



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

SISTEMAS EFICIENTES DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA RENOVABLE APLICADOS A UNA SECCIÓN DE INGENIEROS

Ignacio Pérez Prado

Director académico: Adeline Rezeau

Director militar: Álvaro Millán Panadero

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2021



Ignacio Pérez Prado

Agradecimientos

Quisiera agradecer en primer lugar a mi directora académica Dra. Adeline Rezeau por su esfuerzo y compromiso. A mi director militar el Capitán D. Álvaro Millán Panadero por aconsejarme y facilitarme los medios necesarios para la realización de este trabajo. A todos los oficiales, suboficiales y tropa del Regimiento de Ingenieros Nº 8 por la excelente acogida recibida durante las prácticas externas.

No quisiera dejar de agradecer a Mireia Piles Baldovín por su ayuda, fruto de la experiencia y al Cabo 1º Jaime Moreno Pajuelo por el aporte de gran cantidad de datos técnicos que recibí desde Líbano.





RESUMEN

Las Fuerzas Armadas, al igual que el conjunto de la sociedad, están comprometidas con el medioambiente. Por este motivo, mediante este trabajo se han tratado de aportar ideas en beneficio del Ejército de Tierra, de sus miembros y por supuesto, del medioambiente.

Tras realizar las prácticas externas en el Regimiento de Ingenieros Nº 8 de Melilla, se detectó la limitación de uso de las comunicaciones debido a la descarga de las baterías en los equipos de radio del personal a pie.

Con la finalidad de solventar este problema, se analizaron los equipos de radio a alimentar por nivel de prioridad según las necesidades y experiencia del personal destinado en la propia unidad. Tras determinar el consumo eléctrico de dichos equipos, se analizaron los diferentes sistemas de generación de energía renovable con el objetivo de encontrar el sistema más eficiente y ligero para este propósito.

La PR4G RT-9210V3 y el PNR-500 son los dos equipos de radio propuestos para ser alimentados por el sistema solar. Solamente el PNR-500 es posible ser alimentado de forma permanente con el sistema propuesto a partir de los resultados de este estudio (aptado 4.3.3.). Al tratarse de un sistema solar portátil que debe ser transportado en la mochila Altus, implica severas limitaciones (peso de la batería o tamaño del panel solar). Por tanto, la tecnología actual no permite alimentar la radio PR4G RT-9210V3 de forma permanente e ininterrumpida.

Sin embargo, el sistema aporta energía suficiente para mantener el equipo en funcionamiento más tiempo del que duraría con su batería original, siendo preferible utilizarlo en ambos casos con el fin de aumentar el tiempo de funcionamiento de la radio y por ende el mantenimiento de las comunicaciones dentro de la sección.

Es importante tener en cuenta que, aunque este trabajo se ha realizado en base a los equipos de radio incluidos en una sección de Ingenieros, el sistema solar es válido para cualquier otra unidad del Ejército de Tierra donde se utilicen los mismos equipos de radio.

PALABRAS CLAVE

Sistema solar fotovoltaico, comunicaciones e independencia energética.



ABSTRACT

The Armed Forces, like the whole of society, are committed to the environment. For this reason, this project intends to give ideas that benefit the Army, its members and, of course, the environment.

After the placement period in the Engineers Regiment N° 8 of Melilla, a limitation in the foot patrols communications was detected due to the discharge of the radio equipment batteries.

In order to overcome this problem, the radio equipment to be powered was prioritised according to the needs and expertise of the military personnel assigned to the platoon. After determining the electricity consumption of said equipment, the different renewable energy generation systems were analysed in order to find the most efficient and lightweight system.

PR4G RT-9210V3 and PNR-500 are the radio sets proposed to be powered by a solar system. Only the PNR-500 can be powered permanently with the proposed system. Being a portable solar system that must be carried in the Altus backpack, this involves severe limitations (weight of the battery or size of the solar panel). This is the reason why current technology does not allow the PR4G RT-9210V3 radio to be powered permanently and uninterruptedly.

Nevertheless, this system provides enough energy to keep both radio devices operating longer than they would last with their original batteries. It is advisable to use it in order to increase the operating time of the radios and therefore the maintenance of communications within the platoon.

It is important to consider that, although this project has been implemented in the radio equipment of an Engineers platoon, the solar system proposed is valid for any other Army unit where the same radio equipment is used.

KEYWORDS

Photovoltaic solar system, communications and energy independence



INDICE DE CONTENIDO

| | |
|---|-------------|
| Agradecimientos | I |
| RESUMEN | III |
| PALABRAS CLAVE | III |
| ABSTRACT | IV |
| KEYWORDS | IV |
| INDICE DE FIGURAS | VII |
| INDICE DE TABLAS | VIII |
| ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS | IX |
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA | 2 |
| 2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE..... | 2 |
| 2.2. METODOLOGÍA..... | 2 |
| 3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE) . | 4 |
| 3.1. ANTECEDENTES..... | 4 |
| 3.2. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EJÉRCITO DE TIERRA..... | 4 |
| 3.2.1. GRUPOS ELECTRÓGENOS..... | 4 |
| 3.2.2. PROTOTIPO PC VERDE..... | 6 |
| 3.3. SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES..... | 6 |
| 3.4. MARCO LEGAL Y NORMATIVA APLICABLE..... | 7 |
| 3.5. MARCO TEORICO..... | 8 |
| 3.5.1. TIPOS Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES..... | 9 |
| 3.5.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE ENERGIA RENOVABLE..... | 10 |
| 3.5.3. COMUNICACIONES..... | 12 |
| 3.5.4. ANÁLISIS DAFO DEL SISTEMA SELECCIONADO..... | 12 |
| 4. DESARROLLO | 14 |
| 4.1. RADIO PERSONAL PNR-500..... | 14 |
| 4.1.1. EXPERIMENTOS PNR-500..... | 15 |



| | |
|---|-----------|
| 4.2. RADIO PR4G RT 9210 V3..... | 15 |
| 4.2.1. CONEXIÓN DEL SISTEMA SOLAR A LA CAJA DE PILAS..... | 15 |
| 4.2.2. EXPERIMENTO RT-9210 V3 (DURACIÓN MÁXIMA DE LA BATERÍA). 17 | |
| 4.3. DIMENSIONAMIENTO PARA PR4G RT-9210 V3 Y PNR-500 | 18 |
| 4.3.1 ESTIMACIÓN DE CONSUMO | 18 |
| 4.3.2 ORIENTACIÓN DEL PANEL..... | 19 |
| 4.3.3. CÁLCULO DEL PANEL FOTOVOLTAICO | 20 |
| 4.3.4. BATERÍA | 22 |
| 4.3.5. REGULADOR DE CARGA..... | 23 |
| 4.3.6. OTROS COMPONENTES DEL SISTEMA..... | 24 |
| 4.4. DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS (DEE)..... | 24 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 28 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 30 |
| A. ENCUESTA REALIZADA EN LA UNIDAD..... | 33 |
| B. PROCESO DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE LA RADIO PR4G RT-9210 V3..... | 35 |
| C. PROCESO DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE LA RADIO PNR-500..... | 37 |
| D. EXPERIMENTO DE LA DURACIÓN MÁXIMA DEL SISTEMA SOLAR | 38 |
| E. TABLA DE HORAS SOLAR PICO..... | 39 |
| F. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERÍA. | 40 |
| G. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR. | 44 |
| H. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR DE CARGA | 47 |
| I. MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL REGULADOR DE CARGA | 49 |
| J. PRESUPUESTO..... | 55 |



INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Triángulo de potencias..... | 5 |
| Figura 2 TOA VERDE. Fuente: Defensa.com | 6 |
| Figura 3 Análisis DAFO de la unidad RING N° 8..... | 13 |
| Figura 4 Radio de alcance. Fuente: Elbitsystems.com..... | 14 |
| Figura 5 PNR-500..... | 14 |
| Figura 6 PR4G RT 9210 V3..... | 15 |
| Figura 7 Caja de pilas desechables CY112. Fuente: Manual de operación y mantenimiento de Amper..... | 16 |
| Figura 8 Batería de pilas desechables. Fuente: Manual de operación y mantenimiento de Amper..... | 17 |
| Figura 9 Conexionado de cables | 17 |
| Figura 10 Orientación del panel | 19 |
| Figura 11 Horas de sol pico (HSP). Fuente: Semantic scholar..... | 21 |
| Figura 12 Batería PNR-500..... | 22 |
| Figura 13 Ciclo de vida en relación con la profundidad de descarga. Fuente: Autosolar | 23 |
| Figura 14 Representación gráfica efecto-interacciones..... | 26 |
| Figura 15 Ecuación de regresión de Scheffler..... | 27 |
| Figura 16 Aplicación real de este proyecto | 28 |
| Figura 17 Resultados de la encuesta: prioridad de equipos electrónicos | 34 |
| Figura 18 Radio en recepción | 35 |
| Figura 19 Radio en potencia 1 | 35 |
| Figura 20 Radio en potencia 2 | 36 |
| Figura 21 Radio en potencia 3 | 36 |
| Figura 22 Consumo en el inicio de carga..... | 37 |
| Figura 23 Consumo en el final de carga..... | 37 |
| Figura 24 Inicio del experimento..... | 38 |
| Figura 25 Final del experimento..... | 38 |
| Figura 26 Tabla de horas solar pico. Fuente: NASA | 39 |



INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Grupos electrógenos..... | 5 |
| Tabla 2 Comparación de los sistemas de energía renovable..... | 11 |
| Tabla 3 Principales características del PNR-500..... | 14 |
| Tabla 4 Consumo de corriente en la radio PNR-500..... | 15 |
| Tabla 5 Principales características del RT-9210 V3..... | 16 |
| Tabla 6 Consumo de corriente en la radio RT-9210 V3..... | 16 |
| Tabla 7 Consumo de potencia en la radio RT-9210 V3..... | 16 |
| Tabla 8 Duración máxima de la batería..... | 18 |
| Tabla 9 Estimación de consumo para la RT-9210 V3..... | 18 |
| Tabla 10 Consumo instantáneo de la intensidad PNR-500..... | 18 |
| Tabla 11 Estimación de consumo para PNR-500..... | 19 |
| Tabla 12 Comparativa de paneles solares fotovoltaicos..... | 20 |
| Tabla 13 Plan de ensayos multifactorial completo (2 ³)..... | 25 |
| Tabla 14 Experimentos realizados..... | 25 |
| Tabla 15 Cálculo de los efectos de los factores e interacciones..... | 25 |
| Tabla 16 Cálculo de las contribuciones básicas de efectos..... | 26 |



ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

| | |
|--------------|---|
| ACS | Agua caliente sanitaria |
| AGM | Absorbent Glass Mat (Malla de vidrio absorbente) |
| CEM | Condiciones Estándar de Medida |
| CIS | Communication and Information Systems (Sistemas de información y comunicación) |
| CTE | Código Técnico de la Edificación |
| DAFO | Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades |
| DGAM | Dirección General de Armamento y Material |
| ETID | Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa |
| GE | Grupo Electrónico |
| GEI | Gases de Efecto Invernadero |
| HSP | Horas Sol Pico |
| IRENA | International Renewable Energy Agency (Agencia Internacional de Energías Renovables) |
| ISO | Organización Internacional de Normalización |
| PCMMI | Parque y Centro de Mantenimiento y Material de Ingenieros |
| PIB | Producto Interior Bruto |
| PNIEC | Plan Nacional Integrado de Energía y Clima |
| PVGIS | Photovoltaic Geographical Information System (Sistema de información geográfica fotovoltaica) |
| TN | Territorio nacional |
| TOA | Transporte oruga acorazado |
| TYNDP | Ten Year Network Development Plan (Plan de desarrollo de red para diez años) |
| UE | Unión Europea |
| VOX | Voice-Operated Exchange (Cambio operado por voz) |
| ZO | Zona de Operaciones |



1. INTRODUCCIÓN

Existen diferentes formas de producir energía eléctrica. Para ello, se pueden emplear combustibles fósiles como el carbón, el petróleo o el gas entre otros. Sin embargo, el problema radica en la gran contaminación que producen para el planeta. Para poner fin a este problema, la mayoría de los gobiernos se han movilizado en este contexto y hoy en día existe una fuerte tendencia hacia la sostenibilidad ambiental.

El agotamiento de los recursos naturales (finitos en el tiempo) fuerzan a la sociedad a tomar medidas urgentes permitiendo el uso de otro tipo de fuentes de energía inagotables (solar, eólica, hidráulica...) que son respetuosas con el medioambiente y apenas generan residuo.

Por su parte, la eficiencia energética debe ser una constante en fabricantes y consumidores con el fin de ahorrar recursos y costes añadidos e innecesarios. El uso de los recursos de forma adecuada y de la energía de manera eficiente tiene diferentes ventajas económicas y sociales, por un lado, minimizar costes y, por otro lado, contribuye a aumentar el prestigio de la organización y la confianza de la sociedad en ella.

Del mismo modo ocurre en el ámbito de las Fuerzas Armadas. Precisamente, la I+D+i de defensa cuenta con unos valores que impregnan todas sus actuaciones tal y como figura en la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa, cuya cualidad común es la responsabilidad.

El desarrollo de las capacidades militares mediante soluciones tecnológicas propicia una ventaja en el entorno operativo contribuyendo a alcanzar el principio de libertad de acción. Para alcanzar este propósito, se han puesto sobre la mesa algunas de las necesidades de las unidades. En el caso que ocupa este trabajo consiste en alimentar equipos de radio con sistemas de generación de energía eléctrica renovable.

Con el objetivo último de aportar una solución a la necesidad mencionada en el párrafo anterior se ha estructurado el trabajo de la siguiente manera.

- Estudiar el estado del arte, tipos de fuentes renovables y usos
- Definir equipos electrónicos a alimentar según uso y prioridad
- Seleccionar un sistema solar portátil
- Conclusiones y resultados

Aunque algunos sistemas de energía renovables siguen estando limitadas en cuestión de eficiencia energética (la solar fotovoltaica solo puede transformar entre un 15%-20% de energía solar en electricidad) hoy en día, todo apunta a que en los próximos años el uso de estas tecnologías renovables pasará a ser una cuestión de primera prioridad. A pesar de ello, las Fuerzas Armadas ya están en la senda de la reducción del consumo de combustibles fósiles y de la huella logística tan importante para las operaciones militares.



2. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

2.1. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este Trabajo Fin de Grado (TFG) consiste en evaluar la demanda energética de los equipos de radio de una sección de ingenieros, así como estimar cual es el mejor sistema para obtener dicha energía, teniendo en cuenta que se trata de un sistema portátil. Este objetivo general a su vez se divide en tres objetivos específicos:

- Calcular la demanda de energía necesaria para que una sección de ingenieros pueda mantener operativas sus comunicaciones durante una jornada continuada de 24 horas.
- Describir los diferentes sistemas de generación de energía renovable y establecer qué tipo es el más apropiado para este propósito.
- Dimensionar el sistema de generación de energía renovable que provea la fórmula adecuada entre tamaño, eficiencia y peso.

A lo largo del TFG se hace notar la importancia y la necesidad de la transición energética hacia un modelo más sostenible que permita a las Fuerzas Armadas afrontar los nuevos retos impuestos por el calentamiento del planeta. Esto se traduce en cambiar de un sistema energético alimentado por combustibles fósiles a otro sistema con bajas o nulas emisiones de carbono y basado en fuentes renovables.

Para conseguir el objetivo marcado en el párrafo anterior, mediante este trabajo se ha intentado aportar un grano de arena tratando de alimentar algunos de los equipos más utilizados para las comunicaciones militares mediante un sistema de energía renovable independiente y portátil.

El sistema solar que se pretende dimensionar es, por un lado, para alimentar el radioteléfono PR4G RT-9210 V3 en potencia de transmisión media (5 W) y, por otro lado, recargar una batería del equipo de radio portátil PNR-500. En ambos casos se trata del mismo sistema solar portátil y debe ser transportado en la mochila de montaña.

2.2. METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este trabajo se han tenido en cuenta los equipos electrónicos que porta a pie una sección de Ingenieros en el Regimiento de Ingenieros Nº 8 de Melilla. Sin embargo, es perfectamente aplicable a cualquier unidad militar, puesto que los equipos de radio utilizados son de uso generalizado en las Fuerzas Armadas.

Dentro de los equipos electrónicos utilizados en una sección de Ingenieros y dado que no es posible alimentar todos ellos por un mismo sistema de generación portátil, se ha decidido clasificar por prioridad según los criterios y experiencia del personal encuadrado en el Regimiento mediante una encuesta (consultar Anexo A).

Utilizando como equipo de medición un polímetro Lexman mod. PT1000, se ha determinado la intensidad de corriente de las siguientes radios:

Medición del consumo del equipo PR4G RT-9210 V3:

- Recepción
- Potencia baja
- Potencia media



Ignacio Pérez Prado

- Potencia alta
- N° máximo de horas de duración de la batería Ultracell UC 14-12 utilizada para el dimensionamiento del sistema.

Medición del consumo del equipo PNR-500:

- Consumo en función del tiempo durante la recarga de la pila
- N° máximo de horas de duración de la batería

Para el apoyar la selección de los componentes más adecuados para el sistema solar fotovoltaico se ha empleado una herramienta utilizada en calidad. Se trata del diseño estadístico de experimentos.



3. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO (ESTADO DEL ARTE)

3.1. ANTECEDENTES

La preocupación de los Estados en la lucha contra el cambio climático ha ido en aumento en los últimos años. Por este motivo, España y el conjunto de Europa han trazado el camino hacia la descarbonización en los próximos años. Por tanto, la apuesta generalizada por las tecnologías renovables es y será una de las prioridades en las agendas de los gobiernos. Tal y como afirma el segundo párrafo del Pacto Verde Europeo publicado en diciembre de 2019: “transformar la UE en una sociedad equitativa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva, en la que no habrá emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050” (Comisión Europea, 2019, p. 2).

Uno de los objetivos de la Unión Europea (UE) es conceder prioridad a la electricidad procedente de fuentes renovables basada en pequeñas instalaciones, como establece el reglamento nº 2019/943, de 5 de junio de 2019. Debido al aumento de la demanda energética, la UE ha desarrollado diferentes líneas de trabajo. Una de ellas es la creación del plan decenal de desarrollo de la red (*Ten year network development plan*, TYNDP) para ofrecer mayor seguridad de suministro, impulsar el desarrollo sostenible y reducir los precios de la energía.

Bajo este contexto, del mismo modo que hacen los Estados, la sostenibilidad económica y ambiental unido a la responsabilidad social se han convertido para el Ministerio de Defensa en uno de los retos del futuro, tal y como sugiere el Almirante Santiago Ramón González Gómez, director general de Armamento y Material (ETID, 2020, p. 5).

La independencia en operaciones para dar respuesta a criterios de operatividad y reducción de costes forman parte de este importante reto tratando de utilizar la energía de la forma más respetuosa posible con el medioambiente y estimular la eficiencia energética.

La preocupación de las diferentes organizaciones sobre cómo gestionar eficazmente la energía no es reciente. Desde hace dos décadas a esta parte, La Organización Internacional de Normalización (ISO) trabaja para desarrollar documentos en este sentido y ayudar a las empresas a conseguir los objetivos.

Por si fuera poco, España ha ratificado el Acuerdo de París de las Naciones Unidas cuyo objetivo no es otro que reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático. Todo ello en un contexto de desarrollo sostenible y al mismo tiempo de lucha contra la pobreza (Acuerdo de París, 2015, p. 3).

3.2. FUENTES DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EJÉRCITO DE TIERRA

3.2.1. GRUPOS ELECTRÓGENOS

El uso del grupo electrógeno (GE) para abastecer de energía eléctrica a las unidades en territorio nacional (TN) o en zona de operaciones (ZO) ha sido la solución casi exclusiva en años pasados. La fuerte dependencia de los combustibles fósiles derivados el petróleo ha puesto sobre la mesa la necesidad de impulsar nuevas formas eficientes de generación y almacenamiento de energía eléctrica.

Como prueba de ello, durante las prácticas externas se ha elaborado una tabla con los



diferentes sistemas de generación de energía eléctrica de los que disponen las unidades de Ingenieros. En todos los casos, se trata de grupos electrógenos de diferentes potencias y características (consultar Tabla 1). Actualmente no existe ninguna fuente de energía renovable en el RING 8.

| | Potencia nominal (kVA) | Autonomía a plena carga (h) | Peso (kg) | Dimensiones (m) |
|------------------|---------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------|
| 12 kVA'S | 12 | ≥ 14 | ≈ 1200 | 3,85 x 1,6 x 1,7 |
| 50 kVA'S | 50 | 10 | ≈ 1825 | 4,40 x 1,85 x 1,7 |
| 165 kVA'S | 165 | 8 | ≈ 3360 | 6 x 2,1 x 2,5 |
| 230 kVA'S | 230 | 8 | ≈ 5300 | 6 x 2,4 x 2,6 |
| 600 kVA'S | 600 | ≥ 8 | ≈ 11000 | 6 x 2,4 x 2,4 |

Tabla 1 Grupos electrógenos

NOTA: Se omite el grupo electrógeno de 15 kVA'S ya que se encuentra fuera de uso.

Para entender la capacidad de suministro de energía de estos grupos electrógenos es necesario definir la unidad de potencia aparente VA (voltio-amperio). Se define como la cantidad total de potencia que consume un equipo eléctrico. Es la suma vectorial de la potencia activa y de la potencia reactiva. La potencia activa la consumen en un circuito los elementos resistivos (resistencias) cuya magnitud es el vatio (W) y la potencia reactiva (VAr) la consumen los elementos capacitivos e inductivos (condensadores y bobinas).

En la Figura 1 Triángulo de potencias se puede apreciar gráficamente el sentido de la explicación anterior.

El factor de potencia es otro concepto a tener en cuenta. El factor de potencia queda definido como la razón entre la potencia activa y la potencia aparente:

$$f.d.p. = \frac{P. Activa}{P. Aparente}$$

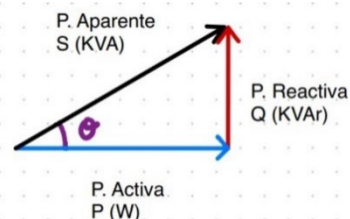


Figura 1 Triángulo de potencias

La potencia "real" que consumen los equipos eléctricos es la potencia activa (W). Se debe asegurar que el consumo del equipo que se desea alimentar no supere en ningún caso la potencia activa. La potencia de los G.E. de los que dispone en Ejército de Tierra viene dada en kVA (potencia aparente). Para conocer la potencia activa (W) se multiplicará la potencia aparente (kVA) que se encuentra recogida en la ficha técnica por un factor de potencia aproximado de 0,8. Por ejemplo, para alimentar una instalación de 12 kW no es posible utilizar el G.E. de 12 kVA's, es necesario utilizar el G.E. de 15 kVA's.

Desde el punto de vista de la eficiencia energética en corriente alterna, un factor de potencia bajo supone varios problemas. Significa que los cables de distribución y transformadores de una instalación eléctrica industrial estarán sobrecargados, aumentan las pérdidas debido al efecto joule¹ y produce la caída de tensión en la línea (Soto Cruz, 1996). Por tanto, lo ideal será tener un factor de potencia lo más cercano a la unidad posible.

Es importante tener en cuenta que, en instalaciones domésticas y de bajo consumo el aumento de los costes debido a este problema no es muy apreciable. Como norma general, no se suelen tomar medidas para su corrección como si se hace en ámbito industrial. En el proyecto que aborda este trabajo, queda descartado completamente el problema del factor de potencia. Tanto el sistema solar como los equipos de radio que se desean alimentar trabajan en corriente continua.

¹ Efecto Joule: la energía cinética de los electrones al circular por el conductor se transforma en calor.



3.2.2. PROTOTIPO PC VERDE

Si bien el Ejército Español cuenta mayoritariamente con grupos electrógenos para abastecer a las unidades de energía eléctrica, en el año 2017 salió a la luz un prototipo denominado "PC VERDE" (Figura 2) una innovación hecha realidad gracias al trabajo del Brigada Miguel Ángel Arnaiz García y el Cabo 1º José Luis Cabestrero Aranda, junto con el apoyo del Parque y Centro de Mantenimiento de Material de Ingenieros (PCMMI).



Figura 2 TOA VERDE. Fuente: Defensa.com

El sistema está a bordo de un vehículo acorazado de cadenas (TOA M-548) y consiste en un sistema de 9 módulos de panel solar (220 W por panel), 2 aerogeneradores (800 W por cada uno) y un grupo electrógeno de apoyo.

A continuación, se resumen el cálculo aproximado de la potencia de suministro del sistema sin tener en cuenta los dos aerogeneradores.

Datos:

$N_{mod} = 9$ (Número de módulos)

$C_d = Wh / d$ de consumo diario

$P_{mp} = 220 W$ (potencia máxima del panel a utilizar)

$HSP = 3,05$ (se toma el del mes de **menor** irradiación del año)

$PR =$ entre 0,7 - 0,9 (perdidas por suciedad, eficiencia, sombras, etc.)

$$N_{mod} * P_{mp} * HSP * PR = C_d (Wh / día); 9 * 220 * 3.05 * 0.8 \approx 4.8 kW$$

Según los cálculos que se realizan en el apartado 4.3. para el dimensionamiento del sistema propuesto en este trabajo, el TOA VERDE estaría en condiciones de producir más de 4,8 kW teniendo en cuenta sólo los 9 paneles solares en un día soleado.

3.3. SEGURIDAD EN LAS OPERACIONES

En la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa, Casteleiro (2020, p. 2) advierte de la inexorable demanda de nuevas capacidades para dar respuesta a los nuevos desafíos que lleva implícitos importantes retos tecnológicos:



“Es precisamente también por el carácter global de ese avance tecnológico, y especialmente, por el acceso cada vez más fácil que a él tienen grupos terroristas o insurgentes, que ha pasado a convertirse en una de las mayores amenazas de la seguridad mundial”.

La finalidad de esta nueva Estrategia tiene como objetivo avanzar para equipar a las Fuerzas Armadas con las capacidades militares necesarias para hacer frente a estos nuevos retos y promover I+D+i dentro del Ministerio de Defensa.

La generación autónoma de energía es un recurso imprescindible para el planeamiento, conducción y desarrollo de las operaciones militares. El funcionamiento de una base militar ya sea en TN o ZO depende completamente de suministro eléctrico constante: centro de comunicaciones, talleres, zonas de vida, cocina, suministro de agua, alumbrado, etc.

La producción de energía eléctrica mediante GE lleva aparejado un incremento considerable de la huella logística si se tiene en cuenta que no solo hay que transportar los propios generadores, sino que también se deben transportar importantes cantidades de combustible, piezas de repuesto, personal especializado y asumir elevados costes de mantenimiento.

Por si fuera poco, en ZO no siempre se dispone de especialistas mecánicos (recurso humano crítico) en el mismo lugar donde se ubican los GE. Ello supone desplazamientos adicionales entre bases o destacamentos para proceder a su reparación aumentando nuevamente el nivel de riesgo del personal de las Fuerzas Armadas.

En el ámbito militar la utilización de ciertas tecnologías conlleva riesgos. Desde el punto de vista de la seguridad, la utilización de GE en zona de operaciones supone un problema. En primer lugar, el calor que irradia un generador de electricidad de este tipo puede verse a cierta distancia con una cámara termográfica. En segundo lugar, la contaminación acústica es otro riesgo que podría ser aprovechado en favor del enemigo para delatar la posición de las unidades militares.

Dependiendo de la precisión del sensor termográfico, es posible diferenciar incluso una silueta humana de un vehículo, proporcionando demasiados datos que podrían ser utilizados en contra de la propia misión. El Estado de Israel ya está desarrollando una tecnología que permite la ocultación de la firma visual térmica. El sistema consiste en una combinación de metales, microfibras y polímeros capaces de enmascarar la firma térmica. Se trata del sistema Kit 300 de Polaris Defence (www.elradar.es).

3.4. MARCO LEGAL Y NORMATIVA APLICABLE

La regulación para garantizar el suministro de energía eléctrica teniendo en cuenta el medioambiente no es actual. Desde hace más de veinte años se publicaban leyes en este sentido. Si bien es cierto que en los últimos años se ha impulsado notablemente el uso de las fuentes renovables y todo ello ha contribuido a aumentar la conciencia medioambiental.

La siguiente normativa tiene objeto regular el proceso de transición a las fuentes de energía renovable. Se enumeran por orden cronológico las más relevantes.

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre de 1997 tiene por objetivo básico garantizar el suministro eléctrico, garantizar su calidad y que se realice con el menor coste posible. Resaltar la importancia de la protección del medioambiente en este sentido. Se inicia el proceso liberalizador de la comercialización de energía eléctrica.
- Ratificación por parte de España del Tratado de la Carta Europea el 11 de diciembre de 1997 en Kioto. Tiene por objetivo reducir las emisiones de los gases de efecto



Ignacio Pérez Prado

invernadero en los países industrializados. Este protocolo ha impulsado a los gobiernos a desarrollar leyes y políticas para dar cumplimiento a su compromiso.

- Real Decreto 413/2014 de 6 de junio de 2014, regula la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables.
- Real Decreto-ley 15/2018 de 5 de octubre de 2018, regula las medidas para la transición energética y la protección de los consumidores facilitando la implantación del autoconsumo renovable.
- Real Decreto-ley 244/2019 de 6 de abril de 2019, por el que se establecen las condiciones administrativas, técnicas y económicas en las modalidades de autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 477/2021 de 29 de junio de 2021, se aprueba la concesión directa de ayudas a la ejecución de programas de incentivos ligados al autoconsumo y almacenamiento con fuentes de energía renovable.
- Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030, que pretende reducir en un 23% las emisiones de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990.

En el marco de las iniciativas de investigación y desarrollo, la Dirección General de Armamento y Material del Ministerio de Defensa (DGAM) participa en el Programa ARRENDADO, en el que se pretende desarrollar sistemas de almacenamiento de energía para redes eléctricas en campamentos desplegables.

El compromiso frente al cambio climático en la Armada Española también es una realidad. Actualmente se están realizando estudios para la instalación de renovables para calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) en la Escuela de Suboficiales de Cádiz y estudios de viabilidad para la construcción de plantas de cogeneración en la Escuela Naval Militar en Marín. A pesar de que la cogeneración utiliza combustibles fósiles para su funcionamiento, se trata de un procedimiento que permite obtener energía eléctrica y térmica al mismo tiempo y por tanto de mayor eficiencia energética.

3.5. MARCO TEORICO

A nivel internacional, la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) recoge las perspectivas mundiales de las energías renovables y transformación energética de aquí a 2050. En la última publicación del año 2020 plantea algunas conclusiones principales:

- Tras la crisis sanitaria del 2020, la transición energética puede impulsar el desarrollo socioeconómico. Se trata de alinear la descarbonización energética con los objetivos económicos, ambientales y sociales. Se debe generar un estímulo económico.
- Llegar a cero emisiones de CO2 como objetivo climático. La perspectiva analiza formas de reducir estas emisiones.
- La perspectiva apunta a un crecimiento del producto interior bruto (PIB) debido a la transformación del sistema energético.
- La transición energética llevaría consigo nuevos modelos de desarrollo socioeconómico aumentando los empleos en el sector de las renovables y de la energía en general.
- Aumento del bienestar humano debido a una menor contaminación atmosférica que lleva aparejada la mejora de la salud.



- El gasto inicial de la inversión para la transformación sería amortizado de manera efectiva.

La Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) publicada en enero de 2021, establece el conjunto de líneas I+D+i de interés para la defensa. En el área 3 cuyo título es “tecnologías comunes a bases e instalaciones, plataformas y combatiente” se representan los principales ámbitos de aplicación de las tecnologías en desarrollo las cuales aborda este trabajo.

En concreto, sistemas de captación de energía ambiental: “Adaptación de tecnologías para microgeneración de energía eléctrica a través de sistemas de pequeña escala para su uso en aplicaciones militares” (Subdirección General de Planificación, Tecnología e innovación, 2020, p.70). Del mismo modo, en el área 4 cuyo título es “bases e instalaciones” se propone el desarrollo y la adaptación de tecnologías de sistemas de generación de energía eléctrica renovable.

3.5.1. TIPOS Y UTILIZACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

En el libro de energías renovables (González, 2009) presentan las principales tecnologías de generación de energía eléctrica renovable que se describen a continuación. Cabe destacar que no todas ellas han experimentado el mismo ritmo de crecimiento. La expansión de capacidad de energía solar y eólica recientemente añadida en el mundo ha representado el 90% del total entre Europa y Norteamérica, según el informe de estadística de capacidad renovable (IRENA) de 2020.

Biomasa

La energía obtenida de la materia orgánica se llama biomasa y puede ser de origen animal o vegetal. Convertir los residuos que produce la industria ganadera y agrícola para producir energía es una actividad muy respetuosa con el medio ambiente. Aprovechar los residuos que producen los bosques durante las tareas de limpieza tales como ramas, matorrales o poda es igualmente una actividad respetuosa.

Biogás

Gas compuesto de metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂). Se forma por la descomposición de materia orgánica en un proceso en el que actúan las bacterias y es conocido como digestión anaeróbica (ausencia de oxígeno). Sus proporciones son variables en función de la materia orgánica en descomposición. Como materia orgánica se utilizan restos de la actividad agrícola, purines, estiércol o lodos de plantas de tratamiento de agua y residuos domésticos.

La principal ventaja de este tipo de energía es que puede usarse en tres amplias y diferentes aplicaciones. Energía térmica, energía eléctrica o incluso como carburante para vehículos preparados. Aunque en menor medida, se debe añadir que, después de un proceso de refinado, es posible inyectarlo a la red como gas natural.

Energía eólica

Es la energía que se obtiene del viento. Para ello, se aprovecha la energía cinética producida por las corrientes de aire. Mediante un generador eléctrico se convierte el giro producido por el movimiento de las aspas en energía eléctrica.

Energía geotérmica

Aprovecha el calor que procede del interior de la tierra para calentar agua o producir vapor. Este vapor se conduce hasta una turbina que genera electricidad. En casi en casi todos los casos se deben hacer perforaciones dobles, una de entrada de agua fría y otra de salida caliente.



Energía hidroeléctrica

Es la energía eléctrica que se genera del aprovechamiento de la fuerza del agua. Para ello es preciso disponer de una presa para almacenar el agua y una central donde se produce la electricidad.

Energía marina o mareomotriz

La energía marina procede de los mares u océanos. Es la energía que aprovecha la energía cinética del movimiento de las olas en superficie o el de las grandes masas de agua en movimiento. Existen diferentes formas de producir esta energía. Es posible aprovechar las corrientes marinas, la energía de las mareas, la energía térmica o incluso la osmótica que aprovecha la diferencia de concentración de sal en el agua.

Energía solar

Es la energía renovable que aprovecha la radiación electromagnética de la luz del sol para diferentes finalidades. A continuación, se explican los tres tipos de energía procedente del sol.

- **SOLAR TÉRMICA.** Consiste en el aprovechamiento de la energía de la radiación solar para calentar agua. Puede ser aprovechada como agua caliente sanitaria (ACS), calefacción o para climatizar piscinas. El Código Técnico de la Edificación (CTE) hace referencia desde el año 2006 a la implementación de este tipo de energía mediante la contribución mínima de agua caliente sanitaria.
- **SOLAR TERMOELÉCTRICA.** Consiste en la utilización del calor del sol para la producción de energía eléctrica. Actualmente existen tres tipos de centrales solares termoeléctricas: central de disco parabólico, central de cilindro parabólico y central de torre. España es uno de los países con mayor desarrollo en este tipo de energía debido a las favorables condiciones meteorológicas.
- **SOLAR FOTOVOLTAICA** El componente utilizado por excelencia en la fabricación de placas solares fotovoltaicas es el silicio. Es un material semiconductor y el segundo más abundante en la tierra. Es capaz de transformar la energía de los fotones procedentes de la luz solar en energía eléctrica. Hoy en día, la tecnología más extendida es la del silicio cristalino, que ha producido importantes avances en los últimos años en términos de eficiencia. Sin embargo, la tecnología del silicio amorfo, desarrollada posteriormente, aunque inicialmente presenta un rendimiento inferior en capas delgadas, es más barata, y en grandes instalaciones hace que sea muy competitiva ahorrando importantes cantidades de dinero.

3.5.2. SELECCIÓN DEL TIPO DE ENERGÍA RENOVABLE

La Tabla 2 muestra las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de energía renovable a partir de la cual se decide el sistema más adecuado para este trabajo, sabiendo que debe ser un sistema portátil y se debe poder transportar en una mochila militar "Altus" utilizadas en el Ejército de Tierra. Para ello es necesario tener en cuenta factores clave como el peso, tamaño y viabilidad.

Para la elaboración de la siguiente tabla se han tomado como referencia los siguientes libros: Energía solar térmica (Rufes, 2010) y, Energías renovables (González, 2009).



Ignacio Pérez Prado

| | Ventajas | Inconvenientes |
|-------------------------------------|--|---|
| Biomasa | <ul style="list-style-type: none"> -Contribuye a la limpieza de bosques. -Combustible mucho más barato que los convencionales. -Se está trabajando en tecnologías de mejora del rendimiento. | <ul style="list-style-type: none"> -Rendimiento es inferior frente a los combustibles fósiles. -Necesita manipular la materia prima y necesita espacio de almacenamiento. -Genera cenizas en su combustión. |
| Biogás | <ul style="list-style-type: none"> -Solución medioambiental, ayuda a reducir el consumo de combustibles fósiles. -Transformar desechos y basura en energía reduciendo el volumen en los vertederos. -Reduce efecto invernadero. -Fuente de energía ininterrumpida. | <ul style="list-style-type: none"> -Menos rentable que las instalaciones eólicas o fotovoltaica. -Se necesita obtener y manipular la materia prima. -Su instalación depende de la ubicación. -El proceso de descomposición requiere de unas condiciones de temperatura. |
| Energía eólica | <ul style="list-style-type: none"> -Fuente de energía abundante. -Ocupa reducido espacio en comparación con paneles solares fotovoltaicos. -Costes de producción relativamente bajos. | <ul style="list-style-type: none"> -Su producción depende del viento. No está garantizada. -La producción es difícil de predecir. -Impacto en el paisaje y en la fauna (aves). |
| Energía geotérmica | <ul style="list-style-type: none"> -Es una fuente de energía inagotable. -Apenas genera residuo. -Ocupa reducido espacio en el terreno. -Costes bajos y gran capacidad de generación de energía. | <ul style="list-style-type: none"> -Su instalación depende de la ubicación. -Produce interrupciones en movimientos sísmicos. -Emisión de gases peligrosos en algunos casos. -Provocan contaminación térmica. |
| Energía hidroeléctrica | <ul style="list-style-type: none"> -El agua es reutilizable. -Los costes de explotación son bajos. -No emite ningún tipo de sustancia tóxica ni contaminante. -Es muy estable y segura. | <ul style="list-style-type: none"> -Impacto medioambiental en su construcción. -Inutilidad por sequías. -Su instalación depende de la ubicación. -Instalación inicial muy costosa. |
| Energía marina | <ul style="list-style-type: none"> -Es una fuente totalmente natural. -Es predecible conociendo los ciclos de las mareas. -Muy eficiente en comparación con la eólica. | <ul style="list-style-type: none"> -Impacto en el medioambiente. -Instalación inicial muy costosa. -Su instalación depende de la ubicación. |
| Energía solar térmica | <ul style="list-style-type: none"> -Es la tecnología más rentable para ACS desde una fuente inagotable para instalación particular. -Es una tecnología sencilla en comparación con las otras. | <ul style="list-style-type: none"> -Vida útil reducida debido a la corrosión por el agua. -Tiene menos aplicaciones en comparación con las otras energías solares. |
| Energía solar termoeléctrica | <ul style="list-style-type: none"> -No emite ningún tipo de sustancia tóxica ni contaminante. -Es un tipo de energía crecientemente competitiva. | <ul style="list-style-type: none"> - Su instalación depende de la ubicación, necesita gran radiación solar. -Altos costes de instalación debido a los materiales. |
| Energía solar fotovoltaica | <ul style="list-style-type: none"> -Versatilidad y durabilidad. -Reducido coste de mantenimiento. -Luz solar muy abundante y disponible en casi cualquier lugar. | <ul style="list-style-type: none"> -Necesita amplio espacio de instalación. -Eficiencia reducida respecto a otras. -Su producción depende del sol y no está garantizada. |

Tabla 2 Comparación de los sistemas de energía renovable



Mediante la anterior descripción de los diferentes tipos de energía renovable, se pueden descartar las siguientes para este proyecto:

- Biogás, energía geotérmica, energía hidroeléctrica, energía marina y energía solar termoeléctrica: No es posible una instalación portátil ni en cualquier lugar.
- Biomasa: Necesita transformar la materia prima. Por tanto, no es posible un sistema portátil para transporte a pie.
- Energía eólica: Podría ser un sistema portátil. Sin embargo, no podría generar energía al mismo tiempo que se realiza una operación militar. El tamaño de las aspas supone un gran impedimento y es incompatible con la libertad de movimientos.
- Energía solar térmica: No produce energía eléctrica, solo es válida para ACS.

Definitivamente el tipo de energía solar fotovoltaica es el más adecuado para el proyecto.

3.5.3. COMUNICACIONES

En cualquier unidad militar, uno de los elementos más importantes es el operador de transmisiones que se encarga de asegurar el funcionamiento de las comunicaciones para la transmisión de órdenes. En ZO adquiere más importancia incluso, debido a la imposibilidad para comunicarse por otros medios.

En el caso de que existan redes civiles de telefonía, la utilización de las redes extranjeras para fines y operaciones militares supone un problema de seguridad que podría terminar en el fracaso de la misión o producir cuantiosas bajas entre las filas.

El suministro de energía eléctrica en las unidades militares es de vital importancia para las operaciones. En un despliegue, la comunicación para la transmisión de órdenes se realiza a través de algunos de los equipos que ocupa este trabajo y que tienen capacidad energética eléctrica limitada. Debido a esto, el uso de la energía renovable para alimentar y recargar dichos equipos es una gran oportunidad para alcanzar la independencia energética y contribuir a la reducción de la huella de carbono.

3.5.4. ANÁLISIS DAFO DEL SISTEMA SELECCIONADO

El objetivo de este análisis de Debilidad, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (DAFO) consiste en implementar un sistema solar fotovoltaico para uso militar.

En el siguiente análisis DAFO (Figura 3) se pretende analizar la situación de la unidad. Se trata de un diagnóstico estratégico muy importante en una organización. A partir del análisis se trazan las estrategias para conseguir determinados fines.



Ignacio Pérez Prado



Figura 3 Análisis DAFO de la unidad RING Nº 8

La finalidad del análisis DAFO de la unidad consiste en analizar la situación del entorno y del personal para identificar acciones, precauciones o aspectos que ayuden a mejorar la planificación del proyecto. El objetivo final es incrementar la posibilidad de éxito.

En positivo se debe destacar la alta capacidad que tiene el Ejército de Tierra para la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica. El gran número de horas que se destinan a los trabajos de Instrucción y Adiestramiento al aire libre y el reducido consumo de los equipos electrónicos utilizados para comunicaciones hace que sea el único tipo de energía renovable viable para este propósito.

La gran aceptación social brinda a las unidades del merecido prestigio que supone la adaptación a los nuevos retos impuestos por la transición ecológica. El impresionante crecimiento en el desarrollo de las nuevas tecnologías energéticas ha propiciado la obtención de sistemas de energía renovable a precios reducidos, con niveles de eficiencia muy aceptables.

Por el lado negativo se debe destacar la elevada inversión inicial y la gran cantidad de espacio necesario para instalaciones fijas. En el caso de tratarse de una instalación en ZO se necesita personal especializado para su montaje y posterior mantenimiento. El problema de suministro de repuestos o la falta de luz solar se podrían paliar de forma momentánea mediante el uso de GE.

Como conclusión del análisis DAFO la implementación de energía renovable en el Ejército de Tierra es una gran oportunidad. El primer pilar de la Estrategia de Tecnología e Innovación para la Defensa (ETID) establece que se deben dirigir las inversiones I+D+i hacia la consecución de objetivos tecnológicos como los que figuran en la propia estrategia y, uno de ellos es precisamente la línea 4ª que trata de la energía en bases e instalaciones.



4. DESARROLLO

4.1. RADIO PERSONAL PNR-500

La radio personal PNR-500 es un equipo de radio portátil diseñado para las comunicaciones dentro de una sección a nivel de pelotón o escuadra. En la Figura 4 se puede visualizar la idea de comunicación entre los ocupantes del vehículo blindado y los soldados a pie.



Figura 4 Radio de alcance. Fuente: Elbitsystems.com

El PNR-500 (Figura 5) permite comunicaciones full dúplex (comunicación simultánea entre dos usuarios) y dispone de emisión VOX (conmutador de emisión y recepción por voz). Su tamaño compacto y reducido peso hace que sea el equipo ideal en las comunicaciones de un pelotón. Sus características principales se pueden observar en la Tabla 3.



Figura 5 PNR-500

| | |
|-------------------------|-----------|
| Fabricante | Tadiran |
| Peso (kg) | 0,45 |
| Autonomía (h) | 12 |
| Frecuencia (Mhz) | 380-429,9 |
| Batería | Ion litio |

Tabla 3 Principales características del PNR-500



4.1.1. EXPERIMENTOS PNR-500

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta realizada al personal de la unidad y que se pueden consultar en la Figura 17 (Anexo A), se ha procedido a realizar un experimento para saber el consumo exacto de corriente durante el proceso de carga de una batería del PNR-500. El objetivo de este experimento está enfocado a la selección adecuada de los componentes del sistema solar.

El cargador de batería del PNR-500 no consume la misma intensidad durante todo el tiempo que dura el proceso de carga. Comienza la carga suministrando 340 mA, pasadas 3 horas se reduce a 220 mA, a las 4 horas 150 mA, a las 4,5 horas 70 mA y finaliza en 10 mA. Se concluye que, el suministro de corriente disminuye con el paso del tiempo. El tiempo total de carga fue de 5 horas. El experimento se realizó el 27/09/2021 y comenzó a las 16:30 h, los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4. Las fotografías del experimento se pueden consultar en la Figura 22 y Figura 23 del Anexo C.

| Tiempo (h) | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 5 |
|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Consumo (mA) | 340 | 340 | 220 | 150 | 70 | 10 |

Tabla 4 Consumo de corriente en la radio PNR-500

NOTA: Los valores obtenidos durante el proceso de medición del consumo de corriente se pueden consultar en el anexo C.

La duración del PNR-500 haciendo uso normal (1/10 del tiempo) y con la batería a plena carga, ha sido de 12 horas. La duración total sin emitir es de 18 horas como máximo.

Se debe tener en cuenta que la duración de la batería cualquier equipo de radio portátil depende mayormente del tiempo que el equipo esté transmitiendo. En la mayoría de los casos un equipo de radio transmitiendo puede consumir 5 veces más que si estuviera solo en recepción.

4.2. RADIO PR4G RT 9210 V3

4.2.1. CONEXIÓN DEL SISTEMA SOLAR A LA CAJA DE PILAS

La radio PR4G RT-9210 V3 (Figura 6) es la radio utilizada por excelencia en el Ejército de Tierra. Su versatilidad, robustez y fiabilidad hace que sea el equipo perfecto en las operaciones militares.

Dispone de un alto nivel de protección electrónica y varios modos de trabajo en digital que evitan su localización y perturbación. La información transmitida está codificada, previniendo así las escuchas ilegales.

En este trabajo, la configuración de la radio será portátil, en este caso en estudio tiene 3 niveles ajustables de potencia de transmisión: 0,5 W, 5 W y 10 W. En la Tabla 5 se muestran las principales características:

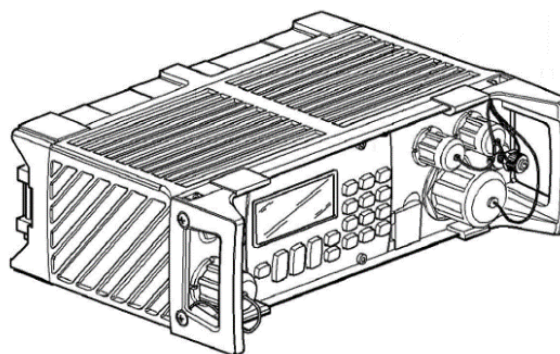


Figura 6 PR4G RT 9210 V3



Ignacio Pérez Prado

| | |
|---------------------------------|-------------|
| Fabricante | Grupo Amper |
| Peso (kg) | 3,4 |
| Autonomía (h) | 12 |
| Frecuencia (Mhz) | 30 - 87,975 |
| Tensión alimentación (V) | 11 - 30 |

Tabla 5 Principales características del RT-9210 V3

En la siguiente tabla (Tabla 6), se muestran los resultados del experimento realizado en el Regimiento de Ingenieros Nº 8 de Melilla durante las prácticas externas. Las fotos del Anexo B muestran la medición de consumo de corriente eléctrica (Figura 18, Figura 19, Figura 20 y Figura 21).

| | Manual de operación ² | Mediciones ³ |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Recepción | $\leq 0,7 A$ | 0,36 A |
| Potencia Transmisión 1 (0,5 W) | $\leq 1,13 A$ | 0,65 A |
| Potencia Transmisión 2 (5 W) | $\leq 2,5 A$ | 1,69 A |
| Potencia Transmisión 3 (10 W) | $\leq 3,7 A$ | 2,56 A |

Tabla 6 Consumo de corriente en la radio RT-9210 V3

Si tenemos en cuenta que el sistema solar a utilizar entrega una tensión de 12 V se debe calcular la nueva intensidad de consumo ya que el experimento se realizó utilizando la batería de pilas desechables. Por tanto, los resultados de las mediciones de la Tabla 7 corresponden a una tensión de 21 V.

En la siguiente tabla se calcula la potencia que consume la radio RT-9210 V3 en los diferentes niveles de potencia de transmisión. Según la fórmula: $Tensión (V) * Intensidad (A) = Potencia (W)$

| Selector de potencia de la radio | Consumo de potencia (W) |
|---------------------------------------|-------------------------|
| Recepción | $21 * 0,36 = 7,56 W$ |
| Potencia Transmisión 1 (0,5 W) | $21 * 0,65 = 13,65 W$ |
| Potencia Transmisión 2 (5 W) | $21 * 1,69 = 35,49 W$ |
| Potencia Transmisión 3 (10 W) | $21 * 2,56 = 53,76 W$ |

Tabla 7 Consumo de potencia en la radio RT-9210 V3

La caja de pilas desechables CY-112 (Figura 7) está fabricada en material plástico y

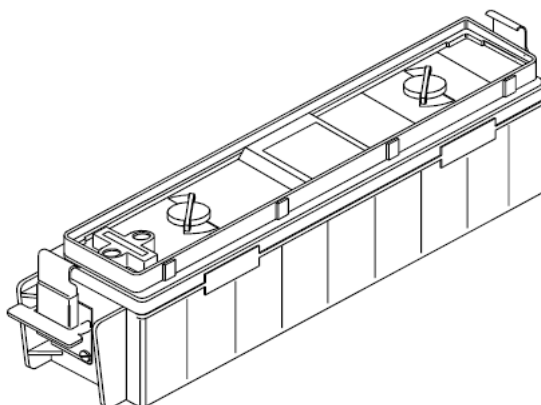


Figura 7 Caja de pilas desechables CY112.

Fuente: Manual de operación y mantenimiento de Amper

² Manual de operación MI4-901, Radioteléfono ligero PNR-500.

³Las mediciones se han realizado con una batería desechable nueva de tensión nominal 21 V.



Ignacio Pérez Prado

contiene en su interior un paquete de 6 elementos de pilas de litio desechables (ver Figura 8). El paquete de pilas tiene una tensión nominal de 21 V y se puede acoplar a los siguientes modelos de radio: RT-9200 V1-V2 o RT-9210 V3.

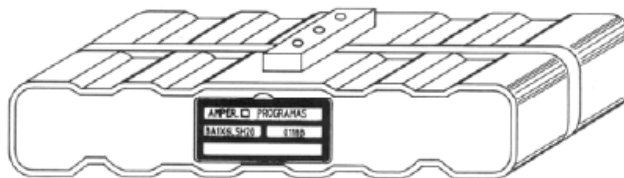


Figura 8 Batería de pilas desechables. Fuente: Manual de operación y mantenimiento de Amper.

Para conectar los cables positivo y negativo que provienen del sistema solar a la caja de pilas, es necesario realizar un orificio de 6 mm de diámetro. Los dos cables de alimentación se conectarán en el interior de la caja de pilas a los bornes de alimentación de la radio con una ficha de empalme o clema, comúnmente utilizadas para cables eléctricos (Figura 9). La ficha de empalme tendrá 5 mm de diámetro acorde con el grosor de los bornes.



Figura 9 Conexión de cables

4.2.2. EXPERIMENTO RT-9210 V3 (DURACIÓN MÁXIMA DE LA BATERÍA)

Una vez finalizadas las prácticas externas y durante la estancia en la Academia General Militar en Zaragoza se ha realizado un último experimento para comprobar la duración máxima de la radio PR4G RT-9210 V3 con una batería de 14 Ah, 12 V. Los resultados de la Tabla 8 muestran que la duración de la radio haciendo uso normal (1/10 en transmisión) es superior a 26 horas.



| | Inicio | Final |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Tiempo (dd/mm/aaaa - hh:mm) | 25/10/2021 - 11:30 | 26/10/2021 - 14:00 |
| Tensión batería (V) | 14,1 | 10,9 |

Tabla 8 Duración máxima de la batería

Las especificaciones técnicas de la batería que se ha utilizado y las fotografías de inicio y fin del experimento se pueden consultar en la Figura 24 y Figura 25 del Anexo D.

Estos datos nos indican experimentalmente que, en el peor de los casos en que el panel fotovoltaico no recibiera luz solar durante todo un día, quedaría asegurado el suministro de energía eléctrica por un periodo de tiempo nunca inferior a las 24 h.

4.3. DIMENSIONAMIENTO PARA PR4G RT-9210 V3 Y PNR-500

A continuación, se exponen los diferentes elementos de los cuales se compone el sistema solar y su dimensionamiento. Este sistema solar será capaz de alimentar el equipo de radio PR4G RT-9210 V3. Para el cálculo y dimensionamiento de este trabajo se ha tomado como referencia el siguiente libro: *Manual de energía solar fotovoltaica, (2018)*.

4.3.1 ESTIMACIÓN DE CONSUMO

ESTIMACIÓN PARA LA RADIO PR4G RT-9210 V3

La estimación de consumo es el primer paso y la parte más importante para el dimensionamiento de cualquier sistema solar fotovoltaico. Para el cálculo se utiliza un solo equipo de radio (PR4G RT-9210 V3, Tabla 9) y se toma como referencia una jornada continua de 24 h. Se ha medido la intensidad que circula en recepción y en transmisión con potencia 2 (ver Anexo B).

| Modo | Tensión (V) | Intensidad (A) | Potencia (W) | Tiempo de uso (h) | Consumo (Wh/día) | Estimación* |
|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|
| Transmisión | 21 | 1.69 | 35.5 | 2.4 | 85.2 | 102.2 |
| Recepción | 21 | 0.36 | 7.56 | 21.6 | 164 | 196.8 |
| | | | | | | 300 Wh/día |

Tabla 9 Estimación de consumo para la RT-9210 V3

*Se utiliza un margen de seguridad del +20% del consumo

NOTA: La radio está en transmisión con potencia 2 como máximo el 10 % del tiempo. El cálculo se realiza con la potencia media de transmisión (5 W)

ESTIMACIÓN PARA LA RADIO PNR-500

Mediante el experimento realizado en el apartado 4.1.1. se ha determinado el consumo y tiempo que se tarda en recargar una batería del equipo portátil PNR-500. Los consumos instantáneos medidos cada hora se pueden consultar en la Tabla 10.

| Tiempo (h) | 1 | 2 | 3 | 4 | 4,5 | 5 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| Consumo (mA) | 340 | 340 | 220 | 150 | 70 | 10 |

Tabla 10 Consumo instantáneo de la intensidad PNR-500

Se realizaron 6 mediciones a lo largo de las 5 horas que duró el proceso de recarga. Para tener una estimación del consumo total se procede a realizar una tabla con los diferentes



consumos (ver Tabla 11).

| Modo | Tensión (V) | Intensidad (A) | Potencia (W) | Tiempo de uso (h) | Consumo (Wh/ Batería ⁴) | Estimación* |
|---------|-------------|----------------|--------------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1ª hora | 12 | 0.34 | 4.08 | 1 | 4.08 | 4.90 |
| 2ª hora | 12 | 0.34 | 4.08 | 1 | 4.08 | 4.90 |
| 3ª hora | 12 | 0.22 | 2.64 | 1 | 2.64 | 3.17 |
| 4ª hora | 12 | 0.15 | 1.8 | 1 | 1.80 | 2.16 |
| 5ª hora | 12 | 0.07 | 0.84 | 1 | 0.84 | 1.01 |
| | | | | | | 16.13 Wh/Batería |

Tabla 11 Estimación de consumo para PNR-500

Se estima la recarga completa de la batería en 17 Wh/Batería.

4.3.2 ORIENTACIÓN DEL PANEL

La orientación de los paneles fotovoltaicos es un factor imprescindible que se debe tener en cuenta en cualquier instalación solar, independientemente del tipo de instalación fija o móvil. Debido a que el sistema solar en estudio es móvil, aparentemente no tiene sentido hablar de orientación y azimut. Sin embargo, se deben conocer estos valores para poder orientar el panel en los asentamientos o bases patrulla en las que se tenga previsto permanecer inmóvil (ver Figura 10).



Figura 10 Orientación del panel

Se debe de tener en cuenta el hemisferio en el que se encuentra la instalación del sistema

⁴ Referido a los Wh de consumo de una batería de PNR-500



solar. Para instalaciones que se localicen en el hemisferio Norte, la orientación óptima será el Sur. Para instalaciones que se localicen en el hemisferio Sur, la orientación óptima será el Norte. En el caso de este trabajo, siendo que se trata de la ciudad autónoma de Melilla, la orientación óptima es la dirección Sur ($\alpha=0$).

La inclinación respecto al plano horizontal varía en función del mes del año y del lugar. Si se tratara de una instalación fija, la manera más lógica es hacer una media de las inclinaciones óptimas del lugar en cuestión. Estos datos pueden ser obtenidos de la página: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis> Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS).

El autor del libro *Generación de energía solar fotovoltaica*, (2012) lo simplifica mediante una práctica habitual que consiste en tomar una inclinación igual a la latitud y restarle 5°. P. ej. Latitud de Melilla 35°. Siendo la óptima una inclinación de 30°.

4.3.3. CÁLCULO DEL PANEL FOTOVOLTAICO

A diferencia de los otros elementos empleados en cualquier sistema solar, el panel está expuesto a la intemperie. Por este motivo se ha puesto especial atención en la selección del panel. Para ello se ha realizado la Tabla 12 con el objetivo de comparar varios paneles fotovoltaicos con un tamaño aproximado de 30 x 50 cm. Como ya se ha expuesto anteriormente, el panel debe ser transportado en una mochila Altus.

| Marca | Modelo | Pot. Máxima (W) | Tamaño (An x Al x Pr) | Peso (Kg) | Eficiencia de la célula (%) |
|-----------|-------------|-----------------|-----------------------|-----------|-----------------------------|
| Era Solar | ESPSC030 | 30 | 388x674x25 | - | - |
| Solmax | SZ-20-32MFE | 20 | 355x490x3 | 1.1 | 17.7 |
| Sun Power | FLX20SP-M | 20 | 285X530X3 | 0.57 | 22.6 |

Tabla 12 Comparativa de paneles solares fotovoltaicos

Se ha seleccionado el modelo FLX20SP (consultar Anexo G), es flexible y de alta eficiencia. La empresa es SunPower fabrica los paneles más eficientes del mercado. Son líderes en durabilidad de paneles y tienen el índice de degradación más bajo del mercado.

Desde hace más de treinta años trabajan para elevar el nivel de sostenibilidad ambiental y social. Han invertido la mayor cantidad en I+D que cualquier otra empresa solar basada en silicio y cuentan con más de 1000 patentes solares hoy en día.

Antes de hacer el cálculo del panel solar fotovoltaico se deben conocer algunos parámetros a utilizar que se explican a continuación. Para ello se han consultado algunos libros de energía solar fotovoltaica (Trippi, 2018) y (Jutglar, 2012).

La potencia radiante que llega desde el exterior e incide en la superficie terrestre se denomina *constante solar* y tiene un valor de 1367 W/m². Sin embargo, debido a los diferentes efectos de la atmósfera los rayos del sol rebotan y pierden energía. Por este motivo, se toma como referencia una irradiancia solar de 1000 W/m². La irradiancia es la cantidad de energía máxima que incide en la superficie del panel solar fotovoltaico. Este valor se obtiene en un laboratorio en condiciones estándar de medida (CEM).

El parámetro Horas Sol Pico (HSP) indica el número de horas de sol en un día que teóricamente irradia el sol a una potencia constante de 1000 W/m². La energía que incide sobre el panel solar no es constante, sino que va aumentando hacia las horas centrales del día y



disminuye progresivamente una vez alcanzado el valor máximo. En este sentido, se utiliza e idealiza para simplificar el número de horas que el panel recibe una cantidad de energía solar constante de 1000W/m² (Figura 11).

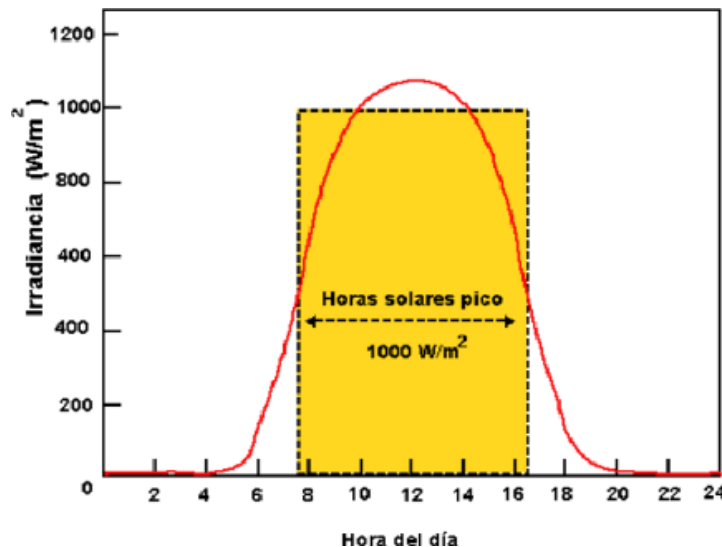


Figura 11 Horas de sol pico (HSP). Fuente: Semantic Scholar

De una manera muy sencilla una vez obtenidas las coordenadas geográficas del lugar donde se pretende realizar el estudio, las tablas de irradiación expresadas en HSP se pueden obtener en la página web de la nasa: <https://power.larc.nasa.gov/> concretamente en la pestaña de “acceso a bases de datos”. Es posible descargar tablas en formato .csv que posteriormente se transforman a Excel obteniendo los valores HSP diarios, mensuales o anuales según la necesidad.

En la tabla del Anexo E figuran los valores HSP de cada mes del año 2020. Debido a que la irradiación es muy diferente en los diferentes meses del año, se toma el menor valor HSP para ser conservativo. El lugar de estudio es la Ciudad Autónoma de Melilla. Las coordenadas geográficas de la ciudad se pueden encontrar en el Anexo E.

DATOS DE CÁLCULO PARA LA RADIO RT-9210 V3:

N_{mod} = número de módulos

C_d = 300 Wh / d de consumo diario

P_{mp} = 20 W (potencia máxima del panel a utilizar)

HSP = 3,05 (se toma el del mes de **menor** irradiancia del año)

PR = entre 0,7 - 0,9 (perdidas por suciedad, eficiencia, sombras, etc.)

$$N_{mod} = \frac{C_d}{P_{mp} * HSP * PR} = \frac{300}{20 * 3,05 * 0,8} = 6,15 \approx 6$$

Según el resultado, es preciso utilizar 6 paneles de 20 W cada uno o un solo panel de 120 W. Ambas soluciones no son viables debido al incremento de peso y de superficie que supone el tamaño del panel solar fotovoltaico para uso portátil.

Para poder minimizar el problema entre espacio y producción de energía se ha recurrido a la elección de un panel solar de alta eficiencia. En las especificaciones técnicas del propio



fabricante (Red Solar) se comparan los mencionados paneles con otros del mercado, dotando a estos de una eficiencia superior en torno al 30% (ver Anexo G). Existe en el mercado un panel del mismo fabricante que cubriría estas necesidades. Se trata del modelo FLX150SP (mismo Anexo) con una potencia máxima de 140 W.

DATOS DE CÁLCULO PARA EL PNR-500:

N_{mod} = número de módulos

C_d = 17 W / por cada batería

P_{mp} = 20 W (potencia máxima del panel a utilizar)

HSP = 3,05 (se toma el del mes de **menor** irradiancia del año)

PR = entre 0,7 - 0,9 (perdidas por suciedad, eficiencia, sombras, etc.)

$$N_{mod} = \frac{C_d}{P_{mp} * HSP * PR} = \frac{17}{20 * 3,05 * 0,8} = 0,35 \approx 1$$

En este caso se puede comprobar que con un solo panel es más que suficiente para recargar la batería del PNR-500 (Figura 12). El sistema solar en este caso estaría sobredimensionado y se podrían recargar incluso hasta tres baterías.

Si se tiene en cuenta la duración máxima del PNR-500 del experimento realizado en el apartado 4.1.1. que fue de 12 h, se podría autoabastecer de energía eléctrica indefinidamente a régimen de una recarga por día.



Figura 12 Batería PNR-500

4.3.4. BATERÍA

Las horas de luz solar no están alineadas con el uso de los equipos de radio. Como la demanda de energía eléctrica no coincide con la producción es necesario instalar un elemento que sea capaz de almacenar la energía producida. Al tratarse de una pequeña instalación solar independiente se recurre a una batería de 12 V y 14 Ah.

La finalidad de la batería consiste en acumular la energía eléctrica producida transformándola en energía química para posteriormente (durante las horas de no producción) volver a transformar la energía química en eléctrica para alimentar los equipos necesarios.

El autor del libro “Generación de energía solar fotovoltaica” (Jutglar, 2012) enumera diferentes tipos de baterías que se pueden clasificar en función de diferentes parámetros: Sustancias que reaccionan (níquel-cadmio, níquel-hidruro, plomo-ácido, lito-ion litio), estado del electrolito (líquido o gel) o estanqueidad (herméticas o no).

Para este trabajo se han tenido en cuenta los mencionados parámetros debido a que se trata de un sistema portátil. Se enumeran a continuación:

- Batería sellada monoblock: Al estar totalmente sellada no existe la posibilidad de derrames y no desprende gases. Esta batería no requiere de mantenimiento periódico.
- Plomo ácido AGM: Las baterías de plomo-ácido son las más empleadas en instalaciones solares. Debido a esto se pueden encontrar fácilmente a precios muy reducidos. La tecnología AGM (Absorbent Glass Mat) consiste en una malla de fibra de vidrio que absorbe el electrolito, lo retiene e inmoviliza. Gracias a esta tecnología la batería no se ve afectada por movimientos o vibraciones.



- Ciclo profundo: A pesar de que la vida útil de las baterías disminuye considerablemente con la profundidad de descarga, el modelo UC 14-12 utilizado en este trabajo está diseñada para soportar descargas profundas en el caso de no disponer de horas de sol suficientes para su recarga.

Según el autor del Manual de Energía Solar Fotovoltaica (Trippi, 2018), se debe elegir una tensión de alimentación de 12 V para potencias inferiores a 1500 W (se ha fijado el consumo del equipo de radio en 300 W).

La profundidad de descarga de la batería es un factor muy importante a tener en cuenta. El autor afirma que la descarga máxima diaria no debería superar el 15% al 20%. Cuanto mayor sea la descarga menor es el tiempo de vida útil de la batería. En el siguiente gráfico de la batería Ultracell utilizada para este proyecto se puede observar la disminución del número de ciclos⁵ en función del porcentaje de descarga de la batería (ver Figura 13).

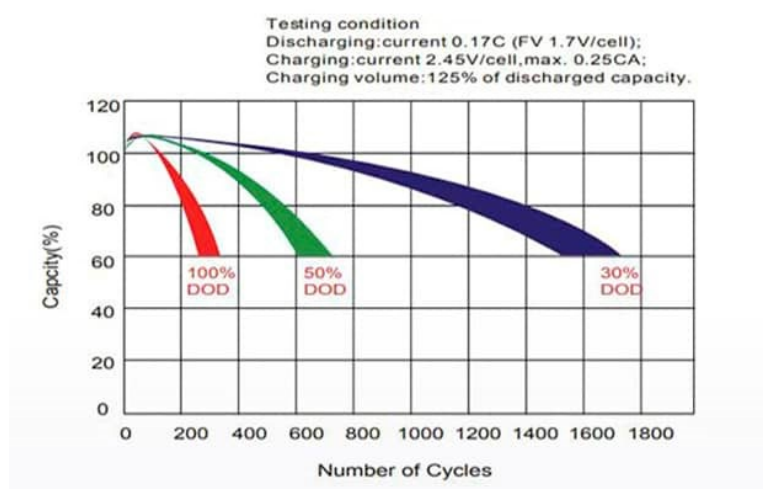


Figura 13 Ciclo de vida en relación con la profundidad de descarga.
Fuente: Autosolar

La temperatura de trabajo afecta negativamente a la capacidad de carga de la batería y a su eficiencia. Aunque según las características técnicas del fabricante la batería soporta una temperatura de 0°C, la temperatura nominal de trabajo es de $25 \pm 3^\circ\text{C}$. Gracias a que en este trabajo la batería se localiza en el interior de la mochila, es muy complicado que la temperatura alcance los 0°C. En anexo F se puede consultar el gráfico donde se relaciona la baja temperatura con la disminución de capacidad de la batería.

4.3.5. REGULADOR DE CARGA

El regulador de carga utilizado en este trabajo es de la casa Must Solar, modelo PC1500B de 10 A. Las características técnicas se pueden consultar en el anexo H. Dispone de una pantalla LCD mediante la cual se puede comprobar el estado de carga de la batería, tensión del sistema, e intensidad de carga entre otros datos. En el anexo I se puede consultar el manual de usuario del regulador.

Como ya se ha mencionado anteriormente, la batería es un elemento sensible que se debe

⁵ Un ciclo es equivalente a un día completo de carga durante el día y descarga durante la noche.



cuidar especialmente en cualquier instalación solar. Entre el panel fotovoltaico y la batería se debe incluir un regulador de carga, cuya función más importante consiste en proteger a la batería cuya finalidad consiste en alargar su vida.

El regulador de carga tiene dos funciones principalmente:

- Protección de sobrecarga: Controla el nivel de carga de la batería con el fin de evitar su sobrecarga una vez esté completamente cargada en cuyo caso desconecta la fuente de suministro (panel solar).
- Protección de sobredescarga: Controla el nivel de descarga de la batería evitando descargas profundas que acortarán significativamente la vida del acumulador.

4.3.6. OTROS COMPONENTES DEL SISTEMA

Otro de los componentes incluidos en una instalación solar fotovoltaica es el inversor, este dispositivo es capaz de convertir la corriente continua de trabajo de los paneles y de la batería en corriente alterna con la que trabajan la mayoría de los dispositivos eléctricos de uso cotidiano.

En el caso del dimensionamiento del sistema solar para alimentar los equipos de radio, se ha considerado evitar inversor por dos razones principalmente. En primer lugar, los equipos de radio PR4G RT-9210 V3 y PNR-500 trabajan en corriente continua y en un rango de tensión compatible con la del sistema solar propuesto. En segundo lugar, la utilización de un inversor conlleva pérdidas de energía. Es decir, en este caso concreto es preferible trabajar a tensión continua de 12 V directamente sin necesidad de convertirla a 230 V en alterna.

La conexión entre los diferentes componentes del sistema solar se ha realizado con cable unifilar de 4 mm². Debido a la insignificante longitud de los cables (60 cm), no se ha tendido en cuenta el cálculo de la caída de tensión.

4.4. DISEÑO ESTADÍSTICO DE EXPERIMENTOS (DEE)

Como ya se ha explicado anteriormente, la elección del sistema solar más adecuado a estas necesidades es una cuestión de vital importancia para maximizar el tiempo de uso de la radio sin que la batería se descargue. Por el motivo que se acaba de exponer, se recurre a esta herramienta utilizada en la etapa de diseño.

El diseño de experimentos se utiliza para análisis de procesos complejos en los cuales intervienen múltiples factores. Son muchos los factores que intervienen en la duración de la batería del sistema: capacidad de la batería, temperatura, nivel de radiación solar, tiempo de uso, etc. La variable que se pretende optimizar es la duración de la batería del sistema solar (sin el panel fotovoltaico).

De esta manera se podrá elegir con criterio la potencia de transmisión, capacidad de la batería y el tiempo de uso de transmisión.

Se identifican tres factores según (Tabla 13)

- Potencia de transmisión 0,5 W – 10 W
- Capacidad de la batería 14 Ah – 30 Ah
- Minutos transmitiendo 100 min – 140 min



Ignacio Pérez Prado

| | Nivel | Valor | UD |
|-----------------------------------|-------|-------|-----|
| A: POTENCIA | -1 | 0,5 | W |
| | 1 | 10 | W |
| B: CAPACIDAD | -1 | 14 | Ah |
| | 1 | 30 | Ah |
| C: MINUTOS RETRANSMITIENDO | -1 | 100 | min |
| | 1 | 140 | min |

Tabla 13 Plan de ensayos multifactorial completo (2³)

Una vez han sido realizados los ensayos para obtener la duración máxima de la radio se tabulan los resultados en una tabla de Excel (ver Tabla 14). Los ensayos aparecen en el Anexo D.

| | Transmisión (Potencia Capacidad Tiempo) | Duración de la batería |
|----------------------|--|------------------------|
| Experimento 0 | (0,5 W 14 Ah 60 min) | 1600 min |
| Experimento 1 | (10 W 14 Ah 60 min) | 1540 min |
| Experimento 2 | (0,5 W 30 Ah 60 min) | 1720 min |
| Experimento 3 | (10 W 30 Ah 60 min) | 1590 min |
| Experimento 4 | (0,5 W 14 Ah 100 min) | 1500 min |
| Experimento 5 | (10 W 14 Ah 100 min) | 1440 min |
| Experimento 6 | (0,5 W 30 Ah 100 min) | 1610 min |
| Experimento 7 | (10 W 30 Ah 100 min) | 1550 min |

Tabla 14 Experimentos realizados

Una vez han sido realizados los diferentes experimentos se realiza la matriz de experimentos y se calculan las medias de respuesta a nivel alto y a nivel bajo (ver Tabla 15).

| Identificador decimal del experimento | 2° | 2' | 2² | Matriz del plan de experimentos | | | | | | | |
|---|----|----|----|---------------------------------|---------|---------|---------------|---------|---------|---------|--|
| | 1 | 2 | 4 | Factores | | | Interacciones | | | | |
| | A | B | C | A | B | C | AB | AC | BC | ABC | |
| | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | 1 | -1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | -1 | -1 | -1 | -1 | 1 | 1 | |
| 2 | 0 | 1 | 0 | -1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | 1 | |
| 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | -1 | |
| 4 | 0 | 0 | 1 | -1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | |
| 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | -1 | 1 | -1 | 1 | -1 | -1 | |
| 6 | 0 | 1 | 1 | -1 | 1 | 1 | -1 | -1 | 1 | -1 | |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Media de las respuestas a nivel alto | | | | 1530,00 | 1617,50 | 1525,00 | 1560,00 | 1577,50 | 1575,00 | 1577,50 | |
| Media de las respuestas a nivel bajo | | | | 1607,50 | 1520,00 | 1612,50 | 1577,50 | 1560,00 | 1562,50 | 1560,00 | |
| Efecto | | | | -77,50 | 97,50 | -87,50 | -17,50 | 17,50 | 12,50 | 17,50 | |

Tabla 15 Cálculo de los efectos de los factores e interacciones



A continuación, mediante otra tabla (Tabla 16) se procede al cálculo de las contribuciones básicas

| | A | B | C | AB | AC | BC | ABC |
|----------------------------|----------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|
| EFEECTO | -77,5000 | 97,5000 | -87,5000 | -17,5000 | 17,5000 | 12,5000 | 17,5000 |
| (-)ABC | -17,5 | -17,5 | -17,5 | -17,5 | -17,5 | -17,5 | |
| (-)BC | | 5,00 | 5,00 | | | | |
| (-)AC | 0 | | 0 | | | | |
| (-)AB | 35,0000 | 35,0000 | | | | | |
| CONTRIBUCIÓN BÁSICA | -60 | 120 | -100 | -35 | 0 | -5 | 17,5 |

Tabla 16 Cálculo de las contribuciones básicas de efectos

En el siguiente gráfico de la Figura 14 obtenido mediante la herramienta de Excel se puede observar la interacción entre los diferentes efectos y su contribución básica mediante el cual se determinará qué factor influye más en la duración de la batería del sistema solar.

El factor que más influye en la duración de la batería del sistema es la capacidad de la propia batería. Cuanto mayor sea la capacidad más tiempo durará. Se puede comprobar también que influye más por sí solo que en combinación con los otros factores.

La potencia de transmisión es el factor menos influyente de entre los otros factores. Sin embargo, como es un factor negativo, cuanto mayor potencia de transmisión se utilice, menos tiempo durará la batería.

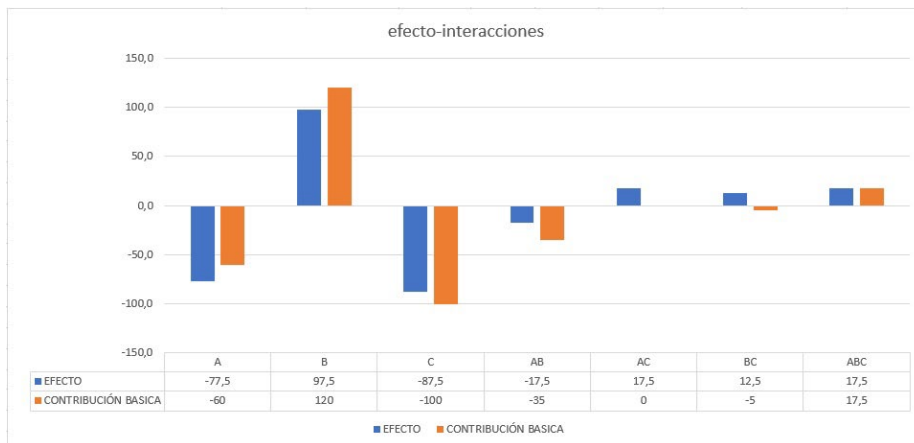
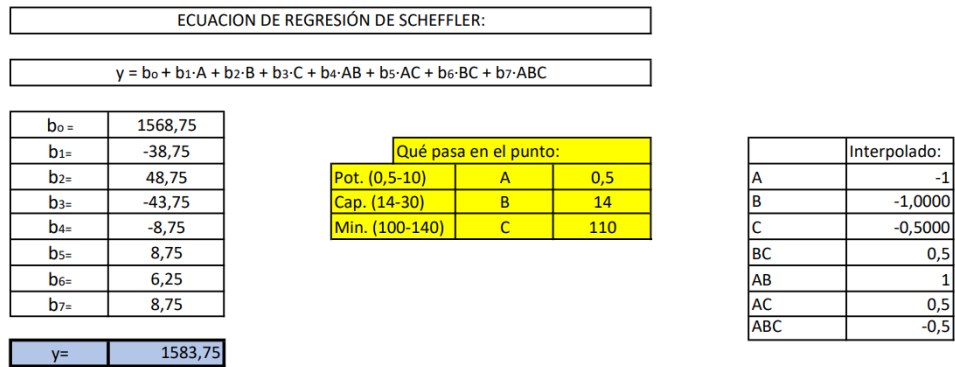


Figura 14 Representación gráfica efecto-interacciones

En la Figura 15 se puede ver la ecuación de regresión de Scheffler mediante la cual podemos obtener un valor de la duración de la batería del sistema solar en minutos introduciendo valores en la tabla de amarillo. En la tabla de simulación se han introducido siguientes valores que aparecen. El valor obtenido es de 1583 minutos que equivalen a más de 26 horas.



Ignacio Pérez Prado



$$y = 1568,75 - 38,75 \cdot A + 48,75 \cdot B - 43,75 \cdot C - 8,75 \cdot AB + 8,75 \cdot AC + 6,25 \cdot BC + 8,75 \cdot ABC$$

Figura 15 Ecuación de regresión de Scheffler

Como conclusión al diseño estadístico de experimentos se puede observar en el gráfico que, tanto el factor B como el factor C tienen una influencia mayor por sí solos que en combinación con los demás factores. El factor más influyente es el B (capacidad de la batería), es un dato importante a tener en cuenta para tomar una decisión en el diseño del sistema.

Factor A negativo: cuanto menos potencia de transmisión más minutos dura la batería.

Factor B positivo: a mayor capacidad de la batería, mayor duración en minutos.

Factor C negativo: cuántos menos minutos se retransmite, más dura la batería.



5. CONCLUSIONES

Como se ha podido observar en las líneas de este trabajo, las nuevas tendencias del entorno militar se encaminan hacia la independencia energética mediante la utilización de nuevas tecnologías de generación “in situ” de energía eléctrica como pueden ser la energía solar, eólica y térmica. Por este motivo se ha tratado de buscar la mejor manera de alimentar a algunos equipos de los Sistemas de Información y Telecomunicaciones (CIS).

RADIO PR4G RT-9210 V3. Durante el cálculo del dimensionamiento para el sistema de energía solar fotovoltaica ha quedado demostrado en el punto 4.3.3. (Cálculo del panel fotovoltaico) que no es posible alimentar una radio PR4G RT-9210 V3 de forma permanente. Es decir, el reducido tamaño del panel no lo permite. Por tanto, el tiempo de uso debe ser limitado a una jornada continuada de 24 *h*. El dimensionamiento exige un panel solar fotovoltaico de 120 *W*. Sin embargo, actualmente no existe tecnología para paneles solares con eficiencia superior al 30% basada en silicio, por lo que un panel de 120 *W* actualmente tiene unas dimensiones que hacen inviable su transporte a pie. Es importante tener en cuenta que el peso total del sistema es de aproximadamente 5 *kg* de peso. El aumento de carga podría suponer la disminución de la eficacia del combatiente. En la Figura 16 se puede ver el sistema sobre la mochila Altus.



Figura 16 Aplicación real de este proyecto



Ignacio Pérez Prado

RADIO PNR-500. En cuanto a la recarga de la batería el resultado es considerablemente más favorable que en el caso anterior. En el punto 4.3.3. se puede observar que la recarga completa de cada batería de PNR-500 requiere 17 *Wh*. Según los cálculos, el panel de 20 *W* es suficiente para recargar dos o incluso tres baterías por día. Teniendo en cuenta que cada radio PNR-500 con su batería cargada es capaz de estar en funcionamiento 12 *h* como se comprobó en el punto 4.1.1. (Experimentos PNR-500), se podría disponer de una batería en uso mientras la otra está en recarga con el sistema solar y proceder a la sustitución cada 12 *h*. De esta manera es posible trabajar con la radio PNR-500 de forma indefinida eliminando así la posibilidad de descarga de las baterías. El regulador de carga dispone de un display mediante el cual se puede comprobar el nivel y estado de la batería del sistema solar. Según el nivel de carga y probablemente en los días de mayor radiación solar se podría utilizar (mediante la conexión USB) para cargar otros dispositivos electrónicos como GPS, PDA, tabletas o teléfonos móviles. En muchos casos el personal militar dispone de aplicaciones cartográficas instaladas en estos dispositivos y supone un avance en este sentido.

Finalmente, el presupuesto necesario para cada sistema solar portátil es de 151,69 euros lo cual hace que sea un proyecto viable desde el punto de vista económico. El presupuesto está disponible en el Anexo J.



6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¿Sabes cómo funcionan las centrales hidroeléctricas? (s. f.). Iberdrola. Consultado en: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-hidroelectrica> [Consultado 02-10-2021].

Beltrán-Telles, A., (2017), "Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica." CienciaUAT.

Booth, S. (2017). Renewable Energy Options and Considerations for Net Zero Installations. En M. E. Goodsite & S. Juhola (Eds.), *Green Defense Technology* (pp. 115-136). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-7600-4_7

Energía solar termoeléctrica o energía termosolar—Solarweb.net. (s. f.). Disponible en: <https://www.solarweb.net/termosolar.php> [Consultado 03-10-2021].

Española, A. (s. f.). *Plan de Eficiencia Energética: Energías renovables - Acciones frente al Cambio Climático - Medio Ambiente - Armada Española - Ministerio de Defensa - Gobierno de España.* Disponible en: <https://armada.defensa.gob.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/conocenosmedioambiente/prefLang-es/03CambioClimatico> [Consultado 04-10-2021].

Estadísticas de capacidad renovable (2020). Informe de capacidad de generación eléctrica renovable. Abu Dhabi: IRENA.

Gerena Salamando, J. A., Ruiz Pineda, J. A., & Horta Losada, I. H. Energías renovables y su relación con los sistemas de gestión ambiental. Universidad Santiago de Cali, 2020.

González Velásco, J. (2009). *Energías renovables.* Barcelona: Editorial Reverté.

JORNADA MONOGRÁFICA SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENE.pdf. (s. f.). Disponible en: https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/m/o/monografia_sopt_10_1.pdf [Consultado 29-09-2021].

JORNADA MONOGRÁFICA: SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN OPERACIONES INTERNACIONALES. (s. f.). 293. (2011).

Jutglar Banyeres, L, (2012), *Generación de energía solar fotovoltaica.* Barcelona: Marcombo.

Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, Pub. L. No. Ley 54/1997, BOE-A-1997-25340 35097 (1997). <https://www.boe.es/eli/es/l/1997/11/27/54>

Los recursos naturales y sus transformaciones energéticas. (s. f.). *Energías de mi País.* Disponible en: <http://energiasdemipais.educ.ar/energias-primarias-y-secundarias/>



[Consultado 28-09-2021].

Manual de Operación y Mantenimiento de 1º y 2º Escalón RT-9210V3. Amper Programas, (2009).

Manual Radioteléfono Ligeró PNR-500. Mando de Adiestramiento y Doctrina, (2010).

Mártil de la Plaza, I. (2020), *Energía solar: De la utopía a la esperanza*. (1ª ed.) Madrid: Guillermo Escolar.

Maxeon Solar Technologies | Células solares | SunPower España. (s. f.). Disponible en: <https://sunpower.maxeon.com/es/productos-de-paneles-solares/tecnologia-de-celulas-solares-maxeon> [Consultado 29-09-2021].

New opportunities in sustainable energy for defence sector. (s. f.). [Text]. European Commission - European Commission. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/news/new-opportunities-sustainable-energy-defence-sector-2017-oct-20_en [Consultado 04-10-2021].

Orientación e Inclinación de los Paneles Solares Fotovoltaicos. (s. f.). MPPTSOLAR. Disponible en: <https://www.mpptsolar.com/es/orientacion-inclinacion-paneles-solares.html> [Consultado 05-10-2021].

Pack Gestión de la eficiencia energética. (s. f.). Disponible en: <https://tienda.aenor.com/libro-pack-gestion-de-la-eficiencia-energetica-20052> [Consultado 28-09-2021].

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. (s. f.). Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx> [Consultado 29-09-2021].

Planning the future grid—TYNDP. (s. f.). Disponible en: <https://tyndp.entsoe.eu/> [Consultado 27-09-2021].

PNR-500.pdf. (s. f.). Disponible en: <https://elbitsystems.com/media/PNR-500.pdf> [Consultado 08-10-2021].

Portillo, G. (2016). ¿Qué es la cogeneración? *Renovables Verdes*. Consultado en: <https://www.renovablesverdes.com/cogeneracion/> [Consultado 12-09-2021].

Radar, E. (2021). Israel ha encontrado la manera de hacer invisibles a los soldados. *El Radar*. <https://www.elradar.es/israel-ha-encontrado-la-manera-de-hacer-invisibles-a-los-soldados/>

Real Decreto-ley 9/2013, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico, Pub. L. No. Real Decreto-ley 9/2013, BOE-A-2013-7705 52106 (2013). <https://www.boe.es/eli/es/rdl/2013/07/12/9>

Referencia de interés. (s. f.). Consultado en: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es->



[es/Contenido/Paginas/detallereferencia.aspx?referencialD=83](#) [Consultado 23-09-2021].

REGLAMENTO (UE) 2019/ 943 DE PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - de 5 de junio de 2019 - Mercado interior de la electricidad (Diario Oficial de la Unión Europea), p. 1.

Regulación. (s. f.). *APPA Renovables*. Consultado en: <https://www.appa.es/regulacion/> [Consultado 28-09-2021].

Renovables en el mundo y en Europa. (s. f.). *APPA Renovables*. Consultado en: <https://www.appa.es/energias-renovables/renovables-en-el-mundo-y-en-europa/> [Consultado 27-09-2021].

Rufes Martínez, P. (2010). *Energía solar térmica*. Barcelona: Marcombo.

Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT). (s. f.). Consultado en: <https://www.tecnologiaeinnovacion.defensa.gob.es/es-es/Presentacion/Paginas/SOPT.aspx> [Consultado 23-09-2021].

Soto Cruz, J. (1996). *Fundamentos sobre ahorro de energía*. Mexico: Universidad Autónoma de Yucatán

Spanish Paris Agreement (2015). Cambio climático. París: Naciones Unidas

Trujillo Sandoval, D.J., Mosquera Velásquez, F.I., García Torres, E.M. (2021), "Análisis de viabilidad de microrredes eléctricas con alta penetración de recursos renovables en zonas urbanas".



ANEXOS

A. ENCUESTA REALIZADA EN LA UNIDAD

La encuesta ha sido realizada utilizando la herramienta de Google Forms (formularios) durante las prácticas externas al personal del Batallón de Zapadores I/8. Principalmente ha sido respondida por tropa (soldados y cabos).

El usuario debía elegir en una escala lineal del 1 al 5 según el nivel de importancia que considera a cada uno de los equipos electrónicos propuestos.

| | Preguntas | Respuestas |
|-------------------------------------|--|------------|
| | ¿Qué nivel de importancia asigna a las transmisiones en una sección de ingenieros? | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | 9 |
| | | |
| | ¿Qué nivel de importancia asigna al uso de GPS en una sección de ingenieros? | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 3 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 4 |
| <input type="checkbox"/> | 5 | 3 |
| | | |
| | ¿Qué nivel de importancia asigna al uso del teléfono móvil en las operaciones? | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 6 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 5 | 5 |
| | | |
| | ¿Qué nivel de importancia asigna al uso de la PR4G RT-9210V3 en las operaciones? | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 5 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 5 | 9 |
| | | |
| | ¿Qué nivel de importancia asigna al uso de la PR4G RT-9200 en las operaciones? | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 1 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 3 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | 5 | 6 |



Ignacio Pérez Prado

| | | |
|---|---|---|
| ¿Qué nivel de importancia asigna al uso de la PNR-500 en las operaciones? | | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 0 |
| <input type="checkbox"/> | 2 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 4 | 6 |
| <input type="checkbox"/> | 5 | 5 |
| ¿Qué nivel de importancia asigna al uso de la tablet en las operaciones? | | |
| <input type="checkbox"/> | 1 | 4 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | 2 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | 3 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | 4 | 2 |
| <input type="checkbox"/> | 5 | 1 |

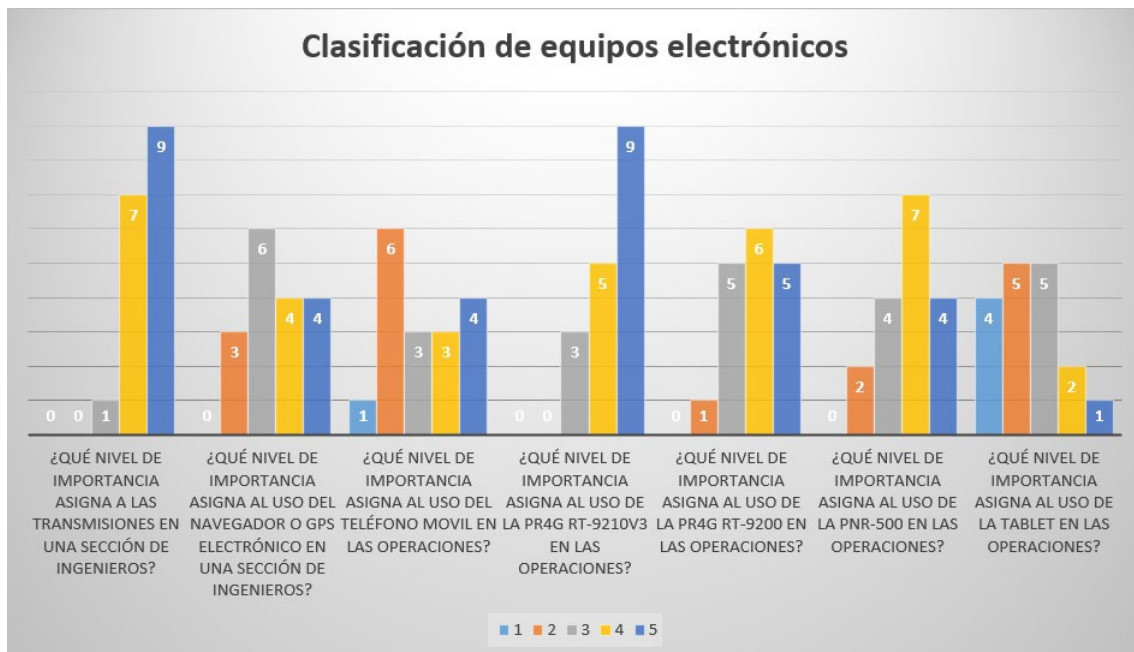


Figura 17 Resultados de la encuesta: prioridad de equipos electrónicos



Ignacio Pérez Prado

B. PROCESO DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE LA RADIO PR4G RT-9210 V3



Figura 18 Radio en recepción



Figura 19 Radio en potencia 1



Ignacio Pérez Prado



Figura 20 Radio en potencia 2



Figura 21 Radio en potencia 3



Ignacio Pérez Prado

C. PROCESO DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE LA RADIO PNR-500



Figura 22 Consumo en el inicio de carga



Figura 23 Consumo en el final de carga



D. EXPERIMENTO DE LA DURACIÓN MÁXIMA DEL SISTEMA SOLAR



Figura 24 Inicio del experimento



Figura 25 Final del experimento



E. TABLA DE HORAS SOLAR PICO

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| NASA/POWER CERES/MERRA2 Native Resolution Monthly and Annual | | | | | | | | | | | | | |
| Dates (month/day/year): 01/01/2018 through 12/31/2020 | | | | | | | | | | | | | |
| Location: Latitude 35.3135 Longitude -2.9466 | | | | | | | | | | | | | |
| Elevation from MERRA-2: Average for 0.5 x 0.625 degree lat/lon region = 27.18 meters | | | | | | | | | | | | | |
| Value for missing model data cannot be computed or out of model availability range: -999 | | | | | | | | | | | | | |
| Parameter(s): | | | | | | | | | | | | | |
| WS2M MERRA-2 Wind Speed at 2 Meters (m/s) | | | | | | | | | | | | | |
| ALLSKY_SFC_SW_DWN CERES SW1.deg All Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (KW-hr/m^2/de | | | | | | | | | | | | | |
| CLRSKY_SFC_SW_DWN CERES SW1.deg Clear Sky Surface Shortwave Downward Irradiance (KW-hr/m^2) | | | | | | | | | | | | | |
| -END HEADER- | | | | | | | | | | | | | |
| PARAMETER | YEAR | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
| WS2M | 2018 | 5.34 | 4.86 | 6.37 | 5.23 | 4.37 | 3.93 | 3.52 | 2.85 | 3.51 | 4.26 | 4.35 | 4.01 |
| WS2M | 2019 | 5.72 | 4.77 | 5.32 | 4.66 | 4.46 | 3.7 | 3.59 | 3.51 | 3.36 | 4.38 | 6.55 | 5.35 |
| WS2M | 2020 | 3.61 | 4.09 | 5.07 | 4.88 | 3.88 | 4.26 | 3.41 | 3.79 | 4.18 | 4.09 | 3.77 | 5.62 |
| ALLSKY_SFC_SW_DWN | 2018 | 2.78 | 3.86 | 4.71 | 5.34 | 7.03 | 7.4 | 7.0 | 6.53 | 4.99 | 3.99 | 3.02 | 2.6 |
| ALLSKY_SFC_SW_DWN | 2019 | 3.07 | 4.11 | 4.83 | 6.01 | 7.32 | 7.5 | 6.72 | 6.36 | 5.1 | 4.3 | 3.1 | 2.4 |
| ALLSKY_SFC_SW_DWN | 2020 | 2.92 | 3.72 | 4.49 | 4.79 | 6.71 | 7.48 | 7.02 | 6.55 | 5.37 | 4.16 | 3.07 | 2.62 |
| CLRSKY_SFC_SW_DWN | 2018 | 3.43 | 4.52 | 5.94 | 6.9 | 7.78 | 8.07 | 7.55 | 7.0 | 5.71 | 4.77 | 3.64 | 3.11 |
| CLRSKY_SFC_SW_DWN | 2019 | 3.48 | 4.51 | 5.81 | 7.07 | 8.0 | 8.18 | 7.57 | 6.9 | 5.86 | 4.78 | 3.68 | 3.04 |
| CLRSKY_SFC_SW_DWN | 2020 | 3.37 | 4.45 | 5.62 | 6.87 | 7.77 | 8.03 | 7.72 | 7.05 | 5.89 | 4.8 | 3.54 | 3.05 |

Figura 26 Tabla de horas solar pico. Fuente: NASA



F. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA BATERÍA.

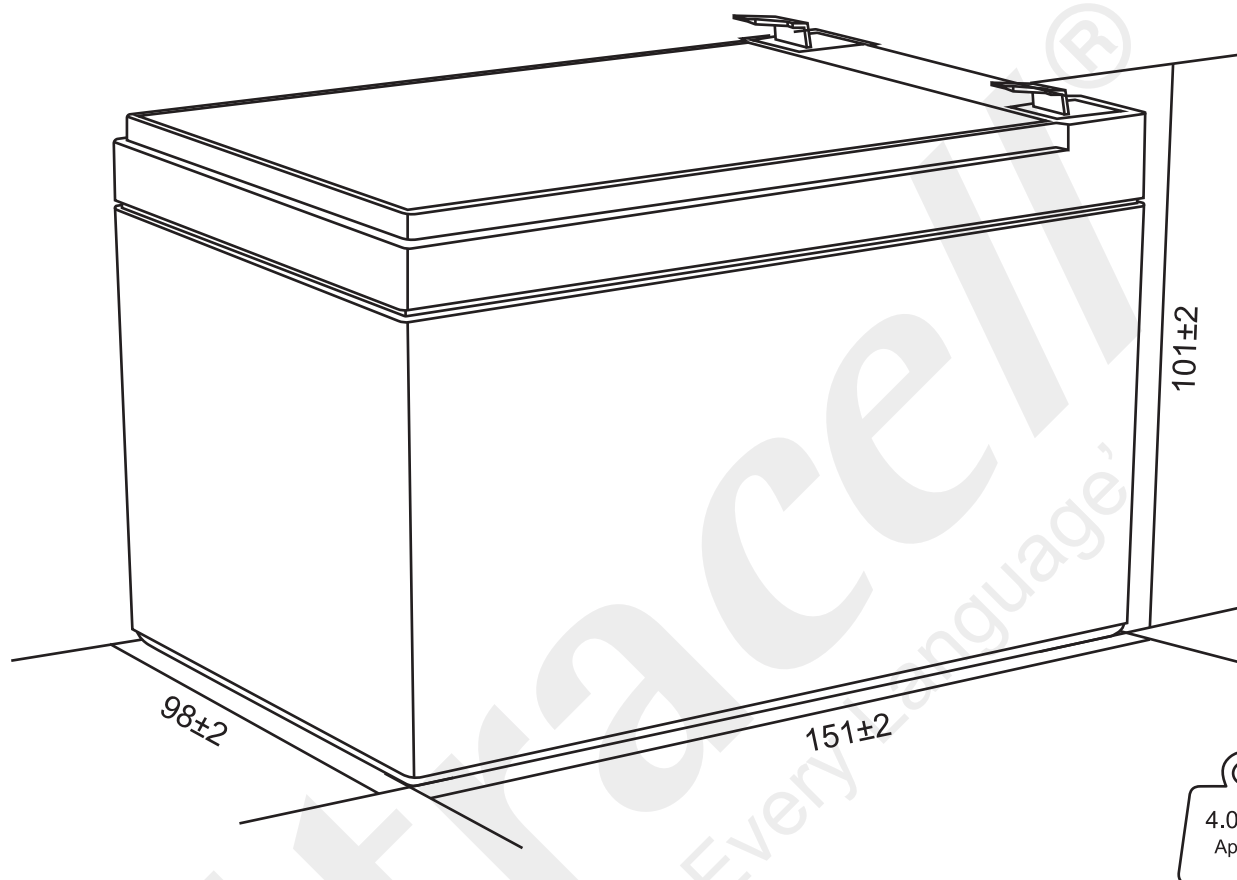
Ultracell®

'Quality in Every Language'

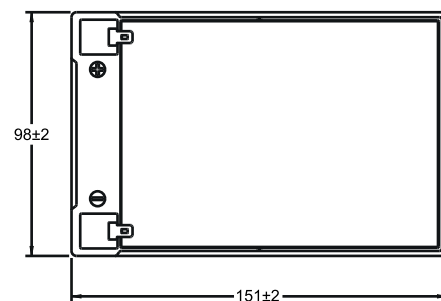
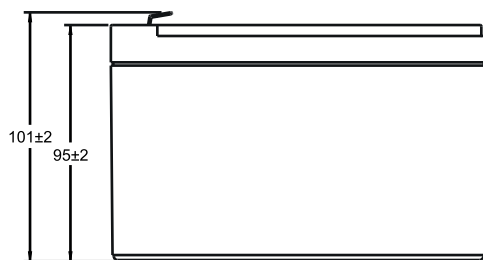
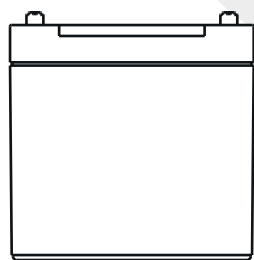
UC14-12

12V 14Ah

Deep Cycle Series



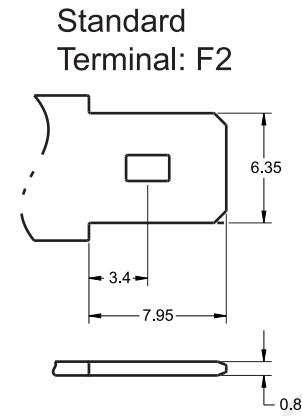
Technical Dimensions (mm)



Image



Terminal Dimensions (mm)



Technical Specification

| | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|---|
| Output | Nominal Voltage | 12V |
| | Nominal Capacity (20HR) | 14Ah |
| Terminal Type | Standard Terminal | F2 |
| Container Material | Standard Option | ABS |
| | Flame Retardant Option (FR) | ABS (UL94:VO) |
| Rated Capacity | (20HR 1.80V/cell, 25°C) | 14.0 Ah/0.7A |
| | (10HR 1.80V/cell, 25°C) | 13.0 Ah/1.3A |
| | (5HR 1.75V/cell, 25°C) | 11.4 Ah/2.28A |
| | (3HR 1.75V/cell, 25°C) | 10.3 Ah/3.45A |
| | (1HR 1.60V/cell, 25°C) | 8.4 Ah/8.4A |
| Max Discharge Current | 195A (5s) | |
| Internal Resistance | Approx 14.0mΩ | |
| Discharge Characteristics | Operating Temp Range | Discharge: -15 ~ 50°C Charge: 0 ~ 40°C Storage: -15 ~ 40°C |
| | Nominal Operating Temp Range | 25 ± 3°C |
| | Cycle Use | Initial Charging Current less than 4.2A. Voltage 14.4V ~ 15.0V @ 25°C Temp. Coefficient -30mV/°C |
| | Standby Use | No limit on initial charging current. Voltage 13.5V ~ 13.8V @ 25°C Temp. Coefficient -20mV/°C |
| | Capacity affected by Temperature | 40°C 103% 25°C 100% 0°C 86% |
| Design Floating Life at 20°C | 12 Years | |

Self Discharge

Ultracell® UC batteries may be stored for up to 6 months at 25°C and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time intervals will be shorter.

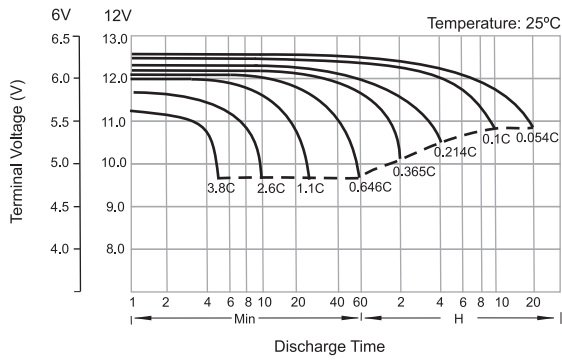
Constant Current Discharge / Constant Power Discharge At 25°C (Amperes & Watts/Cell)

A = Amperes W = Watts

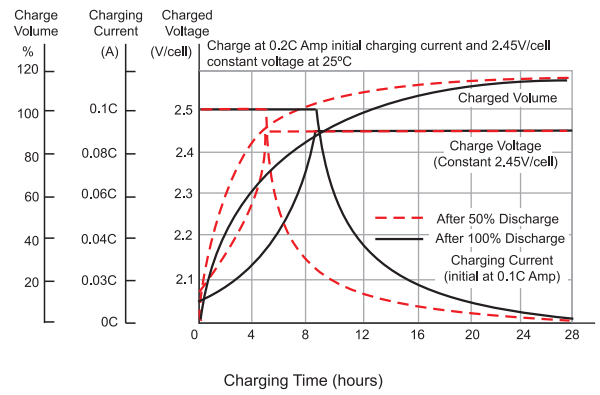
| F.V/TIME | 10 min | 15 min | 20 min | 30 min | 45 min | 60 min | 2 hours | 3 hours | 4 hours | 5 hours | 6 hours | 8 hours | 10 hours | 20 hours |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|
| 1.85V/cell | 19.0 | 16.0 | 14.0 | 10.1 | 8.00 | 6.49 | 4.03 | 3.14 | 2.55 | 2.07 | 1.81 | 1.47 | 1.23 | 0.690 |
| 1.80V/cell | 24.3 | 19.4 | 16.5 | 11.9 | 9.30 | 7.27 | 4.40 | 3.38 | 2.72 | 2.22 | 1.94 | 1.56 | 1.30 | 0.697 |
| 1.75V/cell | 26.7 | 21.1 | 17.8 | 12.3 | 9.65 | 7.61 | 4.56 | 3.45 | 2.78 | 2.28 | 1.99 | 1.59 | 1.31 | 0.703 |
| 1.70V/cell | 29.1 | 22.6 | 18.7 | 12.8 | 10.0 | 7.85 | 4.75 | 3.54 | 2.85 | 2.34 | 2.03 | 1.61 | 1.33 | 0.716 |
| 1.65V/cell | 31.4 | 24.0 | 19.9 | 13.5 | 10.3 | 8.11 | 4.88 | 3.69 | 2.95 | 2.40 | 2.07 | 1.64 | 1.35 | 0.725 |
| 1.60V/cell | 34.1 | 25.7 | 21.2 | 14.3 | 10.7 | 8.40 | 5.04 | 3.81 | 3.04 | 2.48 | 2.12 | 1.65 | 1.37 | 0.729 |



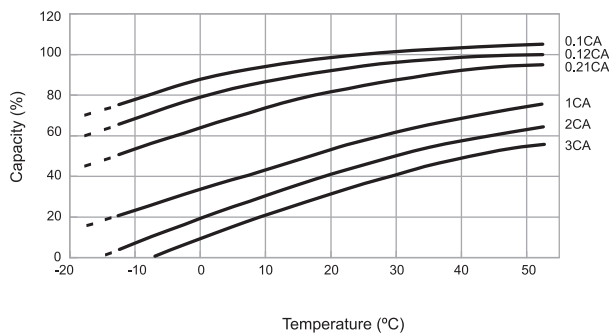
Discharge Characteristics



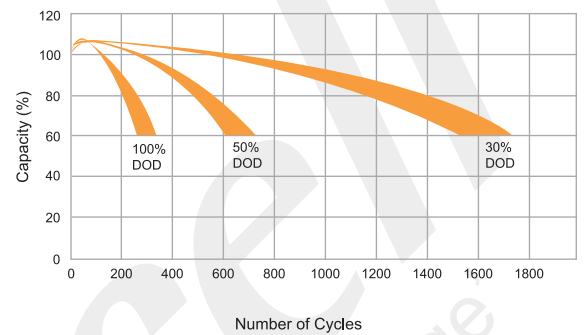
Float Charging Characteristics



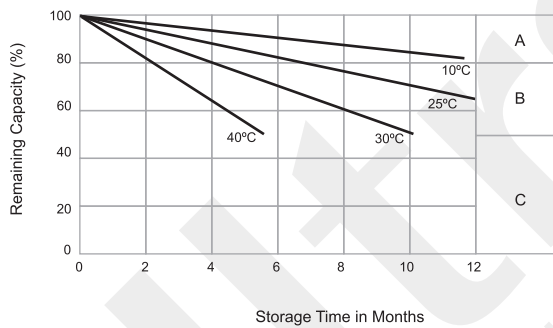
Temperature Effects in Relation to Battery Capacity



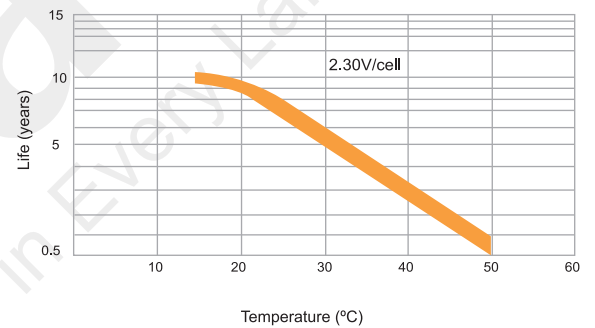
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



General Relation of Capacity vs. Storage Time



Floating Life on Temperature



General Relation of Capacity vs. Storage Time (Notes)

- A) No supplementary charge required.
(Carryout supplementary charge before use if 100% capacity is required.)
- B) Supplementary charge required before use. Optional charging way as below:
 1. Charged for above 3 days at limited current 0.25CA and constant voltage 2.25V/cell.
 2. Charged for above 20 hours at limited current 0.25CA and constant voltage 2.45V/cell.
 3. Charged for 8 ~ 10 hours at limited current 0.05 CA.
- C) Supplementary charge may often fail to recover the capacity.
The battery should never be left standing till this is reached.





G. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PANEL SOLAR.

Paneles solares semi-rígidos con células SunPower de alta eficiencia

- Material TPT, superficie ETFE curvables 15°
- Incluyen orificios de fijación
- Caja de conexiones delantera
- Células monocristalinas SunPower
- Entre un 20% y un 22% de eficiencia
- Disponible en 20W - 35W - 40W - 55W - 150W

Aplicaciones sin límite

La serie SunFlex gracias su combinación de limitada flexibilidad y alta eficiencia permite aplicaciones impensables en otro tipo de paneles solares rígidos, desde la cubierta de un barco a un techo de caravana o un carro de golf.

La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnología y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina tanto en soporte rígidos como curvables cuentan con una alta eficiencia y calidad de fabricación.



Especificaciones técnicas

| Modelo | FLX20SP-M | FLX35SP-M | FLX40SP-M | FLX55SP-M | FLX150SP-M |
|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Potencia máxima (Pmax) | 20W | 35W | 40W | 55W | 140W |
| Tensión de potencia máx. (Vmp) | 18.56 | 17.6 | 19.8 | 17.6 | 24.2 |
| Corriente de potencia máx. (Imp) | 1.19 | 1.99 | 2.02 | 3.13 | 5.79 |
| Tensión de circuito abierto (Voc) | 21.90 | 20.8 | 23.4 | 20.8 | 28.6 |
| Corriente de cortocircuito (Isc) | 1.26 | 2.15 | 2.14 | 3.31 | 6.25 |
| Coef. de temp Isc (%)/°C | -0.48%/°C | -0.48%/°C | -0.48%/°C | -0.48%/°C | -0.48%/°C |
| Coef. de temp Voc (%)/°C | -0.34%/°C | -0.34%/°C | -0.32%/°C | -0.32%/°C | -0.34%/°C |
| Coef. de temp Pmax (%)/°C | +0.015%/°C | 0.015%/°C | +0.015%/°C | 0.015%/°C | 0.015%/°C |
| Eficiencia de célula (%) | 22.60% | 20.80% | 22.60% | 22.60% | 20.41% |
| Máxima tensión del sistema (V) | 600VDC(IEC) | 600VDC(IEC) | 600VDC(IEC) | 1000VDC(IEC) | 1000VDC(IEC) |
| Tolerancia | ±3% | ±3% | ±3% | ±3% | ±3% |
| Tipo de célula (fabricación) | USA A grade SunPower solar cell | USA A grade SunPower solar cell | USA A grade SunPower solar cell | USA A grade SunPower solar cell | USA A grade SunPower solar cell |
| Nº y distribución de células | 36(2X18) | 36(4x9) | 36(4X9) | 32(4X8) | 44(4X11) |
| Tamaño (An x Al x Pr) | 285x530x3mm | 425x560x3mm | 425x560x3mm | 540x580x3mm | 540x1460x3mm |
| Peso | 0.57 KG | 0.88 KG | 0.83KG | 1.23 KG | 3 KG |
| Certificaciones | CE, RoHS, ISO | CE, RoHS, ISO | CE, RoHS, ISO | CE, RoHS, ISO | CE, RoHS, ISO |
| Grado de protección IP | IP 65 / IP 67 | IP 65 / IP 67 | IP 65 / IP 67 | IP 65 / IP 67 | IP 65 / IP 67 |
| Referencia proveedor | SOL101 | SOL102 | SOL0203 | SOL0204 | SOL0912 |

Indicado para aplicaciones marinas

A prueba de agua, resistente a ambiente marinos, haciéndolo perfecto para yates y embarcaciones.

Alta eficiencia

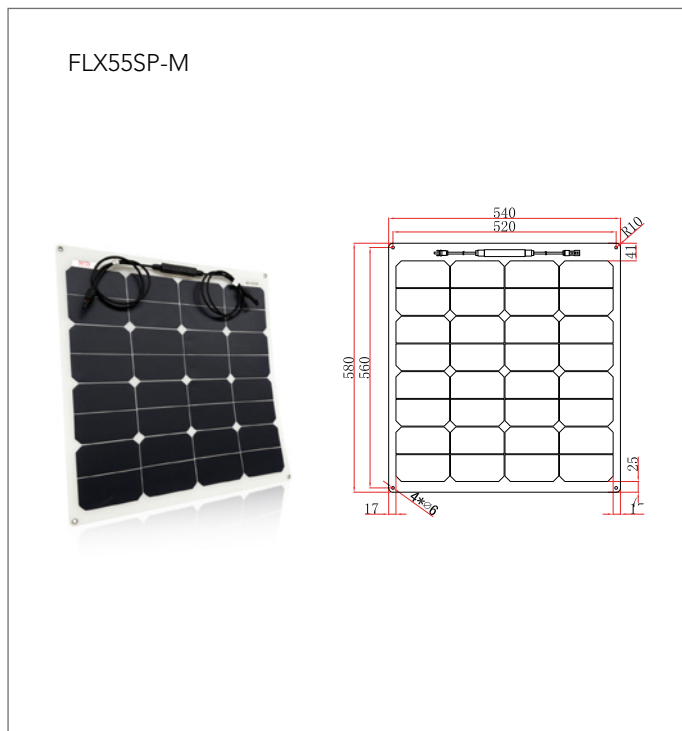
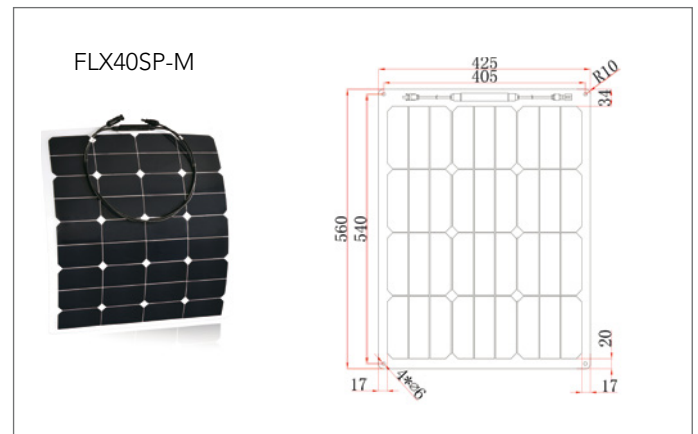
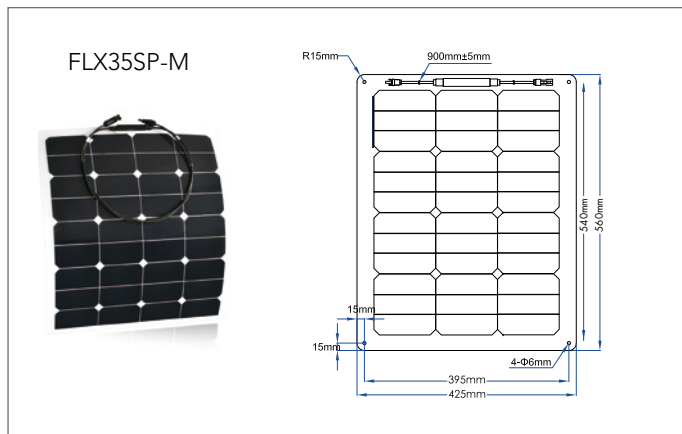
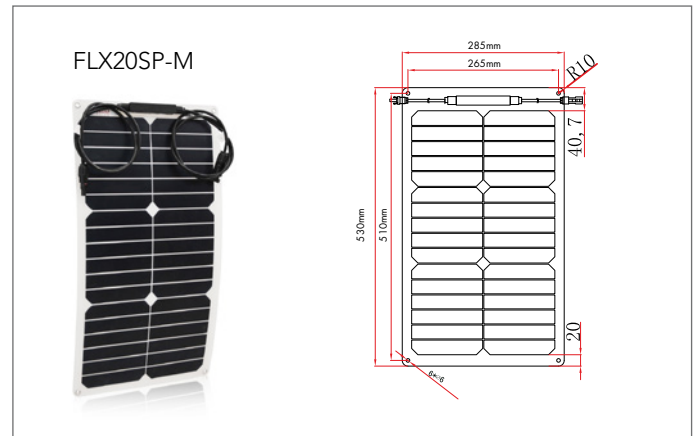
Las células SunPower Back cuentan con entre un 20% y 22% de eficiencia, un 30% mayor que las de otros fabricantes.

Ligero y flexible

Sin cristal ni marco, es liviano y semi-rígido para ligeras curvas.

Fácil de instalar

Perforados con ojales inoxidables de serie para fijarlos con tensores o tornillos.





H. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL REGULADOR DE CARGA



Modelo: PC1500B-60DU

PC1500B Series PWM - Regulador carga solar

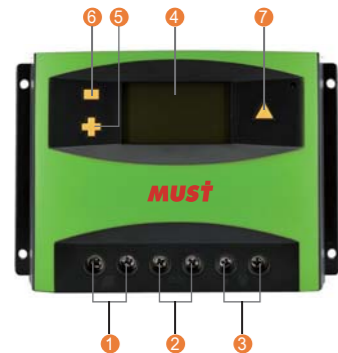
Características:

- En intensidades 10A 20A 30A 40A 50A 60A.
- Pantalla LCD de fácil lectura.
- Operación sencilla por botones.
- Detección automática de voltaje del sistema.
- Algoritmo carga inteligente PWM.
- Protección ajustable carga-descarga.
- Compensación automática por temperatura.
- Selección de tecnología de batería.
- Protección de corriente inversa de batería.
- Desconexión de batería por bajo voltaje (LVD).
- Protección polaridad invertida en batería.
- Protección por sobre-voltaje.
- Puertos para carga USB en modelos hasta 40A.

Introducción:

Este regulador solar de carga y descarga inteligente tiene una interfaz sencilla y visual gracias a su pantalla LCD de grandes dimensiones. Muchos parámetros de control se pueden ajustar con gran flexibilidad en función de nuestros requisitos.

LCD Información Display



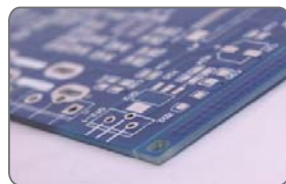
1. Terminal positivo fotovoltaico
Terminal negativo fotovoltaico
2. Terminal positivo batería
Terminal negativo batería
3. Terminal carga CC positivo
Terminal carga CC negativo
4. Pantalla LCD

| Nº | Pulsación | Función |
|----|---------------|--|
| 5. | Corta | Siguiente visualización; Incremento mientras está en ajustes |
| | Larga (≥3 s) | Incremento continuo mientras está en ajustes |
| 6. | Corta | Visualización previa; Decremento mientras está en ajustes |
| | Larga (≥3 s) | Decremento continuo mientras está en ajustes |
| 7. | Corta | Interruptor consumos CC; Entrar configuración / guardar |
| | Larga (≥3 s) | Entrar/salir menú secundario |

Detalles internos



Estabilidad, gran eficiencia, integración



Diseño de circuitería optimizado

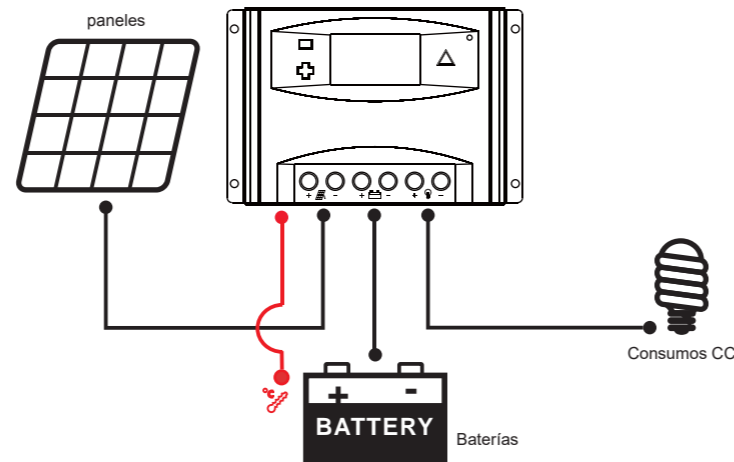


SCM Diseño robusto y fiable

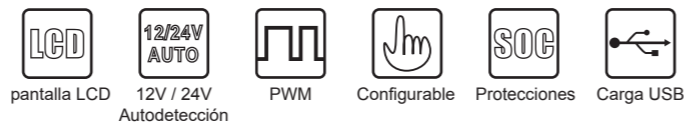


Materiales de gran calidad

Conexión al sistema solar:



Funciones:



PC1500B SERIES Controladores



Modelos: PC1500B-10 y 20A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 10A y 20A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-30 y 40A



Voltaje trabajo: 12-24V Auto-detección
Corriente carga: 30A y 40A
Puertos USB: 5V, 1A x 2
Tamaño LCD: 2.2"



Modelos: PC1500B-50D / 5048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 50A
Tamaño LCD: 2.6"



Modelos: PC1500B-60D / 6048D

Voltaje: 12-24V Auto-detección y modelo 48V
Corriente carga: 60A
Tamaño LCD: 2.6"

Aplicación



Sistemas portátiles, embarcaciones & recreo



Aislada sistema solar casero

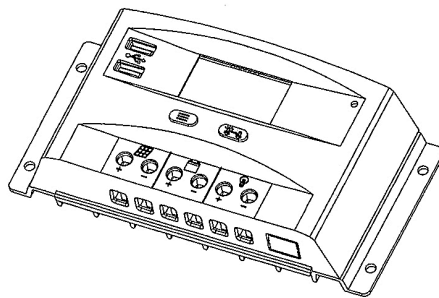


Granja solar de generación

| Modelo | | PC1500B-10-20 | | PC1500B-30-40 | | PC1500B-50-60 | | PC1500B-6048D | |
|-------------------------|-------------------------------------|--|-----|--------------------|------------------|--------------------|-----|--------------------|-----|
| Entrada | Voltaje FV | ≤50V | | | | | | ≤100V | |
| | Intensidad nominal | 10A | 20A | 30A | 40A | 50A | 60A | 50A | 60A |
| Salida | Voltaje sistema | 12/24V Auto | | | | | | 48V | |
| | Desconexión por alto voltaje | 16.00V x 1/ x 2/ x 3/ x 4 (0.5V) | | | | | | | |
| | Intensidad descarga nominal | 10A | 20A | 30A | 40A | 50A | 60A | 50A | 60A |
| | Autoconsumo | ≤13mA | | | | | | ≤25mA | |
| | Caída de tensión circuito carga | ≤0.24V | | | | | | ≤0.25V | |
| | Caída de tensión circuito descarga | ≤0.10V | | | | | | ≤0.10V | |
| | Modo de carga | PWM 4-etapas carga, absorción, flotación, equalización | | | | | | | |
| | Voltaje Carga Flotación | 13.8V (13V~15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4 | | | | | | | |
| | Voltaje Carga Absorción | 14.4V (13V~15V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4 | | | | | | | |
| | Voltaje Carga Equalización | 14.6V (13V~15.5V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4 | | | | | | | |
| Protección Bajo Voltaje | 10.7V (10V~14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4 | | | | | | | | |
| Reconexión Bajo Voltaje | 12.6V (10V~14V) x 1/ x 2/ x 3/ x 4 | | | | | | | | |
| Salida USB | 5V, 1A x2 | | | | No tiene | | | | |
| Características físicas | Sección cableado | ≤6mm ² | | ≤16mm ² | | ≤16mm ² | | ≤16mm ² | |
| | Temperatura trabajo | -20°C~55°C | | | | | | | |
| | Tamaño (L x W x H) | 188 x 95 x 46.5mm | | | 196 x 111 x 54mm | | | | |
| | Peso neto | 355g | | | 407g | | | | |



I. MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL REGULADOR DE CARGA



Lea detenidamente este manual antes de utilizar el regulador.

1. Instrucciones de seguridad.

- 1.1. Mantenga su instalación lejos de cualquier dispositivo inflamable o explosivo, gases corrosivos, polvo, etc.
- 1.2. Proteja el regulador de la luz solar directa y de la lluvia.
- 1.3. Prevenga la ubicación del regulador para que no quede expuesta a líquidos o ambientes húmedos.
- 1.4. No desmonte el regulador.
- 1.5. No lo apoye sobre la batería. Su cuerpo metálico puede cortocircuitar los bornes de la misma.
- 1.6. No toque los terminales o el cuerpo metálico con las manos húmedas.

2. Introducción de producto.

2.1. Propósito

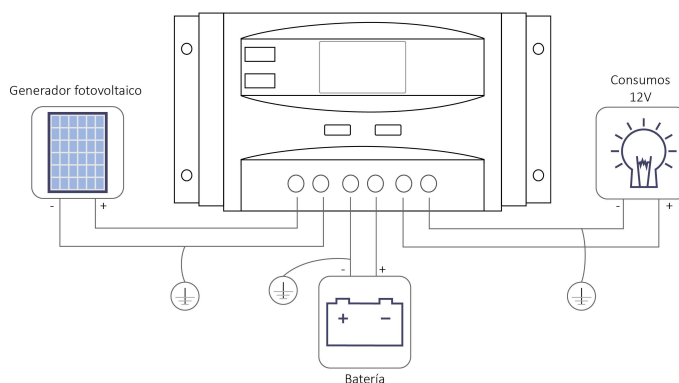
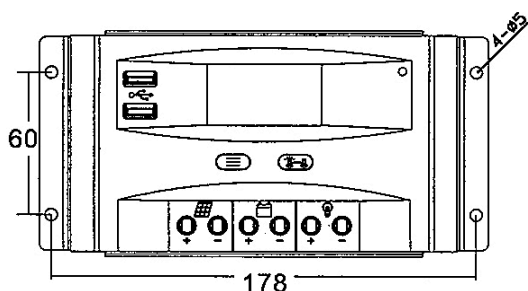
Esta gama de reguladores forma parte de una familia de controladores de carga de tipo PWM con avanzadas funciones de configuración y monitorización. Su diseño permite una instalación rápida y sencilla. Una carga y descarga optimizada prolonga la vida de las baterías de un modo considerable. Utilice siempre un controlador de carga para proteger la vida de sus baterías. Los parámetros de carga se muestran de manera explícita en la pantalla LCD.

2.2. Funciones

- 2.2.1. Carga multi-etapas PWM.
- 2.2.2. Ajustes predefinidos para 3 tecnologías de baterías de plomo.
- 2.2.3. Detección automática o manual del voltaje de trabajo de baterías.
- 2.2.4. Parámetros ajustables de carga y descarga.
- 2.2.5. Carga con compensación de temperatura.
- 2.2.6. Puerto opcional de comunicaciones (no incluido).
- 2.2.7. Protección para conexión inversa de panel y sobre-corriente de entrada.
- 2.2.8. Protección por bajo voltaje, exceso de voltaje, conexión inversa de batería y descarga inversa de batería.
- 2.2.9. Protección para sobre-corriente y cortocircuito en salida de consumo CC.
- 2.2.10. Protección interna por temperatura elevada.

3. Instalación

3.1. Tamaño y esquema unifilar.



3.2. Procedimiento de instalación.



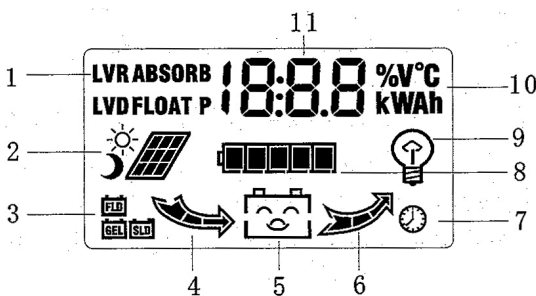
Por favor, asegúrese de que la batería y el panel solar están desconectados de los cables que va a utilizar para conectar en el regulador. El contacto entre los cables positivo y negativo provocará un cortocircuito si éstos están conectados a la batería o al panel. Una vez se conecten al regulador podrá conectar los otros extremos del cableado a baterías y a paneles en este mismo orden.

Deje un espacio disponible de al menos 15cm por cada lado para poder disipar el calor del propio regulador. Utilice cableado de un mínimo de 4mm² siendo recomendable utilizar cable solar de 6mm².

- 3.2.1. Asegúrese que el lugar de instalación cumple con los mínimos requerimientos de seguridad.
- 3.2.2. Asegúrese de que el voltaje de baterías es el mismo que el de paneles y ambos son compatibles con este regulador.
- 3.2.3. Conecte primero la batería al regulador. Podrá ver que la pantalla LCD se enciende. Si no es así acuda al punto 5.2.
- 3.2.4. Conecte posteriormente el panel solar al regulador. Si hay producción el controlador empezará la carga de la batería inmediatamente y lo podrá observar sobre la propia pantalla.
- 3.2.5. Conecte las cargas en corriente continua en caso de disponer de ellas.
- 3.2.6. Si tiene que desconectar el regulador por cualquier motivo, debe hacerlo en orden inverso. Primero los consumos en corriente continua, posteriormente paneles solares y por último las baterías.

4. Instrucciones de uso.

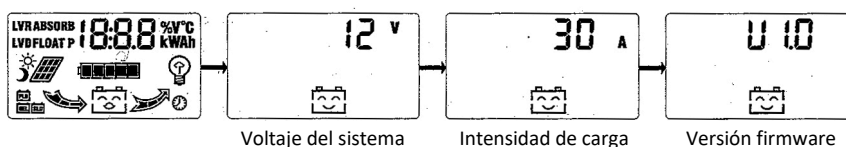
4.1. Símbolos en pantalla.



- 1-LVR, ABSORB, LVD, FLOAT, P (estado de carga de la batería)
- 2-Día y noche.
- 3-Tipo de batería seleccionada (FLD, GEL, SLD). Si no aparece, la batería seleccionada es USR.
- 4-Cargando desde panel.
- 5- Dibujo batería.
- 6- Descargando.
- 7- Temporizador.
- 8- Estado de carga estimado.
- 9- Estado de las cargas.
- 10- Unidad de medida.
- 11- Área de información numérica.

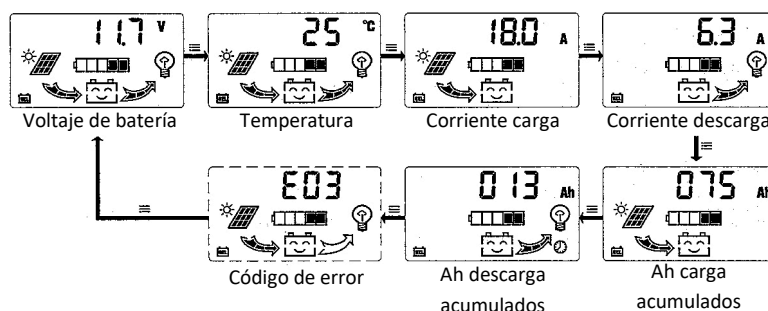
4.2. Menús pantalla LCD.

4.2.1. Secuencia de arranque.



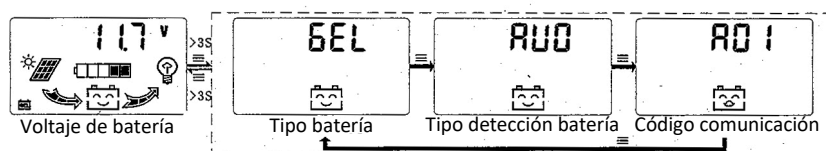
- Se iluminan todos los ítems de la pantalla para poder ver que funciona correctamente.
- Voltaje de la batería detectado por el controlador.
- Intensidad de carga o de descarga máxima del sistema.

4.2.2. Secuencia principal de información en pantalla.



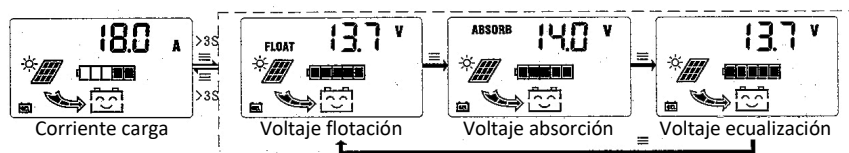
- Para ir avanzando entre las pantallas hay que pulsar el botón izquierdo. Una vez llegemos a la última pantalla, volveremos a la primera de las opciones de visualización.
- En la pantalla “voltaje de batería” o “código de error” si pulsamos el botón derecho habilitaremos y deshabilitaremos la salida de consumo en corriente continua.
- En cualquiera de las pantallas de Ah acumulados, si pulsamos más de 3 segundos seguidos el botón izquierdo, el contador se reiniciará.
- En la pantalla “voltaje de batería” si pulsamos ambos botones simultáneamente de manera prolongada podremos resetear el regulador a sus ajustes de fábrica.

4.2.3. Batería



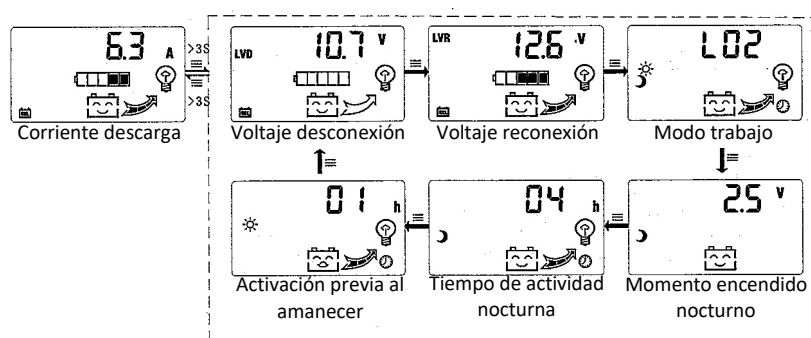
- En el menú principal estando en “voltaje de batería”, si pulsamos durante más de 3 segundos el botón izquierdo accederemos a éste submenú. Mediante pulsaciones cortas del botón izquierdo avanzaremos entre estas 3 opciones. Si hacemos una pulsación corta del botón derecho, podremos cambiar los valores de cada una de estas opciones. Para guardar los cambios haremos de nuevo una pulsación larga del botón izquierdo. Si no tocamos nada en 20 segundos, saldremos al menú principal sin guardar cambios.
- Se pueden establecer 4 tipos de batería para usar los voltajes predefinidos del fabricante (GEL, SLD, FLD y USR) Sólo en caso de elegir USR podremos cambiar los voltajes de cada etapa de carga a nuestro gusto.
- En la detección de batería puede estar en AUO (detección automática) o bien establecer nosotros manualmente el voltaje de trabajo de nuestra batería.
- El código de comunicaciones no tiene efecto puesto que el regulador no dispone de dicho puerto. El regulador se reinicia automáticamente cuando se cambia la tecnología de baterías o el voltaje del sistema.

4.2.4. Ajustes de carga



- En el menú principal estando en “corriente carga”, si pulsamos durante más de 3 segundos el botón izquierdo accederemos a éste submenú. Mediante pulsaciones cortas del botón izquierdo avanzaremos entre estas 3 opciones. Si hacemos una pulsación corta del botón derecho, podremos cambiar los valores de cada una de estas opciones. Para guardar los cambios haremos de nuevo una pulsación larga del botón izquierdo. Si no tocamos nada en 20 segundos, saldremos al menú principal sin guardar cambios.
- Sólo se pueden realizar cambios en cada uno de estos apartados si hemos elegido el tipo de batería USR.

4.2.5. Salida de consumo CC



- En el menú principal estando en “corriente carga”, si pulsamos durante más de 3 segundos el botón izquierdo accederemos a este submenú. Mediante pulsaciones cortas del botón izquierdo avanzaremos entre estas 3 opciones. Si hacemos una pulsación corta del botón derecho, podremos cambiar los valores de cada una de estas opciones. Para guardar los cambios haremos de nuevo una pulsación larga del botón izquierdo. Si no tocamos nada en 20 segundos, saldremos al menú principal sin guardar cambios.

- Modos de trabajo de la salida de consumo CC.

| Código | Modo de trabajo de consumo en CC |
|--------|---|
| L00 | Modo normal con activación manual. |
| L01 | Control automático con activación tras anochecer y antes de amanecer. |
| L02 | Control automático en iluminación. |

Los diferentes modos de trabajo tienen configuraciones que se pueden ajustar en el submenú anterior.

5. Fallos

5.1. Códigos de error y solución a los mismos.

| Código de error | Causa | Solución |
|-----------------|--|---|
| E01 | Batería con exceso de descarga | Recargue la batería manualmente (sin el regulador) |
| E02 | Exceso de consumo en cargas CC – se desconecta esta salida | Reducir consumos en la conexión CC y reconectar pulsando el botón izquierdo. O bien esperar 10 minutos para la reconexión automática. |
| E03 | Cortocircuito en cargas CC – se desconecta esta salida | Corregir el cortocircuito y reconectar pulsando el botón izquierdo. O bien esperar 10 minutos para la reconexión automática. |
| E04 | Fallo en la detección de la batería | Asegúrese de una conexión correcta y firme entre regulador y batería. Que la carga de la batería no sea excesivamente baja. Asegúrese de que si existe otro regulador sobre la misma batería, el voltaje del mismo no sea excesivamente alto. |
| E05 | Carga de batería interrumpida debida a un exceso de temperatura | Permita que el regulador baje su temperatura y se reinicie automáticamente. |
| E06 | Sobre-voltaje en paneles | Asegúrese de que el voltaje en circuito abierto no es demasiado elevado. Reduzca las conexiones en serie de paneles. |
| E07 | Carga de batería interrumpida debido a un exceso de corriente en paneles | Compruebe la potencia de los paneles solares. Reduzca la potencia conectada y espere al reinicio automático del regulador |

| Fallo | Corrección |
|---|---|
| No hay señal ni puesta en marcha de la pantalla | Asegúrese de que la batería no está conectada al revés. Asegúrese de que la conexión entre batería y regulador es correcta. Asegúrese de que si tiene protecciones entre ambos componentes estén en la posición correcta (desconector, fusible, etc.) |
| No hay carga hacia la batería | Asegúrese de que el panel no está conectado al revés. Asegúrese de que el cableado entre panel y batería no está interrumpido y que llega tensión a los extremos que están en el regulador. |
| La salida de consumo no funciona | Asegúrese de que la conexión en cargas CC no está conectada al revés. Asegúrese de que el controlador no tiene activada la protección por sobrecarga, cortocircuito, sobre-voltaje o voltaje bajo. |
| La salida de consumo no se activa cuando la hemos programado | Asegúrese de que el modo de salida de consumo está correctamente configurado. Asegúrese que el voltaje de batería no es excesivamente bajo. |
| La salida de consumo no se activa cuando anochece con el modo automático nocturno | Asegúrese de que el modo de salida de consumo está correctamente configurado. Asegúrese de que el panel solar no recibe ningún tipo de iluminación de otras fuentes. |

6. Post-Venta

6.1. Garantía.

La garantía del fabricante cubre cualquier daño del regulador en los 2 primeros años de uso siempre que su mal funcionamiento sea ajeno al usuario. Cualquier manipulación del aparato conllevará la anulación de la garantía. Todos los fallos derivados de no seguir las instrucciones del presente manual conllevará la anulación de la garantía. Para cualquier duda consulte con su punto de venta o comercial.

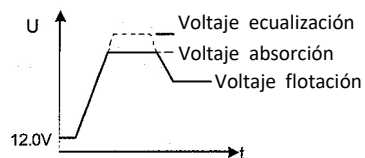
7. Datos técnicos

| Modelo | | 10A 12/24V | 20A 12/24V | 30A 12/24V |
|-------------------------|------------------------------------|--|---------------------------|-------------------|
| Entrada | Voltaje FV | ≤50V | | |
| | Intensidad nominal | 10A | 20A | 30A |
| Salida | Voltaje sistema | 12V/24V Auto | | |
| | Desconexión por alto voltaje (HVD) | 16.00V x1 / x2 | | |
| | Intensidad descarga nominal | 10A | 20A | 30A |
| | Autoconsumo | ≤13mA | | |
| | Caída de tensión circuito carga | ≤0.21V | | ≤0.24V |
| | Caída de tensión circuito descarga | ≤0.12V | | ≤0.1V |
| | Modo de carga | PWM Multi-etapas (carga, absorción, flotación, equalización) | | |
| | Voltaje Carga Flotación | 13.8V (13V~15V) x1 / x2 | | |
| | Voltaje Carga Absorción | 2 horas duración | 14.4V (13V~15V) x1 / x2 | |
| | Voltaje Carga Equalización | | 14.6V (13V~15.5V) x1 / x2 | |
| | Protección Bajo Voltaje (LVD) | 10.8V (10V~14V) x1 / x2 | | |
| | Reconexión Bajo Voltaje (LVR) | 12.6V (10V~14V) x1 / x2 | | |
| | Salida USB | 5V 1A | | |
| Características físicas | Sección cableado | 6mm ² | 10mm ² | 16mm ² |
| | Temperatura trabajo | -20 ~ +50°C | | |
| | Tamaño (L x W x H) | 188 x 95 x 46.5mm | | |
| | Peso neto | 355g | | |

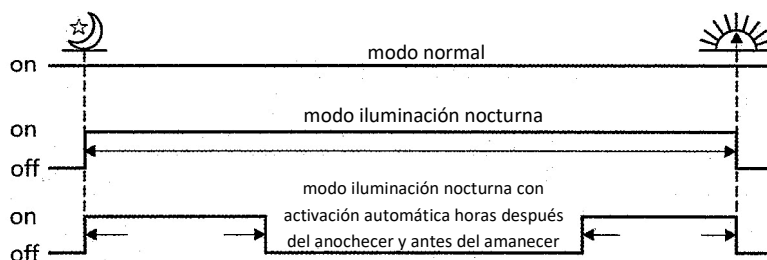
Tipo de batería:

| Tipo batería | Voltaje de flotación | Voltaje de absorción | Tiempo de absorción (h) | Voltaje de equalización | Tiempo de equalización (h) | Intervalo entre equalizaciones (días) |
|---------------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| GEL | 13.8 | 14.2 | 2 | - | - | - |
| Sellada (SLD) | 13.8 | 14.4 | 2 | 14.6 | 2 | 28 |
| Plomo abierto (FLD) | 13.8 | 14.6 | 2 | 14.8 | 2 | 28 |
| Personalizada (USR) | 13.8 | 14.4 | 2 | 14.6 | 2 | 28 |

Modo de carga



Modo de consumo





J. PRESUPUESTO

Autosolar Energy Solutions SLU

CIF B98662224

Carrer de Traginers, 20,
46290 Alcàsser (Valencia)

961 430 113

autosolar@autosolar.es

Ignacio -

| Documento | Número | Agente | Fecha | Validez de la oferta |
|-------------|--------|------------|------------|-------------------------------|
| Presupuesto | 33852 | Iñigo Goñi | 20.10.2021 | 1 Mes, salvo cambio de tarifa |

| Código | Descripción | Cantidad | Precio ud. | Subtotal |
|---------|---|----------|------------|----------|
| 1005010 | Panel Solar Flexible 20W 12V | 1 | 77,97 € | 77,97 € |
| 5504017 | Conectores WEIDMULLER PVStick | 1 | 6,36 € | 6,36 € |
| 5201012 | Cable Unifilar 4 mm2 POWERFLEX RV-K Negro | 2 | 1,13 € | 2,26 € |
| 5201010 | Cable Unifilar 4 mm2 POWERFLEX RV-K Rojo | 2 | 1,33 € | 2,66 € |
| 2001510 | Regulador 12V / 24V 10A PWM Must Solar | 1 | 22,92 € | 22,92 € |
| 1703502 | Batería AGM 12V 14Ah Ultracell UC-14-12 | 1 | 27,11 € | 27,11 € |

| Descuento | Envío Cargo | Base imponible | IVA | Total |
|----------------|---------------|-----------------|----------------|-----------------|
| 16,84 € | 0,00 € | 125,36 € | 26,33 € | 151,69 € |

CONTINUAR CON EL PEDIDO

Si realiza el pago por transferencia bancaria, indique en el concepto el nº de presupuesto y mande el justificante de pago a inigo@autosolar.es.

Compensamos a 8 cent. / kWh



Posibilidad de financiación



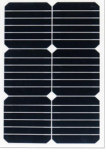
Mantenimiento de tu sistema solar



El sistema fotovoltaico ofertado en el documento adjunto es capaz de generar 0,06kWh al día en invierno (contando con 3 horas de sol), mientras que en verano, la producción ascendería a 0,14kWh al día (contando con 7 horas de sol).

Las características del sistema ofertado son:

- Potencia Solar Fotovoltaica Instalada: 20W
- Producción diaria en INVIERNO: 0,06kWh
- Producción diaria en VERANO: 0,14kWh
- Producción MEDIA diaria Anual: 0,10kWh



1 ud. Panel Solar Flexible 20W 12V:

Los módulos Solares fotovoltaicos flexibles 20W 12V son de alta eficiencia y flexibilidad, están fabricados con una célula de máxima eficiencia del fabricante SUNPOWER, permitiendo al panel solar tener un eficiencia de más del 20%.

[👁️ Producto](#) · [☰ Ficha Técnica](#) · [❓ Preguntas Frecuentes](#) · [▶️ Video](#)



1 ud. Conectores WEIDMULLER PVStick:

Son los más recomendados en el caso de no tener una crimpadora para poder conectar los conectores habituales MC4. Son compatibles con todos los modelo de conectores que se ofrecen de serie en los paneles solares y no requiere de ningún tipo de herramienta para poder ensamblarlos en el cable.

★ 426 opiniones · [👁️ Producto](#) · [☰ Ficha Técnica](#) · [❓ Preguntas Frecuentes](#) · [▶️ Video](#)



1 ud. Batería AGM 12V 14Ah Ultracell UC-14-12:

Es de los modelos más manejables de Ultracell, no requiere de mantenimiento gracias a ser de tipo VRLA con tecnología AGM. Cuenta con una excelente relación calidad-precio, competitivas características técnicas y versatilidad de uso.

★ 10 opiniones · [👁️ Producto](#) · [☰ Ficha Técnica](#) · [❓ Preguntas Frecuentes](#) · [▶️ Video](#)



1 ud. Regulador 12V / 24V 10A PWM Must Solar:

El regulador de carga de 10A es capaz de trabajar con 12Vdc o 24Vdc en baterías, incorpora una pantalla LCD que indica toda la información relacionada con la carga de la batería desde paneles (estado general de funcionamiento, voltaje de baterías, intensidad generada y temperatura). Además este regulador de carga solar de 10A del fabricante Must Solar se puede configurar fácilmente para poder cargar con precisión nuestra batería, sea de la tecnología que sea, con lo que aseguraremos un resultado perfecto y una larga vida útil de los acumuladores. Dispone de una salida a 12Vdc o 24Vdc para consumidores alimentados en corriente continua, Además dispone de 2 puertos USB para poder cargar nuestros dispositivos móviles y ofrece dos años de garantía de fabricante. El regulador de carga cuenta con protección contra cortocircuito de la matriz FV, polaridad inversa PV, polaridad inversa de la batería, sobrecarga, cortocircuito de salida. Está disponible desde 10A hasta 60A en modelos de 12Vdc y 24Vdc.

★ 77 opiniones · [👁️ Producto](#) · [☰ Ficha Técnica](#) · [❓ Preguntas Frecuentes](#) · [▶️ Video](#)



2 ud. Cable Unifilar 4 mm2 POWERFLEX RV-K Negro:

El **Cable Unifilar 4 mm2 POWERFLEX RV-K Negro** es especial para instalaciones eléctricas. Es un cable de potencia con baja emisión de halógenos. Se trata de un cable flexible diseñado para satisfacer requisitos industriales bastante exigentes: conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios.

★ 1 opiniones · [👁️ Producto](#) · [☰ Ficha Técnica](#) · [❓ Preguntas Frecuentes](#)



2 ud. Cable Unifilar 4 mm2 POWERFLEX RV-K Rojo:

El **Cable Unifilar 4 mm2 POWERFLEX RV-K Rojo** es especial para instalaciones eléctricas. Es un cable de potencia con baja emisión de halógenos. Se trata de un cable flexible diseñado para satisfacer requisitos industriales bastante exigentes: conexiones industriales de baja tensión, redes urbanas, instalaciones en edificios.

★ 1 opiniones · [👁️ Producto](#) · [☰ Ficha Técnica](#) · [❓ Preguntas Frecuentes](#)