



FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

CARRERA DE INGENIERÍA MARÍTIMA

TRABAJO DE TITULACIÓN

MODALIDAD PROYECTO TÉCNICO

TÍTULO:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR
FOTOVOLTAICO, PARA LA ALIMENTACIÓN SECUNDARIA DE UN
EQUIPO AUXILIAR EN LA EMBARCACIÓN EL REY ULEAM**

AUTOR:

VERA AVEIGA YORDAN MAURICIO

TUTOR:

ING. ALEPH SALVADOR ACEBO

MANTA – ECUADOR

2025-2

	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor(a) de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto Técnico, bajo la autoría del estudiante VERA AVEIGA YORDAN MAURICIO, legalmente matriculado en la carrera de Ingeniería Marítima, período académico 2026-2027, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO, PARA LA ALIMENTACIÓN SECUNDARIA DE UN EQUIPO AUXILIAR EN LA EMBARCACIÓN EL REY ULEAM”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 24 de julio de 2026.

Lo certifico,



Ing. Aleph S. Acebo Arcentales, Mg.
Docente Tutor
Área: Ingeniería, Industria y Arquitectura

Nota 1: Este documento debe ser realizado únicamente por el/la docente tutor/a y será receptado sin enmendaduras y con firma física original.

Nota 2: Este es un formato que se llenará por cada estudiante (de forma individual) y será otorgado cuando el informe de similitud sea favorable y además las fases de la Unidad de Integración Curricular estén aprobadas.

AUTORIA DEL PROYECTO TÉCNICO

El trabajo de grado que presento es inédito y justifica el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Carrera de Ingeniería Marítima de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí ULEAM. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Manta, 14 de agosto de 2026.



Yordan Mauricio Vera Aveiga

C.I.: 172916302-0

Estudiante



Ing. Aleph Acebo Arcentales

C.I.: 130915133-8

Docente Tutor

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, ante todo, a mi madre: un pilar fundamental en mi vida y alguien que siempre ha creído en mí. A lo largo de este camino académico, ella me ha brindado apoyo incondicional, amor y confianza, animándome a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Cuando todo parecía imposible y mis fuerzas flaqueaban, ella siempre encontraba las palabras adecuadas para impulsarme y evitar que renunciara a mis sueños.

Gracias a su dedicación, a sus consejos y a su presencia constante a mi lado, he aprendido que cualquier obstáculo puede superarse mediante el compromiso, la perseverancia y el sacrificio. Su ejemplo de fortaleza y valentía ha sido una fuente constante de inspiración, impulsándome a ser mejor persona cada día y a esforzarme por alcanzar todas mis metas. Sin su apoyo incondicional y su presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

Vera Aveiga Yordan Mauricio

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, hermanas, familiares y amigos que formaron parte de esta maravillosa trayectoria académica. Gracias a su confianza, sus palabras de aliento y su apoyo constante, pude superar los obstáculos que surgieron durante mi formación y seguir adelante hasta alcanzar esta importante meta.

Asimismo, deseo expresar mi sincero agradecimiento a mis profesores, cuya dedicación, paciencia y compromiso contribuyeron significativamente a mi crecimiento académico y personal. Sus enseñanzas me motivaron a esforzarme cada día, demostrándome que el trabajo duro, la disciplina y la perseverancia son fundamentales para lograr mis metas.

También quiero expresar mi sincero agradecimiento a la Universidad por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente, tanto en el ámbito académico como en el personal.

Por último, agradezco profundamente a todas las personas que participaron en este proceso brindándome ayuda, consejos y confianza para hacer posible la culminación de esta importante etapa de mi vida. Este logro también les pertenece a todos quienes caminaron a mi lado y creyeron en mí cuando más lo necesité.

Vera Aveiga Yordan Mauricio

RESUMEN

El presente proyecto de titulación desarrolla el diseño y la implementación de un sistema fotovoltaico para suministrar una fuente de energía alterna a los equipos auxiliares de la embarcación "El Rey ULEAM", con el fin de aumentar la autonomía energética, optimizar el consumo y fomentar el uso de fuentes renovables en el sector marítimo. El estudio surgió de la necesidad de contar con una fuente de energía complementaria para operar una bomba de agua de 1 HP, reduciendo así la dependencia del sistema eléctrico principal de la embarcación y contribuyendo a disminuir el consumo de combustible y las emisiones contaminantes.

La metodología adoptada consistió en analizar los requerimientos energéticos de los equipos auxiliares, dimensionar el sistema fotovoltaico y seleccionar sus componentes principales. El proceso de diseño incluyó el cálculo de las necesidades energéticas de la carga, la capacidad del banco de baterías y la potencia del arreglo fotovoltaico, así como la definición de las especificaciones para el controlador de carga, el inversor, los conductores eléctricos y los dispositivos de protección, teniendo en cuenta criterios de eficiencia, seguridad y fiabilidad.

El sistema implementado estuvo conformado por dos paneles solares monocristalinos de 230 W, con una potencia total instalada de 460 W, un banco de baterías integrado por dos baterías Proviento tipo GEL de ciclo profundo de 12 V y 100 Ah conectadas en paralelo, un controlador de carga Morningstar Eco Plus 30M, un inversor Proviento de 1500 W (12 VDC/120 VAC), conductores de cobre calibre #10 AWG y dispositivos de protección para garantizar la seguridad del sistema.

Las pruebas de rendimiento verificaron el correcto funcionamiento de todos los componentes, confirmando que el sistema podía suministrar la energía necesaria para

operar la bomba de agua bajo las condiciones de funcionamiento especificadas. Los resultados demostraron la viabilidad técnica de la solución, destacando cómo la integración de un sistema fotovoltaico ofrece una alternativa eficiente y sostenible para proporcionar energía auxiliar a bordo de las embarcaciones, contribuyendo así al ahorro energético, a la reducción de los costes operativos y a un menor impacto ambiental.

Palabras clave: sistema solar fotovoltaico, energía renovable, embarcación, bomba de agua, banco de baterías, inversor, controlador de carga, eficiencia energética.

ABSTRACT

This graduation project details the design and implementation of a photovoltaic system to supply an alternative power source for the auxiliary equipment of the vessel "El Rey ULEAM," aiming to increase energy autonomy, optimize consumption, and promote the use of renewable energy sources in the maritime sector. The study stemmed from the need for a supplementary power source to operate a 1 HP water pump, thereby reducing reliance on the vessel's main electrical system and contributing to lower fuel consumption and pollutant emissions.

The adopted methodology involved analyzing the energy requirements of the auxiliary equipment, sizing the photovoltaic system, and selecting its main components. The design process included calculating the load's energy needs, battery bank capacity, and photovoltaic array power output, as well as defining specifications for the charge controller, inverter, electrical conductors, and protection devices, while prioritizing efficiency, safety, and reliability.

The implemented system consisted of two 230 W monocrystalline solar panels (providing a total installed capacity of 460 W), a battery bank comprising two 12 V, 100 Ah Proviento deep-cycle GEL batteries connected in parallel, a Morningstar Eco Plus 30M charge controller, a 1500 W Proviento inverter (12 VDC/120 VAC), #10 AWG copper conductors, and protection devices to ensure system safety.

Performance tests verified the proper functioning of all components, confirming that the system could supply the necessary energy to operate the water pump under the specified operating conditions. The results demonstrated the technical feasibility of the solution, highlighting how integrating a photovoltaic system offers an efficient and sustainable alternative for providing auxiliary power on board vessels, thereby

contributing to energy savings, reduced operating costs, and a lower environmental impact.

Keywords: photovoltaic solar system, renewable energy, vessel, water pump, battery bank, inverter, charge controller, energy efficiency.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Contenido

Índice de Tablas.....	iv
Índice de figuras	v
TITULO.....	1
Antecedentes	1
Justificación	3
Planteamiento del problema.....	2
Objetivos.....	4
Objetivo general	4
Objetivos específicos	4
1 CAPITULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Sistemas de generación eléctrica en embarcaciones	5
1.1.1 Generación eléctrica a bordo	6
1.1.2 Distribución eléctrica en embarcaciones.....	8
1.1.3 Equipos auxiliares en una embarcación	10
1.2 Energía solar fotovoltaica	11
1.2.1 Principio de funcionamiento.....	12
1.2.2 Ventajas y limitaciones de la energía solar fotovoltaica.....	15
1.2.3 Parámetros eléctricos.....	16

1.3	Sistemas solares fotovoltaicos aislados	20
1.3.1	Partes de un sistema fotovoltaico aislado	20
1.3.2	Esquema de una instalación fotovoltaica aislada	21
2	CAPITULO II: DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.	23
2.1	Características de la embarcación	23
2.1.1	Características del equipo auxiliar	24
2.2	Determinación de la demanda energética del sistema	24
2.2.1	Cálculo de la Energía Requerida Considerando Pérdidas	25
2.3	Dimensionamiento del generador fotovoltaico	26
2.3.1	Dimensionamiento del banco de baterías	27
2.4	Dimensionamiento y Selección del Inversor de Corriente	29
2.4.1	Potencia nominal de la carga	29
2.4.2	Cálculo de la potencia mínima del inversor	30
2.4.3	Corriente demandada por el inversor	30
2.4.4	Corriente de arranque del motor	31
2.4.5	Selección del inversor	31
2.5	Selección del Controlador de Carga	32
2.5.1	Especificaciones del controlador de carga	33
2.6	Selección de las protecciones eléctricas	33
2.6.1	Características del Disyuntor Termomagnético	33
2.7	Selección y cálculo de los conductores eléctricos	34

2.7.1	Cálculo de la Corriente del Sistema Fotovoltaico.....	34
2.7.2	Aplicación del factor de seguridad.....	35
2.7.3	Verificación de la capacidad del conductor #10 AWG.....	35
2.7.4	Cálculo de la Caída de Tensión.....	36
2.8	Ensamble del sistema Fotovoltaico	40
3	CAPITULO III: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO	50
	CONCLUSIONES	52
	RECOMENDACIONES.....	53
4	Bibliografía	54
5	Anexos	56

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Índice de Tablas

tabla 1: Características y Descripción de la Embarcación “El Rey ULEAM”.	23
Tabla 2: Características del equipo auxiliar a alimentar.....	24
Tabla 3: Especificación técnica de las baterías	28
Tabla 4: Características técnicas del inversor	31
Tabla 5: Características técnica del controlador de carga.....	33

Tabla 6: Características del disyuntor termomagnético.....	33
Tabla 7: Características de un conductor AWG 10.....	35
Tabla 8: Análisis técnico de la caída de tensión en los conductores	39

Índice de figuras

Figura 1: Generador diesel-electrica en una embarcación.....	6
Figura 2: Generación eléctrica en una embarcación con GNL	7
Figura 3: Generación eléctrica hibrida en una embarcación.....	7
Figura 4: Generación eléctrica en una embarcación con integración renovable	8
Figura 5: Generación eléctrica en una embarcación 100% eléctrica	8
Figura 6: Distribución de la energía eléctrica en una embarcación	9
Figura 7: Efecto fotovoltaico	11
Figura 8: Tipos de radiación solar	12
Figura 9: Proceso de producción de energía solar.....	13
Figura 10: Proceso de conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC)	14
Figura 11: representación gráfica de la corriente continua y corriente alterna.....	17
Figura 12: Formula para el cálculo de la potencia eléctrica	18
Figura 13: Diagrama de la frecuencia	19
Figura 14:Esquema para una instalación de un sistema fotovoltaico aislado.....	21
Figura 15: Radiación solar anual en Ecuador	40
Figura 16: Selecion del espacio destinado para la instalacion de los paneles solares	41
Figura 17: Estructura de soportes para paneles solares	42
Figura 18: Preparación de los perfiles para los soportes	42
Figura 19: Instalación de los paneles solares en la estructura	43

Figura 20: Conexión de los paneles solares con cables AWG 10 y conectores MC4	44
Figura 21: Instalación y conexión de una breaker de 20 A.....	44
Figura 22: Identificación de las partes del controlador de carga	45
Figura 23: Instalación y conexión de un controlador de carga	45
Figura 24:Concxion de las baterías en paralelo	46
Figura 25: Instalación y conexión del inversor de corriente.....	46
Figura 26: Pruebas de funcionamiento del inversor.....	47
Figura 27: Instalación de tubos corrugados flexibles para la protección del cableado eléctrico	48
Figura 28:Preparacion del material para cubrir los equipos electrónicos.....	48
Figura 29: Instalación del armazón de protección para los equipos electrónicos	49
Figura 30: Instalación de cubierta finalizada.....	49
Figura 31: Encendido y Funcionamiento del controlador de carga	50
Figura 32: Encendido y funcionamiento del inversor de corriente	50
Figura 33: pruebas de funcionamiento con una bomba de 110V	51

TITULO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO, PARA LA ALIMENTACIÓN SECUNDARIA DE UN EQUIPO AUXILIAR EN LA EMBARCACIÓN EL REY ULEAM

Antecedentes

En las embarcaciones, el suministro eléctrico es un factor fundamental para el correcto funcionamiento de los sistemas y equipos auxiliares. Tradicionalmente, esta energía se obtiene a partir de generadores principales o bancos de baterías alimentados por motores de combustión, lo cual puede generar limitaciones en términos de disponibilidad energética, eficiencia operativa y autonomía eléctrica.

Con el avance de la tecnología fotovoltaica, los sistemas solares han comenzado a implementarse como fuentes complementarias de energía en aplicaciones móviles y aisladas, incluyendo el sector marítimo. Estos sistemas permiten disponer de una fuente eléctrica adicional capaz de alimentar equipos auxiliares sin interferir con el sistema principal de la embarcación.

Diversos estudios técnicos demuestran que la implementación de sistemas solares fotovoltaicos en embarcaciones mejora la gestión energética, incrementa la autonomía eléctrica y reduce la dependencia del sistema principal. No obstante, su aplicación requiere un diseño adecuado que considere las condiciones propias de la embarcación, como el espacio disponible, el consumo de los equipos y la integración con la instalación eléctrica existente, aspectos que justifican su análisis en la embarcación El Rey ULEAM.

Planteamiento del problema

La embarcación El Rey ULEAM cuenta con equipos auxiliares que requieren un suministro eléctrico constante para su correcto funcionamiento. Actualmente, estos equipos dependen exclusivamente del sistema eléctrico principal de la embarcación, lo que puede generar una mayor demanda energética y limitar la disponibilidad de energía para otros sistemas prioritarios.

Esta situación evidencia la necesidad de implementar un sistema de alimentación secundaria que permita suministrar energía eléctrica de forma autónoma y confiable a un equipo auxiliar específico. La ausencia de un sistema fotovoltaico adecuado limita la optimización del uso de la energía disponible y reduce la eficiencia operativa de la embarcación, por lo que se plantea el diseño e implementación de una solución fotovoltaica adaptada a sus condiciones técnicas.

Justificación

El diseño e implementación de un sistema solar fotovoltaico para la alimentación secundaria de un equipo auxiliar en la embarcación El Rey ULEAM se justifica principalmente por los beneficios técnicos y operativos que ofrece este tipo de sistemas.

Desde el punto de vista funcional, el sistema permitirá disponer de una fuente energética independiente que garantice el funcionamiento continuo del equipo auxiliar, incluso cuando el sistema principal no se encuentre en operación. Además, contribuye a una mejor distribución de cargas eléctricas, evitando sobrecargas y optimizando el rendimiento del sistema eléctrico a bordo.

Asimismo, la implementación del sistema fotovoltaico favorece el aprovechamiento de la radiación solar disponible durante la navegación o el fondeo, incrementando la autonomía energética de la embarcación. Desde el ámbito académico y técnico, el proyecto representa una aplicación práctica de los sistemas fotovoltaicos en el sector marítimo, sirviendo como referencia para futuras implementaciones similares.

En última instancia, la implementación de este proyecto beneficiará directamente a la embarcación *El Rey ULEAM* al dotarla de un sistema de energía auxiliar que mejora su autonomía operativa, fiabilidad y eficiencia. Asimismo, contribuirá a fortalecer las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, fomentando la innovación en el uso de energías renovables dentro del sector marítimo y promoviendo soluciones sostenibles replicables en otras embarcaciones de características similares.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema solar fotovoltaico para la alimentación secundaria de un equipo auxiliar en la embarcación El Rey ULEAM, con el fin de mejorar la autonomía y la eficiencia del sistema eléctrico a bordo.

Objetivos específicos

- Identificar y analizar los requerimientos eléctricos del equipo auxiliar a alimentar en la embarcación El Rey ULEAM.
- Seleccionar y dimensionar los componentes del sistema solar fotovoltaico de acuerdo con las condiciones de operación de la embarcación.
- Implementar el sistema fotovoltaico asegurando su correcta integración con la instalación eléctrica existente.
- Verificar el funcionamiento y desempeño del sistema fotovoltaico como fuente de alimentación secundaria del equipo auxiliar.

1 **CAPITULO I: MARCO TEÓRICO**

1.1 Sistemas de generación eléctrica en embarcaciones

En una embarcación, el suministro eléctrico se estructura como un sistema integrado que abarca la generación, la distribución y, cuando es necesario, el almacenamiento de la energía. A diferencia de los sistemas terrestres, donde se dispone de una red externa constante, a bordo se opera con una micro red autónoma, diseñada con criterios de redundancia y priorización de cargas. De este modo, ante una eventual falla, el buque puede garantizar la continuidad de los servicios esenciales, la seguridad en las maniobras y la capacidad de respuesta operativa (SYM NAVAL, 2025).

De manera general, un sistema eléctrico naval está conformado por diversos componentes fundamentales.

La generación: Incluye los grupos electrógenos principales, normalmente accionados por motores diésel, y en ciertos casos generadores auxiliares de acuerdo con el perfil operativo de la embarcación.

El almacenamiento: Se realiza mediante baterías destinadas a servicios específicos, a la atención de picos de demanda o como respaldo energético, especialmente en sistemas de configuración híbrida.

La distribución: La energía se lleva a cabo a través del cuadro eléctrico principal, el cuadro de emergencia y las redes que abastecen las distintas zonas o circuitos del buque.

La conversión: comprende el uso de transformadores y convertidores que permiten adecuar los niveles de tensión y corriente a los requerimientos de los diferentes equipos a bordo.

La infraestructura: Está constituida por el cableado y las canalizaciones diseñadas para resistir el ambiente marino, aplicando criterios de protección y segregación adecuados.

Protección y supervisión: el sistema incorpora elementos tales como relés, dispositivos diferenciales, coordinación de protecciones, sistemas de monitoreo y alarmas, que garantizan una operación segura y confiable.

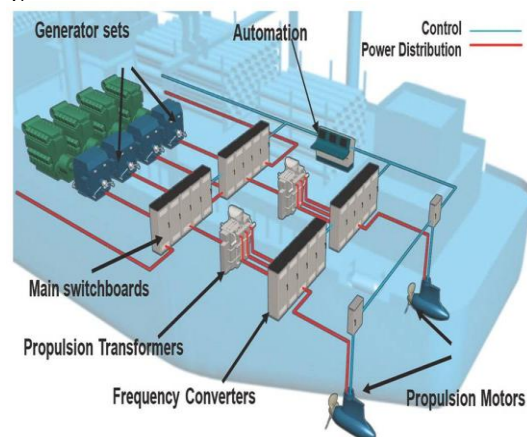
1.1.1 Generación eléctrica a bordo

La alternativa más utilizada continúa siendo la producción de energía eléctrica mediante motores de combustión interna, principalmente de tipo diésel, los cuales abastecen los distintos servicios del buque y, en determinadas configuraciones, también el sistema de propulsión bajo esquemas diésel-eléctricos. No obstante, el sector marítimo está avanzando hacia soluciones combinadas más eficientes, impulsado por la optimización de los costos operativos, las exigencias normativas y las nuevas demandas de los operadores (SYM NAVAL, 2025).

Según el tipo de buque y su misión, las configuraciones más habituales incluyen:

- **Diésel-eléctrica:** el diésel acciona generadores y la energía alimenta propulsión y servicios, con buena flexibilidad de operación.

Figura 1: *Generador diesel-electrica en una embarcación*

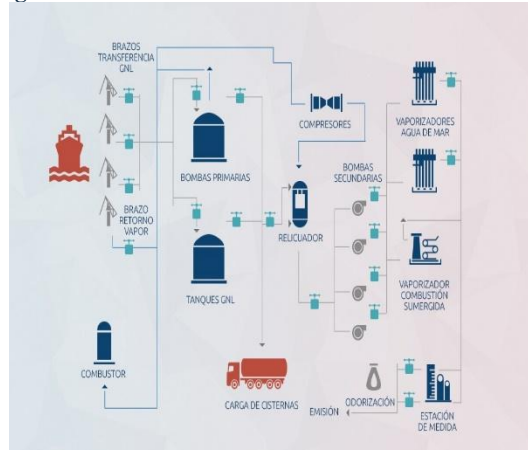


Nota: Utiliza uno o más motores diésel acoplados a generadores (alternadores) para producir energía eléctrica.

Tomada de la web <https://es.marinelink.com/news/>

- **GNL:** alternativa con menores emisiones respecto al diésel en determinados perfiles de operación.

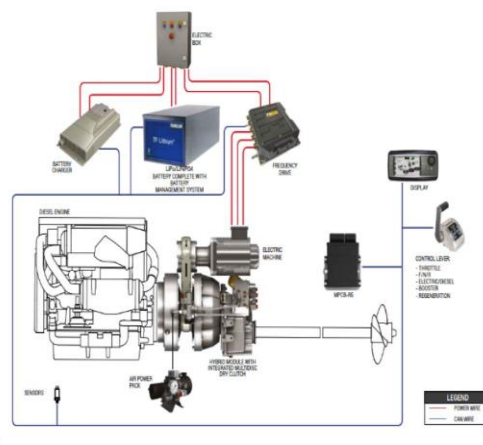
Figura 2: Generación eléctrica en una embarcación con GNL



Nota: Se realiza mediante motores de doble combustible o turbinas de gas que transforman la energía del gas en electricidad. Tomada de la web <https://www.exponav.org/wp-content/uploads/>

- **Híbrida:** combinación de motores y baterías para optimizar consumo y respuesta a demanda.

Figura 3: Generación eléctrica híbrida en una embarcación



Nota: Combina motores de combustión interna y motores eléctricos con banco de baterías. Fuente: Tomada de la web <https://aister.com/es/aister/>

- **Integración renovable:** apoyo solar/eólico en aplicaciones concretas, como complemento, no como base.

Figura 4: *Generación eléctrica en una embarcación con integración renovable*



Nota: Combina sistemas renovables con banco de baterías y sistemas híbridos. Fuente: Tomada de la web

https://wwf.panda.org/wwf_news/?224171/M

- **100% eléctrica:** viable en perfiles operativos específicos, donde el diseño se optimiza para autonomía y recarga.

Figura 5: *Generación eléctrica en una embarcación 100% eléctrica*



Nota: Se basa en una embarcación que cuenta con un banco de batería de alta capacidad para la alimentación de la propulsión y demás sistemas de dicha embarcación. Fuente: Tomada de la web <https://es.clickpetroleogas.com.br/>

1.1.2 Distribución eléctrica en embarcaciones

El sistema de distribución de energía de las embarcaciones consiste en diferentes componentes para la distribución y operación segura. Sus principales componentes son:

- **Generador del buque:** Consiste en el motor principal y el alternador.
- **Tablero de distribución principal:** es una caja metálica que recibe energía del generador diésel y la suministra a diferentes unidades de la maquinaria.
- **Bus de barras:** actúa como portador de electricidad y permite transferir la carga de un punto a otro.
- **Interruptores automáticos:** actúan como conmutadores y en condiciones inseguras pueden dispararse para evitar averías y accidentes.
- **Fusibles:** son dispositivos de seguridad para la maquinaria.
- **Transformadores:** para aumentar o disminuir el voltaje. Cuando se va a suministrar el sistema de iluminación, se utiliza un transformador reductor.

Figura 6: *Distribución de la energía eléctrica en una embarcación*



Nota: En la figura 6 se aprecia una distribución de energía eléctrica dentro de una embarcación. Fuente: Tomada de a web <https://www.facebook.com/seaworkscancun/videos/584028382123671/>

En los sistemas de distribución eléctrica a bordo, la tensión de operación suele ser, de forma general, de 440 V; no obstante, en embarcaciones de mayor tamaño existen instalaciones en las que el voltaje puede alcanzar valores de hasta 6 600 V (Electrica , s.f.).

La energía eléctrica del buque se distribuye mediante disyuntores y equipos auxiliares diseñados para trabajar en niveles de alto voltaje, mientras que en circuitos de menor

capacidad se emplean disyuntores miniatura para la protección de las cargas. El sistema de distribución, normalmente conformado por tres conductores, puede operar con neutro aislado o con conexión a tierra. En la práctica, el sistema con neutro aislado es el más utilizado, ya que ante una falla a tierra reduce el riesgo de pérdida de maquinaria esencial y del sistema de gobierno de la embarcación (Electrica , s.f.).

1.1.3 Equipos auxiliares en una embarcación

En una embarcación, los equipos auxiliares son aquellos sistemas y dispositivos que apoyan el funcionamiento del buque, garantizan la seguridad, facilitan la maniobra y aseguran el confort de la tripulación, sin formar parte directa del sistema principal de propulsión.

Entre los principales equipos auxiliares se encuentran:

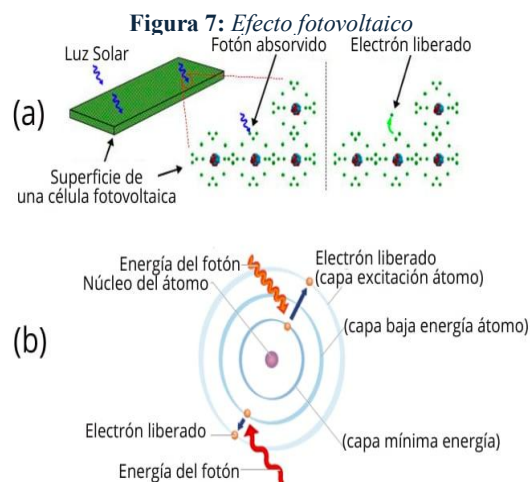
- **Generadores eléctricos.** Proporcionan energía eléctrica para los sistemas de a bordo cuando el motor principal no es suficiente o está detenido.
- **Bombas auxiliares.** Incluyen bombas de achique, de combustible, de agua dulce, de agua de mar y contra incendios, esenciales para la operación y seguridad del buque.
- **Sistema de gobierno.** Comprende el timón, servomotores y sistemas hidráulicos o eléctricos que permiten dirigir la embarcación.
- **Compresores de aire.** Suministran aire comprimido para el arranque de motores, sistemas neumáticos y otros equipos.
- **Sistemas de refrigeración.** Mantienen la temperatura adecuada de motores, generadores y equipos eléctricos.
- **Equipos de ventilación y climatización.** Garantizan condiciones adecuadas de ventilación y confort térmico en espacios interiores.

- **Equipos de navegación y comunicación.** Incluyen radar, GPS, ecosonda, radio VHF y sistemas de comunicación interna y externa.
- **Equipos contra incendios.** Como bombas contra incendios, detectores, extintores y sistemas fijos de supresión.
- **Maquinaria de cubierta.** Cabrestantes, grúas, molinetes y sistemas de amarre que facilitan las operaciones portuarias y de carga.

Estos equipos auxiliares son fundamentales para el funcionamiento seguro, eficiente y continuo de una embarcación, tanto en navegación como en operaciones en puerto.

1.2 Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se basa en una tecnología capaz de generar corriente continua, medida en vatios o kilovatios, a partir de materiales semiconductores que reaccionan ante la incidencia de la luz solar. La producción de energía ocurre cuando los fotones alcanzan la célula solar, componente elemental del sistema fotovoltaico, y se interrumpe cuando la iluminación deja de actuar. A diferencia de las baterías, estas células no requieren ser recargadas y presentan una elevada durabilidad, ya que algunos sistemas han operado de manera eficiente durante más de tres décadas tanto en la Tierra como en aplicaciones espaciales (José Ignacio Alonso Montes).

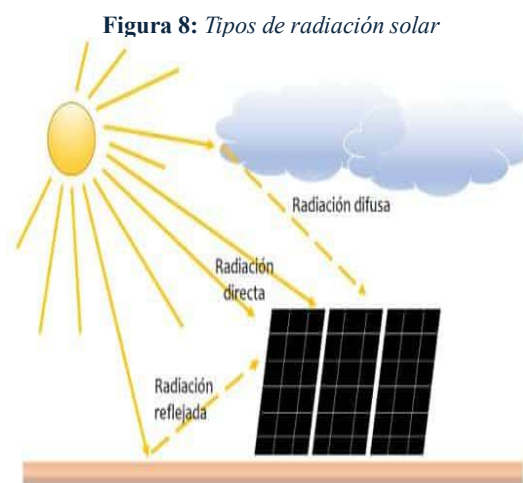


Nota: Proceso el cual mediante materiales semiconductores transforman la energía de la luz directamente en corriente eléctrica al exponerse a la radiación solar. Fuente: Tomada de la web <https://www.sfe-solar.com/energia-solar/fotovoltaica/>

1.2.1 Principio de funcionamiento

Para entender el funcionamiento de la generación de energía solar a través de la tecnología fotovoltaica, el proceso puede descomponerse en cuatro etapas fundamentales.

Captación de la radiación solar. El proceso se inicia con la recepción de la luz solar a través de los paneles fotovoltaicos, los cuales se instalan en ubicaciones estratégicas como cubiertas de edificaciones o áreas abiertas con el fin de aprovechar al máximo la radiación solar directa. Cuando la luz incide sobre la superficie del panel, la energía proveniente del sol es absorbida por las células solares que lo conforman (Alonso, 2025).

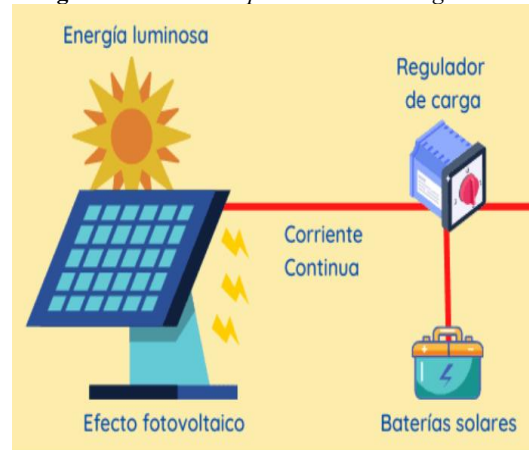


Nota: Tipos de radiación solar y como se proyectan. Fuente: tomada de la web <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/>

Conversión de la energía solar en corriente continua. En cada panel fotovoltaico, las células solares transforman la radiación captada en energía eléctrica a través del efecto fotovoltaico. Debido a su estructura interna, que incorpora un campo eléctrico generado por capas con cargas positivas y negativas, los electrones liberados se desplazan en un único sentido, dando lugar a una corriente continua. La corriente producida por todas las

células del panel se integra, obteniéndose así una salida eléctrica de CC aprovechable en los terminales del panel solar (Alonso, 2025)

Figura 9: *Proceso de producción de energía solar*

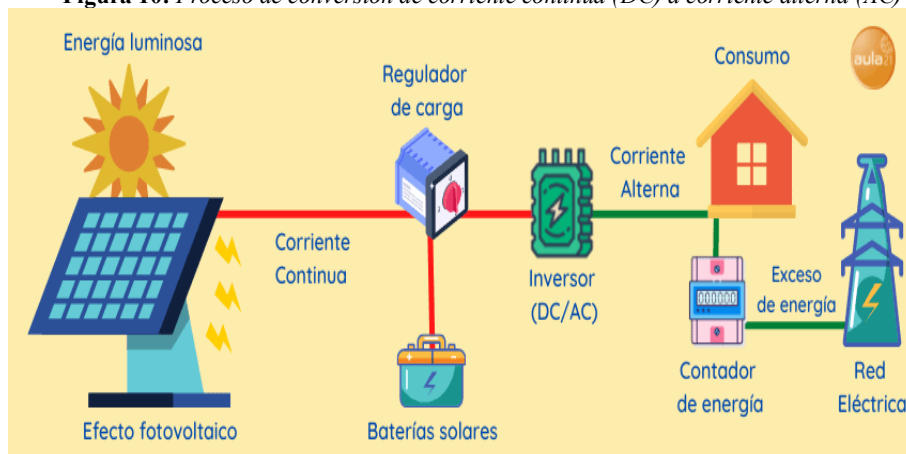


Nota: En la figura 9 se observa como es el proceso de producción de la energía solar. Fuente: tomada de la web

<https://grupoaristos.com/blog/energia-solar-todo-lo-que-debes-saber/>

Conversión de corriente continua a corriente alterna. El siguiente paso consiste en transformar la corriente continua en corriente alterna mediante un equipo denominado inversor. Esta conversión resulta esencial, ya que la mayoría de los electrodomésticos, sistemas residenciales y redes de distribución eléctrica operan con corriente alterna. A diferencia de la corriente continua, que circula en un solo sentido, la corriente alterna presenta un voltaje que cambia de dirección de forma periódica, siendo este el estándar utilizado por los sistemas eléctricos convencionales (Alonso, 2025).

Figura 10: *Proceso de conversión de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC)*



Nota: En la figura 10 se encuentra el proceso el cual se debe hacer para transformar la corriente continua a corriente alterna. Fuente: tomada de la web <https://grupoaristos.com/blog/energia-solar-todo-lo-que-debes-saber/>

Uso de la energía solar generada. Una vez que la energía solar ha sido transformada en corriente alterna, se encuentra disponible para su aprovechamiento o almacenamiento. Existen diversas formas principales de utilización de la electricidad producida:

Autoconsumo. La energía en CA puede emplearse directamente para abastecer la vivienda o edificación donde se encuentran instalados los paneles solares. De este modo, se alimentan sistemas de iluminación, electrodomésticos y equipos eléctricos, disminuyendo la demanda de energía proveniente de la red pública.

Inyección a la red eléctrica. Cuando el sistema está interconectado a la red y genera un excedente de electricidad respecto al consumo instantáneo, dicha energía adicional puede ser transferida a la red eléctrica, permitiendo que sea utilizada en otros puntos del sistema.

Almacenamiento en baterías. La energía sobrante puede destinarse a la carga de bancos de baterías, evitando su desperdicio o vertido a la red. Estas baterías conservan la energía en forma química y la suministran posteriormente como electricidad, ya sea durante la noche, en cortes prolongados del suministro (si el sistema cuenta con respaldo) o en condiciones de baja radiación solar, como días nublados.

1.2.2 Ventajas y limitaciones de la energía solar fotovoltaica

Ventajas:

- Se trata de una fuente de energía limpia y renovable, por lo tanto, no contaminante.
- Aporta la ventaja de poder ser tu propio productor y consumidor de energía (prosumidor).
- Ahorro en la factura de la luz.
- Reduce significativamente la dependencia de combustibles fósiles de terceros países.
- La fotovoltaica crea puestos de trabajo cualificados.
- Inversión inicial muy asequible gracias a la existencia de ayudas y subvenciones.
- Fácil implantación, casi cualquier tejado o terreno son válidos.
- Posibilidad, con algunas comercializadoras, de verter los excedentes a la red y poder consumirlos durante todo el año (batería virtual).
- La durabilidad de una instalación solar, si es de buena calidad, es de más de 25 años.

Limitaciones:

- Disponibilidad sólo durante horas de sol. A no ser que se utilicen baterías para almacenar la energía no consumida durante el día.
- Si no hay sol (noche, nubes, lluvia...), no se genera electricidad.
- Necesidad de disponer una superficie relativamente amplia (1 metro cuadrado para cada 250W aproximadamente) para su instalación.
- Necesitan mantenimiento y limpieza periódica.

- El proceso de fabricación es contaminante. Los fabricantes comprometidos con el medioambiente sostienen que la energía empleada para fabricar un panel solar se retorna a los 2 años de funcionamiento, por lo que el balance es positivo en realidad.

1.2.3 Parámetros eléctricos

Los parámetros eléctricos se definen como las magnitudes físicas que permiten describir, analizar y controlar el comportamiento de la energía eléctrica en un sistema, circuito o equipo. Estos parámetros facilitan la comprensión de los procesos de generación, transporte, transformación y consumo de la electricidad, así como la adecuada selección y el correcto dimensionamiento de los componentes eléctricos.

Entre los parámetros eléctricos más relevantes se incluyen el voltaje, la corriente, la potencia, la resistencia, la frecuencia y la energía, los cuales se emplean para evaluar el rendimiento, la seguridad y la eficiencia de las instalaciones y de los dispositivos eléctricos.

Voltaje. El voltaje se define como la magnitud que impulsa el flujo de corriente dentro de un circuito eléctrico. Se expresa en voltios (V) y establece la cantidad de energía que se transfiere por cada unidad de carga eléctrica. En los sistemas PoE, el nivel de voltaje es un factor determinante para regular la energía suministrada a cada dispositivo conectado, asegurando un abastecimiento eléctrico adecuado para su correcto funcionamiento (Planet Technology, 2024).

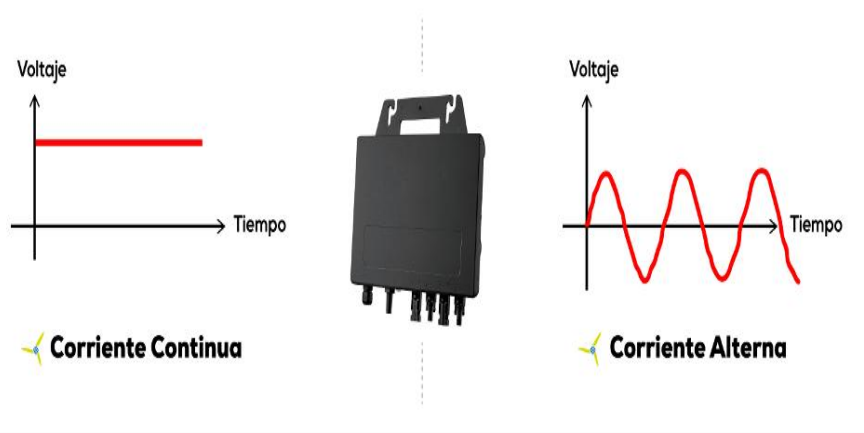
Corriente eléctrica. La corriente eléctrica se entiende como el flujo continuo y controlado de electrones a través de un conductor, es decir, la electricidad en movimiento. Este desplazamiento ocurre dentro de un circuito eléctrico y su magnitud o intensidad se

mide en amperios (A). La corriente eléctrica puede presentarse en dos modalidades principales: corriente alterna y corriente continua (Olivera, 2023).

Corriente alterna. La corriente alterna se caracteriza por variar su polaridad de forma periódica, adoptando valores positivos y negativos a lo largo del tiempo. Su comportamiento se representa gráficamente mediante una forma de onda senoidal que cruza de manera constante el punto cero. Este tipo de corriente es el más utilizado en los equipos electrodomésticos y en las instalaciones eléctricas residenciales (Olivera, 2023).

Corriente directa. La corriente directa se distingue por mantener un flujo constante en una sola dirección, conservando un valor positivo estable en el tiempo. Su desplazamiento ocurre desde el polo negativo hacia el polo positivo y, gráficamente, se representa como una línea recta. Este tipo de corriente, también conocida como corriente continua, se obtiene comúnmente a partir de baterías (Olivera, 2023).

Figura 11: representación gráfica de la corriente continua y corriente alterna



Nota: En la figura 11 se evidencia las ondas de corriente continua y corriente alterna. Fuente: tomada de la web

<https://ccee.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/>

Potencia eléctrica. La potencia eléctrica se define como la capacidad resultante de la aplicación de un voltaje que provoca el desplazamiento de los electrones en un circuito. En términos generales, representa la velocidad con la que la energía eléctrica se transforma en otras formas de energía. Un ejemplo claro se observa en los motores

eléctricos, donde un mayor nivel de potencia permite desarrollar una mayor fuerza de trabajo (Olivera, 2023).

La potencia eléctrica de un sistema se determina mediante el producto del voltaje y la corriente, y su unidad de medida es el vatio (W). Por ejemplo, cuando un sistema opera con un voltaje de 10 V y una corriente de 10 A, la potencia generada es de 100 W.

Figura 12: *Formula para el cálculo de la potencia eléctrica*

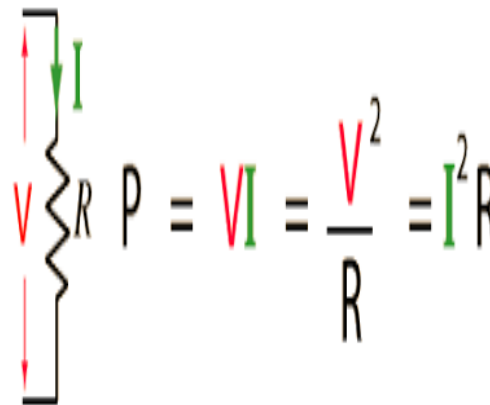


Diagrama que muestra un resistor con una corriente I que fluye hacia abajo y un voltaje V aplicado. A la derecha del resistor se presentan las fórmulas para calcular la potencia eléctrica: $P = VI = \frac{V^2}{R} = I^2R$. Las variables V y I en las fórmulas están coloreadas en rojo y verde para coincidir con los símbolos en el diagrama.

Nota: En la figura 12 se aprecia las fórmulas para calcular potencia eléctrica. Fuente: tomada de la web

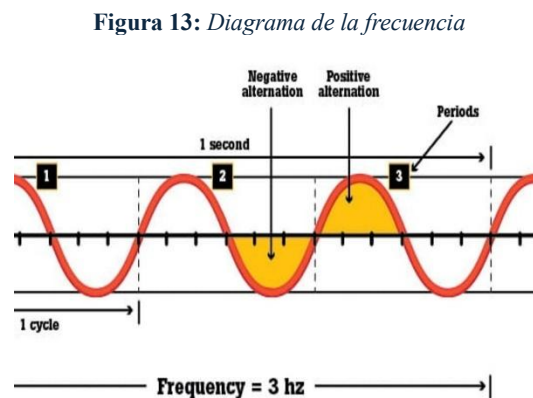
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/electric/elepov.html>

La resistencia. La resistencia eléctrica se define como la característica de un material que se opone al paso de la corriente eléctrica. Esta magnitud indica el grado de dificultad que experimentan los electrones al desplazarse a través de un conductor. Se representa mediante la letra R y su unidad de medida es el ohmio (Ω). El conocimiento de este valor permite evaluar si un circuito operará de manera segura y eficiente (EFIS, 2025).

La resistencia se determina mediante la Ley de Ohm, la cual establece que su valor se obtiene al dividir el voltaje entre la corriente ($R = V / I$). Esta relación permite prever el comportamiento de un circuito, seleccionar correctamente los componentes eléctricos y evitar posibles sobrecargas o pérdidas de energía.

La frecuencia. La frecuencia de la corriente alterna corresponde a la cantidad de ciclos que una onda sinusoidal completa en un segundo. En otras palabras, indica la rapidez con la que la corriente cambia de sentido durante ese intervalo de tiempo.

Esta magnitud se mide en hercios (Hz), unidad del Sistema Internacional, donde un hercio equivale a un ciclo por segundo. De manera general, la frecuencia expresa cuántas veces se repite un fenómeno; en el caso de la electricidad, representa el número de veces que una onda sinusoidal se repite o completa un ciclo completo, pasando de un valor positivo a uno negativo (FLUKE, s.f.).



Nota: En la figura 13 se evidencia un diagrama de frecuencia y sus partes. Fuente: tomada de la web

<https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/electrica/que-es-la-frecuencia>

La energía. La energía se define como la capacidad que posee la materia para realizar trabajo, generar movimiento, provocar cambios de temperatura, producir luz o permitir la propagación de ondas. Sin su presencia, no sería posible el desarrollo de las actividades cotidianas. La energía puede tener dos fuentes principales: aquella que se obtiene directamente de la naturaleza y la que requiere ser transformada para su aprovechamiento (BBVA, 2025).

1.3 Sistemas solares fotovoltaicos aislados

Un sistema fotovoltaico aislado permite producir y almacenar energía eléctrica de forma autónoma, sin depender de la red eléctrica convencional. Este tipo de sistema resulta especialmente adecuado para zonas rurales o de difícil acceso donde no existe suministro eléctrico, ofreciendo una solución basada en la autosuficiencia energética (CAVE, 2024).

1.3.1 Partes de un sistema fotovoltaico aislado

Principio básico. Un panel fotovoltaico consiste en numerosas células de silicio, llamadas “células fotovoltaicas” porque producen electricidad cuando excitadas por la luz. La transformación de energía luminosa en electricidad es llamada efecto fotovoltaico. (Forget, 2011)

Paneles solares. Los paneles solares constituyen el elemento fundamental de un sistema fotovoltaico aislado. Están compuestos por células fotovoltaicas encargadas de transformar la radiación solar en energía eléctrica. Por lo general, se instalan en techos o en espacios abiertos donde puedan captar la mayor cantidad posible de luz solar (CAVE, 2024).

Controlador de carga. El controlador de carga se encarga de regular la energía que se transfiere desde los paneles solares hacia las baterías. Su función principal es prevenir la sobrecarga y la descarga profunda, protegiendo de esta manera la vida útil de las baterías. Este dispositivo garantiza un proceso de carga seguro y eficiente (CAVE, 2024).

Baterías. Las baterías permiten almacenar la energía producida por los paneles solares para su utilización en momentos posteriores. Este almacenamiento resulta esencial para garantizar el suministro eléctrico durante la noche o en condiciones de baja radiación solar, como en días nublados. Habitualmente se emplean baterías de ciclo profundo, ya

que están diseñadas para soportar múltiples ciclos de carga y descarga sin afectar su desempeño (CAVE, 2024).

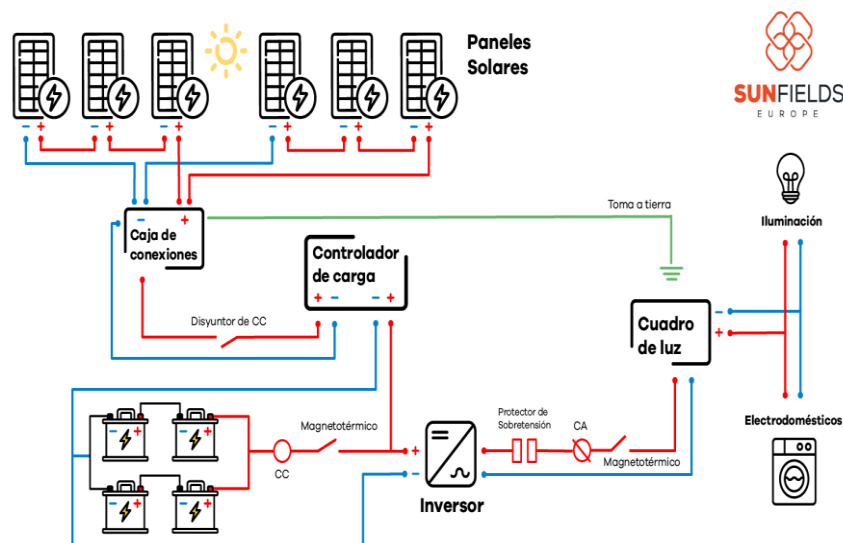
Inversor. El inversor se encarga de transformar la corriente continua (DC) producida por los paneles solares en corriente alterna (AC), que es la utilizada por la mayoría de los equipos y aparatos eléctricos. Además, algunos inversores integran funciones adicionales de control y monitoreo del funcionamiento del sistema.

Estructuras de montaje. Las estructuras de montaje tienen la función de soportar y orientar los paneles solares con el fin de aprovechar al máximo la radiación solar. Pueden ser de tipo fijo o regulable, lo que permite modificar el ángulo de inclinación según la época del año para optimizar la captación de luz.

Conexiones. El cableado y las conexiones eléctricas permiten la correcta circulación de la energía entre los distintos componentes del sistema. Para asegurar la durabilidad y la seguridad de la instalación, es fundamental emplear cables de alta calidad y aptos para uso en exteriores.

1.3.2 Esquema de una instalación fotovoltaica aislada.

Figura 14: Esquema para una instalación de un sistema fotovoltaico aislado



Nota: En la figura 11 se evidencia el esquema de un sistema fotovoltaico. Fuente: tomada de la web

<https://www.sfe-solar.com/instalaciones-fotovoltaicas/aislada/>

2 CAPITULO II: DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO.

En el presente capítulo se desarrolló el diseño e implementación del sistema solar fotovoltaico destinado a suministrar alimentación eléctrica secundaria a una bomba de agua instalada en la embarcación "El Rey ULEAM". El diseño se fundamenta en el análisis de la demanda energética del equipo auxiliar, las condiciones de operación de la embarcación y la disponibilidad del recurso solar en la zona de navegación.

El objetivo principal del diseño fue garantizar el funcionamiento autónomo del equipo auxiliar mediante el aprovechamiento de la energía solar, reduciendo la dependencia del sistema eléctrico principal de la embarcación y contribuyendo al uso de energías renovables. Para ello se efectuó el dimensionamiento del arreglo fotovoltaico, el banco de baterías, el controlador de carga, el inversor, los conductores eléctricos y los dispositivos de protección, considerando criterios de eficiencia, seguridad y confiabilidad.

Posteriormente, se describe el proceso de construcción e instalación del sistema fotovoltaico, incluyendo el montaje de los paneles solares, la conexión de los diferentes componentes eléctricos y las pruebas de funcionamiento realizadas para verificar el correcto desempeño del sistema implementado.

2.1 Características de la embarcación

La embarcación el Rey ULEAM al ser una embarcación pesquera de madera cuenta con las siguientes características.

Tabla 1: Características y Descripción de la Embarcación "El Rey ULEAM".

Parámetro	Valor
Nombre	El Rey ULEAM
Tipo	Pesquera

Eslora	18.24 m
Manga	5.52 m
Material	Madera
Zona de navegación	Costa ecuatoriana
Sistema eléctrico	12 V

Nota: En la tabla 1 se describen las características principales de la embarcación el Rey ULEAM.

2.1.1 Características del equipo auxiliar

El equipo auxiliar a ser alimentado por el sistema fotovoltaico sus principales características son:

Tabla 2: Características del equipo auxiliar a alimentar

Equipo	Voltaje	Potencia	Horas
Bomba Pedrolo	120V	1050W	0.5h

Nota: En la tabla 2 se encuentra el equipo a suministrar con el sistema fotovoltaico y sus principales características.

2.2 Determinación de la demanda energética del sistema

El primer paso para el diseño del sistema fotovoltaico consistió en determinar el consumo energético diario del equipo auxiliar que será alimentado. En este caso, la carga corresponde a una bomba hidráulica monofásica cuya potencia eléctrica consumida es de 1050 W, mientras que la potencia nominal del motor es de 750 W. El sistema opera con una tensión de alimentación de 120 V CA.

La bomba trabaja durante 15 minutos por ciclo, realizando dos ciclos diarios, por lo que el tiempo total de funcionamiento es de:

$$t = 15 \text{ min} \times 2 = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ h/día}$$

La energía diaria consumida por la bomba se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$E = P \times t$$

donde:

E: Energía consumida (Wh/día)

P: Potencia eléctrica (W)

t: Tiempo de funcionamiento (h)

Sustituyendo los valores:

$$E = 1050 \times 0,5$$

$$E = 525 Wh/dia$$

Por lo tanto, la bomba consume 525 Wh diarios.

2.2.1 Cálculo de la Energía Requerida Considerando Pérdidas

Durante el funcionamiento de un sistema fotovoltaico existen pérdidas ocasionadas por el controlador de carga, el inversor, los conductores eléctricos, el aumento de temperatura de los paneles y otros factores propios de la instalación.

Para compensar dichas pérdidas se consideró un margen del 30 %, valor ampliamente utilizado en sistemas fotovoltaicos aislados.

La energía total requerida se calculó mediante:

$$E_{total} = E \times 1.30$$

Reemplazando:

$$E_{total} = 525 \times 1.30$$

$$E_{total} = 682.5 Wh/dia$$

Se considero entonces una demanda energética de diseño de aproximadamente 683 Wh/día.

2.3 Dimensionamiento del generador fotovoltaico

Una vez obtenida la energía requerida, se procedió a calcular la potencia mínima que debe suministrar el panel fotovoltaico.

Para el diseño se consideró un promedio de 5 horas solares pico (HSP), valor representativo de la radiación solar en gran parte de la costa ecuatoriana.

La potencia del panel se obtuvo mediante:

$$P_{panel} = \frac{E_{total}}{HSP}$$

Sustituyendo:

$$P_{panel} = \frac{683}{5}$$

$$P_{panel} = 136.6 \text{ W}$$

El resultado obtenido representa la potencia mínima requerida; sin embargo, debido a que los paneles comerciales se fabrican con potencias normalizadas y para garantizar un adecuado funcionamiento aun cuando existan variaciones en la radiación solar, se decidió sobredimensionar el sistema.

Por esta razón se seleccionaron dos paneles fotovoltaicos monocristalinos de 230 W cada uno, obteniendo una potencia total instalada de:

$$P_{instalada} = 230 \times 2$$

$$P_{instalada} = 460W$$

Este sobredimensionamiento permite reducir los tiempos de carga de la batería y mejorar la confiabilidad del sistema durante días con menor irradiación solar.

2.3.1 Dimensionamiento del banco de baterías

El banco de baterías constituye el sistema de almacenamiento de energía del sistema fotovoltaico, permitiendo suministrar energía al equipo auxiliar cuando la generación solar es insuficiente o durante periodos sin radiación solar.

La capacidad mínima requerida se determinó a partir de la energía diaria demandada por la carga, empleando la siguiente expresión:

$$C = \frac{E}{V}$$

donde:

C: Capacidad de la batería (Ah).

E: Energía requerida (Wh/día).

V: Voltaje nominal del sistema (V).

Considerando una demanda energética de 683 Wh/día y un sistema de 12 V, se obtiene:

$$C = \frac{683}{12} = 56.9Ah$$

Debido a que las baterías de tecnología GEL no deben descargarse completamente para preservar su vida útil, se adoptó una profundidad de descarga (DOD) del 50 %. En consecuencia, la capacidad requerida del banco de baterías es:

$$C_{real} = 56.9 \times 2 = 113.8 Ah$$

El resultado indica que el banco de baterías debe proporcionar una capacidad mínima aproximada de 114 Ah.

Sin embargo, para la implementación del sistema se seleccionaron dos baterías PROVIENTO de ciclo profundo tipo GEL de 12 V y 100 Ah cada una, conectadas de

acuerdo con la configuración del sistema eléctrico. Esta selección se realizó debido a su alta resistencia a ciclos de carga y descarga, su bajo mantenimiento y su adecuado desempeño en aplicaciones fotovoltaicas aisladas.

La capacidad total instalada del banco de baterías es:

$$C_{total} = 100Ah \times 2$$

$$C_{total} = 200Ah$$

Al trabajar con un sistema de 12 V, la energía total almacenada en el banco es:

$$E = 12V \times 200Ah = 2400Wh$$

Considerando una profundidad de descarga del 50 %, la energía útil disponible es:

$$E_{util} = 2400 \times 0.5$$

$$E_{util} = 1200Wh$$

Esta capacidad supera ampliamente la demanda diaria del sistema (683 Wh/día), proporcionando una mayor autonomía y reduciendo el nivel de descarga de las baterías, lo que contribuye a prolongar su vida útil.

Tabla 3: Especificación técnica de las baterías

Parámetro	Especificación
Marca	PROVIENTO
Tecnología	GEL de ciclo profundo
Cantidad	2
Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	100 Ah
Capacidad total del banco	200 Ah
Energía total almacenada	2400 Wh

Nota: En la tabla 3 se describen las características técnicas de las baterías de hidrogel que fueron empleadas en el proyecto.

La elección de dos baterías GEL de ciclo profundo se fundamenta en su capacidad para soportar múltiples ciclos de carga y descarga, su bajo requerimiento de mantenimiento, su diseño sellado que evita derrames de electrolito y su buen desempeño en aplicaciones fotovoltaicas aisladas. La conexión en paralelo permitió mantener el voltaje nominal del sistema en 12 V e incrementar la capacidad de almacenamiento hasta 200 Ah, garantizando una mayor autonomía para el funcionamiento del equipo auxiliar instalado en la embarcación.

2.4 Dimensionamiento y Selección del Inversor de Corriente

El inversor es el equipo encargado de convertir la energía almacenada en el banco de baterías en corriente continua (12 VDC) hacia corriente alterna (120 VAC), permitiendo alimentar la bomba de agua instalada en la embarcación.

La selección del inversor debe realizarse considerando la potencia nominal de la carga y la corriente de arranque del motor eléctrico, ya que durante el encendido los motores monofásicos demandan una corriente superior a la corriente nominal.

2.4.1 Potencia nominal de la carga

La carga principal del sistema corresponde a una bomba centrífuga de 1 HP.

La equivalencia entre caballos de fuerza y vatios se determina mediante:

$$1hp = 746W$$

Por lo tanto, la potencia mecánica de la bomba es:

$$p = 746W$$

Sin embargo, debido al rendimiento del motor eléctrico y a las pérdidas propias del sistema, el consumo eléctrico medido durante las pruebas fue aproximadamente de:

$$p = 1050W$$

Este valor fue utilizado para el dimensionamiento del inversor.

2.4.2 Cálculo de la potencia mínima del inversor

Para evitar que el inversor trabaje permanentemente al límite de su capacidad, es recomendable considerar un margen de seguridad del 20 al 30 % sobre la potencia nominal de la carga.

La potencia mínima del inversor se determina mediante:

$$P_i = P_c \times 1.25$$

donde:

- P_i : Potencia mínima del inversor (W)
- P_c : Potencia consumida por la carga (W)

Sustituyendo:

$$P_i = 1050 \text{ W} \times 1.25$$

$$P_i = 1312.5 \text{ W}$$

Por lo tanto, la potencia mínima requerida para el inversor es de aproximadamente:

$$P_i = 1313 \text{ W}$$

Considerando las potencias comerciales disponibles en el mercado, se seleccionó un inversor de 1500 W, el cual supera la potencia mínima calculada y proporciona un margen adecuado para la operación continua de la bomba.

2.4.3 Corriente demandada por el inversor

La corriente que el inversor toma del banco de baterías se obtuvo mediante:

$$I = \frac{p}{v}$$

donde:

- $P=1500 \text{ W}$
- $V=12 \text{ V}$

Sustituyendo:

$$I = \frac{1500}{12}$$

$$I = 125A$$

Esto significa que, cuando el inversor opera a su potencia máxima, puede demandar aproximadamente 125 A del banco de baterías.

2.4.4 Corriente de arranque del motor

Los motores eléctricos presentan una corriente de arranque superior a la corriente nominal, generalmente seis veces por un periodo muy corto de tiempo y en un arranque directo.

Para este proyecto se adoptó un factor de arranque de 3, por lo que la potencia de arranque de la bomba es:

$$P_{arranque} = 1050 \text{ W} \times 3$$

$$P_{arranque} = 3150 \text{ W}$$

En consecuencia, el inversor debe ser capaz de soportar una potencia instantánea cercana a:

$$3150W$$

durante pocos segundos mientras el motor alcanza su velocidad nominal.

2.4.5 Selección del inversor

Con base en los cálculos realizados y en la disponibilidad comercial de equipos, se seleccionó el siguiente inversor:

Tabla 4: Características técnicas del inversor

Parámetro	Especificación
Marca	Proviento

Potencia continua	1500 W
Voltaje de entrada	12 VDC
Voltaje de salida	120 VAC
Frecuencia	60 Hz
Aplicación	Alimentación de bomba de agua de 1 HP

Nota: En la tabla 4 se describen las características técnicas del inversor.

2.5 Selección del Controlador de Carga

El controlador de carga es el dispositivo encargado de regular la energía suministrada por los paneles fotovoltaicos hacia el banco de baterías, evitando sobrecargas y descargas profundas que puedan reducir su vida útil.

Para el sistema implementado se seleccionó un controlador Morningstar Eco Plus 30M, con una capacidad nominal de 30 A, compatible con sistemas fotovoltaicos de 12 V.

La corriente generada por el arreglo fotovoltaico se estimó mediante la expresión:

$$I = \frac{P}{V}$$

donde:

P: Potencia total de los paneles.

V: Voltaje del sistema.

Sustituyendo los valores:

$$I = \frac{460}{12} = 38.3A$$

Aunque el cálculo teórico indica una corriente superior a la capacidad nominal del controlador, durante la operación real del sistema los paneles no entregan permanentemente su potencia máxima debido a factores como la irradiancia solar, la temperatura ambiente, la orientación del panel y las pérdidas propias del sistema. Por esta

razón se empleó el controlador Morningstar Eco Plus 30M, el cual permitió regular adecuadamente la carga del banco de baterías durante las pruebas experimentales.

2.5.1 Especificaciones del controlador de carga

Tabla 5: Características técnica del controlador de carga

Parámetro	Especificación
Marca	Morningstar
Modelo	Eco Plus 30M
Tipo	Controlador de carga fotovoltaico
Corriente nominal	30 A
Voltaje del sistema	12 V

Nota: En la tabla 5 se describen las características técnicas del controlador de carga empleado en el sistema fotovoltaico.

2.6 Selección de las protecciones eléctricas

Con el propósito de proteger el sistema ante sobre carga y posibles cortocircuitos, se instaló un interruptor termomagnético en la salida de corriente alterna del inversor.

Para ello se empleó un breaker de 20 A, con tensión nominal de 500 V, cuya función es desconectar automáticamente el circuito cuando la corriente supera el valor establecido, evitando daños en el inversor y en la carga conectada.

2.6.1 Características del Disyuntor Termomagnético

Para la protección del sistema se considero utilizar un disyuntor termomagnético para el cual se optó por el siguiente:

Tabla 6: Características del disyuntor termomagnético

Parámetro	Especificación
Tipo	Breaker para corriente alterna

Corriente nominal	20 A
Tensión nominal	500 V
Ubicación	Salida del inversor

Nota: En la tabla 6 se describen las características del disyuntor termomagnético empleado en el sistema fotovoltaico.

2.7 Selección y cálculo de los conductores eléctricos

La selección del calibre de los conductores constituye una etapa importante en el diseño del sistema fotovoltaico, ya que un conductor sub dimensionado puede provocar pérdidas de energía, sobrecalentamiento, caídas excesivas de tensión e incluso daños en los equipos eléctricos.

Para el presente proyecto se emplearon conductores de cobre calibre AWG 10, cuya selección se realizó considerando la corriente máxima del sistema, la capacidad de conducción del conductor y el criterio de caída de tensión permitido para instalaciones fotovoltaicas.

2.7.1 Cálculo de la Corriente del Sistema Fotovoltaico

La potencia total instalada del sistema fotovoltaico es:

- Dos paneles solares de 230 W cada uno.

Por tanto, la potencia total del arreglo es:

$$P = 230W \times 2 = 460W$$

La corriente máxima que circulará entre los paneles y el controlador de carga se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P}{V}$$

donde:

- P = Potencia del arreglo fotovoltaico (W)
- V = Voltaje del sistema (12 V)

Sustituyendo:

$$I = \frac{460}{12}$$

$$I = 38.33A$$

Por lo tanto, la corriente máxima del sistema es aproximadamente 38.3 A.

2.7.2 Aplicación del factor de seguridad

De acuerdo con las recomendaciones para sistemas fotovoltaicos, se considera un margen de seguridad del 25 %, debido a que los conductores pueden transportar corrientes superiores durante determinados periodos de operación.

La corriente de diseño se determina mediante:

$$I_d = I \times 1.25$$

Sustituyendo:

$$I_d = 38.33 \times 1.25$$

$$I_d = 47.91A$$

Por lo tanto, la corriente de diseño utilizada para seleccionar los conductores es de aproximadamente 48 A.

2.7.3 Verificación de la capacidad del conductor #10 AWG

De acuerdo con las tablas de capacidad de conducción para conductores de cobre aislados (ampacidad), un conductor #10AWG presenta las siguientes características:

Tabla 7: Características de un conductor #10 AWG

Calibre	Sección	Capacidad aproximada
#10 AWG	5.26 mm ²	30–40 A (según aislamiento y método de instalación)

Nota: En la tabla 7 se describen las características de un conductor #10 AWG empleado en el sistema fotovoltaico.

En instalaciones fotovoltaicas con aislamiento adecuado y recorridos cortos, el conductor #10 AWG puede utilizarse para corrientes cercanas a 30 A. No obstante, para corrientes continuas próximas a 48 A, normalmente sería recomendable emplear un conductor de mayor sección (por ejemplo, #8 AWG), especialmente si el recorrido es largo o la temperatura ambiente es elevada.

En este proyecto se empleó conductor #10 AWG debido a que las distancias entre los componentes fueron reducidas y durante las pruebas experimentales no se observaron incrementos significativos de temperatura ni caídas de tensión que afectaran el funcionamiento del sistema.

2.7.4 Cálculo de la Caída de Tensión

2.7.4.1 Datos del sistema

- Potencia del arreglo fotovoltaico: 460 W
- Voltaje del sistema: 12 V
- Corriente máxima calculada:

$$I = \frac{460}{12} = 38.33 \text{ A}$$

- Material del conductor: Cobre
- Calibre: #10 AWG
- Sección transversal: 5.26 mm²
- Resistividad del cobre: 0.0175 mm²/m

$$\rho = 0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$$

La caída de tensión se calculó mediante la siguiente expresión:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \rho}{S}$$

donde:

- ΔV : caída de tensión (V)
- L: Longitud del conductor (m).
- I: Corriente que circula por el conductor (A).
- ρ : Resistividad del cobre ($0.0175 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).
- S: Área transversal del conductor (5.26 mm^2).

2.7.4.2 Tramo 1: Paneles solares – Controlador

Longitud:

$$L = 2m$$

Sustituyendo:

$$\Delta V = \frac{2(2)(38.33)(0.0175)}{5.26}$$

$$\Delta V = 0.51V$$

El porcentaje de caída de tensión es:

$$\% \Delta V = \frac{0.51}{12} \times 100$$

$$\% \nabla V = 4.25\%$$

Resultado

- Caída de tensión = 0.51 V
- Porcentaje = 4.25 %

2.7.4.3 Tramo 2: Controlador – Banco de baterías

Longitud:

$$L = 1m$$

$$\Delta V = \frac{2(1)(38.33)(0.0175)}{5.26}$$

$$\Delta V = 0.255 \text{ V}$$

Porcentaje:

$$\% \Delta V = \frac{0.255}{12} \times 100$$

$$\% \nabla V = 2.12\%$$

Resultado

- Caída de tensión = 0.26 V
- Porcentaje = 2.12 %

2.7.4.4 Tramo 3: Banco de baterías – Inversor

El inversor posee una potencia nominal de 1500 W.

La corriente máxima que puede demandar desde las baterías es:

$$I = \frac{1500}{12}$$

$$I = 125 \text{ A}$$

Aplicando la ecuación:

$$L = 1m$$

$$\Delta V = \frac{2(2)(125)(0.0175)}{5.26}$$

$$\Delta V = 0.83 \text{ V}$$

Porcentaje:

$$\% \Delta V = \frac{0.83}{12} \times 100$$

$$\% \nabla V = 6.9\%$$

Resultado

- Caída de tensión = 0.83 V

- Porcentaje = 6.9 %

2.7.4.5 Análisis técnico

Los resultados indican que el conductor #10AWG es adecuado para el tramo comprendido entre el controlador de carga y el banco de baterías, donde la caída de tensión se mantiene dentro de valores aceptables.

Tabla 8: Análisis técnico de la caída de tensión en los conductores

Tramo	Caída (%)	Evaluación
Panel - Controlador	4.25 %	Aceptable, aunque ligeramente superior al 3 % recomendado
Controlador - Baterías	2.12 %	Correcto
Baterías – Inversor	6.9 %	Elevada
Panel – Controlador	4.25 %	Aceptable, aunque ligeramente superior al 3 % recomendado

Nota: En la tabla 8 se describen el análisis de la caída de tensión en los conductores del sistema fotovoltaico.

En el tramo entre los paneles solares y el controlador de carga, la caída de tensión obtenida fue del 4.25 %, valor ligeramente superior al recomendado del 3 % para sistemas fotovoltaicos. No obstante, debido a la corta distancia de instalación y a que los paneles no operan permanentemente a su potencia máxima, el conductor #10 AWG proporcionó un funcionamiento satisfactorio durante las pruebas experimentales.

Por otra parte, el tramo comprendido entre el banco de baterías y el inversor presentó una caída de tensión del 6.9 %, debido a la elevada corriente que demanda el inversor cuando opera cerca de su potencia nominal. Desde un punto de vista de diseño, sería recomendable emplear un conductor de mayor sección, como #4 AWG o #2 AWG, para

reducir las pérdidas por caída de tensión y el calentamiento del conductor. Sin embargo, durante la implementación del prototipo se utilizó conductor #10 AWG debido a la corta longitud del cableado y a que la bomba no operó de forma continua a la potencia máxima del inversor.

2.8 Ensamble del sistema Fotovoltaico

El diseño del sistema fotovoltaico se desarrolló para su implementación en la embarcación Rey ULEAM, considerando las condiciones ambientales y operativas propias de su lugar de funcionamiento. Uno de los factores más importantes analizados fue la ubicación geográfica de la embarcación, la cual opera en la ciudad de Manta, Ecuador, una zona cercana a la línea ecuatorial que presenta una elevada disponibilidad de radiación solar durante todo el año.

Debido a esta condición geográfica, se determinó que los paneles solares no requieren una inclinación significativa, ya que los rayos solares inciden de forma casi perpendicular durante gran parte del año, permitiendo un adecuado aprovechamiento de la energía solar. Esta característica simplifica el diseño de la estructura de soporte y reduce la complejidad de la instalación.

Figura 15: Radiación solar anual en Ecuador



Nota: Este es una ilustración de la radiación solar en el Ecuador. Fuente: <https://globalsolaratlas.info/>

Posteriormente, se realizó un análisis de la embarcación con el fin de determinar el lugar más adecuado para la instalación de los paneles fotovoltaicos. Se seleccionó la cubierta del puente de mando, debido a que es una zona con buena exposición solar y suficiente espacio disponible que es de un material de cebra de vidrio, sin interferir con las labores de navegación ni con el desplazamiento de la tripulación.

Figura 16: *Selección del espacio destinado para la instalación de los paneles solares*



Nota: Definición de un espacio específico para la instalación del sistema fotovoltaico. Fuente: propia

Una vez definida la ubicación, se calcularon las dimensiones disponibles para la instalación, verificando que el área permitiera alojar los dos paneles solares previstos en el diseño. Con esta información se diseñó una estructura metálica de soporte, capaz de resistir las condiciones propias del ambiente marino, tales como vibraciones, humedad, salinidad y esfuerzos ocasionados por el movimiento de la embarcación. Sobre esta estructura se fijaron los paneles mediante los elementos de sujeción correspondientes.

Figura 17: Estructura de soportes para paneles solares



Nota: visualización de los soportes de aluminio dónde se asentará el sistema fotovoltaico. Fuente:

<https://www.celofixings.es/solar/3083-perfil-solar-aluminio>

Figura 18: Preparación de los perfiles para los soportes



Nota: Recorte de los perfiles para los soportes. Fuente: propia

Las conexiones de los paneles solares se realizaron en paralelo y así se mantuvo con 12 V para lo cual está diseñado el sistema fotovoltaico.

Figura 19: *Instalación de los paneles solares en la estructura*



Nota: Instalación de los paneles solares y posteriormente su conexión. Fuente propia

Características del Panel Solar 230Wp /12VDC Monocristalino RESUN

- Tipo: Monocristalino Potencia: 230 Wp
- Voltaje nominal: 12Vdc
- Variación de potencia: 5%
- Voltaje circuito abierto/óptimo: 24,1 / 20.19 V
- Corriente cortocircuito/óptimo: 11,9 / 11,39 A
- Max. Voltaje String: 1500VDC
- Número de celdas: 36
- Dimensiones: 1560 x 700 x 35 mm
- Peso: 12,0 Kg
- Garantía técnica de 2 años Certificados: IEC, UL, CE, ISO, TUV

Finalizada la instalación mecánica, se realizó las conexiones eléctricas de los paneles fotovoltaicos. La energía generada fue conducida mediante cableado fotovoltaico hasta un cajetín de protección, donde se instaló un interruptor termomagnético de corriente

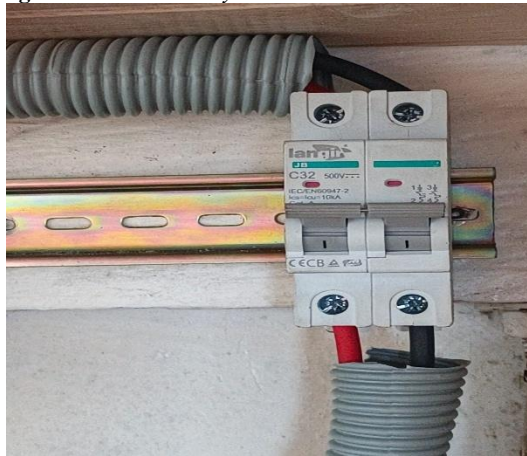
continua (DC) de 20 A, encargado de proteger el sistema frente a sobre corrientes y facilitar las labores de mantenimiento.

Figura 20: *Conexión de los paneles solares con cables AWG 10 y conectores MC4*



Nota: Conexión de paneles solares con sus debidos conectores. Fuente: propia

Figura 21: *Instalación y conexión de un breaker de 20 A*



Nota: La figura 21 muestra la instalación de la protección DC. Fuente: propia

Desde el breaker de corriente continua, la alimentación fue conectada al controlador de carga, encargado de regular el proceso de carga de las baterías y protegerlas contra sobrecargas y descargas profundas. Posteriormente, el controlador fue conectado al banco de baterías, conformado por dos baterías conectadas en paralelo con el objetivo de mantener el voltaje del sistema y aumentar la capacidad de almacenamiento de energía.

Figura 22: Identificación de las partes del controlador de carga

2.1 Características

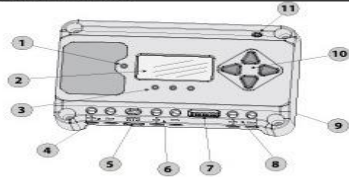


Figura 2.1. Características de EcoPulse

- 1 - Estado de carga/Error LED
- 2 - Pantalla del medidor (opcional)
- 3 - Indicadores de falla LED/Estado de la batería
- 4 - Terminales solares positivos y negativos
- 5 - Terminales del sensor remoto de temperatura (RTS)
- 6 - Terminales de batería positivos y negativos
- 7 - Interruptores DIP
- 8 - Terminales de carga positivos y negativos
- 9 - Disipador térmico
- 10 - Botones direccionales del medidor
- 11 - Sensor local de temperatura

Nota: En la figura 22 se observa las características del controlador. Fuente: propia

Figura 23: Instalación y conexión de un controlador de carga



Nota: En la figura 23 se muestra las conexiones que se hicieron en el controlador. Fuente: propia

Características del controlador MORNINGSTAR EcoPulse 30M

Voltaje: 12/24 VDC

Corriente: 30 A

Tecnología: PWM

Potencia max: 400Wp a 12VDC 800Wp a 24VDC

Con LVD (low Voltage Disconnect)

Con tres LEDs para el estado de batería

Las baterías se conectaron en paralelo por el motivo de que el inverso adquirido trabaja solo a 12v de entrada.

Figura 24: *Conexión de las baterías en paralelo*



Nota: En la figura 24 se evidencia la conexión del banco de batería que va a alimentar con el sistema fotovoltaico. Fuente: propia

A continuación, el banco de baterías fue conectado al inversor de corriente, dispositivo responsable de transformar la energía de corriente continua (DC) almacenada en las baterías en corriente alterna (AC), permitiendo alimentar los equipos eléctricos instalados en la embarcación. Las conexiones se realizaron con su positivo y negativo respectivamente.

Figura 25: *Instalación y conexión del inversor de corriente*



Nota: En la figura 25 se evidencia el inversor del sistema fotovoltaico. Fuente:

<https://proviento.com.ec/inversores/44-inversor-1500w-12-o-24v-onda-sinoidal.html>

Inversor PROVIENTO 1500W / 12VDC / 120VAC

Potencia nom: 1500 W (continua)

Potencia max: 3000 W (1seg)

Voltaje Entrada: 12 VDC (baterías)

Voltaje Salida: 120 VAC

Eficiencia: 90%

Frecuencia: 60Hz sinusoidal pura

Una vez finalizadas todas las conexiones eléctricas, se realizaron pruebas de funcionamiento para verificar la correcta operación del sistema fotovoltaico, comprobando la generación de energía, el proceso de carga de las baterías y el adecuado funcionamiento del inversor.

Figura 26: *Pruebas de funcionamiento del inversor*



Nota: En la figura 26 se evidencia el encendido y funcionamiento del inversor del sistema fotovoltaico. Fuente: propia

Como etapa final de la instalación, se protegió todo el cableado mediante tubería corrugada flexible, con el propósito de evitar daños mecánicos y reducir la exposición a la humedad y al ambiente salino característico del medio marino.

Figura 27: *Instalación de tubos corrugados flexibles para la protección del cableado eléctrico*



Nota: En la figura 27 se evidencia la protección del sistema de distribución de corriente con tubo corrugado del sistema fotovoltaico. Fuente; propia

Finalmente, se construyó un cajetín de protección para alojar el controlador, el breaker y demás componentes eléctricos del sistema. Para su fabricación se utilizó madera, seleccionada por su facilidad de construcción y adaptación al espacio disponible. El proceso comprendió la toma de medidas, el corte de las piezas, el ensamblaje, la aplicación de masilla para corregir imperfecciones y el acabado final con pintura blanca, proporcionando protección a los equipos y una adecuada presentación estética.

Figura 28: *Preparación del material para cubrir los equipos electrónicos*



Nota: En la figura 28 se evidencia el material con el cual se van a dar protección a los equipos del sistema fotovoltaico. Fuente: propia

Figura 29: *Instalación del armazón de protección para los equipos electrónicos*



Nota: En la figura 29 se evidencia como se desarrolló el armado de la estructura protectora del sistema. Fuente: propia

Figura 30: *Instalación de cubierta finalizada*



Nota: En la figura 30 se evidencia como quedo concluido la protección del armazón protector sistema fotovoltaico. Fuente: propia

3 CAPITULO III: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Una vez terminado todas las instalaciones correspondientes se realizó pruebas de funcionamiento de los equipos del sistema fotovoltaico, para ello se activó primero el disyuntor magno térmico para el encendido del controlador de carga.

Figura 31: Encendido y Funcionamiento del controlador de carga



Nota: En la figura 31 se evidencia el encendido y funcionamiento del controlador. Fuente: propia

También se verifico el encendido del inversor de corriente y se constató su correcto funcionamiento.

Figura 32: Encendido y funcionamiento del inversor de corriente



Nota: En la figura 32 se evidencia el encendido y funcionamiento del inversor de corriente. Fuente: propia

Después de encender los equipos y constatar que todo funciona correctamente se procedió a realizar pruebas de funcionamiento con una bomba periférica QB60 110 V a 60 Hz con una potencia de 370 W.

Figura 33: *Pruebas de funcionamiento con una bomba de 110V*



Nota: En la figura 33 se evidencia el funcionamiento del equipo auxiliar a alimentar con el sistema fotovoltaico.

Fuente: propia

CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó satisfactoriamente un sistema solar fotovoltaico para suministrar alimentación eléctrica secundaria a una bomba de agua de 1 HP instalada en la embarcación "El Rey ULEAM". El sistema demostró que es posible aprovechar la energía solar como una fuente alternativa para alimentar equipos auxiliares, reduciendo la dependencia del sistema eléctrico convencional de la embarcación.
- El dimensionamiento del sistema fotovoltaico permitió seleccionar adecuadamente los principales componentes de la instalación, conformados por dos paneles solares monocristalinos de 230 W, dos baterías Proviento GEL de ciclo profundo de 12 V y 100 Ah conectadas en paralelo, un controlador de carga Morningstar Eco Plus 30M y un inversor Proviento de 1500 W, logrando una integración funcional entre todos los elementos del sistema.
- El análisis de la demanda energética permitió determinar que el consumo diario de la bomba fue de aproximadamente 525 Wh, valor que, al considerar un margen por pérdidas del sistema, dio como resultado una demanda de diseño cercana a 683 Wh/día. Esto permitió establecer una capacidad de generación y almacenamiento suficiente para cubrir las necesidades energéticas del equipo auxiliar.
- La implementación del sistema fotovoltaico representa una alternativa para reducir el consumo de combustible asociado a la generación eléctrica mediante motores de combustión, contribuyendo a disminuir los costos operativos y el impacto ambiental generado por las emisiones de gases contaminantes.

RECOMENDACIONES

- Realizar inspecciones periódicas a los paneles fotovoltaicos para eliminar polvo, salinidad y otros contaminantes que puedan disminuir la captación de radiación solar y reducir la eficiencia del sistema.
- Verificar periódicamente el estado del banco de baterías, controlando el voltaje de operación, el estado de carga y las conexiones eléctricas, con el propósito de prolongar la vida útil de las baterías y garantizar un funcionamiento confiable del sistema.
- Revisar el estado de los conductores eléctricos, terminales y dispositivos de protección, asegurando que las conexiones permanezcan firmes y libres de corrosión, especialmente debido a las condiciones de humedad y ambiente salino presentes en las embarcaciones.
- Para futuras ampliaciones del sistema fotovoltaico se recomienda emplear un controlador de carga con mayor capacidad de corriente y conductores de mayor sección, con el fin de reducir la caída de tensión y mejorar el rendimiento energético del sistema.
- Se recomienda incorporar un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos que permita visualizar en tiempo real variables como voltaje, corriente, potencia generada, estado de carga de las baterías y consumo energético, facilitando el mantenimiento preventivo y la detección temprana de posibles fallas.

4 Bibliografía

- Alonso, J. A. (8 de Mayo de 2025). *Sunfields*. Obtenido de https://www.sfe-solar.com/energia-solar/fotovoltaica/?srsltid=AfmBOop_9IQznZFTxGOJI1o03qwbvF7-uA9dMIo_LQbG-Q-ADCjTGqn
- BBVA. (28 de abril de 2025). Obtenido de Energía: <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-concepto-y-tipologias/>
- CAVE. (19 de junio de 2024). Obtenido de <https://eave.es/blog/como-funcionan-los-sistemas-fotovoltaicos-aislados/#:~:text=Qu%C3%A9%20es%20un%20sistema%20fotovoltaico,y%20se%20busca%20independencia%20energ%C3%A9tica.>
- EFIS. (20 de noviembre de 2025). Obtenido de <https://www.efis.es/blog/que-es-resistencia-electrica/>
- Electrica . (s.f.). Obtenido de <https://electrica.mx/electricidad-a-bordo/>
- FLUKE. (s.f.). Obtenido de <https://www.fluke.com/es-es/informacion/blog/electrica/que-es-la-frecuencia>
- Forget, A. (2011). *Manual de diseño de sistemas fotovoltaicos aislados*.
- José Ignacio Alonso Montes, A. F. (s.f.). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.coit.es/sites/default/files/informes/pdf/energia_solar_fotovoltaica.pdf
- Olivera, O. C. (2023). *cceea*. Obtenido de <https://cceea.mx/blog/energia-solar-fotovoltaica/voltaje-corriente-y-potencia-fundamentos-basicos-de-la-electricidad>

Planet Technology. (21 de Mayo de 2024). Obtenido de <https://planetechusa.com/power-demystified-making-the-distinction-between-current-voltage-energy-ampere-and-power/>

SYM NAVAL. (28 de noviembre de 2025). Obtenido de <https://sym-naval.com/es/blog/elementos-basicos-de-electricidad-naval/>

5 Anexos





DIAGRAMA FOTOVOLTAICO DE LA EMBARCACION EL REY ULEAM



Autor: Vera Aveiga Yordan Mauricio

EcoPulse™

Solar Charging System Controller

Installation, Operation, and Maintenance Manual

Languages: English, French, German, Spanish



World's Leading Solar Controllers & Inverters

www.morningstarcorp.com

MODELS

EC-10
EC-10M
EC-20
EC-20M
EC-30
EC-30M

ANHANG – ZERTIFIZIERUNGEN



AKTUELLE DETAILLIERTE ZERTIFIZIERUNGSLISTEN FINDEN SIE UNTER:

<https://www.morningstarcorp.com/support/library>
Wählen Sie das EcoPulse-Produkt und unter „Typ“ die Option „Konformitätserklärung“ (DOC).

EcoPulse™ und MeterBus™ sind Marken der Morningstar Corporation

MODBUS™ und MODBUS TCP/IP™ sind Marken von Modbus IDA. www.modbus-ida.org

© 2024 Morningstar Corporation. Alle Rechte vorbehalten.

* Informationen zu aktuellen Zertifizierungen finden Sie unter: support.morningstarcorp.com – verwenden Sie das Menü „What Are You Looking For?“ (Wonach suchen Sie?) und wählen Sie „Corporate Documents“ (Firmenunterlagen). Suchen Sie anschließend nach dem Konformitätszertifikat.

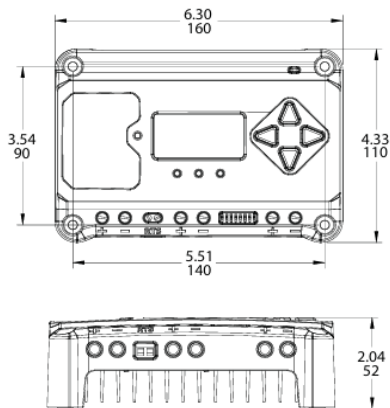
MS-001990 v2.7

96

Zertifizierungen

DIESE SEITE IST
ABSICHTLICH LEER
GELASSEN

DIMENSIONES [pulgadas (milímetros)]



RESUMEN DE ESPECIFICACIONES			
	10/M	20/M	30/M
Voltaje de batería nominal	12/24 V	12/24 V	12/24 V
Voltaje máximo del circuito abierto de energía fotovoltaica*	60 V	60 V	60 V
Corriente máxima de carga de batería	10 A	20 A	30 A
Corriente de carga nominal	10 A	20 A	30 A

*El voltaje del conjunto nunca debe rebasar este límite

98

1.0 INSTRUCCIONES IMPORTANTES DE SEGURIDAD

GUARDE ESTAS INSTRUCCIONES.

Este manual contiene instrucciones importantes de seguridad, instalación, manejo y mantenimiento del controlador de carga solar EcoPulse.

Los siguientes símbolos se utilizan en todo el manual para indicar condiciones potencialmente peligrosas o señalar instrucciones de seguridad importantes:



ADVERTENCIA: Indica una condición potencialmente peligrosa. Tenga mucho cuidado al realizar esta tarea.



PRECAUCIÓN: Indica un procedimiento crítico para el funcionamiento seguro y adecuado del controlador.



NOTA: Indica un procedimiento o función que es importante para el funcionamiento seguro y adecuado del controlador.

Información de seguridad

- Lea todas las instrucciones y precauciones en el manual antes de comenzar la instalación.
- No hay partes que puedan ser reparadas o reemplazadas por el usuario dentro del EcoPulse. No desmonte ni intente reparar el controlador.

Manual del operador de EcoPulse

99

1.0

ESPAÑOL



ADVERTENCIA: Riesgo de descarga eléctrica.
NINGUNA TERMINAL DE ALIMENTACIÓN
O ACCESORIO DE TERMINAL SE ENCUENTRA
ELÉCTRICAMENTE AISLADO DE LA ENTRADA CC Y
PUEDE ACTIVARSE CON VOLTAJE SOLAR PELIGROSO.
BAJO CIERTAS CONDICIONES DE FALLA, LA BATERÍA SE
PUEDE SOBRECARGAR. REVISE TODAS LAS TERMINALES
Y CONEXIONES A TIERRA ANTES DE TOCAR.

- Se requieren dispositivos externos de desconexión solar y de la batería.
- Desconecte todas las fuentes de energía conectadas al controlador antes de instalar o ajustar el EcoPulse.
- No hay fusibles ni dispositivos de desconexión dentro del EcoPulse. No intente repararlo.

Precauciones de seguridad de instalación

- Instale el EcoPulse en ambientes cerrados. Evite exponerlo a factores climáticos y no permita que entre agua al controlador.
- Instale EcoPulse en una ubicación en donde pueda evitar el contacto ocasional. El disipador térmico de EcoPulse se puede calentar mucho durante su operación.
- Utilice herramientas aisladas al trabajar con las baterías.
- Evite utilizar joyería durante la instalación.
- El banco de baterías debe contener baterías del mismo tipo, marca y antigüedad.
- Certificado por UL/IEC 62109 únicamente para su uso en sistemas de tierra negativa o flotantes.
- No fume cerca del banco de baterías.
- Las conexiones eléctricas deben permanecer ajustadas para evitar el sobrecalentamiento debido a una conexión suelta.

- Utilice conductores e interruptores de circuito del tamaño adecuado.
- El controlador de carga se debe conectar solamente a circuitos CC. Estas conexiones CC se identifican con el siguiente símbolo:



Símbolo de corriente continua

Solo un técnico calificado debe realizar la instalación del controlador EcoPulse de acuerdo con las normas de electricidad del país en el que se esté llevando a cabo la instalación.

Se debe proporcionar un medio para desconectar todos los polos de la fuente de alimentación. Estos dispositivos de desconexión se deben incorporar en el cableado fijo.

Las terminales de potencia negativa EcoPulse son comunes y se deben aterrizar conforme a las instrucciones, códigos y regulaciones locales.

Seguridad de la batería



ADVERTENCIA: Una batería puede presentar un riesgo de descarga eléctrica o quemadura debido a una gran cantidad de corriente por cortocircuito, o bien a un incendio o explosión por gases ventilados. Tome las precauciones adecuadas.



ADVERTENCIA: Riesgo de explosión.
Es necesario desechar adecuadamente las baterías. No deseche las baterías en el fuego. Consulte las regulaciones o códigos locales para obtener información sobre los requisitos.



PRECAUCIÓN: Al cambiar las baterías, use los números, tamaños, tipos e índices especificados según la aplicación y el diseño del sistema.



PRECAUCIÓN: No abra ni mutile las baterías. El electrolito que se libera es dañino para la piel y puede ser tóxico.

El servicio de las baterías lo debe realizar, o supervisar personal con conocimientos sobre baterías tomando las medidas necesarias de precaución.

- Extreme precauciones al trabajar con baterías grandes de ácido-plomo. Utilice protección para los ojos y tenga a la mano agua fresca en caso de entrar en contacto con el ácido de batería.
- Retire cualquier reloj, anillo, joyería y demás objetos metálicos antes de trabajar con las baterías.
- Utilice guantes y botas de goma.
- Utilice herramientas con mangos aislados y evite colocar herramientas u objetos metálicos sobre las baterías.
- Desconecte la fuente de carga antes de conectar o desconectar las terminales de la batería.
- Lea cuidadosamente las instrucciones del fabricante de la batería antes de instalar, conectar o retirar las baterías del EcoPulse.
- Tenga mucho cuidado de no provocar un cortocircuito con los cables conectados a la batería.
- Tenga a alguien cerca para que lo asista en caso de un accidente.
- Se pueden generar gases explosivos de batería durante su carga. Asegúrese de que haya suficiente ventilación para liberar los gases.

- Nunca fume en el área de la batería.
- Si el ácido de batería entra en contacto con la piel, lave con agua y jabón. Si el ácido entra en contacto con el ojo, enjuague con agua fresca y consiga atención médica.
- Asegúrese de que el nivel del electrolito de la batería es el correcto antes de iniciar la carga. No intente cargar una batería congelada.
- Recicle la batería cuando se reemplace.

2.0 INFORMACIÓN GENERAL

2.1 Características

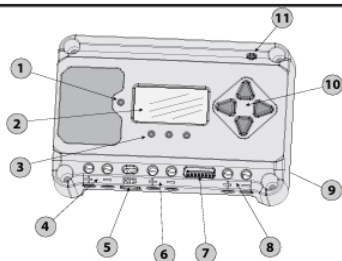


Figura 2.1. Características de EcoPulse

- 1 - Estado de carga/Error LED
- 2 - Pantalla del medidor (opcional)
- 3 - Indicadores de falla LED/Estado de la batería
- 4 - Terminales solares positivas y negativas
- 5 - Terminales del sensor remoto de temperatura (RTS)
- 6 - Terminales de batería positivas y negativas
- 7 - Interruptores DIP
- 8 - Terminales de carga positivas y negativas
- 9 - Disipador térmico
- 10 - Botones direccionales del medidor
- 11 - Sensor local de temperatura

104

Información general

2.2 Accesorios opcionales

El siguiente accesorio se encuentra disponible para comprar por separado con su distribuidor autorizado de Morningstar:

Sensor remoto de temperatura (modelo: RTS)

El RTS mide la temperatura de la batería para compensar adecuadamente la temperatura y se recomienda utilizarlo cuando la temperatura ambiente de la batería difiere de la temperatura ambiente del controlador por $\pm 5^{\circ}\text{C}$ o más. Al instalarlo, el EcoPulse automáticamente utilizará el RTS para compensar la temperatura de la batería.

2.0

ESPAÑOL

3.0 INSTALACIÓN

3.1 Notas generales de instalación

- Lea detenidamente la sección de instalación antes de comenzar con la misma.
- No lo instale en lugares donde el agua pueda entrar al controlador.
- Las conexiones eléctricas sueltas y/o los cables corroídos pueden resultar en conexiones resistivas que derritan el aislamiento del cable, quemen los materiales circundantes o incluso provoquen incendios. Asegúrese de que las conexiones estén firmes.
- Para una vida útil de larga duración, evite las temperaturas extremas y entornos marítimos.



ADVERTENCIA: El sistema requiere de fusibles solares y baterías o breakers de corriente continua. Estos dispositivos de protección son externos al controlador EcoPulse y deben mantenerse a un máximo de 15 A para el EcoPulse-10/M, 30 A para el EcoPulse-20/M y 40 A para el EcoPulse-30/M.



ADVERTENCIA: Se debe determinar el amperaje del cable para cada uno de los breakers, ya que estos pueden requerir un tamaño de breaker menor al máximo que indicado anteriormente.



ADVERTENCIA: Los índices mínimos de interrupción del dispositivo de protección de sobrecorriente deben ser de 2000 A para sistemas de 12 V y de 4000 A para sistemas de 24 V.

106

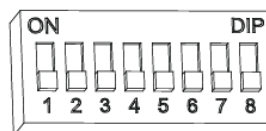
Instalación



NOTA: Observe cuidadosamente los interruptores LED después de cada conexión. Las luces LED indican si se cuenta con la polaridad adecuada y una conexión segura.

3.2 Configuración

El bloque de interruptores DIP que se muestra a continuación se usa para ajustar los parámetros de operación para el EcoPulse.



Interruptor 1: Control de iluminación

Con el bloque DIP 1 encendido, una luz conectada a las terminales de carga estará encendida desde el amanecer hasta el anochecer.

Interruptores 2 y 3: Voltaje del sistema

Se encuentran disponibles tres (3) configuraciones de voltaje de sistema como se indica en la siguiente tabla:

Voltaje del sistema	Interruptor 2	Interruptor 3
Auto	APAGADO	APAGADO
12	APAGADO	ENCENDIDO
24	ENCENDIDO	APAGADO

NOTA: Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe estar por encima de los 10 V para arrancar el controlador. (cont.)

3.0

ESPAÑOL

Manual del operador de EcoPulse

107

Si los interruptores de configuración DIP del sistema de voltaje están ajustados en el modo de auto-detección, todo voltaje de batería que supere los 15.5 V se detectará como una batería de 24 V nominal y la unidad se cargará como tal.

La selección automática de 12/24 V se realiza únicamente al arrancar y el voltaje de sistema detectado no cambiará durante la operación. Se recomienda ajustar los DIP 2 y 3 a la configuración correcta del voltaje de sistema. Solo use la configuración predeterminada del modo de auto-detección si se desconoce el voltaje nominal de sistema.

Interruptores 4, 5 y 6: Selección del tipo de batería

Las opciones preestablecidas de carga de batería del EcoPulse se muestran en la tabla 3-1 a continuación. Todos los ajustes de voltaje listados son para baterías de 12 V nominales. Multiplique los ajustes de voltaje por dos (2) para los sistemas de 24 V.

NOTA: Esta configuración es una guía general para utilizarse a discreción del operador. Consulte al fabricante de la batería para obtener información sobre sus ajustes óptimos de carga.

Ajuste de interruptores DIP 4-6	Tipo de batería	Etapas de absorción (volts)	Etapas de mantenimiento (volts)	Etapas de equalización (volts)	Tiempo de absorción (min)	Tiempo de equalización (min)	Tiempo de reposo de equalización (min)	Intervalo de equalización (días)	LVD (volts)	LVR (volts)
1 - Sellado*	1 - Sellado*	14.00	13.50		750				11.50	12.60
2 - Sellado*	2 - Sellado*	14.10	13.50	14.40	750	60	100	20	11.30	12.80
3 - Sellado*	3 - Sellado*	14.30	13.50	14.60	750	60	120	20	11.50	13.00
4 - AGM/Inundado	4 - AGM/Inundado	14.40	13.50	15.10	180	120	180	20	11.70	13.20
5 - Inundado	5 - Inundado	14.60	13.50	15.30	180	120	180	20	11.90	13.40
6 - Inundado	6 - Inundado	14.70	13.50	15.40	180	180	240	20	12.10	13.60
7 - 1-16	7 - 1-16	15.40	15.40	16.00	180	180	240	14	12.30	13.80
8 - Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado	Personalizado

* El tipo de batería "sellado" incluye baterías de gel y AGM

Table 3.1. Ajustes de carga de batería para cada tipo de batería seleccionable

Interruptor 7: Igualización de la batería

Modo	Interruptor 7
Equalización manual	APAGADO
Equalización automática	ENCENDIDO

NOTA: Independientemente de DIP 7 ajuste, manual de EQ se puede iniciar el comando a bordo del metro, "Iniciar equalización". Para no meter las versiones, DIP 7 sólo habilita o deshabilita la equalización auto - EQ manual no está disponible.

Interruptor 8: Interruptor de corriente

Modo	Interruptor 8
Interruptor PWM	APAGADO
Interruptor lento	ENCENDIDO

La configuración predeterminada del interruptor (APAGADO (OFF)/abajo) (PWM) opera a 300 Hz. Si los ruidos de carga o del sistema crean algún problema, se puede programar el bloque DIP8 (ENCENDIDO (ON)/arriba) para un interruptor lento de 1 Hz. Se recomienda utilizar el interruptor estándar PWM si el ruido del sistema no es problema.

3.3 Montaje

Inspeccione el controlador para comprobar si presenta daños por envío. Monte el EcoPulse en una superficie vertical (se incluyen 4 tornillos autorroscantes de zinc-plated de #8). Apriete los tornillos de montaje con cuidado para no romper la caja de plástico. No instale directamente sobre una superficie fácilmente inflamable ya que el disipador térmico puede calentarse bajo ciertas condiciones de operación.

NOTA: El disipador térmico debe estar en posición vertical (aletas hacia arriba y hacia abajo).

Para el flujo de aire adecuado, deje al menos 15 cm (6 pulgadas) de espacio por encima y por debajo del controlador y 50 mm (2 pulgadas) a los lados. Vea la figura 3-1 que se encuentra a continuación. Instale en un área que se encuentre protegida de la exposición directa a la lluvia y el sol.

Si el controlador está instalado en un lugar cerrado, se recomienda algo de ventilación. No lo coloque en un lugar cerrado en el cual los gases de la batería puedan acumularse.

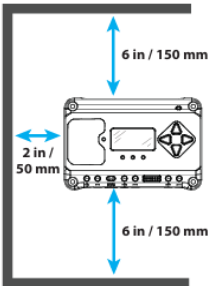


Figura 3-1. Espacios adecuados para una refrigeración pasiva

3.4 Cableado

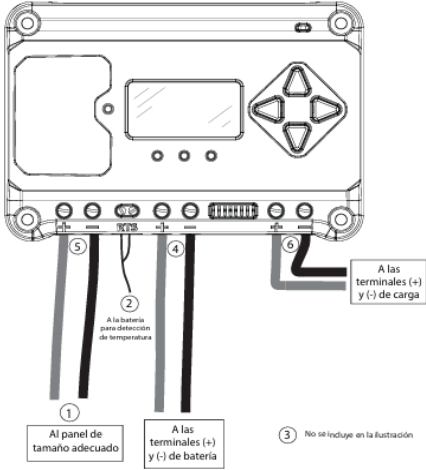


Figura 3-2. Realizar el cableado del EcoPulse

CONSULTE LA FIGURA 3.2 AL SEGUIR ESTAS INSTRUCCIONES DE CABLEADO

PASO 1: Revise las limitaciones del controlador

Verifique que el mayor voltaje de circuito abierto del panel solar compensado por temperatura (Voc) y la corriente de carga no excedan los índices de la versión del EcoPulse que se está instalando.

PASO 2: Sensor remoto de temperatura



ADVERTENCIA: Riesgo de incendio.

Si no está conectado un sensor remoto de temperatura (RTS), use el EcoPulse dentro de un rango de 3 m (10 pies) de las baterías. Se utilizará la compensación interna por temperatura si el RTS no está conectado. Se recomienda especialmente el uso del RTS.

Conecte el RTS a la terminal localizada de 2 posiciones (vea la figura). No hay polaridad, así que cualquier cable (+ o -) se puede conectar a cualquiera de las dos terminales atornillables.



ADVERTENCIA: Daños al equipo.

Nunca coloque el sensor de temperatura dentro de una celda de batería. Tanto el RTS como la batería se dañarán.



PRECAUCIÓN: El EcoPulse utilizará el sensor local de temperatura para la compensación si no se usa el RTS.

112

Instalación

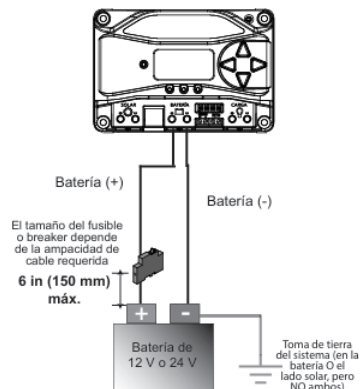
PASO 3: Conexión a tierra



NOTA: Dependiendo del país de instalación, los conductores que se identifiquen por el color verde o una combinación de verde y amarillo deberán utilizarse solo para los conductores de conexión a tierra.

Por seguridad, y para obtener una protección de iluminación efectiva, se recomienda, y se podría requerir en su localidad, que el conductor negativo del sistema de carga cuente con una conexión a tierra adecuada. Utilice solamente un sistema de conexión a tierra. Para más información sobre requisitos de tamaño de los conductores, consulte el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos o sus reglamentos y códigos locales aplicables.

PASO 4: Conexiones de la batería



Manual del operador de EcoPulse

113

Asegúrese de que los interruptores DIP 2 y 3 estén ajustados para 12 o 24 V, tal como se describe en la sección 3.2.



NOTA: Antes de conectar la batería, mida el voltaje del circuito abierto. Debe estar por encima de los 10 V para arrancar el controlador. Con la desconexión de la batería abierta, conecte los cables (+) y (-) de la batería desde esta última al controlador. NO CIERRE LA DESCONEXIÓN EN ESTE MOMENTO.

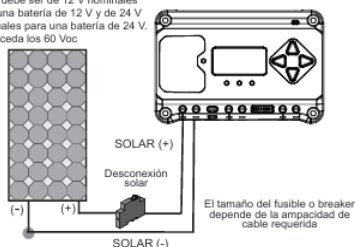
PASO 5: Conexiones solares



ADVERTENCIA: Peligro de descarga eléctrica.

El panel solar fotovoltaico puede producir voltajes de circuito abierto de hasta 60 V CC bajo la luz solar y este voltaje CC se suministra al equipo de conversión de energía (PCE). Verifique que la desconexión o breaker de entrada solar se ha abierto (desconectado) antes de instalar los cables del sistema.

NOTA: Por cuestiones de diseño, el panel debe ser de 12 V nominales para una batería de 12 V y de 24 V nominales para una batería de 24 V. No exceda los 60 Voc.

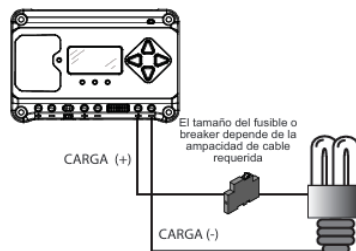


114

Instalación

Con la desconexión solar abierta, conecte los cables del panel solar (fotovoltaico) a las terminales solares del EcoPulse. Tenga cuidado, ya que el panel solar producirá corriente cada vez que esté expuesta a la luz del sol. NO CIERRE LA DESCONEXIÓN EN ESTE MOMENTO.

PASO 6: Conexiones de carga



Apague las cargas y conecte los cables de carga a las terminales de carga. NO CIERRE EL FUSIBLE NI EL BREAKER MIENTRAS LLEVA ESTO A CABO.

PASO 7: Encendido y verificación de la operación del sistema

Cierre la desconexión de la batería para poner en marcha el procesador y activar las protecciones del controlador. Vea el estado de carga y, posteriormente, los tres indicadores LED de estado de carga (SOC) parpadearán en secuencia (verde-amarillo-rojo) para confirmar que ha arrancado correctamente. Si no se encienden, revise la polaridad (+/-) y el voltaje de la batería.

Manual del operador de EcoPulse

115

Se iluminará el indicador LED verde, amarillo o rojo, dependiendo del estado de carga de la batería (SOC). Confirme que uno de estos indicadores LED está encendido antes de continuar con el siguiente paso.

Cierre la desconexión solar. Si la entrada solar está conectada mientras está expuesto a la luz del sol, el indicador LED de carga se iluminará. Confirme que cuenta con una conexión adecuada observando el LED de carga.

Inserte el fusible de carga, o cierre el breaker, y encienda la carga para confirmar que cuenta con una conexión adecuada.

PASO 8: Para apagar

⚡ ADVERTENCIA: Riesgo de daño.
SOLAMENTE desconecte la batería desde el EcoPulse DESPUÉS de que la entrada solar se haya desconectado. Se puede dañar el controlador si la batería se retira mientras el EcoPulse se está cargando.

- Para evitar daños, se debe realizar el apagado en el orden inverso al del encendido.

3.5 Ajustes personalizados

3.5.1 Ajuste de la pantalla de medición

Las opciones de configuración de la pantalla se ajustan utilizando las teclas direccionales para localizar y editar la configuración de pantalla deseada.

3.5.2 Uso y operación de la tecla direccional/Navegación por el mapa de medición

Una tecla iluminada indica una dirección válida en el mapa. La ubicación actual se indica en la pantalla con un encabezado de columna y un descriptor en negritas.

3.5.3 Uso de la pantalla de medición para programar la carga de puntos de ajuste y de control de carga

En una de las pantallas de nivel superior para monitoreo, desplácese hacia abajo hasta la pantalla del menú principal "Programación personalizada". Seleccione la categoría deseada y edite la variable o ajustes según se indique en la pantalla de medición.

4.0 OPERACIÓN

4.1 Información sobre la carga de la batería

Carga en 4 etapas

El EcoPulse tiene un algoritmo de carga de batería de 4 etapas para una carga rápida, eficiente y segura de la batería. La figura 4-1 que se encuentra a continuación muestra la secuencia de las etapas.



Figura 4.1. Algoritmo de carga de EcoPulse

Etapa de carga masiva

Durante la carga masiva, la batería no está en un estado de carga al 100% y el voltaje de la batería aún no ha cargado hasta el punto de ajuste de voltaje de absorción. El controlador suministrará el 100% de la energía solar disponible para recargar la batería.

Etapa de absorción

Quando la batería se ha cargado hasta el punto de ajuste de voltaje de absorción, se utiliza la regulación de voltaje constante para mantener el voltaje de la batería en el punto de ajuste de absorción.

Etapa de mantenimiento

Después de que la batería está completamente cargada en la etapa de absorción, el EcoPulse reduce el voltaje de la batería hasta el punto de ajuste de voltaje de mantenimiento. El propósito del mantenimiento es proteger la batería de la sobrecarga a largo plazo.

Etapa de ecualización



ADVERTENCIA: Riesgo de explosión.
Ecuilizar baterías ventiladas produce gases explosivos. El banco de baterías debe estar adecuadamente ventilado.



PRECAUCIÓN: Daños al equipo.
La ecualización incrementa el voltaje de la batería a niveles que pueden dañar las cargas de corriente continua sensibles. Verifique que todas las cargas del sistema estén diseñadas para el voltaje de ecualización compensado por temperatura antes de comenzar una carga de ecualización.

**PRECAUCIÓN: Daños al equipo**

La sobrecarga excesiva y la gasificación demasiado vigorosa pueden dañar las placas de la batería y ocasionar el desprendimiento del material activo de las placas. Una equalización demasiado elevada o sostenida por un largo periodo de tiempo puede ser perjudicial. Revise los requisitos para la batería en particular que se utilice en su sistema.

La carga de equalización (EQ) eleva el voltaje de la batería por encima del voltaje de absorción estándar de modo que el electrolito se gasifica.

4.2 Información de carga

PRECAUCIÓN: No conecte un inversor de corriente alterna de ningún tamaño a las terminales de carga del EcoPulse, ya que esto puede ocasionar daños al circuito de control de carga. Conecte los inversores directamente a la batería o banco de baterías.

4.3 Indicaciones LED**CLAVE:**

V = verde V - A - R = verde, amarillo y rojo
parpadeando secuencialmente
A = amarillo V / A = parpadeando juntos
R = rojo V / A - R = V y A parpadeando juntos,
alternando con un destello R

4.3.1 Encendido

Encendido normal: El LED de estado parpadea en V, después los indicadores LED de SOC parpadean en V - A - R y, posteriormente los indicadores LED de SOC indican el estado de carga de la batería con un solo LED de estado de la batería.

120

Operación

Carga de arranque fallida: El LED de estado parpadea en V, luego los indicadores LED de SOC parpadean en V - A y se detienen en A continuo.

4.3.2 LED de estado

La tabla 4.1 que se encuentra a continuación lista las indicaciones del indicador LED de estado.

Color	Indicación	Estado de operación
Ninguno	Apagado (con latido)	Noche
Verde	Encendido sólido (con latido)	Cargando
Rojo	Parpadeando	Error
Rojo	Encendido sólido (con latido)	Error crítico

Tabla 4.1. Definiciones del LED de estado

4.3.3 Indicadores LED de estado de carga

Las indicaciones de LED de SOC de la batería se muestran en la tabla 4.2 que se encuentra a continuación:

Condición	Indicación
Absorción	V parpadea cada segundo
Mantenimiento	V parpadea cada 2 segundos
Equalización	V parpadea 2 veces por segundo
Advertencia de desconexión por bajo voltaje	R parpadea cada segundo
Desconexión por bajo voltaje	R continuo

Tabla 4.2. Indicaciones LED de SOC de la batería

Manual del operador de EcoPulse

121

4.0

ESPAÑOL

4.4 Protecciones, fallas y alarmas**4.4.1 Protecciones**

Sobretensiones transitorias solares, de batería y carga

Encendido contra cualquier falla activa

Polaridad inversa - batería y panel

Cortocircuito solar

Desconexión por alto voltaje solar

Temperatura alta del disipador térmico- Desconexión de carga

Cortocircuito de carga

Sobrecorriente de carga

Límite de temperatura del disipador térmico

Terminales del sensor remoto de temperatura (RTS)

Terminales de detección de batería

4.4.2 Indicaciones LED de falla**Sobrecorriente solar**

LED de estado de error: Rojo intermitente. Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-A-V

Sobrecorriente de carga

LED de estado de error: Rojo intermitente. Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-A-V

Cortocircuito solar

LED de estado de carga: APAGADO

Polaridad inversa de la batería

Sin indicación LED, la unidad no está encendida

Cortocircuito de carga

LED de estado de error: Rojo intermitente. Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R/V-A

122

Operación

Desconexión por alto voltaje solar

LED de estado de carga: Rojo intermitente

Sensor remoto de temperatura (RTS)

LED de estado de error: Rojo intermitente.

Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R/A - V/A

Desconexión por alto voltaje (HVD) de la batería/carga

LED de estado de error: Rojo intermitente.

Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-V

Temperatura alta del disipador térmico

LED de estado de error: Rojo intermitente.

Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-A

Cambio en interruptor (DIP) de ajustes

LED de estado de error: Rojo intermitente.

Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-A-V

Edición de ajustes personalizados

LED de estado de error: Rojo intermitente.

Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-A-V

La fuente de alimentación interna se encuentra fuera de rango

LED de estado de error: Rojo continuo. Indicadores LED de estado de la batería: Secuencia R-A-V. Póngase en contacto con su distribuidor Morningstar para proporcionarle servicio

4.4.3 Alarmas

Límite de corriente a alta temperatura

RTS (sensor remoto de temperatura) abierto

Sensor de temperatura del disipador térmico abierto o en cortocircuito

Detección de batería fuera de rango o desconectada

Manual del operador de EcoPulse

123

4.0

ESPAÑOL

4.5 Inspección y mantenimiento

La tabla 4.3 que se encuentra a continuación indica la agenda recomendada de mantenimiento para que su EcoPulse permanezca en condiciones óptimas.

Agenda	Artículos de mantenimiento
2 semanas después de la instalación	Vuelva a fijar las conexiones de la terminal de potencia a los valores especificados de torque.
3 meses después de la instalación	Vuelva a fijar las conexiones de la terminal de potencia a los valores especificados de torque.
Mensualmente o después de cada ecualización	Lleve a cabo una inspección del banco de baterías. Compruebe que no existen grietas y protuberancias en las cajas ni corrosión en las terminales. Para baterías de celda húmeda, asegúrese de que el nivel de agua es el correcto. Los niveles de agua de la celda húmeda deben revisarse mensualmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Tabla 4.3. Agenda de mantenimiento (cont.)

Agenda	Artículos de mantenimiento
Mensualmente o después de cada ecualización	Lleve a cabo una inspección del banco de baterías. Compruebe que no existen grietas y protuberancias en las cajas ni corrosión en las terminales. Para baterías de celda húmeda, asegúrese de que el nivel de agua es el correcto. Los niveles de agua de la celda húmeda deben revisarse mensualmente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
Anualmente	Limpie las aletas del disipador térmico con un trapo limpio y seco. Realice una inspección del alambrado para comprobar que no haya daños ni deterioro. Compruebe que no haya nidos de insectos. Vuelva a fijar las conexiones de la terminal de potencia a los valores especificados de torque. Haga una inspección del sistema de conexión a tierra de todos los componentes. Verifique que todos los conductores de conexión a tierra estén conectados a tierra adecuadamente.

Tabla 4.3. Agenda de mantenimiento (fin)

5.0 GARANTÍA

GARANTÍA LIMITADA de controladores e inversores solares Morningstar

El EcoPulse está garantizado de estar libre de defectos de materiales y de mano de obra por un periodo de DOS (2) años a partir de la fecha de envío al usuario final original. Morningstar, a su criterio, reparará o reemplazará cualquier producto defectuoso.

EXCLUSIONES Y LIMITACIONES DE LA GARANTÍA:

Esta garantía no aplica en las siguientes condiciones:

- ◆ Daños por accidente, negligencia, abuso o uso indebido
- ◆ Corrientes fotovoltaicas o de carga superiores a los valores del producto
- ◆ Modificación no autorizada del producto o intento de reparación
- ◆ Daño producido durante el envío
- ◆ Daño ocasionado por fenómenos naturales tales como rayos y fenómenos meteorológicos extremos

LA GARANTÍA Y SOLUCIONES ESTABLECIDAS ANTERIORMENTE SON EXCLUSIVAS Y SUSTITUYEN A CUALESQUIERA OTRAS GARANTÍAS, TANTO EXPRESAS COMO IMPLÍCITAS. MORNINGSTAR DESCONOCE ESPECÍFICAMENTE TODAS Y CADA UNA DE LAS GARANTÍAS IMPLÍCITAS, QUE INCLUYEN, SIN LIMITACIÓN, LAS GARANTÍAS DE COMERCIALIZACIÓN Y APTITUD PARA UN PROPÓSITO PARTICULAR. NINGÚN DISTRIBUIDOR, AGENTE O EMPLEADO DE MORNINGSTAR ESTÁ AUTORIZADO A HACER NINGUNA MODIFICACIÓN O AMPLIACIÓN DE ESTA GARANTÍA.

MORNINGSTAR NO SE HACE RESPONSABLE DE DAÑOS ACCESORIOS O CONSECUENCIALES DE NINGÚN TIPO, INCLUYENDO, PERO NO ESTANDO LIMITADO A, LA PÉRDIDA DE GANANCIAS, TIEMPO MUERTO, REPUTACIÓN COMERCIAL O DAÑO AL EQUIPO O A LA PROPIEDAD.

R17-B/16

6.0 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

EC-10/M EC-20/M EC-30/M

Aspectos eléctricos:

Voltaje de batería nominal	Todos: 12 o 24 V		
Rango de voltaje de la batería	Todos: 10-35 V		
Corriente de batería máxima	10 A	20 A	30 A
Voltaje máx. del circuito abierto de energía fotovoltaica	Todos: 60 V		
Capacidad de corriente de carga	10 A	20 A	30 A
Autoconsumo	<15 mA (no calibrado)	<20 mA (calibrado)	

Aspectos mecánicos:

Dimensiones:	6,01 x (anchura)	4,14 x (longitud)	2,17 in. (profundidad)
	153(A) x 105(L) x 55(P) mm		
Peso (lb/kg): No calibrado:	0,75/0,34	1,1/0,48	
Calibrado:	0,90/0,40	1,2/0,54	
Rango de calibres de cables:	2,5 - 13,3 mm ² /#14 - 6 AWG		
Terminales de alimentación	35 libras-pulgada		
Torque máximo	0,25 - 1,0 mm ² /#24 - 16 AWG		
Detección de batería/temp	IP20, Tipo 1		
Cubierta			

Carga de la batería:

Carga en 4 etapas: En Masa, Por Absorción, De Mantenimiento, Ecualizada

Coefficiente de compensación por temperatura:	-30 mV/°C/12 V
Puntos de ajuste compensados por temperatura:	Absorción, mantenimiento, ecualización, desconexión por alto voltaje (HVD)

PRODUCT EXPOSURE

THE THIRD GENERATION

Pure sine wave inverter

Start the revolution of the inverter

100% full power
No waveform distortion
High conversion efficiency Strong anti-interference performance
Simple operation strong frequency and voltage stabilization functions
Automatic protection function more than 10 years of Service life



THE CHOICE/MODEL/MEANING OF THE INVERTER

WHAT IS THE INVERTER ?

Inverter is a device which converts 12v/24v/48v DC power (battery, accumulator jar) into 220v 50Hz/60Hz AC power (pure sine wave/square wave) and it is widely used in office, communications, leisure and entertainment.

TYPES OF INVERTER ?

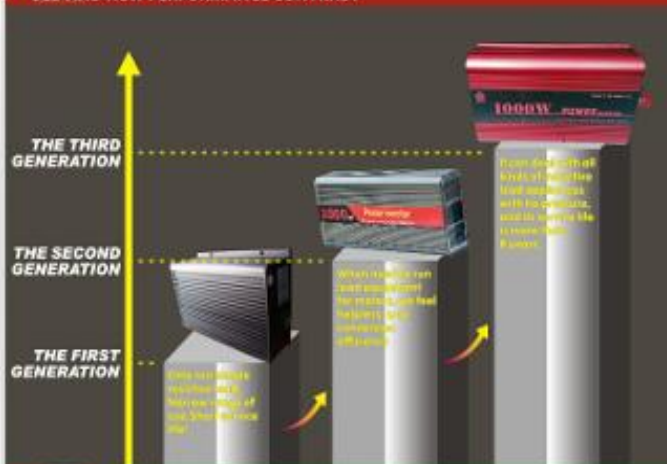
Inverters can be classified by waves: one is pure sine wave inverter and another one is modified square (our company called modified sine) wave inverter. Pure sine wave inverter can provide high quality AC power and run any roads (like inductive appliance and resistive appliance) with no electromagnetic interference but high cost. Modified sine wave inverter can meet most of our electricity demand. It is high efficiency, low noise and cheap price, but it only runs resistive appliance.

Inverter can be classified by usage as following: solar inverter, inverter with charger, household inverter, car inverter etc.

SIX PROTECTION FUNCTIONS



OLD AND NEW PERFORMANCE CONTRAST



INPUT/OUTPUT INTRODUCTION

INPUT/OUTPUT INTRODUCTION

Signal indicator

Green light: normal operation
Red light: failure indication

Power switch

I: ON turn on (start working)
O: OFF turn off (stop working)

USB output

Direct current output
mode 1A/5V

Alternating current output

The socket model is chose by users: 12V/24V/48V switch into 110V/220V ($\pm 10\%$)



Positive terminal

Connect with the battery's positive pole.

Intelligent fans

According to product temperature and loads operation condition, the fans will open and shut up intelligently with energy saving and high efficiency.

100% fine copper

Copper plus silver content
99.5 to 99.95%
Good electrical conductivity,
high efficiency

Negative terminal

Connect with the battery's negative pole.



INTERNAL DISPLAY AND THE CORE TECHNOLOGY

Quality depends on the details
Professional research and development over 31 years



With pure copper and the high density of the copper strip voltage transformer

100% pure copper full power high frequency density coil transformer, output more stability, more safety.



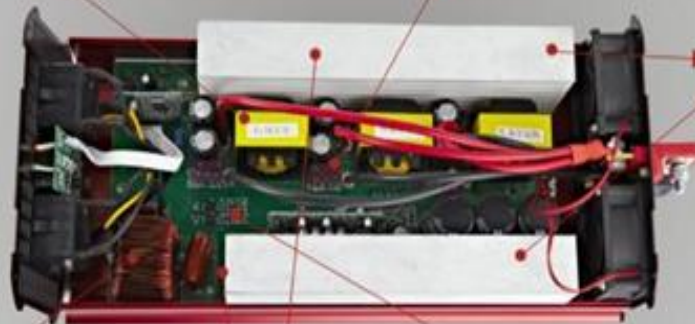
insurance with chip inserted

Load large current, loading safety



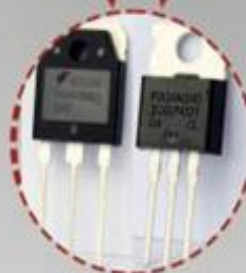
cooling fin

Larger full aluminium material cooling fin. Heat faster and more efficient.



All copper ring

Used to suppress common mode noise, prevent interference signals generated by inverter affects the use of electrical appliances.



Power tube

Import FAIRCHILD IGBT+IR CPU; Performance is more stable, more efficient, Built in cooling silicone, high temperature is not a problem



Circuit board

Use jantao plate with the SMT patch technology. Combined with industrial production conditions, to ensure that the finished product zero error. With multiple shockproof function and anti-throw protection function.

INTERNAL DISPLAY AND COMPARISON



Details highlight quality

Professional research and development over 31 years



THE SAFEST DESIGN—THE BUILT-IN FINE COPPER TRANSFORMER



WIN!

VS

FAIL!



built-in two fine copper isolation transformers
To protect the safety of power source is to protect the safety of life.

Other inverters only with simple relay
The transformer with any fine copper can't avoid breakdown—electrical appliances burning.

Model : TW-1500		TW-1500-12V	TW-1500-24V	TW-1500-48V
AC Output	Continuous power:	1500W		
	Surge power:	3000W		
		120%<load<load</load		
		150%<load<load</load		
	Output Waveform	Pure Sine Wave (THD < 3%)		
	Output Frequency	50Hz±0.1% or 60Hz±0.1% (Optional)		
	AC Output Voltage	100~120VAC / 200~240VAC (Optional)		
DC Input	DC Input Voltage	12V DC	24V DC	48V DC
	Voltage Range	10.8V-15.5V	21.6V-31V	43.2V-62V
	Low Voltage Alarm	10.8V± 0.2V	21.6V±0.4V	43.2V±0.8V
	Low Voltage Shut down	10.2V±0.2V	20.4V±0.4V	40.8V±0.8V
	Over Voltage Shut down	15.5V±0.2V	31V±0.4V	62V±0.8V
Converting Max. Efficiency		90% (Full Loading) / 95% (1/3 Loading)		
No Load Consumption		<0.8A	<0.4A	<0.2A
Protection	Over Thermal:	Shut Off Output Automatically, Temperature >75℃		
	Short circuit protection:	Reverse Polarity (External Fuse)		
	Cooling Fan automatically run	Temperature ≥45℃		
Environment	Working temperature	-10℃~+50℃		
	Working humidity	20%~90% RH Non-Condensing		
	Storage Temperature Range	-30℃~+70℃		
LED Indicator Light		Inverter, Fault		
Packing	Inner Box Dimensions (mm)	315*195*135mm		6pcs /Carton
	Inner Box Weight (kg)	2.6 kg		
	Carton Dimensions (mm)	420*340*460 mm		
	Carton Weight (kg)	16 kg		

Manual del usuario de la batería de gel (ESPAÑOL)

La seguridad importa

- No desmonte ni modifique usted mismo, de lo contrario, el ácido sulfúrico y el plomo del interior de la batería dañarán el cuerpo humano y el medio ambiente.
- Nunca cortocircuite el polo positivo y negativo de la batería, de lo contrario causará descargas eléctricas, daños por fuego o averías.
- Apriete firmemente los tornillos del terminal, los tornillos flojos pueden causar daños por fuego.
- Desconecte siempre la fuente de alimentación principal durante la instalación, de lo contrario provocará una descarga eléctrica.
- No lo conecte a una fuente de alimentación que no sea la tensión nominal, de lo contrario se producirá un incendio.
- No utilice la batería directamente como fuente de alimentación de CA, de lo contrario, se producirán daños por incendio y averías (si la batería se utiliza como fuente de alimentación de CA, se debe utilizar un equipo especial como UPS).
- No coloque la batería cerca del fuego o del calor para evitar una explosión.

Atención

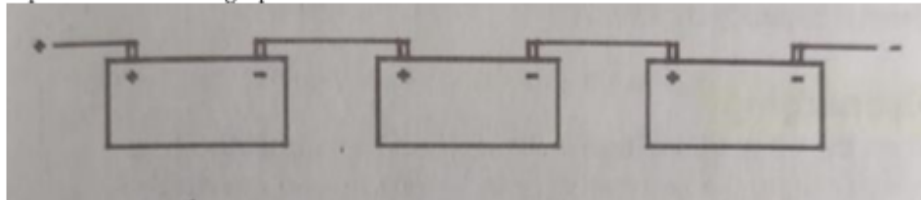
No lo almacene ni lo use en las siguientes condiciones para evitar averías, fugas de ácido y fugas eléctricas:

- En lugares donde la temperatura sea inferior a -40°C o superior.
- En lugares donde llueva directamente o haga sol.
- En lugares donde haya niebla o hielo.
- En lugares donde exista gas corrosivo.
- En lugares donde la humedad es alta y polvorienta.
- En lugares donde exista vibración o impacto.
- Debe almacenarse en un ambiente fresco, seco y limpio.

Instalación de la batería

Enlace serial

Solo las baterías (o el grupo de baterías) con una capacidad real similar se pueden vincular en serie, el voltaje del grupo de baterías vinculado en serie es igual al voltaje total de cada batería. La capacidad del grupo de baterías vinculado está determinada por la unidad con la pequeña capacidad actual en el grupo de baterías.



Atención:

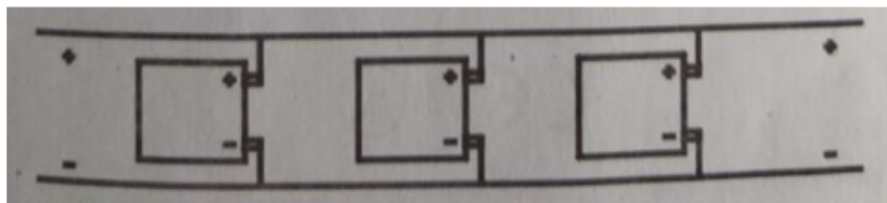
1. No se pueden vincular baterías con diferente capacidad nominal.
2. Las baterías nuevas y viejas no se pueden vincular.
3. Las baterías proporcionadas por diferentes fabricantes no se pueden vincular.

4. Las baterías con especificaciones similares, pero con diferente capacidad restante no se pueden vincular, todas las baterías con diferente capacidad deben recargarse por separado antes de poder vincularlas.

5. Las baterías que se instalarán deben cargarse por flotación durante 12 horas y el equilibrio interno de la cantidad debe realizarse antes de su uso. Esto es muy importante para la durabilidad y confiabilidad del grupo de baterías.

Enlace paralelo

Solo las baterías o el grupo de baterías con voltaje real similar se pueden vincular en paralelo, el voltaje permanece sin cambios después del enlace y la capacidad total es igual a la capacidad total de cada batería.



Cargando, descargando

Cargando

1. Debe haber una limitación en el voltaje máximo proporcionado por el equipo de carga durante la carga reciclada: el voltaje de carga de la batería de 2 V es de 2,35 a 2,45 V;

- El voltaje de carga de la batería de 6 V es de 7,05 a 7,35 V; s
- El voltaje de carga de la batería de 12 V es de 14,1 a 14,7 V. mi

2. La corriente de carga máxima no debe ser superior a la capacidad nominal en un 25% A.

Descarga

Cuando la tensión terminal es menor que la tensión final estipulada durante la descarga o la descarga múltiple e intermitente dura hasta alcanzar la tensión final (sin carga entre 2 descargas). Entonces se considera una descarga excesiva. La descarga excesiva causará daños a la batería y acortará su vida útil. Los valores de la corriente de descarga y el voltaje final son los siguientes.

Atención: cargue la batería inmediatamente después de descargarla (es mejor cargarla por completo en 48 horas).

Gel battery user's manual (ENGLISH)

Safety matters

- Please do not dismantle or modify yourself, otherwise the sulphuric acid and lead inside the battery will cause damage to the human body and the environment.
- Never short circuit the positive and negative pole of the battery, otherwise it will cause electric shock, fire damage or breakdown
- Please securely fasten the screws of the terminal, the loosened screws can cause fire damage.
- Always disconnect the main power supply upon installation, otherwise it will cause electric shock.
- Please do not connect to the power source other than the nominal voltage, otherwise it will cause fire.
- Please do not use the battery directly as AC power source, otherwise it will cause fire damage and breakdown (if the battery is used as AC power source, a special equipment such as UPS must be used).
- Do not place the battery close to fire or heat to avoid explosion

Attention

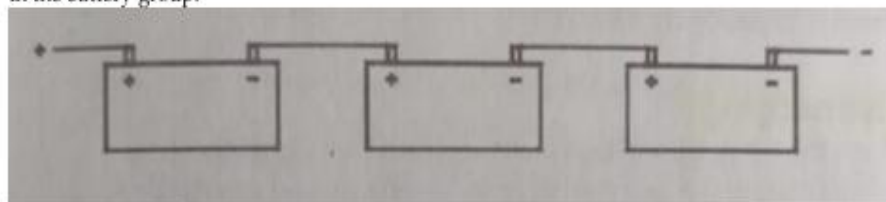
Please do not store or use under the following conditions in order to avoid breakdown, acid leakage and electric leakage:

- In places where the temperature is below -40°C or above.
- In places where there is direct rain or sunshine.
- In places where there is mist or ice.
- In places where there is corrosive gas.
- In places where the moisture is high and dusty.
- In places where there is vibration or impact.
- It should be stored in a cool, dry and clean environment.

Battery installation

Serial link

Only the batteries (or battery group) with similar actual capacity can be linked serially, the voltage of the serially linked battery group is equal to the total voltage of each battery. The capacity of the linked battery group is determined by the unit with the smallest actual capacity in the battery group.



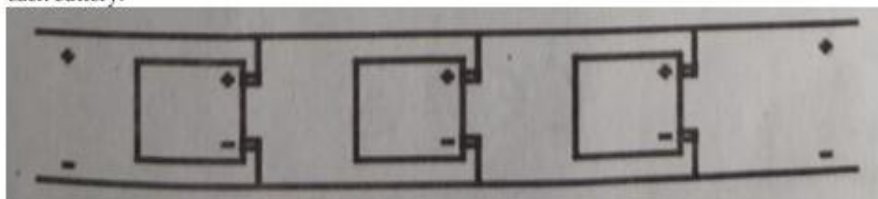
Attention:

1. Batteries with different nominal capacity cannot be linked.
2. New and old batteries cannot be linked.
3. Batteries provided by different manufactures cannot be linked.
4. Batteries with similar specification but different remaining capacity cannot be linked, all batteries with different capacity should be recharged separately before they can be linked.

5. The batteries to be installed should be float charged for 12 hours and the internal quantity balancing should be carried out before usage. This is very important for the durability and reliability of the battery group.

Parallel link

Only the batteries or battery group with similar actual voltage can be linked in parallel, the voltage remains unchanged after the link and the total capacity is equal to the total capacity of each battery.



Charging, discharging

Charging

1. There should be a limitation on the maximum voltage provided by the charging equipment during the recycled charging: charging voltage of 2V battery is 2.35-2.45V;

- charging voltage of 6V battery is 7.05-7.35V; s
- charging voltage of 12V battery is 14.1-14.7V. E

2. The maximum charging current should not be higher than the nominal capacity by 25% A.

Discharging

When the terminal voltage is lower than the stipulated final voltage during the discharge or the multiple and intermittent discharge lasts until it reaches final voltage (no charging between 2 discharges). Then it is considered as over-discharging. Over discharging will cause damage to the battery and shorten the life of the battery. The values of the discharging current and final voltage are as follows.

Attention: Please charge the battery immediately after discharging (it's better to make it fully charge within 48 hours).