicos de diversos países están apostando por la investigación y el desarrollo de proyectos de Defensa con el propósito de equipar individualmente a los soldados de Unidades de Infantería Ligera con sistemas fotovoltaicos que puedan llevar personalmente y que les suministre la energía necesaria para realizar sus tareas de manera independiente. Este es el caso de Estados Unidos y de Australia.

En el primer caso, el proyecto se ha llamado “Soldado Generador de Energía” y basa en un sistema para que los reclutas carguen sus dispositivos tácticos (gafas de visión nocturna, radios, dispositivos GPS, linternas, etc.) mediante unas placas solares que se ajustan en la mochila o en el casco. Este estudio se ha llevado a cabo por los investigadores del Centro Natick de Investigación, Ingeniería y Desarrollo Militar (NSRDEC) y probado en maniobras en Fort Benning (Georgia, EE. UU.) (Periódico de la Energía, 2014).

Se tratan de paneles fotovoltaicos MC-10 flexibles y fabricados con cristales de arseniuro de galio que pueden generar unos 17 vatios en total si está el sol incidiendo directamente sobre ellos y está todo el dispositivo integrado.

En el segundo caso, se trata de un avance científico realizado por la Universidad Nacional Australiana (ANU) muy similar al anterior. Este proyecto se basa en dotar a los soldados de las Fuerzas Armadas Australianas, de unas células solares de tipo “SILVER” desarrolladas en el Centro de Sistemas de Energía Sostenible de la UNA. Tienen el mismo fin que el proyecto anteriormente mencionado, pero se realiza con diferente tecnología. Estos paneles son de muy buena calidad y destacan en la relación potencia-peso y potencia-volumen. Dichos paneles son más delgados que el cartón y el dispositivo genera alrededor de 200 vatios por kilogramo. La tecnología “SILVER” hace que sean dos veces mejor en términos de potencia con respecto a otros paneles de vidrio. Una ventaja de dicho sistema es que son flexibles y resistentes, adaptándose a cualquier superficie (McPhedran, 2014).



*Figura 9: Mochila fotovoltaica.*

*Fuente: David Kamm, 2014  
(Kamm, 2014).*



## 4. DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado se expondrá el cuerpo fundamental del trabajo y las diferentes fases en las que se ha dividido la elaboración del grupo electrógeno diseñado para suministrar energía solar a una Unidad militar de tipo Compañía.

Las distintas fases están expuestas cronológicamente, debido a que muchos pasos son necesarios para los siguientes y de tal manera que facilite al lector su comprensión del proceso de diseño del sistema de suministro de energía eléctrica.

En primer lugar, se presentará las diferentes partes que hay en un PC y un inventario de todos los medios a los que hay que suministrar energía. Posteriormente, se realizará un estudio de todos y cada uno de los componentes que forman parte de la instalación solar. En cada elemento, se llevará a cabo un dimensionamiento con los cálculos necesarios para una adecuada elección de los componentes y así asegurar un correcto funcionamiento del sistema. Se comenzará con los paneles fotovoltaicos, habiendo analizado los posibles escenarios geográficos. Se analizará también, el sistema de almacenamiento, el regulador e inversor y el cableado. No faltará los elementos de protección y maniobra ni tampoco los elementos de transporte y soporte. Finalmente, se realizará un análisis económico para ver su viabilidad y observar así, si el diseño se pudiese incorporar a las Unidades.

Por tanto, el desarrollo queda estructurado de la siguiente manera:

- Inventario.
- Dimensionamiento fotovoltaico.
- Almacenamiento de energía.
- Inversor y regulador.
- Elementos de protección y maniobra.
- Soporte y transporte.
- Análisis de resultados y cálculos de PVGIS.
- Análisis económico.

### 4.1. INVENTARIO

Antes de comenzar, es fundamental conocer las instalaciones de un puesto de mando de entidad Compañía y los medios que cuenta para su posterior suministro eléctrico.

Cuando una Compañía de Infantería ligera sale de maniobras o realiza algunos ejercicios en un campo de maniobras (CM) durante unos días, generalmente, suele establecerse en lo que se llama una COP (Combat Outpost), una posición avanzada de combate. Esto es así cuando la Compañía realiza su instrucción de manera independiente o si durante las maniobras se ha establecido en un lugar apartado del resto del Batallón (BON). Generalmente, una COP está dividida en varias zonas. Dependiendo de la finalidad de las labores que se realizan en dichas zonas podemos encontrar el área de vida/descanso, área de trabajo, área de seguridad y área de aparcamiento de vehículos. Comúnmente, tanto en el área de seguridad (pozos de seguridad, checkpoint en los accesos, zonas de relevo...) como en el área de vehículos no se encuentra ningún dispositivo que dependa de corriente eléctrica. Sin embargo, en el área de vida y de



trabajo sí que dependen de corriente eléctrica muchas veces a lo largo del día.

La 2º Compañía “URO” del Batallón “San Quintín” 1/3, cuando sale de maniobras, por lo general (depende del tipo de instrucción y de la finalidad del ejercicio), despliega siempre dos tiendas “modulares” y dos tiendas “utilis”. Las primeras dos tiendas se usan para comer y para realizar labores de mantenimiento de fusil, descanso y preparación de equipo. Las dos tiendas tolpin (utilis), una funciona como TOC (Tactical Operations Center), es decir, como centro de operaciones (el propio PC) y la otra tienda es la de mandos, donde comen, realizan sus planeamientos y se reúnen con sus subordinados.

Para la iluminación de la COP, se usa 4 tubos fluorescentes por cada “modular” y dos por cada utilis (ANEXO II). Esta distribución da un resultado total de 12 tubos fluorescentes en las tiendas de la COP. Además, la Compañía cuenta con un sistema de iluminación exterior que sirve para iluminar la zona próxima a las tiendas por la noche cuando se monta la línea de comida o se realizan labores de carga o descarga. Este sistema se basa en dos focos montados en una estructura metálica con forma de trípode con capacidad para orientarlos y posicionarlos de la manera más adecuada.

Para el TOC, los medios dependientes de corriente eléctrica son más numerosos. Para realizar el inventario, se tendrá en cuenta que cada oficial necesita un portátil para planeamiento, organización y coordinación de su Unidad, lo que son 4 ordenadores portátiles (el Capitán y los tres Tenientes). Además, se considerará que los dispositivos de comunicaciones para mallas de pequeñas Unidades de tipo pelotón y escuadra serán walkie-talkies y necesitarán ser cargados dependiendo de la duración de las maniobras. Estos dispositivos lo usan los mandos hasta el empleo de Cabo, por lo que en una Sección está el Teniente, sus tres Sargentos y cada Sargento cuenta dos Cabos, uno por cada Escuadra. En total serían 10 por Sección y en la Compañía aproximadamente 30. Por último, habría que tener en cuenta los diferentes teléfonos móviles de los mandos y tableta si los mandos o jefes de vehículos la necesitasen para mandar o planear un convoy.

En cuanto a la cafetería/cantina que se suele desplegar cuando las maniobras son de larga duración, esta contaría con una cámara frigorífica para bebidas, una cafetera y una plancha de tamaño estándar para cocinar comida “rápida” como perritos calientes, hamburguesas, etc.

Tras conocer todos los distintos equipos que deberán ser suministrados energéticamente al menos alguna vez durante el día, ahora se procederá a ver la diferente distribución temporal que se ha considerado en cada equipo. Los tiempos de funcionamiento que se han considerado para cada medio son los siguientes:

- Tubos fluorescentes en las tiendas de “vida” (iluminación): Estarán funcionando solo por la noche y en caso necesario. Para esto, se ha estimado que solo funcionarán durante la cena (una ventana horaria de 3h aproximadamente para toda la Compañía) y se le suman 2h de más por si el personal tiene que hacer labores de mantenimiento o preparación de equipo por la noche.
- Tubos fluorescentes en el TOC (iluminación): Estarán funcionando toda la noche si fuese necesario, contando desde el momento del ocaso hasta el amanecer. Se tomará como 12h de oscuridad, ya que en verano las noches son más cortas, pero en invierno más largas.
- Focos iluminación exterior: se ha considerado que el equipo de iluminación exterior solo se encenderá durante el montaje de la línea de cena (3h aproximadamente que



abarca todas las rotaciones) y 2h de más por si hubiese alguna formación, exposición o actividad en el exterior durante el arco nocturno.

- Los ordenadores del TOC: se estima que al día tendrán una carga aproximada de 8h a lo sumo.
- Teléfonos móviles y tabletas de mandos: Se ha considerado que, de media, solo se cargaría una vez al día por dispositivo y el tiempo de carga de media es de 2h.
- Los walkie-talkies: se ha estimado que los 30 dispositivos tendrán dos cargas cada uno como máximo en una semana de maniobras. Por lo que se podrá cargar 10 dispositivos al mismo tiempo al día, teniendo prioridad los cuadros de mando más antiguos. Cada carga dura aproximadamente a lo sumo 3h dependiendo del modelo y marca.
- Cámara frigorífica: la nevera desde el momento de establecer la COP estará funcionando todo el tiempo hasta el fin de las maniobras para mantener todas las bebidas y los alimentos en su temperatura correspondiente y no romper la cadena de frío. Por lo tanto, estará funcionando 24h al día.
- La plancha: estará en funcionamiento durante 30 minutos antes de la comida del mediodía y de la cena.
- La cafetera: se ha calculado una hora después de cada comida, incluida el desayuno, para el personal que está presente en la COP

Una vez conocido las horas diarias que están los distintos sistemas conectados a la corriente eléctrica, pasamos a ver el consumo de energía eléctrica en W que tiene cada uno. Para ello, es necesario conocer la Potencia ya que (AutoSolar, 2020):

$$\text{Consumo} = \text{Potencia} \times \text{Tiempo}$$

A continuación, en la siguiente tabla podemos ver tanto las unidades de cada dispositivo, la potencia y el tiempo en funcionamiento como el consumo diario.

Equipo	Unidades	Potencia (W)	Potencia total (W)	Horas diarias (h)	Energía (Wh/día)	Energía (kWh/día)
Tubo Fluorescente tienda de vida	10	18	180	5	900	0,9
Tubo fluorescente en TOC	2	18	36	12	432	0,432
Focos iluminación externa	1	2x100	200	5	1000	1
Ordenadores portátiles TOC	4	12	48	8	384	0,384
Walkie-Talkies	30	8	240	3	720	0,72
Teléfonos móviles/tabletas	8	8	64	2	128	0,128
Cámara frigorífica (botellero)	1	230	230	24	5520	5,52
Plancha	1	3000	3000	1	3000	3
Cafetera	1	900	900	3	2700	2,7

Tabla 1: Consumo energético de los distintos equipos eléctricos que hay en una COP.  
Fuente: Elaboración propia, 2023.

Como se puede observar en la tabla anterior, los equipos están divididos en tres grupos: Iluminación, TOC y “cafetería”. En la primera columna se encuentran las unidades de cada sistema, a su derecha, la potencia en Watt (W). Además, están representadas las horas diarias



de funcionamiento de cada equipo y su energía al día, tanto en Wh como en kWh.

Claramente, tanto la cámara frigorífica como la plancha son los dos equipos que más demandan energía eléctrica. Esto es debido a la alta potencia asociada a la plancha y al constante funcionamiento de la cámara frigorífica, ya que esta todo el día conectada.

La energía mínima necesaria que tiene que generar al día el grupo electrógeno que se ha calculado es de 14784 Wh. A este cálculo, se le va a sumar un margen de energía por si algún día fuese necesario utilizar otros sistemas dependientes de corriente eléctrica al mismo tiempo. Este margen será de un tercio de la energía calculada anteriormente, es decir de 4,928 kWh, que redondeándolo son 5 kWh. Por lo que, al final, queda que la energía que tiene que proporcionar el grupo electrógeno es de 19,712 kWh por día.

### PANELES SOLARES:

Para continuar, una vez calculado la energía necesaria que debe de suministrar dicho grupo, hay que centrarse en cómo obtenerla. La fuente de energía será 100% una fuente renovable y en este caso proveniente de la radiación solar. Para ello, hay que centrarse en un estudio de paneles fotovoltaicos y de las características relativas al rendimiento fotovoltaico, para sacar el máximo provecho a esta fuente de energía y que el dispositivo sea lo más óptimo posible.

Para este estudio, se ha tomado como referencia la base de datos de la aplicación PVGIS (Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica). PVGIS es una aplicación online de la Unión Europea diseñada para el cálculo de las instalaciones solares y en su web “proporciona información relativa a la radiación solar y a la producción de energía de los sistemas fotovoltaicos (PV) en cualquier lugar de la mayor parte del mundo” (PVGIS, 2022). De todas las bases de datos que existen en este sistema de información, el estudio estará basado en dos en particular, debido a los territorios que comprenden. Estas bases de datos son las siguientes:

- PVGIS-SARAH2: Esta base de datos cubre los territorios de Europa, África, la mayor parte de Asia y algunos territorios de América del Sur.
- PVGIS-SARAH: Este conjunto de datos cubre, prácticamente, una fracción similar al PVGIS-SARAH2, pero con algunas modificaciones.

Para conocer la energía eléctrica que deben proporcionar los paneles solares, además de saber la energía total que debe producir dicho grupo, ya calculado anteriormente, también es necesario conocer algunos conceptos y factores que afectan directamente a la producción de energía.

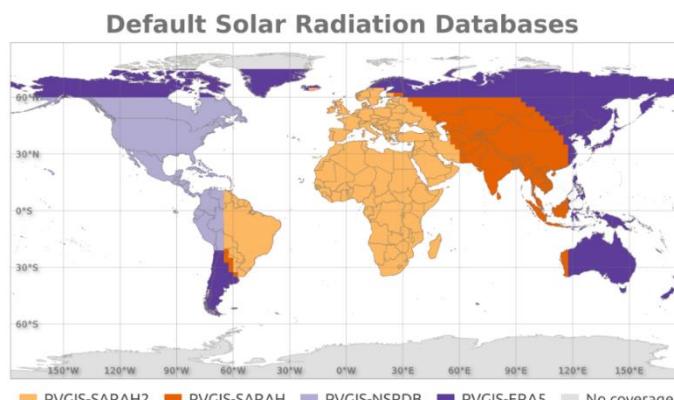


Figura 10: Bases de datos de radiación solar predeterminadas en PVGIS 5.2.  
Fuente: Unión Europea, PVGIS, 2022 (PVGIS, 2022)



El rendimiento de los paneles solares depende principalmente de tres aspectos: La inclinación, la orientación y la localización donde se encuentre dicho panel (PVGIS, 2022). Por otro lado, hay otros factores secundarios, como por ejemplo la temperatura, que también afectan al propio rendimiento. Éstos, son factores que no se pueden controlar, pero sí se pueden tener en cuenta a la hora de decidir qué paneles solares son los óptimos para realizar la misión.

Para el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos se utiliza una unidad de medida conocida como Hora de Solar Pico (HSP). Se podría decir que es la unidad encargada de medir la irradiación solar y definirla en horas si fuese constante de 1000 W/ m<sup>2</sup>. Es decir, es el número de horas de sol con una intensidad de 1000 W/m<sup>2</sup> incidiendo perpendicularmente (escenario idílico) en la superficie de la placa solar. Por lo que, si se dice que en una localización existen 7HSP, se refiere a que en ese lugar hay 7 horas de sol que están proporcionando 1000 W por metro cuadrado de panel cada hora. Entonces ese día la superficie habrá percibido 7 kW/m<sup>2</sup>. Este concepto es fundamental a la hora de dimensionar un panel ya que va directamente relacionado con la capacidad que nos va a producir un panel solar al día (Grupo Elektra, 2014).

Como se ha mencionado anteriormente, esta medida depende principalmente de la inclinación, de la orientación y del lugar geográfico. Tanto la inclinación como la orientación óptima dependen del momento del año y de la latitud del lugar donde se encuentra.

- **La inclinación:** la inclinación idónea para que los paneles fotovoltaicos sean lo más eficientes posibles es la que hace que la radiación solar llegue de manera perpendicular a la superficie. No será la misma si el panel se encuentra en el Trópico de Cáncer que si se encontrase en el Ecuador. Por otro lado, la inclinación óptima varía según el mes del año, debido a la posición de la Tierra con respecto al Sol. Por lo que podríamos dividir el período anual en tres: inclinación de verano, de invierno e inclinación neutral.
- **La orientación de las placas:** La orientación o también llamado azimut de las placas es el ángulo que hay entre el módulo fotovoltaico con respecto la dirección Sur, siendo 0° el Sur, 90° el Oeste y -90° el Este. En un montaje fijo de las placas (paneles sin seguimiento), la base de datos PVGIS tiene información para calcular los valores fijos óptimos para todo el año (donde nos basaremos para sacar dichos valores). Aun así, en el hemisferio norte, las instalaciones fotovoltaicas se suelen orientar hacia el Sur geográfico, mientras que en el hemisferio sur se orientan hacia el Norte (PVGIS, 2022).

En cuanto al diseño de la forma de despliegue del sistema de suministro, es una estructura que se puede modificar con especial facilidad, por lo que a la hora realizar los cálculos, siempre se considerará que los rayos solares inciden de la manera ideal, por lo que tanto la inclinación como la orientación del dispositivo será la óptima.

Conociendo la fórmula de HSP se obtiene (IDAE, 2002):

$$HSP = H * K * FI * FS$$

Siendo:

- HSP las horas solares pico
- H la radiación solar en kW que recibe una superficie horizontal por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>)



- $K$  es el coeficiente de inclinación
- $FI$  es el factor de irradiación en porcentaje
- $FS$  es el factor de pérdidas por sombreado.

Para el coeficiente de inclinación ( $K$ ), se determinará siempre las óptimas para cualquier periodo de diseño escogido. A continuación, se presenta los dos períodos, tanto verano como invierno, y sus correspondientes inclinaciones y  $K$  para que la recepción de energía sea la máxima.

Período de diseño	$\beta_{opt}$	$K = \frac{G_{dm}(\alpha=0, \beta_{opt})}{G_{dm}(0)}$
Diciembre	$\phi + 10$	1,7
Julio	$\phi - 20$	1
Anual	$\phi - 10$	1,15

Tabla 2: Coeficiente de inclinación según el periodo del año.

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2002 (IDAE, 2002)

Donde  $\beta_{opt}$  es la inclinación óptima,  $\theta$  es la latitud del lugar en grados y  $G_{dm}$  es el valor medio de la irradiación diaria sobre el plano del generador sobre la superficie en kWh/ (m<sup>2</sup> \* día).

Para el factor de irradiación ( $FI$ ) hay que tener en cuenta la inclinación de las placas solares, ya que dependiendo del ángulo  $\beta$ , el valor del  $FI$  se obtendrá de una expresión u otra (IDAE, 2002):

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$FI = 1 - [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{opt})^2] \quad \text{para } \beta \leq 15^\circ$$

Ecuación 1: Expresión del Factor de Irradiación según el ángulo de inclinación.

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2002 (IDAE, 2002)

Donde  $\beta$  es la inclinación,  $\beta_{opt}$  es la inclinación óptima,  $\alpha$  es la orientación de las placas con respecto al Sur y  $FI$  es el factor de irradiación. Tanto para  $\beta$  como para  $\alpha$ , los ángulos están en grados.

A continuación, en la siguiente imagen podemos observar las horas de sol que recibe cada región de la Tierra a lo largo de un año.

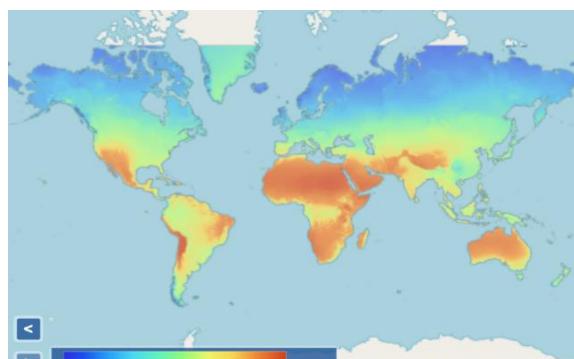


Figura 13: Radiación solar que se recibe en la Tierra.

Fuente: Unión Europea, PVGIS, 2022 (PVGIS, 2022)



Para poder observar cómo afectan los distintos factores en diferentes localizaciones se va a seleccionar varios países, además de España (donde se usaría el grupo electrógeno con más frecuencia debido a las maniobras y ejercicios), donde están desplegados actualmente contingentes de las Fuerzas Armadas españolas. De entre las 17 misiones en el exterior presentes donde trabajan personal del ET y de la Guardia Civil (GC), se han seleccionado las siguientes (Defensa.gob, 2023):

- **Líbano:** Misión que lleva activa desde septiembre del 2006, siendo la más numerosa con 646 militares españoles. El contingente tiene como misión principal evitar conflictos entre el Líbano e Israel, realizando patrullaje por la parte Sur del país.
- **Irak:** La llamada NATO Mission-Irak (NMI) tiene como objetivo adiestrar al Ejército iraquí como parte de la coalición de lucha contra el Estado Islámico. Esta misión, conocida también como "Apoyo a Irak", se inició en octubre de 2014.
- **Letonia:** Desde junio del 2017, cuando comenzó la misión, España ha contribuido con diferentes unidades para garantizar la seguridad euroatlántica bajo la bandera de la OTAN y así mantener una Europa en paz. Actualmente son 450 españoles los que están presentes en la misión.
- **Mali:** EUTM-Malí es una misión de la Unión Europea (UE) que adiestra e instruye al Ejército maliense para mejorar sus capacidades y así poder hacer frente a todas las amenazas que afectan a su unidad territorial.
- **Somalia:** La misión de Somalia (EUTM-Somalia) es de entrenar y adiestrar al ejército somalí para combatir el terrorismo y la piratería. Esta misión se inició en enero del 2010.

En el siguiente gráfico se puede observar la radiación en una superficie horizontal en kWh/m<sup>2</sup> de los 5 países anteriormente mencionados y de España, con valores obtenidos en PVGIS (PVGIS, 2022). ANEXO III.

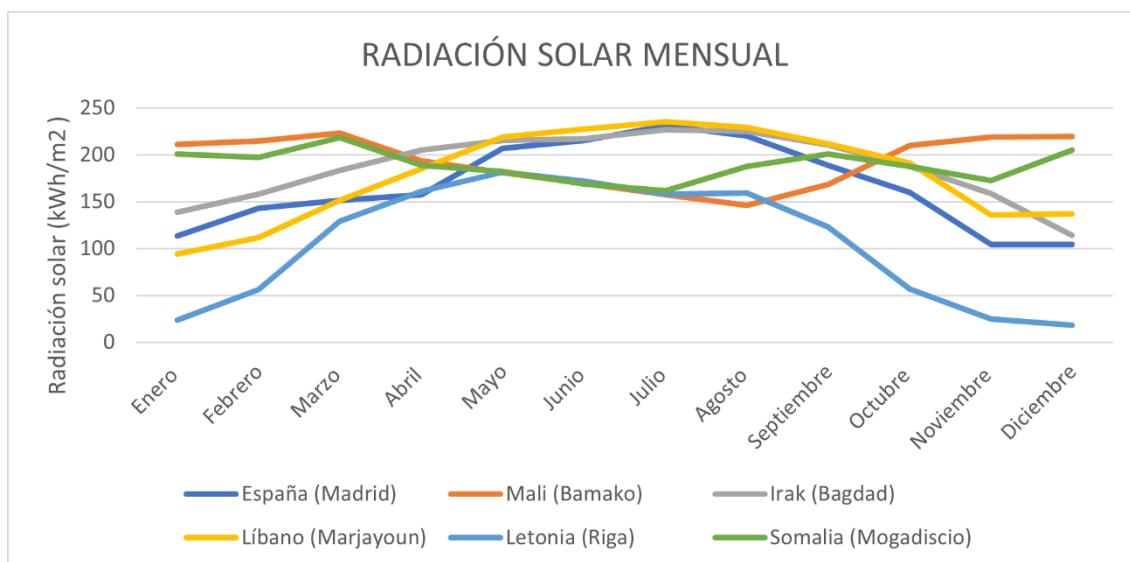


Figura 12: Radiación solar mensual en kWh/m<sup>2</sup> en los diferentes países.  
Fuente: elaboración propia, 2023.



Como se puede apreciar en la gráfica, dependiendo de la latitud del lugar donde se encuentra el sistema fotovoltaico, la radiación será más constante a lo largo del año, como es el caso de Somalia, y más irregular como en Letonia, donde en los meses de invierno apenas se recibe radiación solar comparado con los meses de verano.

Para calcular las HSP de cada localización, se ha tenido en cuenta la irradiación solar en el mes más desfavorable y se ha dividido ese valor entre el número de días que hay en dicho mes. Por lo tanto, los valores HSP de cada lugar son las siguientes: en Bamako hay 4.71 (Mali), en Bagdad (Irak) hay un valor de 3.69, en Letonia (Riga) es de 0.59 mientras que en Madrid es de 3.47, en El Líbano de 3.04 y en Somalia de 3.11. Todos estos valores son los correspondientes a los meses más desfavorables en cada ubicación. Como se podía predecir, en Letonia la HSP tiene el valor más pequeño debido a la poca radiación que recibe comparado con el resto de los países.

Para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, habría que tener en cuenta las horas solares pico en el país más desfavorable, siendo Letonia en este caso. Pero en esta misión, las fuerzas españolas que despliegan son de capacidad acorazada y mecanizada y no necesitan de grupos electrógenos ya que van en carros de combate y la base está electrificada. Así mismo, el dimensionamiento se llevará a cabo en base a la ubicación de Madrid, ya que es prácticamente el centro geográfico de la península y es en ella donde más uso se le dará al grupo electrógeno en todas las maniobras.

Al conocer el consumo que necesita proporcionar el grupo electrógeno y también las HSP del sistema fotovoltaico en la ubicación, ya se podría calcular la potencia pico asociada que necesita producir el grupo. La fórmula de la potencia pico es la siguiente (Quetzal Ingeniería, 2018):

$$\text{Como } \rightarrow E = P_p * \text{HSP} \text{ entonces: } P_p = E / \text{HSP}$$

Siendo,

- $P_p$  la potencia pico de los paneles solares (W)

- $E$  es el consumo de energía que necesita suministrar en un día el grupo electrógeno (kWh)

-HSP son las Horas solares pico (h).

El mes más desfavorable en Madrid es noviembre que cuenta con 3,47 HSP y la energía a producir por los paneles debe de ser 19,712 kWh. Con estos valores, la potencia pico resultante de los paneles es de 5680,69 W. Pero este valor de potencia calculado y producido por las placas no será el mismo que el valor de la potencia real que se el sistema entrega a la red eléctrica, ya que existen numerosos factores en el dispositivo que provocan pérdidas. Estas pérdidas están relacionadas con el cableado, los inversores de potencia, el mal mantenimiento del sistema, la suciedad, el paso del tiempo que hace perder potencia y otros factores. Debido a esto, vamos a realizar un aumento de la potencia pico para contrarrestar dichas pérdidas. Por lo general, las pérdidas estimadas son entre 10 y 20 % dependiendo de la calidad del dispositivo, aunque el programa PVGIS lo estima en un 14% como valor predeterminado. En este estudio se considerará que las pérdidas totales del sistema serán de un 15%. Finalmente, son 6532,79 W de potencia pico lo que tienen que suministrar los paneles solares.

Para elegir cuáles son los paneles solares que se usarán en el sistema, se ha realizado un estudio comparativo teniendo en cuenta varios factores. Los tres factores más importantes son el precio, el tamaño y la potencia que pueden generar.



- **El tamaño:** Esta característica prepondera sobre el resto, ya que las placas solares deben de caber en la parte trasera de un vehículo ligero (se usará como referencia el VAMTAC de carga) para poder ser transportado a la zona de despliegue de la compañía. En este caso, las dimensiones máximas son las siguientes: 2185mm (largo) x 1862mm (ancho) x 1890mm (alto) (URO Vehículos Especiales S.A., 2016). ANEXO IV.
- **La potencia:** este factor es de gran importancia, debido a que, al ser los paneles de un tamaño reducido, tienen que ser capaces de proporcionar la energía necesaria para mantener los requerimientos eléctricos de la Compañía.
- **El precio:** es un factor importante para tener en cuenta, pero es al que menos prioridad se le dará debido a las necesidades y características que debe de cubrir el sistema de suministro de energía eléctrica.

Los paneles fotovoltaicos elegidos son de la empresa 'As Solar', una empresa líder china situada en la provincia de Anhui, que cuenta con más de 12 años de experiencia en el sector (AS Solar , 2023). El modelo seleccionado para el proyecto es el SR 430W-500W-144M. Este modelo combina las células monocristalinas de alta eficiencia con la tecnología punta del módulo de celda media, lo que proporciona un aumento de potencia (Anhui SHANGXIA energy Co., 2021). Por otro lado, reduce las posibles pérdidas causadas por las sombras, tiene una gran resistencia frente a altas temperaturas y a condiciones climatológicas adversas que podrían darse en el campo de maniobras.

Lo fundamental de estos paneles solares es que cumplen con los requisitos de una manera excepcional, ya que entran dentro de los parámetros del tamaño (medidas del panel: 2130mm x 1051mm x 35mm) y la potencia pico de cada panel es de 500W. Por último, y no menos importante, el precio es adecuado, ya que 165 €/panel es un coste asumible (Anhui SHANGXIA energy Co., 2021). ANEXO V.

Para conocer el número de paneles solares que harían falta, se puede hacer de manera matemática o usando el programa PVGIS. En el primer caso, nos sale que la Ptotal / Pp es 6532.79/500 w por lo que se necesitarían 13,06 paneles. Con 13 paneles, no sería suficiente para suministrar la potencia total por lo que finalmente se usarán 14 unidades.

Para conocer que tensión es la más adecuada para trabajar en el sistema hay que centrarse en corriente que generan los paneles solares. Los paneles fotovoltaicos elegidos tienen una potencia pico de 500 W, lo que dependiendo de la tensión tendrá una intensidad u otra, ya que:

$$\text{Potencia (w)} = \text{Tensión (V)} \times \text{Intensidad (A)}$$

Si la tensión del sistema es de 12 V, entonces la intensidad sería de 41.67 A. Sin embargo, si la tensión es de 24 V la intensidad sería la mitad, es decir, de 20.83 A. La decisión radica en dos factores importantes que afectarán al sistema eléctrico: La sección de los cables y la caída de tensión. En primer lugar, la sección de los cables es proporcional a la intensidad de la corriente, por lo que, a mayor intensidad mayor es la sección y por tanto más cobre será necesario en el cableado haciéndolo más costoso. Y, en segundo lugar, interesa que la intensidad sea baja, ya que una caída de tensión significativa en el circuito puede llevar a un mal funcionamiento de los dispositivos, dañándolos y reduciendo su vida útil más de lo normal. Por estas razones, la tensión en la que se trabajará será de 24 V teniendo así una intensidad de 20,83 A a la salida de las placas.



## ACUMULADOR:

Un acumulador o un sistema de almacenamiento de energía es un dispositivo que almacena energía eléctrica para su posterior uso. En este caso, los paneles fotovoltaicos generan la electricidad cuando la radiación solar incide sobre ellos, y esto se da cuando es de día y las condiciones climatológicas lo permiten. Pero, en otros casos, como por la noche o en los días nublados, la generación de energía por parte de los paneles fotovoltaicos es muy baja o prácticamente nula. Es en estas horas y en esos días cuando el acumulador toma el protagonismo de entre los componentes del grupo electrógeno para poder continuar suministrando energía de manera constante e ininterrumpida.

Existen diferentes tipos de acumuladores según las características de sus baterías y de sus componentes: baterías de plomo-ácido, baterías de iones de litio, baterías de níquel-cadmio, de níquel-hidruro metálico y más tipos, aunque esas son las más comunes (Laboratorio de Colombia S.A., 2023). De entre todas las opciones existentes, para este proyecto se descartan las baterías de grandes dimensiones como las baterías de flujo o las de plomo-ácido, ya que se necesitan modelos compactos y reducidos. Se usará un acumulador de litio debido a la alta eficiencia y densidad energética que proporcionan, además de su larga vida útil y del número de ciclos de carga en comparación con otras baterías. Por otro lado, una de sus ventajas es que tienen una baja tasa de autodescarga lo que significa que retienen la carga durante más tiempo y, así mismo, cuentan con más ventajas como el peso, el tamaño, la baja necesidad de mantenimiento y admiten una alta profundidad de descarga de entre el 80 y 100% de la capacidad.

Sin embargo, no todos son ventajas. El costo inicial de estas baterías es más elevado en comparación con otras, aunque es un aspecto asumible, ya que cumple todos los requisitos de mayor prioridad.

### Dimensionamiento del acumulador:

La capacidad que debe de almacenar el acumulador para el sistema se calcula mediante la siguiente expresión:

$$C(Ah) = (1,05 \times E_{diaria} \times d_{autonomía}) / (V \times Pd)$$

Donde:

- La C es la capacidad de almacenamiento de la batería en Ah.
- La E es el consumo diario de energía que debe proporcionar el grupo en Wh.
- La d hace referencia a los días de autonomía de la batería.
- La V es la tensión de la batería en V.
- Pd es el porcentaje de descarga de la batería.

El valor 1,05 hace referencia al factor de corrección. De la misma manera que la calidad de la batería de un dispositivo móvil o teléfono se va disminuyendo con el paso de los años, lo mismo pasa con estas baterías. Para ello, se usa este factor de corrección que tiene en cuenta esta disminución con los años, siendo este en particular, para las baterías de litio.

Por otro lado, para este proyecto se va a considerar que la autonomía del acumulador será de un día, ya que, como se vio anteriormente, la mayor parte de la energía se consume en momentos puntuales y la capacidad de transporte del grupo debe de mantenerse. Aun así, siempre se podría aumentar la capacidad del acumulador añadiendo más módulos.



El acumulador elegido es la 'Batería Litio LiFePO4 24 V 100 Ah'. Esta batería de litio tiene una energía de 2560 Wh y una capacidad de 100 Ah y una tensión de 24 V. Como la capacidad necesaria de energía del grupo eléctrico es de 479,11 Ah, teniendo en cuenta el factor de corrección y el porcentaje de descarga del 90%, se acoplarían 5 baterías de este mismo modelo (teniendo un total de 500 Ah y 12800 Wh). Además, estas baterías cuentan con el sistema BMS (Battery Management System), un sistema de gestión de la batería, y una vida de 3000 ciclos al 80%, lo que proporciona una fiabilidad y durabilidad al sistema de almacenamiento (ECO-WORTHY, 2023). ANEXO V.



Figura 163: Batería LiFePO4 de 25,6V 100Ah.  
Fuente: [eco-worthy.com](http://eco-worthy.com), 2023 (ECO-WORTHY, 2023).

## GRUPO REGULADOR / INVERSOR:

Un grupo regulador / inversor es un dispositivo que realiza las funciones propias tanto de un regulador de la carga de las baterías como de un inversor al mismo tiempo. De esta manera, se simplifican mucho el sistema, además de contar con más ventajas como la reducción de espacio y de precio, así como la simplificación del cableado y del circuito.

A continuación, se presentará por partes las funciones de ambos sistemas para una posterior elección adecuada para este proyecto:

### - Regulador:

Uno de los elementos más imprescindibles en un sistema fotovoltaico es, sin duda alguna, el regulador. Los reguladores, también conocidos como controladores de carga es una pieza clave que aporta varias ventajas al sistema solar. Su función principal es la de controlar la carga, es decir, la cantidad de energía que llegan a las baterías. Esta función es de gran importancia, ya que al regular el flujo de corriente que pasa al sistema de almacenamiento, se evita así una posible sobrecarga que pueda dañar a las baterías y también se impide que se descarguen del todo para tampoco afectar a la vida útil de estas. Por otro lado, suelen venir incorporados con sistemas inteligentes que optimizan el proceso de carga para mejorar de este modo la eficiencia y evitar que disminuya la vida útil lo mínimo posible. Así mismo, protege el sistema contra sobrecorriente y cortocircuitos anormales, desconectando la corriente y evitando daños en el sistema.

La intensidad del regulador que interrumpe o deja pasar la corriente debe de ser mayor que



(Gómez, 2019):

$$I_{min} = N_{placas} \times I_{max\ placa}$$

Siendo,

- $I_{min}$  es la I mínima que hace funcionar al regulador en A
- $N_{placas}$  es el número de placas en el sistema en la disposición de paralelo.
- $I_{max\ placa}$  es la I máxima que puede aportar cada placa en A.

Para escoger el regulador adecuado para el sistema del proyecto, hay que tener en cuenta tanto la tensión nominal como la corriente máxima que puede circular por el regulador. En este caso la tensión nominal del sistema es 24 V y la corriente máxima es de 291,67 A, ya que la disposición de las placas sería en paralelo. Además, es necesario que la corriente del regulador sea 25% mayor que la corriente de cortocircuito en condiciones estándar y a la de la corriente máxima de la carga de consumo (IDAE, 2002).

- **Inversor:**

Otro de los elementos clave de una instalación solar es el inversor. Su función principal es convertir la corriente continua (CC) a 24 V de tensión que es producida por los paneles solares en corriente alterna (CA) sinusoidal de 230 V de tensión que es la que se usa en las instalaciones eléctricas de consumo. Así mismo, los inversores tienen funciones de sincronización con la red eléctrica (en sistemas conectados a la red) para poder enviar la energía solar en la red de manera eficiente y segura. Muchos dispositivos de inversión vienen dotados de sistemas monitoreo que permiten a los usuarios comprobar el rendimiento en tiempo real y supervisar el estado del sistema. Además de estas funciones, también se encargan de la protección del sistema y de la eficiencia energética, ya que la mayoría están diseñados para minimizar las pérdidas de energía durante la conversión de corriente continua a corriente alterna.

El dispositivo elegido que cumpla ambas tareas es el 'Inversor/cargador MultiPlus-II 24/3000VA PMP242305010 de Victron'. Este inversor es de la marca 'Victron', empresa líder en estos dispositivos solares, que proporciona una seguridad y fiabilidad destacadas dentro del mercado. La elección de dicho sistema se sustenta en dos aspectos importantes: el primero es que la potencia pico máxima es de 9000W, la cual es superior a 7000W. Y la segunda, es que la corriente de carga de batería es idónea para el número de baterías que hay en el sistema (5 baterías) (Victron Energy, 2023). ANEXO V.



Figura 14: Inversor/cargador MultiPlus-II de VICTRON.  
Fuente: [victron.com](http://victron.com), 2023 (Victron Energy, 2023).



## CABLEADO:

Una parte crucial en todo sistema o circuito eléctrico es el cableado. Los conductores son los que permiten que la electricidad sea transportada desde su fuente, en este caso desde los paneles solares, hasta los diferentes dispositivos que conforman el sistema.

Un cableado adecuado en un sistema solar es fundamental para garantizar la eficiencia y la seguridad de la instalación, así como la durabilidad de los propios componentes. Como, posteriormente se explicará, los tramos que se necesitarán de cable serán 3:

- De los paneles solares al regulador/inversor.
- Del regulador/inversor a la batería.
- Del regulador/inversor al consumo de la COP.

Para la instalación eléctrica, el factor más importante que hay que tener en cuenta es la sección de los conductores que se tienen previsto usar. La sección del conductor depende la cantidad de corriente que circulará por el mismo sin provocar ningún calentamiento excesivo. Los conductores tienen dos requisitos principales. La intensidad máxima admisible y la caída de tensión máxima. La intensidad máxima admisible es la cantidad de amperios que puede soportar un conductor cuando circula corriente (intensidad) sin que se sobrecaliente y así no deteriorar dicho conductor y acortar su vida útil. Por otro lado, la caída de tensión máxima es el valor límite admisible de la diferencia de tensión entre los dos extremos de los conductores (Gómez, 2019). Cuando la corriente pasa por un conductor, la tensión al inicio del conductor es mayor que al final del tramo debidos a la caída de tensión que, a causa de la ley de Ohm, tiene lugar en la resistencia que presenta el propio conductor al paso de la corriente.

A la hora de realizar los cálculos para dimensionar el cableado para la instalación eléctrica, hay que tener en cuenta una serie de aspectos y especificaciones que vienen dictados en el Reglamento Electrónico de Baja Tensión (REBT) y en la norma española UNE20460-5-523: 'Instalaciones eléctricas en edificios', parte 'Selección e instalación de los materiales eléctricos', sección 'Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables' (Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 2002) (AENOR, 2004).



Figura 175: Cableado de una instalación fotovoltaica.  
Fuente: elandcables.com, 2023

Para la determinación de la intensidad máxima admisible hay que centrarse en la norma UNE 20460-5-523, donde en el comienzo de la norma especifica el tipo de aislamiento posible



para un conductor. En este proyecto se usará el tipo XLPE (Polietileno reticulado) ya que la temperatura límite es de 90°C comparado con los 70°C del PVC (Policloruro de vinilo). En el apartado 523.2.2, relativo a la temperatura ambiente, marca la temperatura ambiente de 30°C para los conductores aislados y los conductores al aire libre, a los que hay que aplicar unos factores de corrección que vienen en la tabla 52-D1, debido a la variación de la temperatura. En el apartado 523-6 (Conductores en paralelo) viene marcado que se considerará que todos los conductores colocados en disposición deberán tener la misma sección y ser del mismo material si se quiere distribuir la corriente de manera equitativa entre otras medidas (AENOR, 2004).

El factor de corrección de la Tabla 52-D1, viene dado por la temperatura máxima a la que estará expuesto los cables al aire libre. Para tomar un valor concreto, la temperatura más alta registrada en Madrid fue de 40,7°C en 2021 por lo que se marcará 45°C como temperatura para calcular el factor de corrección que es de 0.87.

Para calcular la sección mínima que garantice una caída de tensión límite se usará la siguiente expresión (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003):

$$S = \frac{2 c \rho_0 P L}{\Delta U_1 U_1}$$

*Ecuación 3: Sección de un conductor. Criterio de la caída de tensión admisible.*  
*Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003.*

Donde:

- S es la sección calculada por el criterio de la caída de tensión máxima admisible en mm<sup>2</sup>.
- c es el incremento de la resistencia alterna.
- $\rho_0$  es la resistividad del conductor a la temperatura de servicio prevista para el conductor (Ω. mm<sup>2</sup>/m).
- P es la potencia prevista para la línea en vatios.
- $\Delta U_1$  es la caída de tensión admisible en voltios en la línea.
- $U_1$  es la tensión nominal de la línea en voltios.

Si se simplifica esta expresión despreciando el efecto de proximidad y el de piel, además de trabajar con el inverso de la resistividad, es decir, con la conductividad, se obtiene la siguiente expresión (Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003).

$$S = \frac{2 P L}{\gamma e U}$$

*Ecuación 5: Sección de un conductor. Criterio de la caída de tensión admisible.*  
*Fuente: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003.*

Donde,

- $\gamma$  es la conductividad (en este caso del cobre) que es 45,49 m/Ω. mm<sup>2</sup>

(Se ha utilizado la letra “e” para designar la caída de tensión en voltios y la letra “U” para designar



la tensión en la línea en voltios).

Para finalizar con el cableado, se eligen las correspondientes secciones de cada línea según los parámetros que vienen dados en la tabla (ANEXO V). A continuación, se puede apreciar en la siguiente tabla las distintas líneas, con sus diferentes características y secciones.

LÍNEA	Longitud (m)	Intensidad (A)	Sección	Tipo / modelo	Observaciones
S <sub>1</sub> (x 28)	0.5	20,83	2,5 mm <sup>2</sup>	Nexans Titanex H07RN-F/ 2.5mm <sup>2</sup>	De los PV al cable S <sub>2</sub>
S <sub>2</sub> (x 4)	10	145,81	35 mm <sup>2</sup>	RZ1-K (AS) Unipolar Flexible LH/ 35 mm <sup>2</sup>	Hasta la caja de conexiones
S <sub>3</sub> (x 2)	10	291,67	120 mm <sup>2</sup>	RZ1-K (AS) Unipolar Flexible LH/ 120 mm <sup>2</sup>	De la Caja de conexiones al R/I
S <sub>4</sub> (x 2)	1	100	25mm <sup>2</sup>	RZ1-K (AS) Unipolar Flexible LH / 25 mm <sup>2</sup>	Del R/I al acumulador
S <sub>5</sub> (x 2)	10	100	25 mm <sup>2</sup>	RZ1-K (AS) Unipolar Flexible LH / 25 mm <sup>2</sup>	del R/I a la salida del sistema (Consumo)

Tabla 3: Sección de los diferentes conductores de la instalación.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

## ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA:

Un aspecto clave en cualquier instalación eléctrica es la seguridad tanto de todos los equipos eléctricos como de los usuarios y el personal que trabaja en las instalaciones. Por estas razones, existen unos elementos llamados 'elementos de protección y maniobra' que garantizan de diversas maneras la seguridad y el correcto funcionamiento de los equipos eléctricos.

Los elementos de protección son dispositivos que están preparados para detectar anomalías en el sistema como por ejemplo cortocircuitos o sobrecargas y evitar daños en el sistema. Entre estos elementos destacan los interruptores automáticos, los interruptores diferenciales y los fusibles. Los primeros se usan para interrumpir el flujo de la corriente eléctrica cuando se detecta un cortocircuito o una sobrecarga. Los interruptores diferenciales funcionan cuando detectan alguna fuga a tierra desconectando todo el circuito para evitar posibles descargas. Y los fusibles son unos elementos simples que aseguran el sistema fundiéndose e interrumpiendo el flujo cuando la intensidad de la corriente supera un nivel seguro.

Por otro lado, los elementos de maniobra se usan para manejar y controlar de forma segura un circuito eléctrico. Entre ellos, destacan los interruptores que se utilizan para abrir o cerrar un circuito (apagar o encender). Por otro lado, los commutadores permiten cambiar la conexión de un circuito a otro, lo que es útil para cambiar entre fuentes de energía o rutas de circuitos.



Figura 20: Cableado de una instalación eléctrica.

Fuente: dursoingenieria.com, 2017 (Dursoingenieria, 2023).



En este sistema de suministro eléctrico, se usarán unos fusibles entre los paneles solares y el regulador/inversor y entre el regulador/inversor y las baterías para evitar dañar los dispositivos. Así mismo, se conectarán unos interruptores manuales antes de la batería para facilitar el manejo y mantenimiento de estas si fuese necesario. Por último, al final de la instalación, tras el grupo regulador/inversor, se colocarán unos interruptores automáticos por medidas de seguridad y así mismo, un interruptor diferencial de 30mA de corriente de defecto para proteger a los usuarios en la instalación de corriente alterna. En resumen, los elementos de protección y maniobra para el proyecto son:

- **4 fusibles.** 2 entre los paneles y el R/I. 2 entre el R/I y el acumulador.
- **2 interruptores manuales** antes del acumulador.
- **1 interruptor automático bipolar** tras el R/I, antes de la salida de corriente.
- **1 interruptor diferencial** colocado tras el bipolar de 30mA.

#### PROPUESTA DE DISEÑO:

El diseño propuesto para el sistema de suministro de energía eléctrica mediante paneles solares para es el siguiente. Como se puede apreciar en la siguiente figura, los paneles están agrupados en dos grupos de 7 paneles cada uno. Todos ellos están unidos por cables que se juntan en una caja d conexión antes de llegar al grupo regulador / inversor. El dispositivo regulador / inversor se conecta por un lado directamente al acumulador donde están las 5 baterías juntas y por otro lado tiene un cable que da salida a la corriente de cara a los equipos y sistemas para el propio consumo de la COP. El siguiente esquema describe en rasgos generales la instalación solar:

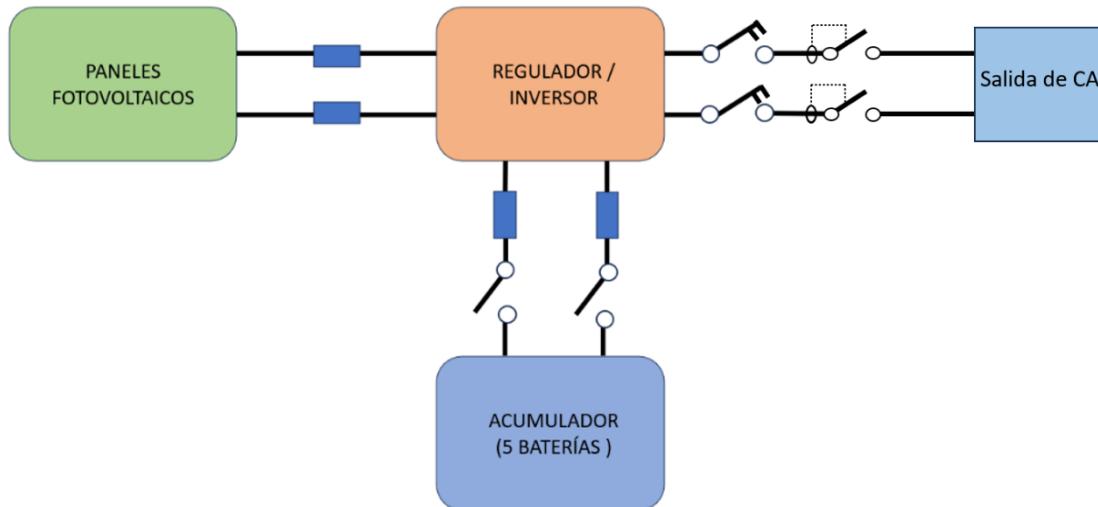


Figura 21: Esquema general de la instalación fotovoltaica propuesta.  
Fuente: Elaboración propia, 2023.



Como se puede apreciar, en el esquema también aparecen los elementos de protección y maniobra como los fusibles y los interruptores.

Concretamente, el esquema del diseño del sistema de suministro de energía eléctrica es el siguiente:

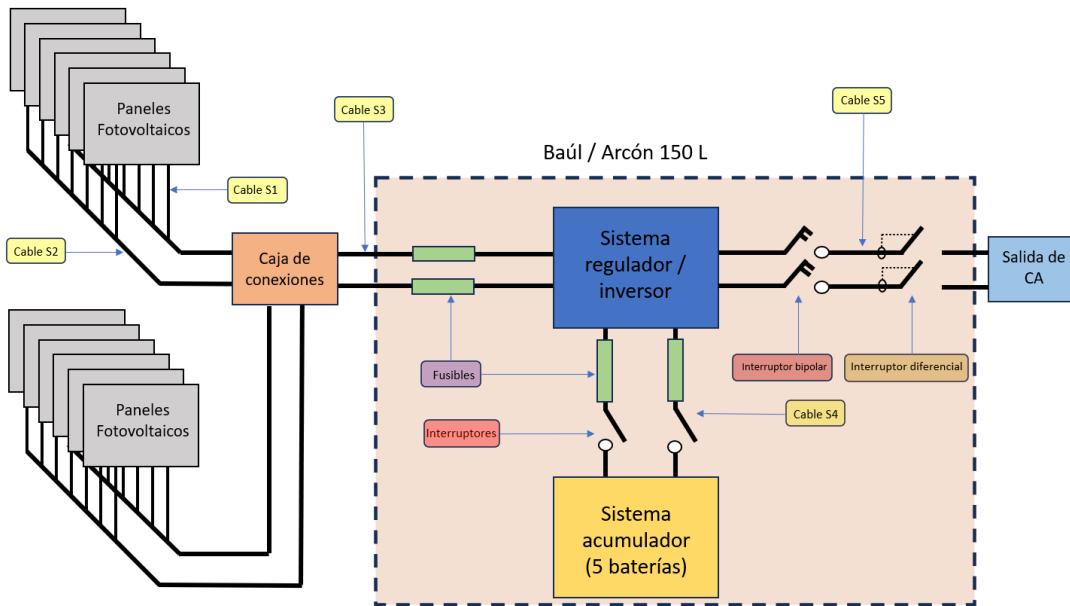


Figura 1824: Esquema detallado del diseño propuesto de la instalación solar.  
Fuente: Elaboración propia, 2023.

## ESTRUCTURA:

El sistema de suministro de energía eléctrico está diseñado para que se pueda transportar en un vehículo ligero como el 'VAMTAC de carga' que tiene el Ejército de Tierra actualmente en las Unidades. Dicho sistema, está diseñado para que se pueda desplegar en un periodo de tiempo muy corto, entrando en funcionamiento en menos de 10 minutos desde que se descarga la instalación del vehículo.

La instalación cuenta con varias partes.

- **La primera**, son los paneles solares. Las 14 placas fotovoltaicas están agrupadas en dos grupos de 7.
- **La segunda** es la formada por las dos estructuras de metal que sostienen a los paneles solares una vez esté funcionando el sistema (se presentan a continuación).
- **La tercera** y última parte, es un arcón que contiene tanto el sistema regulador e inversor como el sistema de acumulación de energía (las baterías) a fin de que se eviten daños debido al manejo, movimiento de estos y el posible deterioro por el contacto con arena, polvo o agua...

De esta manera, todo se podría cargar en un vehículo ligero tipo VAMTAC de carga o un camión IVECO M250 y ser desplegado en cuestión de minutos. Solo habría que bajar las dos



estructuras de metal, posteriormente poner los paneles y por último el arcón con todo listo. Finalmente, habría que conectar el cableado y encender la instalación.

La estructura está formada por unas abrazaderas de aluminio y por unas varillas que son el soporte triangular donde se apoyarán las placas. Las abrazaderas sirven para fijar los paneles solares a las varillas y que estén así sujetos

Las abrazaderas son de aluminio anodizado AL6005-T5 de la marca 'Falcat' (Falcat structures, s.f.).

El soporte de montaje es de acero inoxidable y están diseñados para variar el ángulo según el ángulo de incidencia de la radiación solar. Aunque, el ángulo fijo que forman los paneles fotovoltaicos con la horizontal es de 45º grados, optimizando de esta manera la absorción de energía solar. Este soporte es de la marca ECO-WORTHY y tiene capacidad para paneles de 41", o lo que es lo mismo que 104 cm (el lado más corto del panel, por lo que estaría en una posición horizontal) (ECO-WORTHY, 2023) ANEXO V.



Figura19: Soporte metálico para la instalación fotovoltaica. Fuente: eco-worthy.com, 2023. (ECO-WORTHY, 2023)

Por último, el arcón debe de ser lo suficientemente grande para que quepa todas las baterías y el regulador / inversor, pero al mismo tiempo lo necesariamente pequeño para no ocupar más espacio de la cuenta. Para ver que volumen es el adecuado, seguidamente se calcula los volúmenes de los dos sistemas y así poder tomar una decisión. El regulador e inversor tiene unas dimensiones de 607 x 330 x 149 mm lo que es un volumen de 0,0298 m<sup>3</sup> y las baterías unas dimensiones de 364 x 194 x 252 mm o un volumen de 0,0178 m<sup>3</sup> cada batería. En total el volumen es de 0,1188m<sup>3</sup> o 118,8 litros.

El baúl elegido para el sistema regulador / inversor y acumulador es el un baúl de 150 L de la marca WENCO modelo 'Explorer' de polipropileno. En este arcón entrarán ambos dispositivos y también el cable una vez que este para guardar (Willy-express, 2021) ANEXO V.



Figura 20:: Baúl de 150 L que tendrá el regulador/inversor y las baterías.  
Fuente: Willy-express.cl, 2021 (Willy-express, 2021).

## ANÁLISIS RESULTADOS Y COMPARACIÓN:

En este apartado se expondrán tanto los resultados “manuales” calculados anteriormente en los subapartados de los componentes de la instalación fotovoltaica como los resultados obtenidos en el programa PVGIS. ANEXO VI.

Conociendo que el consumo de la COP es de 19,712 kWh, que cada panel fotovoltaico tiene una potencia máxima de 500W y que las baterías tienen una capacidad de descarga del 90% y un almacenamiento de 2560 Wh, los números obtenidos con los cálculos son los siguientes:

- **14** paneles solares con una potencia total de 7000 Wh.
- **5** módulos de baterías con una capacidad total de 500Ah y 12800 Wh.

Introduciendo estos valores en el programa de PVGIS obtenemos que el 81,15% de días tendrá la batería llena. El porcentaje de la batería descargada será de un 99,98% prácticamente todos los días, la energía media no captada es de 13009,18 Wh y la energía media faltante es de 3069, 55Wh.

Como se puede observar, la energía no captada es casi el doble que la captada por los paneles solares. Este valor es muy elevado, por lo que se podría disminuir aumentando

el número de paneles solares. Por otro lado, la batería está la totalidad de los días descargada, por lo que con esos números no es el factor limitante.

Usando PVGIS y mediante el método de iteración o método iterativo obtendremos unos resultados más concretos. Este es un método de aproximación que implica probar con diferentes valores en los distintos parámetros y volver a ajustarlos en función del resultado obtenido. Es decir, uno se va acercando al resultado deseado a medida que va teniendo en cuenta el output obtenido en el programa asociados al input anteriormente introducidos.

Si se triplica el nivel de paneles solares, es decir la potencia pico pasa a ser de 21kWh, el porcentaje de los días con batería llena sube un 15% y el de los días con la batería descargada disminuye otro 15%. Sin embargo, si solo se aumenta un tercio de la capacidad de la batería (17.066 Wh), si que es cierto que el porcentaje con la batería llena disminuye un 5% pero el



porcentaje de días con batería descargada baja hasta un 26,48%.

Con estos datos se quiere demostrar que para que la instalación sea eficiente, debería aumentarse tanto el número de placas solares como el de baterías, siendo este último prioritario.

Se considerará que para que una instalación sea óptima, el porcentaje de los días con batería llena tiene que estar por encima de un 90% y el de los días con la batería descargada inferior a un 10%. Para estos valores, mediante el método iterativo se ha llegado a la conclusión que las mejores cifras son las siguientes:

- Una potencia fotovoltaica de 20kWh (40 paneles solares).
- Una capacidad de la batería de 16kWh (7 baterías).

Con estos valores se obtendría el 94,48% de los días con batería llena y un 9,99% con la batería descargada.

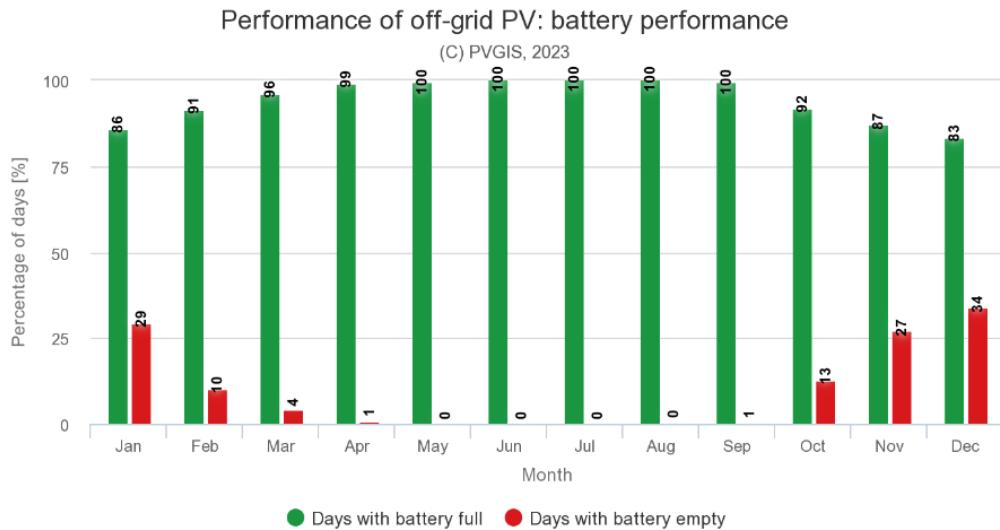


Figura 251: Porcentaje de días con batería llena y con batería descargada. Fuente: PVGIS, 2023 (PVGIS, 2022)

Como se puede entender, 40 paneles solares es inviable para la instalación que se quiere diseñar, aunque sí que habría que tener en cuenta, para futuras líneas de acción, priorizar las baterías, por muy voluminosas y caras que sean, debido al gran beneficio que pueden llegar a aportar a la instalación.



## ANALISIS DE COSTES:

Para finalizar, se ha realizado un análisis de costes para poder comprobar la viabilidad económica del sistema de suministro de energía eléctrica mediante paneles solares de este proyecto. Para llevarlo a cabo, se ha tenido en cuenta todos los materiales mencionados anteriormente y sus precios correspondientes encontrados en el mercado en el momento de la realización de este presente trabajo. Se asume, que el presupuesto del trabajo es probable que varíe, debido a los cambios que puedan experimentar los precios de los materiales con el paso del tiempo, pero se considera que el valor será una aproximación muy fiable.

En la siguiente tabla se puede apreciar el coste de cada componente del sistema de suministro de energía eléctrica propuesto, las unidades y el precio total de la propuesta. Por otro lado, la tabla está dividida en tres sectores, siendo el primer sector todos los componentes básicos como los paneles o las baterías, el segundo está representado con el color naranja y son los elementos de protección y maniobra y, por último, representado en verde, los distintos tipos de cables que configuran el sistema de cableado en la instalación.

ELEMENTO	MARCA/MODELO	PRECIO/UNIDAD	UNIDADES	PRECIO TOTAL
Paneles fotovoltaicos	As Solar SR 430W-500W-144M	165	14	2310
Regulador/Inversor	versor/cargador MultiPlus-II 24/3000	1281	1	1281
Baterías	Batería Litio LiFePO4 24V 100Ah'	550	5	2750
Baúl/Arcón	Explorer Wenco	55	1	55
Soporte aluminio	ECO-WORTHY Soporte 41"	26	14	364
Abrazaderas aluminio	Abrazadera FALCAT	0,91	4x14	50,96
Fusibles 300A	Blue seas/ A3T Clase 300A	48	2	96
Fusibles 100A	AutoSolar fusible/ 100A	1,84	2	3,68
interruptor diferencial	Lexic LEGRAND 402057 / 30mA	15,92	1	15,92
Interruptores	Schneider Electric	40	2	80
Cable S1	Nexans Titanex H07RN-F	4,214	14m	59
Cable S2	RZ1-K (AS) U. Flex. /35mm2	6,84	40m	273,6
Cable S3	RZ1-K (AS) U. Flex. /120mm2	22	20m	440
Cable S4	RZ1-K (AS) U. Flex. /25mm2	5,21	2m	10,42
Cable S5	RZ1-K (AS) U. Flex. /25mm2	5,21	20m	104,2
Coste total	-	-	-	7893,78

Tabla4: Análisis de costes de los distintos elementos que componen la instalación solar propuesta.

Fuente: Elaboración propia, 2023.

Se observa que los tres componentes más caros son, como es lógico, los paneles, el acumulador y el grupo regulador/inversor. Por otro lado, también destaca el coste del sistema de cableado, ya que en su conjunto es de un total de 886,62 euros.

El grupo electrógeno que hay presente en la URO Compañía, al igual que en el resto de las unidades de Infantería Ligera, es el MOSA GE 6000-DES/GL ET. Los grupos electrógenos de estas características cuestan aproximadamente entre 1200 y 2300 euros dependiendo del fabricante y de las propiedades de cada grupo (MOSA, 2009).

Aunque, como se puede percibir en el análisis económico que se ha realizado, el proyecto no tiene una gran viabilidad económica en el contexto actual, es fundamental reconocer y tener en cuenta que esta iniciativa posee grandes méritos en términos de valor y oportunidades futuras. La innovación del proyecto y su potencial para generar impactos tanto sociales como ambientales



en el mundo militar y así poder modificar aspectos tácticos y operacionales en zona de operaciones hacen que esta propuesta sea valiosa desde un punto de vista estratégico. Si que es verdad que los números y valores financieros no acompañan, pero se debería considerar la posibilidad de estudiar y profundizar en esta línea de acción, especialmente si se puede encontrar alguna manera de abordar el tema económico.



## 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha llevado a cabo un estudio y diseño de un sistema de suministro de energía eléctrica mediante paneles solares que pudiera sustituir los actuales grupos electrógenos que hay presentes en las Unidades del Ejército de Tierra.

Durante la realización del trabajo, se ha comprendido la complejidad de estas instalaciones si se quiere que sean en su totalidad alimentadas mediante energías renovables y, en este caso, energía solar. Esto es debido principalmente a la amplia variación climática que existe entre unas estaciones y otras a lo largo del año. Como se ha podido apreciar en el desarrollo, la dificultad para suministrar el consumo de una COP de entidad Compañía aumenta exponencialmente si se necesita diseñar un sistema que tenga como prioridad el tamaño de la propia instalación frente a otros aspectos.

Para poder suministrar la energía requerida por una Compañía en el campo de maniobras o en zona de operaciones hacen falta muchas placas solares. Además, para almacenar toda esa energía se necesita un sistema acumulador que cuente con las características necesarias y con la capacidad adecuada. Conociendo como de voluminosos son estos dos sistemas, tanto las placas como las baterías, hacen que el transporte de dicha instalación sea un factor limitante, por lo que se ha buscado los modelos con mejor calidad/tamaño que hay en el mercado. Esta prioridad deja de lado el aspecto económico, lo que genera un alto coste comparado con un generador actual.

Por otro lado, se ha realizado un estudio de comparación en diferentes países del mundo, especialmente países de gran interés para Defensa debido a su posición geográfica, y se ha apreciado la gran diferencia de radiación solar que se recibe en cada uno, variando los parámetros de los cálculos en cada país.

En cuanto a las posibles líneas futuras de investigación, se ha presentado un simple pero detallado diseño de lo que es un sistema de suministro de energía eléctrica mediante paneles solares. Sí que es cierto que, aunque los números actuales no respalden su viabilidad financiera, se debería trabajar para encontrar una solución a este problema debido al gran beneficio que puede llegar a aportar, tanto al ejército como a la sociedad, si se materializase un proyecto de carácter similar.

Así mismo, para futuras investigaciones, sería de gran utilidad tener la capacidad de realizar un sistema de suministro energético de estas características que pudiese combinar varias fuentes de energía renovable y así no depender exclusivamente de una, optimizando y aprovechando al máximo todos los aspectos climatológicos del lugar de despliegue en zona de operaciones. Finalmente, sería de provecho, encontrar una solución a la relación calidad / tamaño, para diseñar algún sistema que pueda suministrar energía con varios días de autonomía y que cuente con un tamaño reducido.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR, 2004. *UNE 20460-5-523*, Madrid: s.n.

Anhui SHANGXIA energy Co., 2021. *Monocrystalline half-cell series SR 430W-SOOW-144M*. Anhui: s.n.

Army.mod, 2021. *Army the best*. [En línea]  
Available at: <https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2021/07/signallers-test-lightweight-power-supply-on-joint-theatre-entry/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

AS Solar, 2023. *AS Solar*. [En línea]  
Available at: <https://www.ahsx-solar.com/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

AutoSolar, 2020. *AutoSolar*. [En línea]  
Available at: <https://autosolar.es/aspectos-tecnicos/como-calcular-la-capacidad-de-las-baterias>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Cámara, O. D., 2022. *Tactical Online*. [En línea]  
Available at: <https://tacticalonline.es/2022/06/09/brilat-alta-disponibilidad-para-combate/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Cobiella, N., s.f.. *El Molino*. [En línea]  
Available at: <https://biblioteca.org.ar/libros-educar/10100.htm>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Davidson, M. W., 2011. *Pioneers in Optics: Alexandre Edmond Becquerel and William Henry Bragg*, Cambridge: Cambridge University Press.

Defensa, 2023. *Ministerio de Defensa*. [En línea]  
Available at: <https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Asturias/ril3/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Defensa.gob, 2023. *Defensa*. [En línea]  
Available at: [https://www.defensa.gob.es/misiones/en\\_exterior/](https://www.defensa.gob.es/misiones/en_exterior/)  
[Último acceso: 26 10 2023].

Defensa, 2021. *Ministerio de Defensa*. [En línea]  
Available at: [https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Pontevedra/brilat/Organizacion/Bon\\_San\\_Quintin.html](https://ejercito.defensa.gob.es/unidades/Pontevedra/brilat/Organizacion/Bon_San_Quintin.html)  
[Último acceso: 26 10 2023].

Dursoingenieria, 2023. *Dursoingenieria*. [En línea]  
Available at: <https://www.dursoingenieria.com/post/riesgos-de-la-electricidad>  
[Último acceso: 26 10 2023].



ECO-WORTHY, 2023. *ECO-WORTHY*. [En línea]  
Available at: <https://es.eco-worthy.com/collections/bateria-de-litio/products/bateria-litio-lifepo4-24v-100ah>  
[Último acceso: 26 10 2023].

ECO-WORTHY, 2023. *ECO-WORTHY*. [En línea]  
Available at: [https://es.eco-worthy.com/products/soportes-de-montaje-de-inclinacion-ajustable-para-panel-solar-de-28-y-41-de-longitud?currency=EUR&variant=40308283637966&utm\\_medium=cpc&utm\\_source=google&utm\\_campaign=Google%20Shopping&stkn=4dc896853f5c&gclid=CjwKCAjws9i](https://es.eco-worthy.com/products/soportes-de-montaje-de-inclinacion-ajustable-para-panel-solar-de-28-y-41-de-longitud?currency=EUR&variant=40308283637966&utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=Google%20Shopping&stkn=4dc896853f5c&gclid=CjwKCAjws9i)  
[Último acceso: 26 10 2023].

F. Jarabo, s.f. *Fuentes de energía y recursos energéticos..* La Laguna: Universidad de La Laguna.

Falcat structures, s.f. *AutoSolar*. [En línea]  
Available at: <https://cdn.autosolar.es/pdf/Ficha-tecnica-abrazadera%20triangulo-Falcat.pdf>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Fernández, J. A. C., 2007. *La electricidad. Sus aplicaciones, desde sus orígenes hasta nuestros días.*, Granada: s.n.

Gómez, J. A., 2019. *La utilización de energías renovables en los puestos de mando móviles como fuentes alternativas de suministro*, Zaragoza: UNIZAR-CUD.

González, R. G., 2020. *Simulación electromagnética de una placa de inducción en software ansys*, Cantabria: s.n.

Grupo Elektra, 2014. *Hora Solar Pico*. [En línea]  
Available at: <https://www.grupoelektra.es/blog/wp-content/uploads/2014/10/como-somos-los-delektra-que-son-las-HSP.pdf>  
[Último acceso: 26 10 2023].

guillen, A., 2023. s.l.: s.n.

Hernández, F. J. B., 2010. *GEOESTRATEGIA DE LA ENERGÍA*, La Rioja: Universidad de La Rioja.

IDAE, 2002. *Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía*. [En línea]  
Available at: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalacion\\_esaisladas\\_red\\_843370f2.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_pliego_condiciones_tecnicas_instalacion_esaisladas_red_843370f2.pdf)  
[Último acceso: 26 10 2023].

Implika, s.f.. *Implika.es*. [En línea]  
Available at: <https://www.implika.es/blog/a-quién-se-le-atribuye-la-invencción-de-la-electricidad>  
[Último acceso: 2023 10 2023].

Jaramillo, D. A. P. y. J. L., s.f.. *Sistemas fotovoltaicos para iluminación: paneles fotovoltaicos*, Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.



Kamm, D., 2014. *El Periódico de la Energía*. [En línea] Available at: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-ejercito-de-eeuu-sale-de-maniobras-con-mochila-y-casco-fotovoltaicos/> [Último acceso: 26 10 2023].

Kendrick, R., 2020. *National Geographic*. [En línea] Available at: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/gases-efecto-invernadero-que-son-efectos> [Último acceso: 26 10 2023].

Laboratorio de Colombia S.A., 2023. *Equipos y laboratorio de Colombia*. [En línea] Available at: [https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/baterias-\(electricidad\)](https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/baterias-(electricidad)) [Último acceso: 26 10 2023].

López, P., 2012. *El petróleo en cifras*. Asociación de la Industria Hidrocarburífera del Ecuador.. [En línea] Available at: <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/cg00065.pdf> [Último acceso: 26 10 2023].

Maíz, J., 2017. *Defensa*. [En línea] Available at: <https://www.defensa.com/espana/pc-verde-innovacion-dos-militares-et-capaz-suministrar-energia> [Último acceso: 26 10 2023].

McPhedran, I., 2014. *News.com.au*. [En línea] Available at: <https://www.news.com.au/technology/environment/anu-solar-technology-replacing-army-troops-heavy-batteries/news-story/f89e9c7e98b1a48b134acf26849a8435> [Último acceso: 26 10 2023].

Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003. *Industria.gob*. [En línea] Available at: [https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia\\_bt\\_49\\_sep03R1.pdf](https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Documents/bt/guia_bt_49_sep03R1.pdf) [Último acceso: 26 10 2023].

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo , 2002. *Industria.gob*. [En línea] Available at: <https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/reglamento-2002.aspx> [Último acceso: 26 10 2023].

MOSA, 2009. *Mosa energía*. [En línea] Available at: <https://www.mosaenergia.com/blog/post/mosa-suministra-grupos-electrigenos-al-ejercito-de-tierra> [Último acceso: 26 10 2023].

Nier, R. V. J. a. K. A., 1984. A Record for Invention: Thomas Edison and His Papers.. *IEEE Transactions on Education* , 27(4), pp. 191-196.



Osborn, K., 2010. U.S. Army. [En línea] Available at: <https://www.army.mil/article/49138/army-evaluating-transportable-solar-powered-tents/> [Último acceso: 26 10 2023].

Pérez, D., 2017. David Pérez Electricidad. [En línea] Available at: <https://davidperezelectricidad.wordpress.com/2017/02/17/la-primer-central-electrica/> [Último acceso: 26 10 2023].

Periódico de la Energía, 2014. *El periodico de la energía*. [En línea] Available at: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-ejercito-de-eeuu-sale-de-maniobras-con-mochila-y-casco-fotovoltaicos/> [Último acceso: 26 10 2023].

Pla, E., 2021. Forbes. [En línea] Available at: <https://forbes.es/empresas/101531/eeuu-y-china-a-la-carrera-por-el-oro-verde/> [Último acceso: 26 10 2023].

PVGIS, 2022. Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica. [En línea] Available at: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgs/getting-started-pvgs/pvgs-user-manual\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgs/getting-started-pvgs/pvgs-user-manual_en) [Último acceso: 26 10 2023].

Quetzal Ingeniería, 2018. Quetzal. [En línea] Available at: <https://www.quetzalingenieria.es/calcu-dimensionado-instalacion-fotovoltaica-aislada/> [Último acceso: 26 10 2023].

Renewable Energy Magazine, 2010. Energías Renovables. [En línea] Available at: <https://www.energias-renovables.com/panorama/m-xicopredicciones-quedan-42-anos-de-petroleo#:~:text=Seg%C3%BAn%20asegur%C3%B3%20el%20director%20del,y%20150%20para%20el%20carb%C3%B3n.> [Último acceso: 26 10 2023].

Rosales, D. D. G., 2020. *Rediseño del proceso de servicio del mantenimiento preventivo, para mejorar la calidad de servicio en una empresa de ascensores ATE*, Lima: s.n.

Seippel, R. G., 1977. *Fundamentos de la electricidad*. Barcelona: REVERTE.

SolarMente, 2021. SolarMente. [En línea] Available at: <https://solarmente.es/blog/7-curiosidades-de-la-historia-solar-que-no-conocias> [Último acceso: 26 10 2023].

Statista Research Department, 2023. statista. [En línea] Available at: <https://es.statista.com/estadisticas/635466/volumen-de-petroleo-producido-a-nivel-mundial/#:~:text=En%202021%2C%20la%20producci%C3%B3n%20mundial,a%20los%2089%2C9%20millones.> [Último acceso: 26 10 2023].



UK. Army be the best, 2021. Army be the best. [En línea]  
Available at: <https://www.army.mod.uk/news-and-events/news/2021/06/green-energy-innovation-tested-in-mali/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

URO Vehiculos Especiales S.A., 2016. Docplayer. [En línea]  
Available at: <https://docplayer.es/21171698-El-nuevo-vamtac-s3-blindado.html>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Victron Energy, 2023. Fvcomponentes. [En línea]  
Available at: <https://fvcomponentes.com/wp-content/uploads/2021/03/Datasheet-MultiPlus-II-inverter-charger-ES-1.pdf>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Walsh, N. P., 2021. CNN. [En línea]  
Available at: <https://cnnespanol.cnn.com/2021/02/24/panel-solar-pentagono-electricidad-espacio-trax/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Willy-express, 2021. willy-express. [En línea]  
Available at: <https://www.willy-express.cl/producto/baul-150-litros-explorer-wenco/>  
[Último acceso: 26 10 2023].

Young, M., 2010. Trendhunter. [En línea]  
Available at: <https://www.trendhunter.com/trends/temper-fly>  
[Último acceso: 26 10 2023].



## **ANEXOS**



## Anexo I. Grupo MOSA.

### GE-6000 DES/GS-L AVR

Grupo electrógeno diesel 3000 rpm



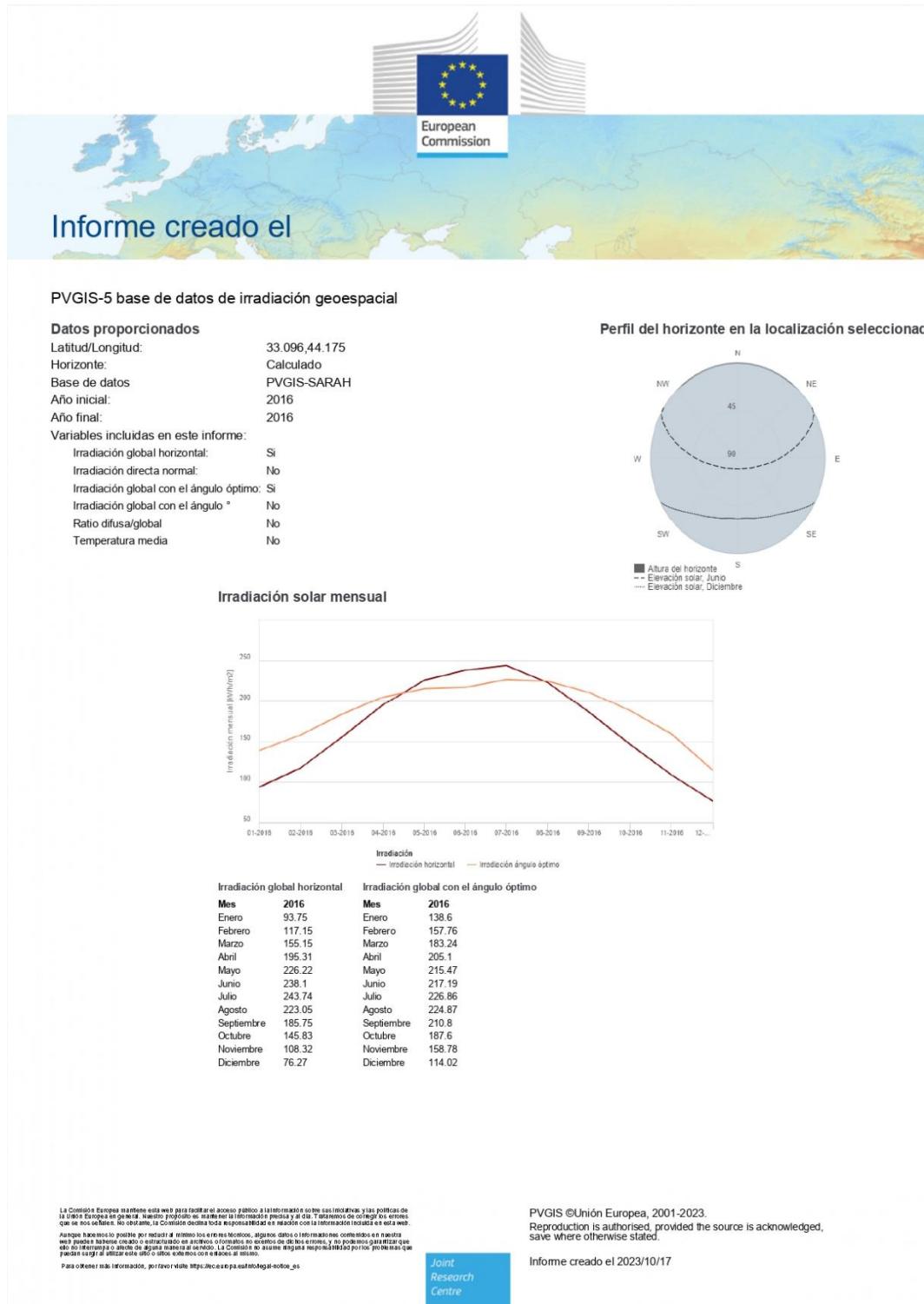
## Anexo II. Tienda Modular Utilis.





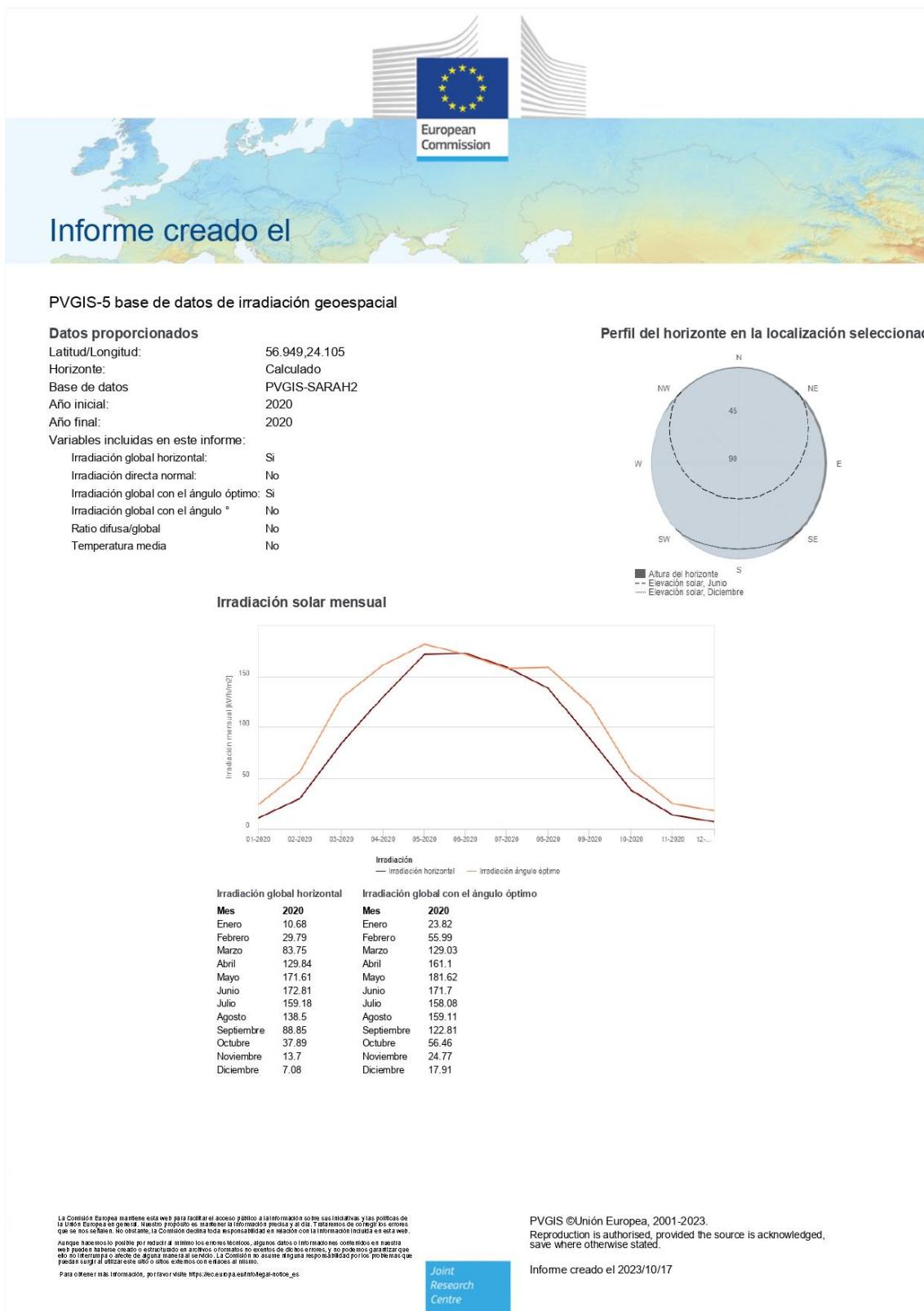
## Anexo III. Datos de irradiación geoespacial.

### 3.1. Apéndice A. Iraq.



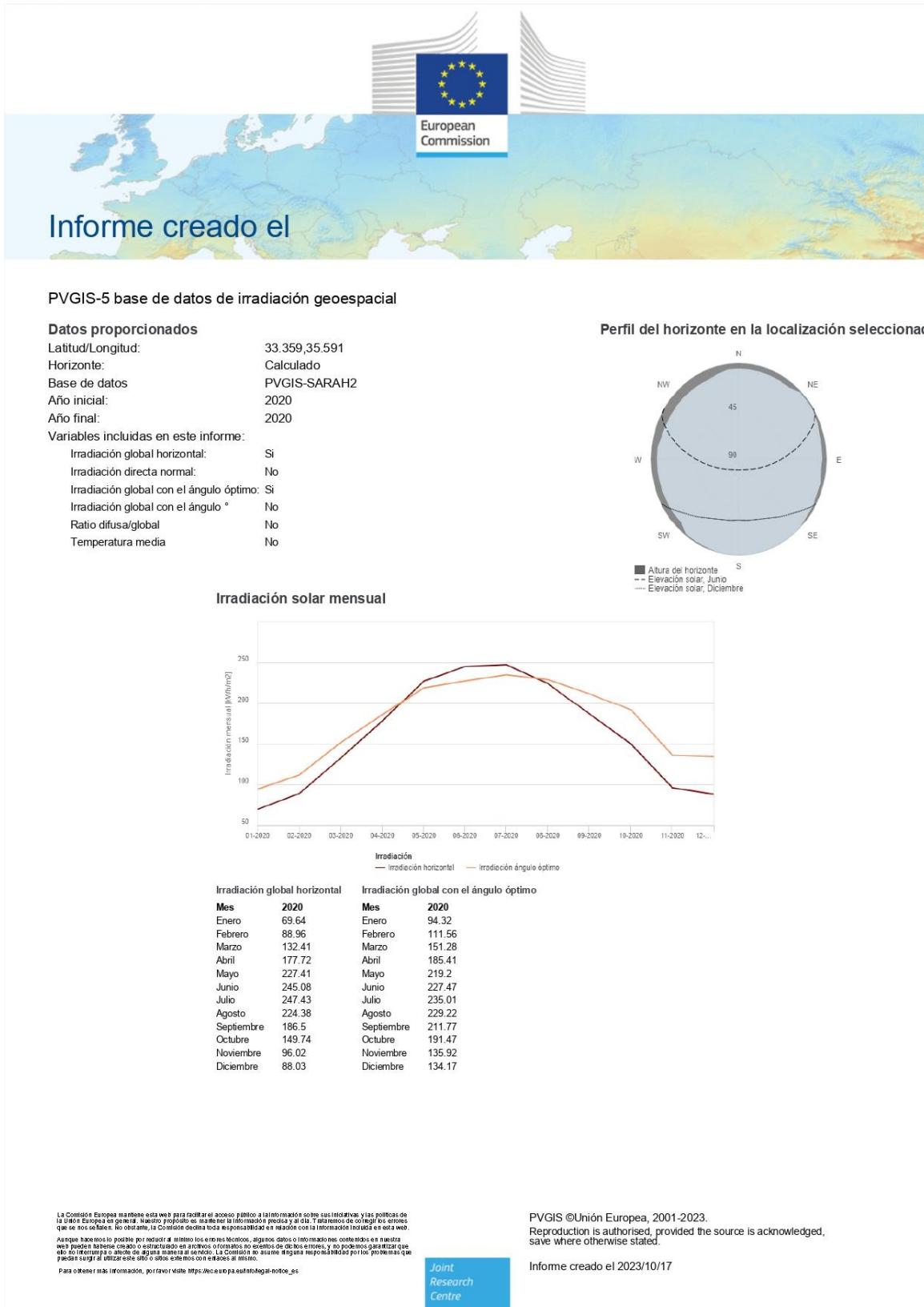


### 3.2. Apéndice B. Líbano.





### 3.3. Apéndice C. Letonia.





### 3.4. Apéndice D. Madrid.



#### PVGIS-5 base de datos de irradiación geoespacial

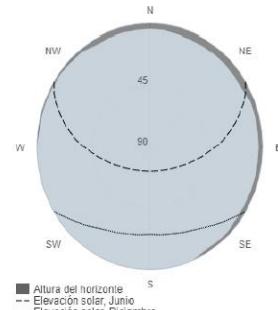
##### Datos proporcionados

Latitud/Longitud: 40.525,-3.772  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH2  
 Año inicial: 2020  
 Año final: 2020

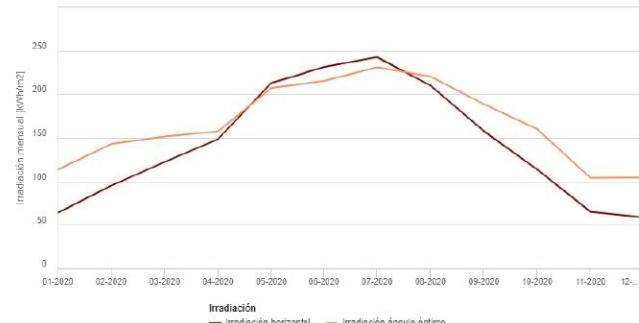
##### Variables incluidas en este informe:

Irradiación global horizontal: Sí  
 Irradiación directa normal: No  
 Irradiación global con el ángulo óptimo: Sí  
 Irradiación global con el ángulo °: No  
 Ratio difusa/global: No  
 Temperatura media: No

##### Perfil del horizonte en la localización seleccionada:



#### Irradiación solar mensual



#### Irradiación global horizontal      Irradiación global con el ángulo óptimo

Mes	2020	Mes	2020
Enero	63.92	Enero	113.45
Febrero	95.22	Febrero	142.89
Marzo	122.27	Marzo	151.49
Abril	148.49	Abril	157.29
Mayo	212.9	Mayo	207.13
Junio	231.11	Junio	215.05
Julio	242.4	Julio	230.84
Agosto	209.97	Agosto	220.36
Septiembre	157.67	Septiembre	188.66
Octubre	113.74	Octubre	160
Noviembre	65.15	Noviembre	104.03
Diciembre	58.7	Diciembre	104.51

La Comisión Europea no tiene sede en la Unión Europea y no es responsable de las decisiones y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestro protocolo es mantener la información precisa y de la más reciente versión de los datos que se nos señalan. No obstante, la Comisión declina toda responsabilidad en relación con la información incluida en esta web.

Aunque hemos lo posible por regular al mínimo los errores técnicos, algunos datos o información contenidos en nuestra web pueden haber sido extraído o extractado en archivos o formatos no aptos de los errores y, no podemos garantizar que sean correctos. La Comisión Europea no se responsabiliza de los errores que puedan surgir al utilizar este sitio o sitios externos con enlaces al mismo.

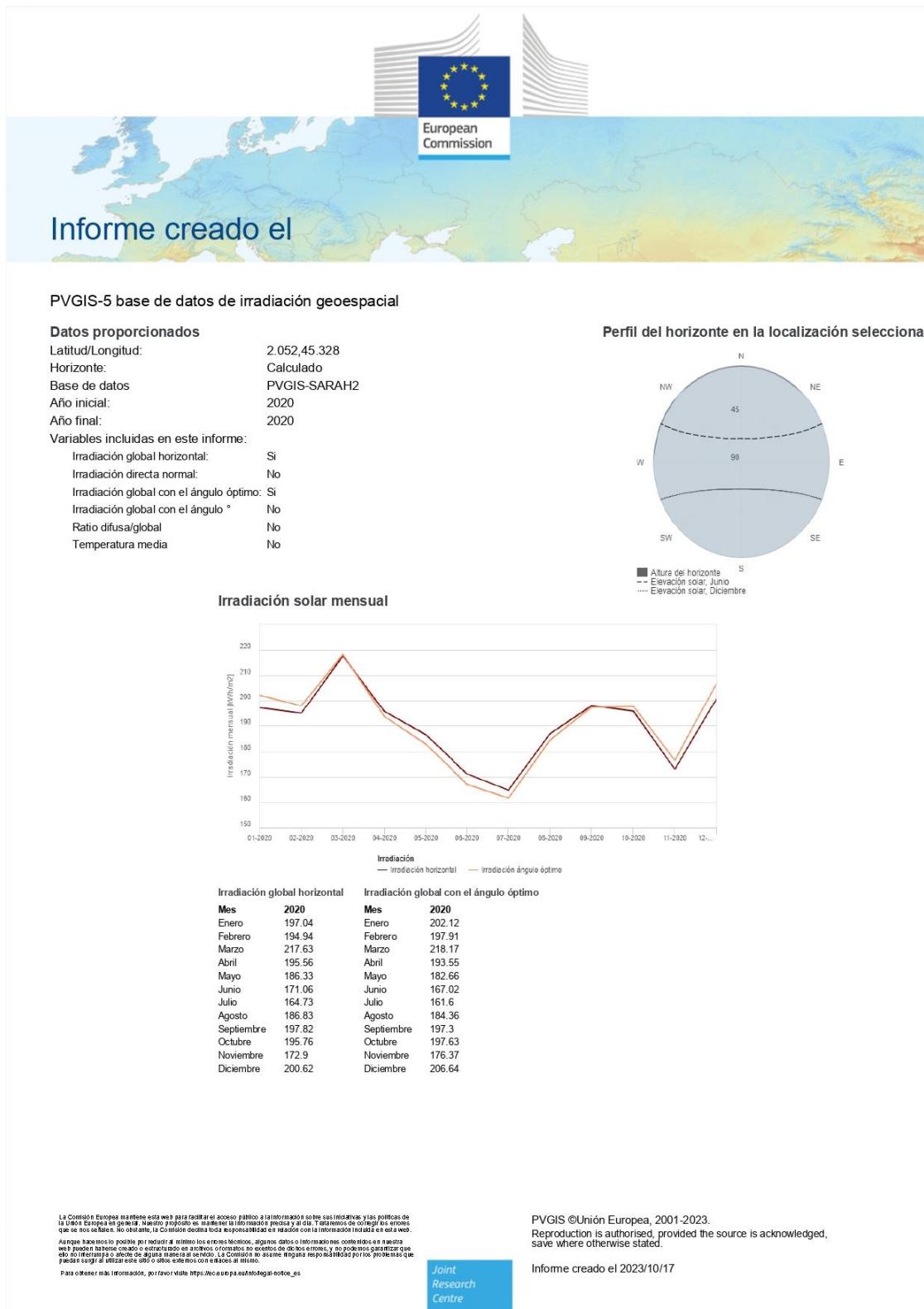
Para obtener más información, por favor visite [https://ec.europa.eu/info/legal-notice\\_en](https://ec.europa.eu/info/legal-notice_en)

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.  
 Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged,  
 save where otherwise stated.

Informe creado el 2023/10/17

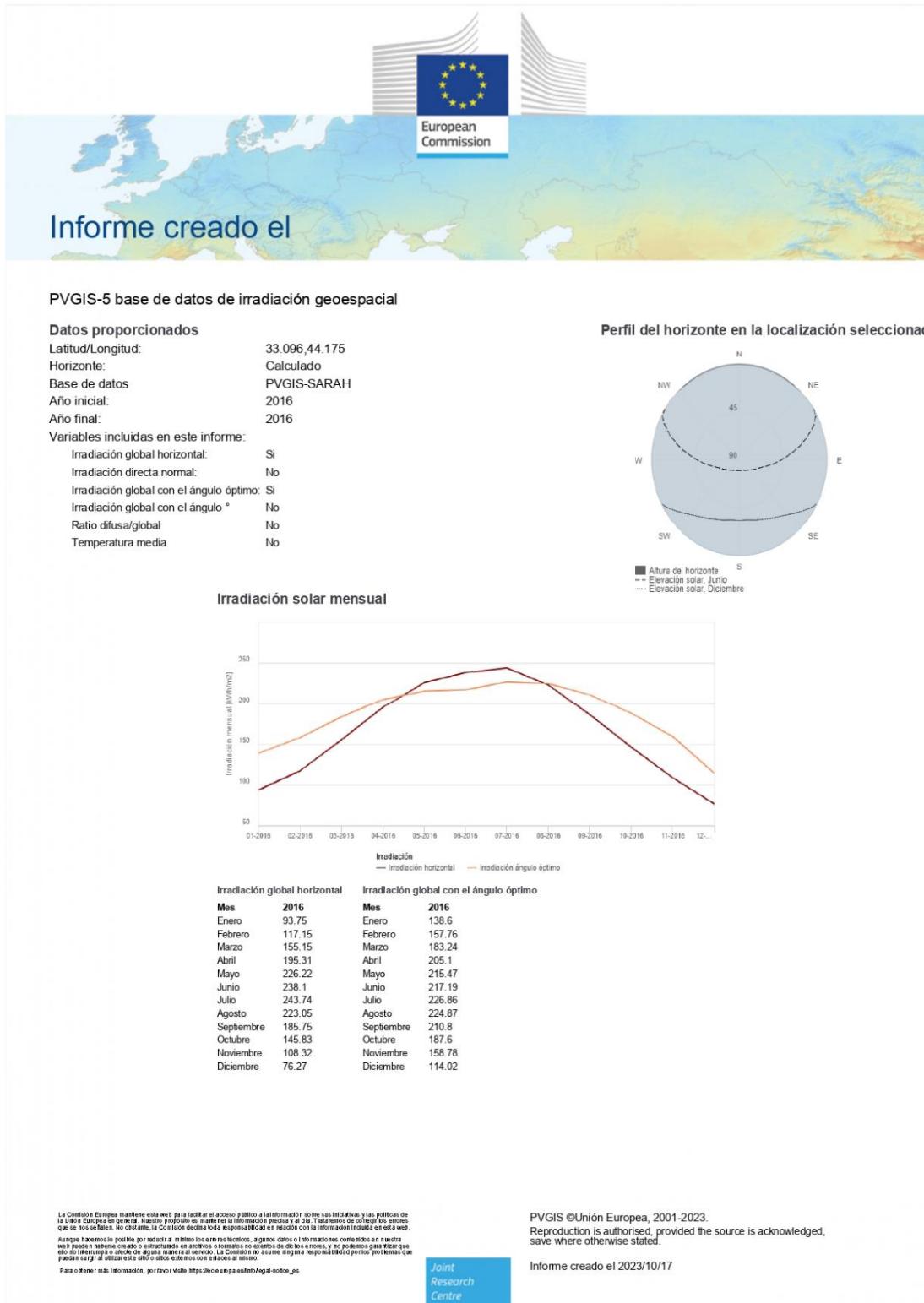


### 3.5. Apéndice E. Mali.





### 3.6. Apéndice F. Somalia.





## Anexo IV. Medidas VAMTAC:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS VAMTAC LIGERO	
Motor	Steyr, turbodiesel, de 6 cilindros en línea y 163 Cv.
Transmisión	Automática Allison AT-542 con convertidor de par y 4AV/1R. Opcional ZF de 5AV/1R.
Reductora Tránsfer	URO URM-15 con dos velocidades más punto muerto. Tracción 4X4 permanente con bloqueo interaxial.
Dirección	Servodirección hidráulica integral.
Frenos	Hidroneumáticos de doble circuito con discos ventilados.
Suspensión	Independiente a las 4 ruedas, con muelles helicoidales, amortiguadores telescópicos y barra de torsión delantera.
Neumáticos	Goodyear 37x12OR-16.5 ó Michelin 25/85 XML TL10.5R20.
Pesos:	
En orden de marcha	3.000/3.500 Kg.
Máximo autorizado	5.000 Kg.
Máximo eje delantero	2.200 Kg.
Máximo eje trasero	3.500 Kg.
Máximo remolcable	3.500 Kg (4.000 Kg con freno neumático).
Carga máxima TT	1.500 Kg (2.000 Kg. con suspensión reforzada).
Dimensiones (hasta el techo)	4,85 X 2,19 X 1,89 m (L X A X H).
Velocidad máxima	130 km/h. (con carga de 1.500 Kg.).
Autonomía en carretera	600 Km.
Consumo a 90 Km/h.	15 litros/100 Km.
Pendiente superable	> 100% (según la adherencia del terreno).
Pendiente lateral	40%.
Angulo de ataque	74°
Angulo de salida	52° en vacío y 47° con carga.
Vadeo	
Sin preparación	0,75 m.
Con preparación	1,50 m.
Versiones básicas	Cabina de 2/4 plazas más caja de carga. Cabina de 4 plazas más portón trasero.
Equipos opcionales	Aire acondicionado, ruedas run-flat, inflado de neumáticos desde el puesto del conductor CTIS, cabrestante eléctrico de 5.400 Kg, escotilla en el techo, soportes para petacas y rueda de repuesto abatibles, techo de lona, sistema anti-explosiones y contraincendios, etc.



## **Anexo V. Componentes instalación fotovoltaica:**



## 5.1. Apéndice A. Paneles solares.

# Monocrystalline half-cell series SR 430W-500W-144M

The combination of high-efficiency monocrystalline cell and half-cell module technology significantly improves the power of the module and the power generation capacity under shade, while reducing the local temperature rise caused by the working temperature and hot spots of the module, bringing more ideal returns to investors.

**-0.55%**  
Annual power attenuation

**High efficiency & low attenuation**  
<2%  
Combining the advanced technology of silicon wafer and battery side, obtain high-efficiency monocrystalline module with attenuation of less than 2% in the first year

**Good power generation performance in shaded conditions**  
Good power generation performance in shaded conditions  
Special battery and component design significantly reduces power loss caused by shadow occlusion

**Strong resistance to hot spots**  
Strong resistance to hot spots  
Lower internal current significantly reduces local temperature rise caused by hot spots

**Adapt to high temperature and high radiation environment**  
Adapt to high temperature and high radiation environment  
The power generation gain relative to the whole module is the most obvious in high-irradiation and high-temperature areas

**Warranty**  
10 years: Product materials and processes  
25 years: Excess linear power output

**Approvals**  
TUV, UL, CE, GS, C

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730  
IEC 62804, IEC 62716  
IEC 61701  
IEC TS 62941



## SR 430W-500W-144M

### Electrical performance parameters (STC)

	430W	435W	440W	445W	450W	455W	500W
Peak power voltage (Vmp/V)	40.72	41.08	41.40	41.75	42.10	42.41	42.72
Peak power current (Imp/A)	10.56	10.59	10.63	10.66	10.69	10.73	10.77
Open circuit voltage (Voc/V)	48.56	48.99	49.25	49.55	49.84	50.10	50.36
Short circuit current (Isc/A)	11.22	11.25	11.28	11.31	11.34	11.37	11.40
Module efficiency (%)	19.46	19.69	19.92	20.14	20.37	20.60	20.83
Power tolerance (W)	0+5W						

STC (standard test environment): irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, battery temperature 25°C, spectrum AM1.5

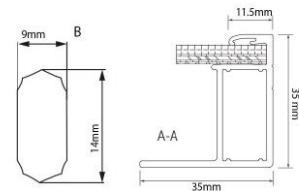
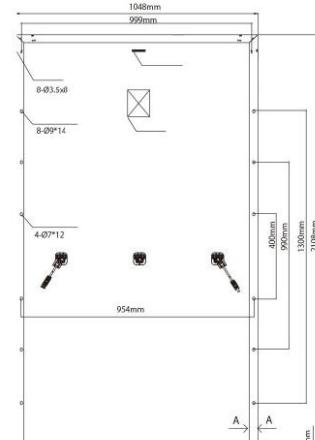
### Electrical performance parameters (NOCT)

	313.58	317.30	321.03	324.79	328.57	332.36	336.15
Peak power voltage (Vmp/V)	37.26	37.55	37.84	38.13	38.42	38.71	39.00
Peak power current (Imp/A)	8.42	8.45	8.48	8.52	8.55	8.59	8.62
Open circuit voltage (Voc/V)	45.04	45.30	45.56	45.82	46.08	46.34	45.88
Short circuit current (Isc/A)	9.06	9.09	9.12	9.14	9.17	9.19	9.21

NOCT (Nominal operating temperature conditions of the cell): irradiance 800W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20°C, spectrum AM1.5, wind speed 1m/s

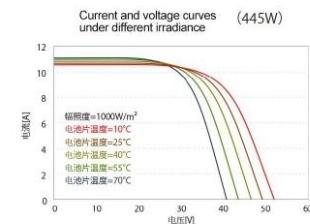
### Mechanical parameters

Cell type	Monocrystalline 166x83mm
Component size	2108*1048*35mm
weight	26kg
glass	High light transmission self-cleaning solar glass 3.2mm
Backplane	White TPT
frame	Silver aluminum frame
Junction Box	IP68
Number of diodes	3pcs
Cable	4.0mm2 400/400mm
Connector	MC4 compatible
Wind/snow pressure	2400pa/5400pa



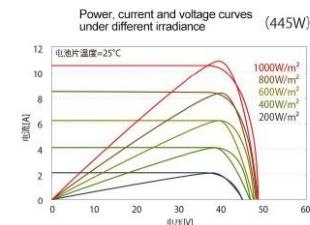
### Temperature coefficient

Nominal battery operating temperature (NOCT)	44±2°C
Short circuit current (Isc)	+0.060% /°C
Open circuit voltage (Voc)	-0.30% /°C
Peak power (Pmax)	-0.39% /°C



### Limit parameters

Operating temperature	-40°C~85°C
Maximum system voltage	1500V DC(IEC)
Maximum fuse rating	20A



### Optional

Connector	Original MC4
Backplane	Transparent/black back panel
frame	Black anodized aluminum frame



Anhui SHANGXIA new energy Co., Ltd  
Website:www.ahsx-solar.com

Email:sales01@ahsx-solar.com  
Tel:++86 18755591383 Fax:+86 555 2829021



## 5.2. Apéndice B. Acumulador.





### 5.3. Apéndice C. Regulador / inversor:

**Inversor/cargador MultiPlus-II**  
230 V

[Página del producto en línea](#)  
<https://ve3.nl/6H>



#### Un MultiPlus, con funcionalidad ESS (Sistema de almacenamiento de energía)

El MultiPlus-II es un inversor/cargador multifuncional con todas las funciones del MultiPlus, más un sensor de corriente externa opcional que amplía las funciones PowerControl y PowerAssist hasta 50 A y 100 A respectivamente. El MultiPlus-II es ideal para su uso profesional en el ámbito marino, navegación de recreo, vehículos y aplicaciones terrestres no conectadas a la red.

También dispone de una funcionalidad antiisla incorporada y homologaciones en cada vez países para su uso como ESS. Existen varias configuraciones del sistema posibles. Podrá encontrar información más detallada en el Manual de diseño y configuración de sistemas ESS.

#### PowerControl y PowerAssist – aumento de la capacidad de la red o de un generador

Se puede establecer una corriente máxima del generador o de la red. El MultiPlus-II tendrá en cuenta las demás cargas de CA y utilizará la corriente sobrante para cargar la batería, evitando así sobrecargar el generador o la red (función PowerControl).

PowerAssist lleva el principio de PowerControl a otra dimensión. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus-II compensará la falta de potencia del generador, de la toma de puerto o de la red con energía de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

#### Energía solar: Energía CA disponible incluso durante un apagón

El MultiPlus II puede utilizarse en sistemas fotovoltaicos, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas de energía alternativos. Es compatible tanto con controladores de carga solar como con inversores conectados a la red.

#### Dos salidas CA

La salida principal dispone de la función "no-break" (sin interrupción). El MultiPlus II se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando la entrada del MultiPlus II tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

#### Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico.

Hasta 6 MultiPlus pueden funcionar en paralelo para alcanzar una mayor potencia de salida. Seis unidades 48/5000/70, por ejemplo, darán una potencia de salida de 25 kW/30 kVA y una capacidad de carga de 420 amperios.

Además de la conexión en paralelo, se pueden configurar tres unidades del mismo modelo para una salida trifásica. Pero eso no es todo: se pueden conectar en paralelo hasta 6 juegos de tres unidades que proporcionarán una capacidad de inversor de 75 kW / 90 kVA y más de 1200 amperios de capacidad de carga.

#### Configuración, seguimiento y control del sistema in situ

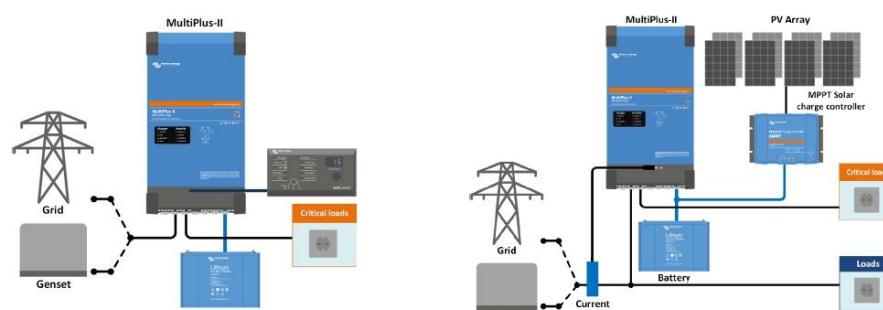
La configuración puede cambiarse en cuestión de minutos con el software VEConfigure (se necesita un ordenador o un portátil y una interfaz MK3-USB).

Hay varias opciones de seguimiento y control disponibles: Color Control GX, Venus GX, Octo GX, CANvus GX, portátil, ordenador, bluetooth (con la mochila opcional VE.BUS Smart), monitor de baterías, panel Digital Multi Control.

#### Configuración y seguimiento remotos

Instale un Color Control GX u otro producto GX para conectarse a Internet.

Los datos de funcionamiento se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management). Una vez conectado a Internet, se puede acceder a los sistemas de forma remota y se puede cambiar la configuración.



**Aplicación estándar marina, móvil o no conectada a la red**  
Las cargas que deberían apagarse cuando no hay energía en la entrada de CA pueden conectarse a una segunda salida (no se muestra en la imagen). La función PowerControl y PowerAssist tendrá en cuenta estas cargas para limitar la entrada de CA a un valor seguro.

**Topología paralela a la red con controlador de carga solar MPPT**  
El MultiPlus-II utilizará los datos del sensor de CA externa (pedir por separado) o del medidor de energía para optimizar el autoconsumo y, si lo desea, evitar la devolución a la red del excedente de energía solar. En caso de un corte del suministro eléctrico, el MultiPlus-II seguirá alimentando las cargas críticas.



**GX Touch y Cerbo GX**

Facilita un control y un seguimiento intuitivos del sistema. Además del control y seguimiento del sistema, el Cerbo GX permite acceder a nuestra web de seguimiento remoto gratuita: el portal en línea VRM.



**Portal VRM**

Nuestra web gratuita de seguimiento remoto (VRM) mostrará todos los datos de su sistema en un completo formato gráfico. Los ajustes del sistema pueden modificarse a distancia a través del portal. Se pueden recibir alarmas por email.



**App VRM**

Controla y gestiona su sistema Victron Energy desde su smartphone o tableta. Disponible tanto para iOS como para Android.



**Mochila VE.BUS Smart**

Mide la tensión y temperatura de la batería y permite el seguimiento y control mediante smartphone u otro dispositivo bluetooth.

Características principales					
MultiPlus-II 230V	12/3000/120-32 24/3000/70-32 48/3000/35-32	24/5000/120-50 48/5000/70-50	48/8000/ 110-100	48/10000/ 140-100	48/15000/ 200-100
PowerControl y PowerAssist			Si		
Commutador de transferencia	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
Corriente máxima de entrada CA	32 A	50 A	100 A	100 A	100 A
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada CC	12V - 9,5 - 17 V	24V - 19 - 33V	48V - 38 - 66 V		
Salida	Tensión de salida: 230 VCA ± 2 % Frecuencia: 50 Hz ± 0,1 % (1)				
Potencia cont. de salida a 25°C (3)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Potencia cont. de salida a 25°C	2400 W	4000 W	6400 W	8000 W	12000 W
Potencia cont. de salida a 40°C	2200 W	3700 W	5500 W	7000 W	10000 W
Potencia cont. de salida a 65°C	1700 W	3000 W	4000 W	6000 W	7000 W
Balance neto máximo aparente (corriente retornada a la red)	3000 VA	5000 VA	8000 VA	10000 VA	15000 VA
Pico de potencia	5500 W	9000 W	15000 W	18000 W	27000 W
Eficacia máxima	93%/94%/95%	96%	95%	96%	95%
Consumo en vacío	13 / 13 / 11 W	18 W	29 W	38 W	55 W
Consumo en vacío en modo AES	9 / 9 / 7 W	12 W	19 W	27 W	39 W
Consumo en vacío en modo búsqueda	3 / 3 / 2 W	2 W	3 W	4 W	6 W
CARGADOR					
Entrada de CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 V CA Frecuencia de entrada: 45 - 65 Hz				
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 57,6 V				
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 55,2 V				
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8 V				
Máxima corriente de carga de la batería (4)	120 / 70 / 35 A	120 / 70 A	110 A	140 A	200 A
Sensor de temperatura de la batería	Si				
GENERAL					
Salida auxiliar	Sí (32 A)			Sí (50 A)	
Sensor de CA externa (opcional)	50 A			100 A	
Relé programable (5)			Si		
Protección (2)			a - g		
Puerto de comunicación VE.BUS	Para funcionamiento paralelo (no para los modelos de 8k, 10k y 15k) y trifásico, control remoto e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	Si, 2 puertos				
On/Off remoto	Si				
Temperatura de trabajo	-40 a +65 °C (refrigerado por ventilador)				
Humedad (sin condensación)	máx. 95 %				
CARCASA					
Material y color	Acero, azul RAL 5012				
Grado de protección	IP22				
Conexión de la batería	Pernos M8		Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)		
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm² (6 AWG)		Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso	19 kg	30 kg	42 kg	49 kg	80 kg
Dimensiones (al x an x p)	546 x 275 x 147 499 x 268 x 141 499 x 268 x 141	607 x 330 x 149 565 x 320 x 149 565 x 320 x 149	642 x 363 x 206	677 x 363 x 206	810 x 405 x 217
NORMAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1, EN-IEC 62109-2				
Emissions, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Sistema de alimentación ininterrumpida	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
Antisila	Puede consultar los certificados en nuestro sitio web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1				
2) Claves de protección:	4) Hasta 25 °C de temperatura ambiente				
a) cortocircuito de salida	5) Relé programable que puede configurarse para las funciones de alarma general, subtensión CC o señal de arranque para el generador. Capacidad nominal CA: 230 V 4 A, Capacidad nominal CC: 4 A hasta 35 VCC y 1 A hasta 60 VCC				
b) sobrecarga					
c) tensión de la batería demasiado alta					
d) tensión de la batería demasiado baja					
e) temperatura demasiado alta					
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					



Área de conexión



**Sensor de corriente de 100 A:50 mA**  
Para implementar PowerControl y PowerAssist y optimizar el autoconsumo con sensor de corriente externo.  
Corriente máxima: 50 A y 100 A resp.  
Longitud del cable de conexión 1 m



**Panel Digital Multi Control**  
Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



5.4. Apéndice D. Tabla de cableado.

*Tabla A - Intensidades admisibles para cables con conductores de cobre, no enterrados  
Temperatura ambiente 40°C en el aire*

Método de instalación*	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
	A1		3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
A2	3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE							
B1				3x PVC	2x PVC		3x XLPE		2x XLPE			
B2			3x PVC	2x PVC		3x XLPE	2x XLPE					
C					3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE		
E						3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE	
F							3x PVC		2x PVC	3x XLPE		2x XLPE
Sección mm <sup>2</sup> COBRE	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	16,5	19	20	21	24	--
2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	23	26	26,5	29	33	--
4	20	21	23	24	27	30	31	34	36	38	45	--
6	25	27	30	32	36	37	40	44	46	49	57	--
10	34	37	40	44	50	52	54	60	65	68	76	--
16	45	49	54	59	66	70	73	81	87	91	105	--
25	59	64	70	77	84	88	95	103	110	116	123	140
35	--	77	86	96	104	110	119	127	137	144	154	174
50	--	94	103	117	125	133	145	155	167	175	188	210
70	--	--	--	149	160	171	185	199	214	224	244	269
95	--	--	--	180	194	207	224	241	259	271	296	327
120	--	--	--	208	225	240	260	280	301	314	348	380
150	--	--	--	236	260	278	299	322	343	363	404	438
185	--	--	--	268	297	317	341	368	391	415	464	500
240	--	--	--	315	350	374	401	435	468	490	552	590
300	--	--	--	361	401	430	461	500	538	563	638	678
400	--	--	--	431	480	515	552	699	645	674	770	812
500	--	--	--	493	551	592	633	687	741	774	889	931
630	--	--	--	565	632	681	728	790	853	890	1028	1071

Se indican como 3x los circuitos trifásicos y como 2x los monofásicos.

A efecto de las intensidades admisibles los cables con aislamiento termoplástico a base de poliolefina (Z1) son equivalentes a los cables con aislamiento de policloruro de vinilo (V).



## 5.5. Apéndice E. Abrazaderas.

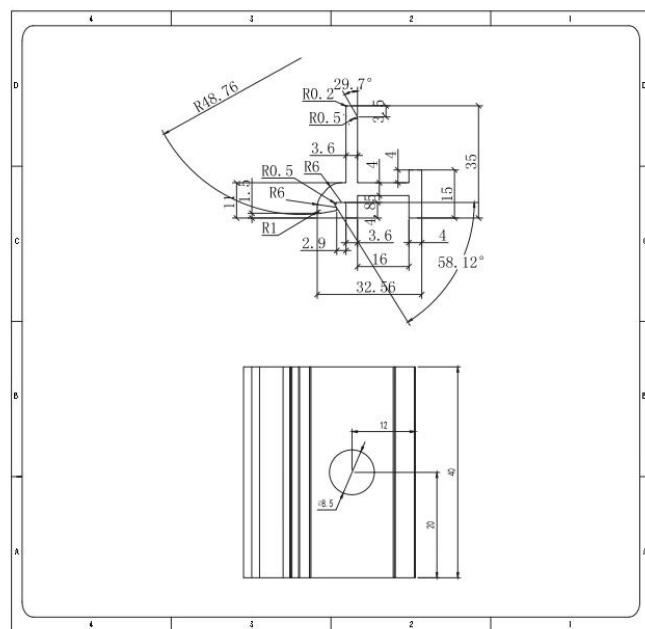
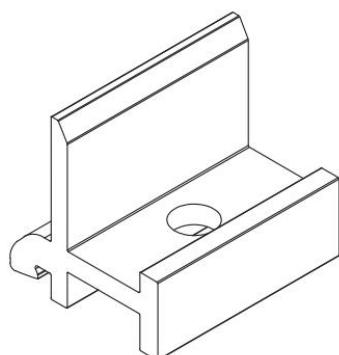
### Ficha técnica: Abrazadera triángulo Falcat



### Especificaciones

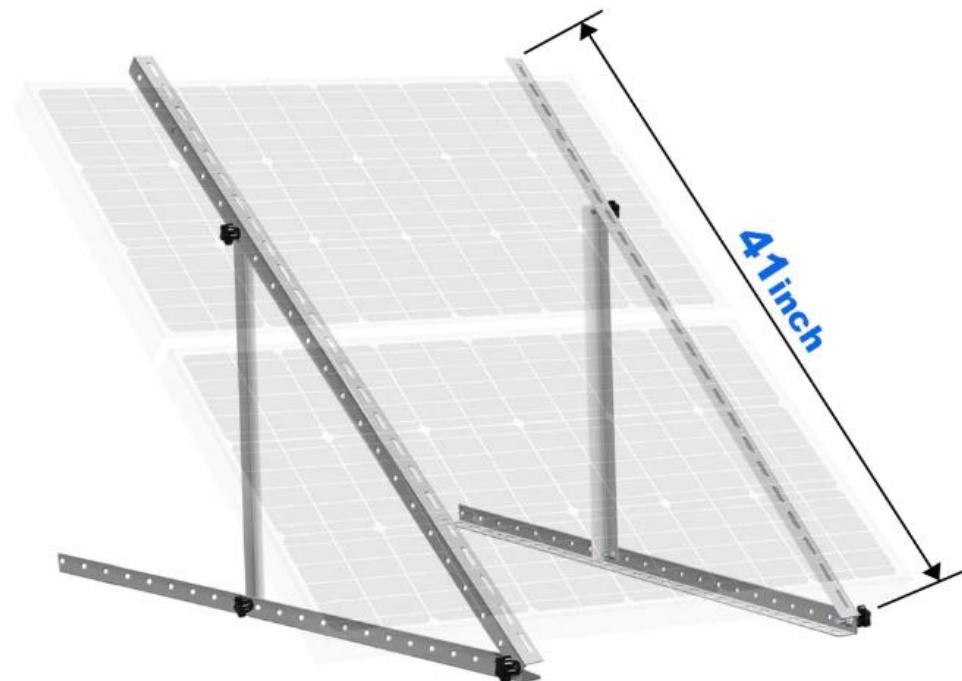
Materiales: Aluminio anodizado AL6005-T5

### Medidas





## 5.6. Apéndice F. Soporte.



### 28" Soportes de montaje inclinado

Peso del soporte: 3.39 libras Longitud: 14.76 x 28.03 x 28.03 pulgadas

### 41" Soportes de montaje inclinado

Peso del soporte: 5.7 libras Longitud: 21.46 x 40.94 x 40.94 pulgadas



### 5.7. Apéndice G. Baúl.



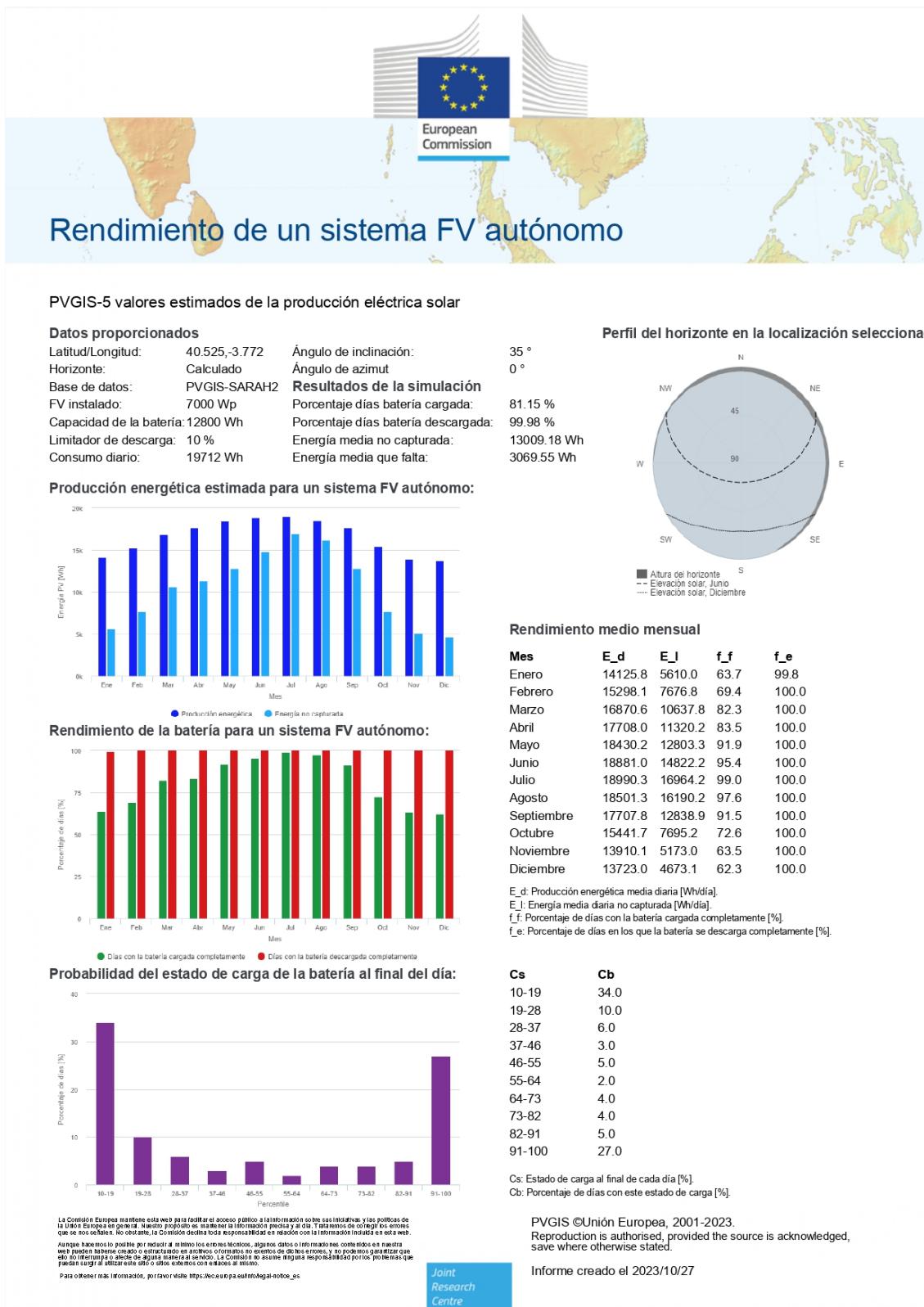
Marca	Wenco
Modelo	Explorer
Tipo	Baúl
Alto	45 cm
Ancho	52 cm
Profundidad	89,5 cm
Capacidad	150 lt
Material	polipropileno
Cantidad de espacios	1
Ruedas	2
Color	Negro
Peso	4,5 Kg
Contenido	1 Baúl, ruedas, clips y manilla



## **Anexo VI. Comparativa PVGIS.**

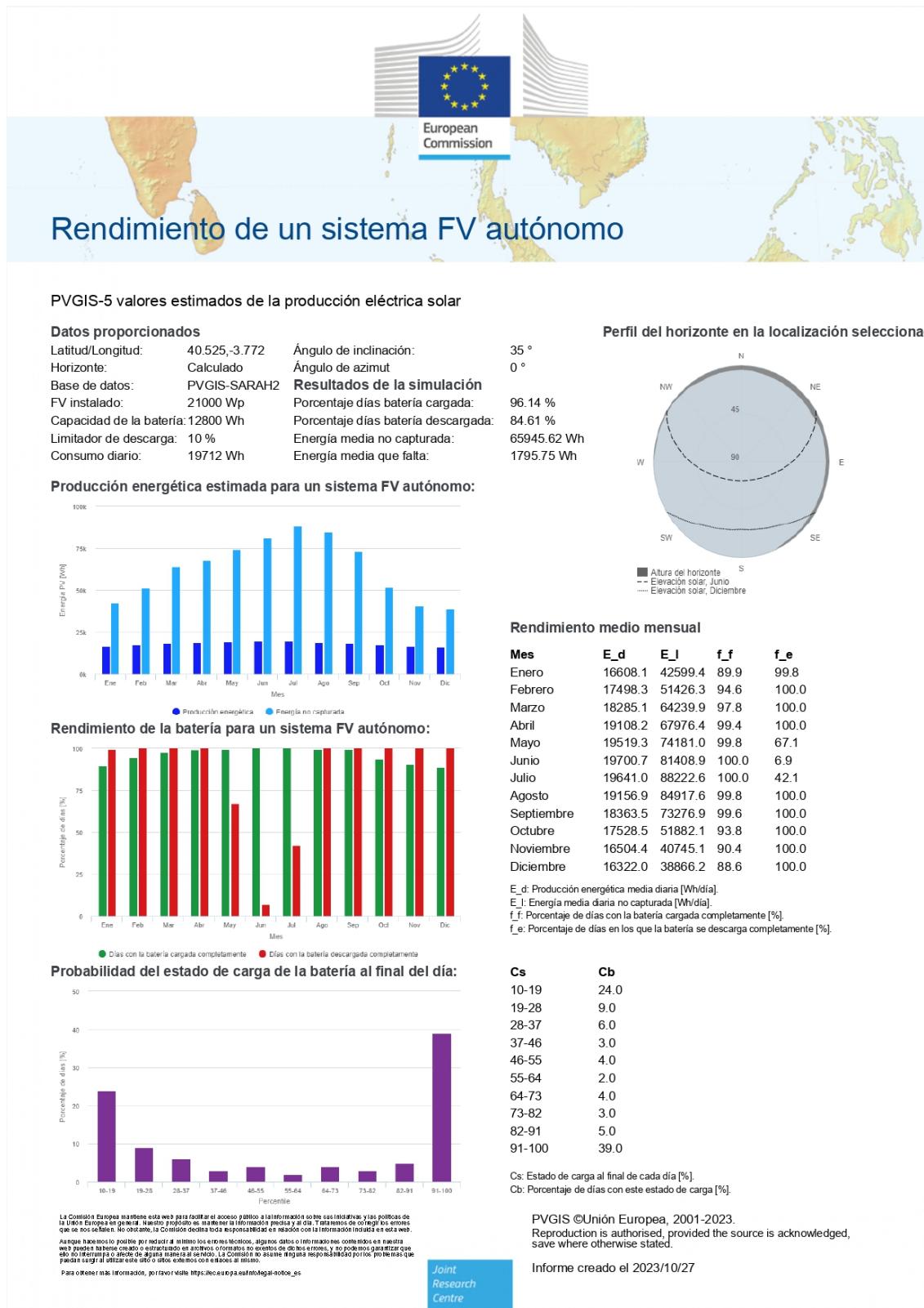


## 6.1. Apéndice A. Valores del proyecto.





## 6.2. Apéndice B. Valores triplicando la potencia fotovoltaica





### 6.3 Apéndice C. Valores aumentando un tercio la capacidad de la batería.

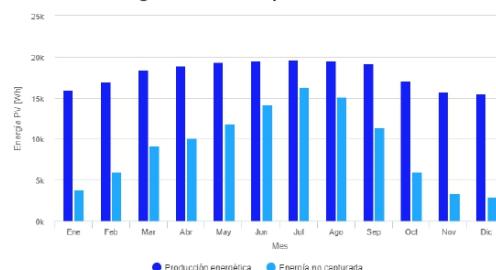


#### PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar

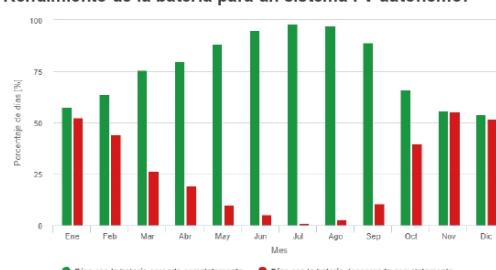
##### Datos proporcionados

Latitud/Longitud:	40.525,-3.772	Ángulo de inclinación:	35 °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	0 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH2	<b>Resultados de la simulación</b>	
FV instalado:	7000 Wp	Porcentaje días batería cargada:	76.86 %
Capacidad de la batería:	17066 Wh	Porcentaje días batería descargada:	26.48 %
Límtador de descarga:	10 %	Energía media no capturada:	11959.03 Wh
Consumo diario:	19712 Wh	Energía media que falta:	6437.23 Wh

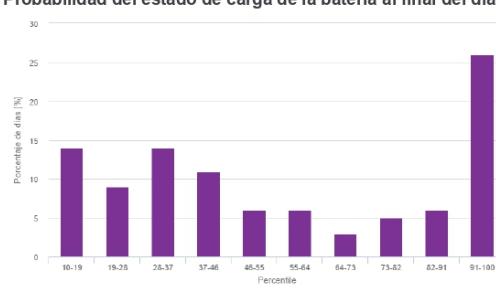
##### Producción energética estimada para un sistema FV autónomo:



##### Rendimiento de la batería para un sistema FV autónomo:



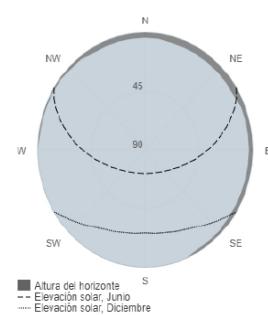
##### Probabilidad del estado de carga de la batería al final del día:



La Comisión Europea mantiene esta web para facilitar el acceso público a la información sobre las iniciativas y las políticas de la Unión Europea en general. Nuestro propósito es facilitar la información precisa y al día. Todos los datos de origen que se presentan en esta web han sido recopilados de fuentes oficiales y se han revisado y validado por la Comisión Europea. Aunque se han hecho esfuerzos por garantizar la integridad de los datos, algunos datos o informaciones contenidos en esta web no pueden garantizarse. La Comisión Europea no asume ninguna responsabilidad por los problemas que este informe o su anexo o afecte a alguna persona o entidad. La Comisión Europea no asume ninguna responsabilidad por los problemas que este informe o su anexo o afecte a alguna persona o entidad.

Para obtener más información, por favor visite <https://recursoseautoflegado-europa.es>

##### Perfil del horizonte en la localización seleccionada



##### Rendimiento medio mensual

Mes	E_d	E_I	f_f	f_e
Enero	15963.8	3772.0	57.7	52.4
Febrero	17024.9	5950.0	63.6	44.2
Marzo	18387.4	9121.0	75.8	26.4
Abri	18930.8	10097.4	79.8	19.4
Mayo	19323.3	11910.2	88.3	9.9
Junio	19536.6	14166.6	95.2	5.4
Julio	19668.6	16286.0	98.4	1.2
Agosto	19569.2	15122.3	97.2	2.8
Septiembre	19186.8	11360.0	89.0	10.6
Octubre	17111.8	6025.0	66.1	39.9
Noviembre	15769.2	3314.0	55.8	55.2
Diciembre	15522.0	2874.1	54.4	51.7

E\_d: Producción energética media diaria [Wh/día].

E\_I: Energía media diaria no capturada [MWh/día].

f\_f: Porcentaje de días con la batería cargada completamente [%].

f\_e: Porcentaje de días en los que la batería se descarga completamente [%].

##### Cs

10-19	14.0
19-28	9.0
28-37	14.0
37-46	11.0
46-55	6.0
55-64	6.0
64-73	3.0
73-82	5.0
82-91	6.0
91-100	26.0

Cs: Estado de carga al final de cada día [%].

Cb: Porcentaje de días con este estado de carga [%].

PVGIS ©Unión Europea, 2001-2023.

Reproducción es autorizada, provided the source is acknowledged,

where otherwise stated.

Informe creado el 2023/10/27



## 6.4 Apéndice D. Valores de instalación óptima.

