

Impacto ambiental y social de la construcción y operación de una planta de energía solar fotovoltaica en Mapulanguene, provincia de Maputo, Mozambique

Environmental and Social Impact of the Construction and Operation of a Solar Photovoltaic Power Plant in Mapulanguene, Maputo Province, Mozambique

Denise Florinda Xavier Vilanculos denisevilanculo018@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-3171-8116>

Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, Mozambique

Resumen: Este estudio tiene como objetivo evaluar el impacto ambiental y social resultante de la construcción y operación de la Planta de Energía Solar Fotovoltaica de Mapulanguene, Distrito de Magude, Provincia de Maputo, Mozambique, con el objetivo de evaluar su sostenibilidad técnica, económica y socioambiental. Con una capacidad instalada de 100 kWp, la planta pretende contribuir significativamente a incrementar el suministro de energía limpia en el sistema eléctrico nacional de Mozambique. La investigación se realizó bajo un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas, apoyadas por herramientas de Sistemas de Información Geográfica, modelos energéticos y entrevistas estructuradas con actores estratégicos, incluyendo *Eletricidade de Moçambique*, el Fondo de Energía, el Ministerio de Recursos Minerales y Energía, empresas de ingeniería y comunidades locales. Se operacionalizaron las variables clave de la investigación, incluyendo: viabilidad técnica, idoneidad tecnológica, eficiencia operativa, productividad energética, integración a la red eléctrica nacional, factibilidad económica, y los costos e ingresos asociados con la operación de la planta. Simultáneamente, se analizaron los efectos en el sistema energético local, especialmente con respecto al acceso de la población a la energía limpia, la mejora de la estabilidad de la red y el aumento de la cobertura energética. Los resultados muestran un alto grado de convergencia con los objetivos del Plan Estratégico del Gobierno de Mozambique para el Sector Energético. La planta de energía solar Mapulanguene es técnicamente viable, económicamente sostenible y socialmente beneficiosa.

Palabras clave: energía limpia, potencial de generación, plantas de energía solar fotovoltaica, sostenibilidad energética

Abstract: This study aims to evaluate the environmental and social impact resulting from the construction and operation of the Mapulanguene Solar Photovoltaic Power Plant, Magude District, Maputo Province. Mozambique, with the objective of assessing its technical, economic and socio-environmental sustainability. With an installed capacity of 100 kWp, the plant aims to contribute significantly to increasing the supply of clean energy in Mozambique's national electricity system. The research followed a mixed methodological approach, combining qualitative and quantitative techniques, supported by Geographic Information System tools, energy modeling, and structured interviews with strategic stakeholders, including Eletricidade de Moçambique, the Energy Fund, the Ministry of Mineral Resources and Energy, engineering companies, and local communities. The key variables of the research were operationalized, including: technical feasibility, technological suitability, operational efficiency, energy productivity, integration into the national electricity grid, economic feasibility, and the costs and revenues associated with the plant's operation. At the same time, the effects on the local energy system were analyzed, especially with regard to the population's access to clean energy, improved grid stability, and increased energy coverage. The results show a high degree of convergence with the objectives of the Mozambican Government's Strategic Plan for the Energy Sector. The Mapulanguene solar power plant is technically feasible, economically sustainable, and socially beneficial.

Keywords: clean energy, generation potential, solar photovoltaic power plants, energy sustainability

Introducción

El potencial de los sistemas de energía solar fotovoltaica (FV) ha sido demostrado en proyectos de electrificación rural en todo el mundo (Cuenca *et al.*, 2023; Amoroso *et al.*, 2023; Bravo & Gámez, 2024; Camarena & Nahui, 2024; Hilario, Bardales & Bollet, 2025), especialmente, en Mozambique, con el caso de los sistemas solares domésticos (Gonçalves Fortes, Fernando Beirão & Adelino Mamudo, 2022; Master & Fathia, 2024; Dualia Chamo *et al.*, 2024; Chichango *et al.*, 2024). Como resultado, la importancia económica de los sistemas fotovoltaicos está creciendo gracias a la constante disminución de sus precios, así como a la experiencia de su aplicación en otros sectores como los servicios sociales y comunitarios, la agricultura y otras actividades productivas capaces de impactar significativamente en el desarrollo rural (Inca *et al.*, 2024; Aguay-Saquicaray, 2024; Gómez, Gálvez & Mata, 2025; Guamán & Sánchez, 2025). Sin embargo, se necesita más información sobre el potencial y las limitaciones de estas aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos.

La experiencia más importante de este estudio es que la sostenibilidad de los programas FV se encuentra significativamente reforzada por un enfoque holístico e integrado. La flexibilidad de los sistemas solares FV ofrece una oportunidad particularmente atractiva para que el sector energético proporcione sistemas “empaquetados” para las zonas rurales, por ejemplo, para la salud, la educación, las comunicaciones y la electricidad, así como para la agricultura y el suministro de agua. Se espera que esta publicación inspire creatividad y comunicación entre las diversas instituciones involucradas en la prestación de estos servicios a las zonas rurales, contribuyendo así a toma de decisiones cimentadas en un conocimiento sobre las opciones de tecnología fotovoltaica.

El objetivo de este estudio es evaluar el impacto ambiental y social de la construcción y operación de una planta de energía solar fotovoltaica en Mapulanguene, Distrito de Magude, considerando factores como la creación de empleos, la protección del medio ambiente y la aceptación de la comunidad local.

Materiales y métodos

Esta investigación se basa en un estudio descriptivo. Inicialmente, se abordan aspectos de la tecnología de generación fotovoltaica y de la generación centralizada. La siguiente etapa aborda las condiciones necesarias para instalar una planta solar fotovoltaica en el distrito estudiado, el análisis del potencial de generación fotovoltaica de la ubicación definida, las técnicas y condiciones para instalar la estructura física, y las visitas técnicas de campo para aproximar la teoría a las lecciones prácticas aprendidas. Basándose en una fundamentación teórica selectiva y cuidadosa, basada en trabajos y artículos existentes, donde se prestó atención al proceso de dimensionamiento e instalación de la planta y otros aspectos diversos; el estudio define los objetivos propuestos con información bien cimentada sobre el proyecto fotovoltaico instalado que puede ser compartida con la comunidad científica y los profesionales de la ingeniería.

Mientras el gobierno mozambiqueño trabaja para aumentar el acceso a la electricidad en las zonas rurales, el Fondo de Energía (FUNAE, por sus siglas en portugués) planea electrificar la sede de la Oficina Administrativa de Mapulanguene en el Distrito de Magude, Provincia de Maputo, utilizando plantas de energía fotovoltaica en contenedores. Para ello, el FUNAE pretende construir una planta de energía fotovoltaica de 100 kWp para proporcionar servicios básicos de electricidad a estas localidades, con el fin de mejorar la calidad de vida y aumentar el acceso a las fuentes de energía en el país.

Las plantas de energía fotovoltaica deben estar preparadas para la conexión a las redes de distribución que se construyan por otros contratos, siendo el contratista de la planta de energía el responsable de conectar la red de distribución a la planta fotovoltaica.

En este contexto, el FUNAE pretende electrificar la aldea de Mapulanguene, Distrito de Magude, Provincia de Maputo, mediante la instalación de mini plantas de energía fotovoltaica conectadas a mini redes, para proporcionar un suministro de electricidad ininterrumpido. Con este propósito, el FUNAE ha recopilado toda la información básica de esta ubicación a partir de la cual se desarrollará el diseño específico de la planta de energía fotovoltaica que alimentará la mini-red planificada.

Ubicación del área de implementación del proyecto

La aldea de Mapulanguene está ubicada en la sede de la Oficina Administrativa de Mapulanguene. Se encuentra a 105 km de la capital del distrito de Magude. La infraestructura principal en esta aldea incluye un centro de salud, escuela primaria, oficina administrativa, cuarteles, centro meteorológico, mercado y pequeños establecimientos comerciales. Actualmente, tiene una población de aproximadamente 7557 habitantes, con un promedio de cinco personas viviendo en cada residencia.

A continuación, se presenta la descripción metodológica del trabajo realizado:

- Diseño del proyecto de la planta de energía fotovoltaica en contenedor
- Selección de equipos de acuerdo con los requisitos técnicos
- Suministro de convertidores, cajas de equipos, cuadros eléctricos, dispositivos de control y regulación, sistema de monitoreo (supervisión) y todos los accesorios para el correcto funcionamiento de la planta
- Conexión de paneles solares, convertidores y bancos de baterías de acuerdo con el proyecto e interconexión de redes primarias y secundarias
- Instalación de todos los sistemas eléctricos entre todos los equipos y cuadros eléctricos en la planta
- Instalación de todos los sistemas electrónicos y de comunicación
- Programación/prueba de la planta, puesta en marcha de la planta y conexión de la planta a la red de distribución
- Suministro e instalación de unidades de monitorización/supervisión y operación para la planta
- Suministro de extintores de incendios

- Elaboración y entrega de la documentación de la planta de energía
- Capacitación del personal operativo de la planta de energía
- Suministro de kits de herramientas para el mantenimiento de la planta de energía
- Asistencia operativa

Reglamentos y normas aplicadas

La instalación eléctrica a realizar, además de cumplir con las condiciones y requisitos de las demandas, debe ser diseñada en su conjunto de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes y las regulaciones del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE, por sus siglas en inglés).

Todos los trabajos deben cumplir con las disposiciones reglamentarias aplicables en Mozambique y, en su ausencia, disposiciones portuguesas y europeas, así como con las buenas prácticas de ejecución, técnicas de montaje y cualquier otra norma recomendada por entidades nacionales.

Especificaciones técnicas de la planta de energía solar fotovoltaica a instalar

Las plantas de energía fotovoltaica en contenedores deben dimensionarse para lograr un aporte de energía renovable cercana al 100% durante todo el año, considerando la demanda máxima diaria estimada y la irradiación diaria promedio. Las Especificaciones Técnicas son pautas para el diseño, suministro e instalación de mini-redes (Tabla 1).

Tabla 1. Características técnicas de la planta de energía fotovoltaica

Item	Valor	Unidad
Generación de energía fotovoltaica	100	kWp
Generador diésel (respaldo)	50	kVA
Capacidad de almacenamiento neta mínima disponible para suministro a la red	600	kWh
DoD (Profundidad de Descarga) máxima para baterías de litio	80	%
Conexiones	250	U
Potencia máxima suministrada a la red	100	kW

El sistema debe ser capaz de:

- Proporcionar energía 24 horas al día;
- Garantizar una confiabilidad mínima anual de 365 días de servicio anual (97%);
- Garantizar la calidad del suministro de energía de acuerdo con los parámetros definidos en este documento;

- d) Establecer un objetivo cercano al 100% de energía renovable durante todo el año, considerando la demanda máxima diaria estimada y la luz solar diaria promedio, utilizando un generador diésel como respaldo en caso de condiciones climáticas extremas y asegurando que al menos el 95% de la energía provenga de fuentes renovables;
- e) Tener un sistema de comunicación entre todos los componentes de la instalación para permitir la conmutación automática y el arranque del grupo electrógeno;
- f) Tener un sistema de monitoreo de los principales parámetros de generación.

Resultados y discusión

Configuración general del sistema

Las partes más importantes de un sistema fotovoltaico instalado en suelo/techo son: módulos, estructura metálica, inversores, cables y protección. En los sistemas flotantes, se añaden flotadores como elemento de soporte físico, que sirven para sostener los módulos, proporcionar acceso a los módulos, almacenar los cables y proporcionar soporte físico a los equipos eléctricos (Sharma, Muni & Sen, 2015).

La configuración correcta de un sistema solar fotovoltaico es esencial para maximizar su eficiencia, garantizar un suministro de energía confiable y estable, garantizar la seguridad del sistema y obtener los mejores resultados económicos y ambientales. Una configuración inadecuada puede conducir a un rendimiento deficiente, la necesidad de reparaciones prematuras e incluso daños, afectando la generación de electricidad y la vida útil del sistema. El centro de control en contenedor debe consistir en el equipo descrito en la tabla 2.

Tabla 2. Configuración de la planta de energía solar fotovoltaica en contenedor

No	Items	Observación general
1	Banco de Baterías	Celdas conectadas en serie y paralelo; Capacidad mínima disponible para suministro a la red de 600 kWh/día
2	Estantería para Baterías	Deben estar organizadas de tal manera que cada cluster dentro de cada estantería tenga una caja de control
3	Sistema de Gestión de Baterías (BMS)	El sistema debe tener diferentes niveles, permitiendo la gestión de cada unidad, cada módulo y el banco en su conjunto
4	Cuadro de Control Central	Suministro de energía CA a sistemas auxiliares, incluido SAI (UPS)
5	Cuadro de Corriente Directa (DC)	Control del Banco de Baterías y Alimentación de energía DC a Sistemas Auxiliares
6	Sistema AC	Para acondicionar el aire del interior de la planta

No	Items	Observación general
7	Sistema de detección y supresión de incendios	Detector de humo y sensor de temperatura
8	Contenedor	10 pies HC, incluyendo sistema de iluminación y sistema de emergencia.
9	Cables	Cables de fuerza y de comunicaciones
10	Sistema de Conversión de Energía (Convertidores)	Capacidad total 100kW, que puede dividirse según lo sugerido por el licitador. Son responsables de convertir la energía de los paneles solares para la red de distribución y cargar las baterías
11	Unidad de Gestión Central	-
12	Generador	50 kVA

La figura 1 muestra una vista genérica de la configuración del sistema.

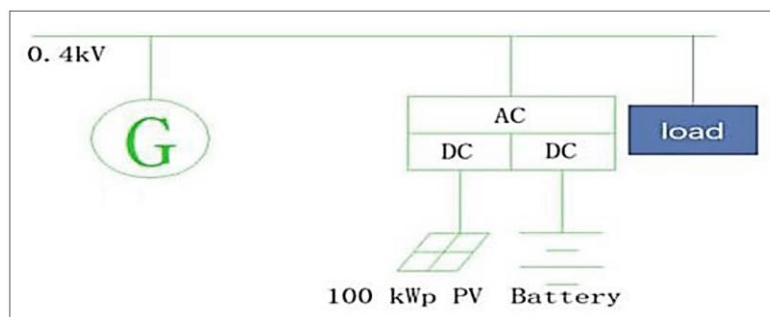


Figura 1. Vista genérica de la configuración del sistema.

Estas especificaciones cubren el diseño, fabricación, pruebas de fábrica, transporte, suministro e instalación de todos los equipos, incluidos todos los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de generación fotovoltaica.

La planta se basará en una solución preensamblada en uno o más contenedores donde se instalarán los dispositivos electrónicos, sistemas de almacenamiento de energía, cuadros, gabinetes, auxiliares, comunicaciones y otros equipos.

El contenedor debe tener un nivel de protección superior a IP67 y estar equipado con:

- Ventilación o aire acondicionado para garantizar la temperatura de operación recomendada para todos los equipos
- Aislamiento
- Sistema de extinción de incendios
- Puertas con cerradura con tres llaves por juego
- Tomas de corriente internas y sistema de iluminación

Recomendaciones para la colocación del contenedor

Recomendar las soluciones apropiadas para la colocación del contenedor (elevando los cimientos por encima del nivel del suelo). El licitador debe especificar el peso del equipo y todos los accesorios necesarios.

Ventilación o aire acondicionado

El licitador debe diseñar y presupuestar un sistema con ventilación adecuada (ventilación forzada o aire acondicionado) para operar de forma segura el Sistema de Baterías dentro del rango de temperatura especificado en la garantía del fabricante. Además, el sistema de aire acondicionado debe ser un producto de alta calidad y eficiencia energética con requisitos de mantenimiento limitados que pueda ser realizado por técnicos capacitados. Las piezas de repuesto deben ser de fácil adquisición en Mozambique. Se deben proporcionar todas las fichas técnicas relevantes y los datos estimados de consumo de energía.

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos a conectar cuentan con una certificación TUV y se ajustan a las normas IEC 61730 (2023), IEC 61215-1 (2021) e IEC 61701 (2020).

El número mínimo de cadenas de celdas conectadas para cada módulo es de 60, lo que garantiza la potencia nominal en condiciones normales (irradiancia 1000 W/m², espectro de masa de aire 1.5 y 25 °C).

Cada módulo tiene un marco de aluminio anodizado y las celdas están debidamente encapsuladas en un material adecuado. La cubierta superior del módulo está hecha de vidrio templado. Los módulos están certificados como libres de PID.

Banco de baterías

Tipo: Tecnología de iones de litio o de mayor rendimiento

DoD: $\geq 80\%$

Eficiencia DC/DC $> 85\%$

Temperatura de operación del sistema: 0°C a 50°C

Vida útil: > 5000 ciclos a 25 °C, C20

Origen: El origen en la UE será una ventaja en los criterios de evaluación

Garantías: 3 años

Piezas de repuesto: 1 % de la capacidad

Se recomienda que las baterías se instalen en una sala/contenedor equipado con aire acondicionado para garantizar condiciones normales de temperatura. Se invita a la empresa a presentar una evaluación del consumo del sistema de aire acondicionado y proponer soluciones técnicas para minimizarlo.

Las baterías deben estar diseñadas para operar en un rango de temperatura entre 0°C y 50°C, con una capacidad de descarga por debajo del 80% de su valor nominal.

La vida útil esperada es de al menos 10 años y debe cumplir con las normas IEC 62619 (2022).

La batería debe tener un ciclo de vida mínimo de al menos 5000 ciclos con 80% de descarga (DoD) en condiciones de C10 a 25 °C.

El sistema de almacenamiento debe organizarse en unidades con una capacidad de almacenamiento mínima de 50kWh, de manera que el contratista no traiga celdas para ensamblar in situ, sino que traiga un módulo que haya sido ensamblado y probado en la fábrica.

Los cables de interconexión son de cobre, protegidos contra contacto directo accidental, con terminales de pinza.

Siempre que el nivel de carga del litio caiga por debajo del 15%, el sistema requiere un nivel de apagado apropiado, que apaga el sistema incluyendo monitores, LEDs y cualquier otra pequeña carga que pueda dañar la batería.

El sistema de baterías debe tener un certificado de cumplimiento de las normas internacionales: IEC 60695-11-10 (2013), IEC 61000-3 (2011), IEC 61427-1 (2013). El fabricante de la batería debe estar certificado de acuerdo con las normas ISO 9001 (2015) e ISO 14001 (2015). La disipación térmica debe ser considerada y calculada debido a la variación en el coeficiente de convección a altura para cumplir con la capacidad mínima requerida;

El sistema de gestión de baterías (BMS, por sus siglas en inglés) debe comunicarse con otros equipos, limitando dinámicamente la corriente de carga del banco de baterías. El ciclo de vida esperado es de al menos 5,000 ciclos con un 30% de descarga tras ser probado conforme el

IEC 60896-21/22 o una prueba similar, y la autodescarga mensual debe ser inferior al 3% de la capacidad nominal a 25 °C.

Los cables de interconexión son de cobre, protegidos contra contacto directo accidental, con terminales de pinza. Las baterías deben instalarse en una sala de potencia equipada con aire acondicionado para garantizar condiciones normales de temperatura.

En dependencia de la capacidad de los bancos de baterías, los valores máximos de corriente de carga y descarga nunca deben excederse en condiciones normales de operación.

La capacidad nominal de la batería debe referirse a una descarga de 5 horas (C5 o superior) y una temperatura ambiente de 25 °C.

Acumulador

Baterías: Litio

Densidad de 0.53 g/ cm³ a 20°C

Potencia de reducción 3.045 V

Soporta altas tasas de carga/descarga y descarga profunda

Vida cíclica de 3,000 ciclos en descarga profunda

La instalación debe contar con sofisticados controladores de carga BMS para evitar que exploten/se incendien–sistema de gestión de baterías.

Capacidad mínima del contenedor BESS (Battery Energy Storage System, en inglés o Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías, en español): 100kW / 600 kWh, contenedor 10HC (10 PESHHC), incluyendo estanterías para 600 kWh, PCS, BMS, cuadro DC, cuadro de control central, sistema de extinción de incendios, iluminación, sistema HVAC y cableado interno.

Convertidores

Los convertidores fotovoltaicos serán responsables de convertir la corriente de los paneles solares para la red de distribución y también para cargar las baterías.

Estos deben ser de onda sinusoidal pura, con alta capacidad de arranque/alta frecuencia.

Deben estar equipados con un sistema de autodiagnóstico que advierta las causas de cualquier parada o mal funcionamiento. La pantalla también debe mostrar información sobre el estado del sistema, valores instantáneos de potencia, voltaje y corriente, entre otros.

Deben estar diseñados para permitir el funcionamiento en RED AISLADA, autónoma, con una eficiencia no inferior al 96%, en un rango de temperatura de servicio de -25°C a 60°C.

Los inversores deben tener una garantía del fabricante de al menos 5 años de reemplazo en caso de defectos. El fabricante debe tener un representante en la región y una capacidad global instalada que exceda los 500 MW.

Requisitos adicionales:

- Los convertidores deben ser capaces de variar dinámicamente la potencia activa y reactiva inyectada a la red para mantener la red AC dentro de los parámetros establecidos y en función de las cargas AC;
- Control de potencia activa o reactiva capacitiva e inductiva hasta un factor de compensación ajustable de 0.8;
- Los convertidores deben ser capaces de proporcionar la potencia de salida máxima requerida para todas las condiciones ambientales y climáticas en la ubicación específica;
- Los convertidores deben tener un certificado de conformidad con las siguientes normas internacionales: IEC 61727 (2024), IEC 62109 (2020), IEC 62116 (2014), IEC 61000-3 (IEC, 2011) e IEEE 1547 (2018).
- Acceso remoto a la configuración de parámetros a través de internet;
- Protección contra descargas atmosféricas, transitorios y sobretensiones;
- Para estandarización y repuestos, todos los convertidores de conexión a la red deben ser de un solo tipo (misma marca y modelo).

Dispositivos de alarma y protección

Todos los dispositivos de este grupo deben instalarse en los compartimentos apropiados individualmente o como parte de un conjunto de equipos de alarma, protección y/o control.

Todos los dispositivos de protección contra sobrecalentamiento deben estar coordinados automáticamente mediante una unidad de coordinación apropiada. Deben estar calibrados

para una capacidad de corriente adecuada que garantice el funcionamiento ininterrumpido en condiciones normales y en condiciones de fallo.

El proyecto demuestra que la expansión de la energía renovable requiere estudios que proyecten el aumento en un 50% del uso de energía limpia para el 2050. Además, las investigaciones sugieren que la generación de energía a partir de fuentes renovables jugará un papel más prominente en escenarios futuros. La inclusión de energías renovables en los sistemas de generación de energía involucra varios beneficios para una matriz energética limpia y sostenible. En este sentido, los países que adoptan políticas orientadas al desarrollo de la energía limpia contribuyen a la macroeconomía y producen mejoras tales como la generación de empleos, el bienestar social y la calidad de vida (IRENA, 2019).

Hasta el 2040, las formas de generación de electricidad a través de fuentes como la solar fotovoltaica y la eólica deberían complementar el suministro de electricidad a la matriz energética global. A pesar de los actuales esfuerzos para desarrollar políticas públicas que promuevan el uso de la energía limpia, los efectos causados por la explosión demográfica continuarán durante las próximas décadas (IEA, 2019).

Conclusiones

La expansión de la generación de energía fotovoltaica en Mozambique puede percibir en el volumen y número de instalaciones de sistemas fotovoltaicos, los cuales muestran significativos valores de potencia total instalada.

La energía producida por la planta solar fotovoltaica puede complementar el suministro de energía a los sistemas auxiliares en las plantas de energía; proporcionar energía para riego, redes urbanas y reemplazar completamente la matriz energética nacional con fuentes renovables. Al ser considerado un proyecto innovador en el país, es necesario profundizar en la investigación de este tema y detallar las características específicas de este tipo de instalación.

La planta fotovoltaica de Mapulanguene, conectada a la red eléctrica en el distrito de Magude, está cerca del punto de consumo y de la empresa de servicios eléctricos. Esta proximidad a la red permite la inyección de excedentes de energía y también proporciona la referencia de características eléctricas para la sincronización requerida para su funcionamiento.

Referencias bibliográficas

- Aguay-Saquicaray, D.C. (2024). Evaluación de la eficiencia energética de sistema de energía solar fotovoltaica en diferentes condiciones climáticas. *MQRinvestigar*, 8(3), 4993-5016. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.4993-5016>
- Amoroso, F., Hidalgo-León, R., Muñoz, K., Urquizo, J., Singh, P., & Soriano, G. (2023). Techno-economic assessment of PV power systems to power a drinking water treatment plant for an on-grid small rural community. *Energies*, 16(4). <https://doi.org/10.3390/en16042027>
- Bravo, J.M., & Gámez, M.R. (2024). Factibilidad para la electrificación rural con tecnología fotovoltaica. 593 *Digital Publisher CEIT*, 9(3), 1139-1153. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.3.2490>
- Camarena, C., & Nahui, J. (2024). Energía solar como agente para la descarbonización de la matriz energética: una propuesta para la región Lambayeque (Perú). *South Sustainability*, 5(1). <https://doi.org/10.21142/SS-0501-2024-e093>
- Chichango, F., Cristóvão, J., Nhambiu, J., Cumbe, F., & Gabriel, G. (2024). Análise da eficiência energética de sistemas de aquecimento solar de água com armazenamento de calor sensível em Moçambique. *Research, Society and Development*, 13(9), 1-18. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i9.46865>
- Cuenca, A.D., Oña, C.E., Suquillo, I.F., & Miniguano, H.S. (2023). Metodología de diseños de sistemas aislados de energía solar fotovoltaica para áreas rurales en Ecuador. *Revista Técnica Energía*, 20(1), 43-51. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v20n1.2023.537>
- Dualia Chamo, B., de Carvalho Choé, O. F., Veremachi, A. & Marques, M.M. (2024). Produção de alimentos sustentável: a contribuição da energia solar fotovoltaica para a piscicultura no Distrito De Bilene, Província de Gaza, Moçambique. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, 10, 1-25. <https://remunom.ojsbr.com/multidisciplinar/article/view/3019/3179>
- Gómez M.C., Gálvez, D.C., & Mata, L. (2025). Análisis de los costos de generación de energía solar fotovoltaica hacia el año 2050. *Revista Espacios*, 46(2), 95-109. <https://doi.org/10.48082/espacios-a25v46n02p08>

- Gonçalves Fortes, A., Fernando Beirão, H.A., & Adelino Mamudo, A.A. (2022). Complementaridade hidrossolar em Moçambique e as questões de sustentabilidade energética. *Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade*, 11(22), 101-113. <https://doi.org/10.22292/mas.v11i21.994>
- Guamán, A. F., & Sánchez, L. V. (2025). Análisis de implementación de paneles solares y su beneficio económico en las instituciones públicas y privadas de la ciudad de Riobamba. *Código Científico Revista de Investigación*, 6(E1), 726-747. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v6/nE1/715>
- Hilario, J.L., Bardales, R.P., & Bollet, F. (2025). Energía solar y sostenibilidad económica en la agricultura: una revisión sistemática sobre sus implicaciones en la mejora de procesos. *Revista InveCom*, 5(4). <https://doi.org/10.5281/zenodo.15009195>
- Inca, G. S., Villalta, D.F., Cabrera, H. D., Cabrera, D.F., & Bautista, R.C. (2023). Evaluación de la actualidad de los sistemas fotovoltaicos en Ecuador: avances, desafíos y perspectivas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(3), 9493-9509. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6835
- Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE). (2018). 1547. *IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems*, Piscataway. <https://standards.ieee.org/ieee/1547/5915/>
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2014). *IEC 62116:2014. Utility-interconnected photovoltaic inverters. Test procedure of islanding prevention measures*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/6479>
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2020). *IEC 62109:2020. Safety of power converters for use in photovoltaic power systems*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/6470>
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2024). *IEC 61727:2024. Photovoltaic (PV) systems. Characteristics of the utility interface*. <https://webstore.iec.ch/en/publication/5736>

- International Electrotechnical Commission (IEC). (2013). IEC. 61427-1:2013. *Secondary cells and batteries for renewable energy storage. General requirements and methods of test. Part 1: Photovoltaic off-grid application* <https://webstore.iec.ch/en/publication/5449>
- International Electrotechnical Commission. (IEC). (2013). IEC 60695-11-10:2013. *Fire hazard testing - Part 11-10: Test flames - 50 W horizontal and vertical flame test methods.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/2938>
- International Electrotechnical Commission. (IEC). (2022). IEC 62619:2022. *Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes – safety requirements for secondary lithium cells and batteries, for use in industrial applications.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/64073>
- International Electrotechnical Commission. (IEC). (2011). TR 61000-3-15:2011. *Electromagnetic compatibility (EMC). Part 3-15: Limits. Assessment of low frequency electromagnetic immunity and emission requirements for dispersed generation systems in LV network.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/4148>
- International Electrotechnical Commission. (IEC). (2020). IEC 60896-21,22A:2020. *Formulario de informe de prueba IEC 60896-21, 22a.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/68186>
- International Electrotechnical Commission (IEC). (2020). IEC 61701:2020. *Módulos fotovoltaicos (PV): Prueba de corrosión por niebla salina.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/59588>
- International Electrotechnical Commission. (IEC). (2023). IEC 61730-1:2023. *Calificación de seguridad de módulos fotovoltaicos (PV) - Parte 1: Requisitos para la construcción.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/59803>
- International Electrotechnical Commission. (IEC). (2021). 61215-1:2021 *Módulos fotovoltaicos terrestres (PV): Calificación de diseño y aprobación de tipo. Parte 1: Requisitos de prueba.* <https://webstore.iec.ch/en/publication/61345>
- International Energy Agency (IEA). (2019). *World Energy Outlook.* <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>

International Renewable Energy Agency (IRENA). (2019). *Global Energy Transformation. A Roadmap to 2050*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/Apr/IRENA_Global_Energy_Transformation_2019.pdf

International Organization for Standardization (ISO). (2015). *ISO 14001. Sistemas de gestión ambiental: Requisitos con orientación para su uso*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14001:ed-3:v1:es>

International Organization for Standardization (ISO). (2015). *ISO 9001. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Quality management. Requirements*. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9001:ed-5:v1:es>

Master, S.A. & Fathia, V. (2024). Energia solar fotovoltaica: Uma proposta de Planejamento Estratégico sobre a capacidade de geração e perspectivas no desenvolvimento sustentável de Moçambique. *Revista Brasileira Multidisciplinar ReBraM*, 27(2). <https://10.25061/2527-2675/ReBraM/2024.v27i2.1867>

Sharma, P., Muni, B., & Sen, D. (2015). Design Parameters of 10kW floating solar power plant. *Revista internacional de publicación avanzada en ciencia, ingeniería y tecnología*, 2(Special Issue 1), 85-89. <https://www.iarjset.com/upload/2015/si/ncree-15/IARJSET%2017%20P127.pdf>