

# Energía solar como agente para la descarbonización de la matriz energética: una propuesta para la región Lambayeque (Perú)

## Solar energy as an agent for the decarbonization of the energy matrix: a proposal for the Lambayeque region (Peru)

Caroline Camarena-Gamarra<sup>1\*</sup>  y  
Johnny Nahui Ortiz<sup>2</sup> 

1 Universidad Internacional de La Rioja. La Rioja, España.  
2 Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.



**Citar como:** Camarena-Gamarra, C. y Nahui-Ortiz, J. (2024). «Energía solar como agente para la descarbonización de la matriz energética: una propuesta para la región Lambayeque (Perú)». *South Sustainability*, 5(1), e093. DOI: 10.21142/SS-0501-2024-e093

Artículo recibido: 19/12/2023  
Revisado por pares  
Artículo aceptado: 22/2/2024

El presente manuscrito fue seleccionado y presentado en la sexta edición del evento «Diálogos académicos: aportes de la ciencia a nuestro desafío climático» (noviembre de 2023), organizado por el Ministerio del Ambiente (Minam) y el Grupo Impulsor de la Acción Climática de la Academia.



© Los autores, 2024. Publicado por la Universidad Científica del Sur (Lima, Perú)

\* E-mail de correspondencia:  
carol01camarena@gmail.com

### RESUMEN

La producción de electricidad a partir de energía solar es una de las alternativas clave para abastecer de energía eléctrica a zonas rurales que no tienen acceso al sistema eléctrico nacional. En este sentido, se presenta una propuesta de implementación de un sistema solar fotovoltaico autónomo (con baterías de almacenamiento) en una comunidad de la región Lambayeque. El sistema solar fotovoltaico propuesto está compuesto por 16 paneles solares fotovoltaicos, 14 baterías de acumulación y 1 inversor de DC-AC. El proyecto evitará la liberación de 2110,40 kg CO<sub>2</sub>eq/año de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al medioambiente, que de otra forma se producirán por la combustión de diésel en un motor generador eléctrico. El presente documento recomienda que los gobiernos regionales repliquen la implementación de sistemas solares fotovoltaicos autónomos que aprovechen la disponibilidad del recurso solar en otras zonas del Perú.

**Palabras clave:** energía eléctrica, demanda eléctrica, energía solar, sistema solar fotovoltaico

### ABSTRACT

The production of electricity from solar energy is one of the key alternatives for the supply of electricity to rural areas that do not have access to the national electricity system. In this context, this article presents a proposal for the implementation of an autonomous solar photovoltaic system (with storage batteries) in a community in the Lambayeque region. The proposed solar PV system is composed of sixteen (16) photovoltaic solar panels, fourteen (14) storage batteries and one (1) DC-AC inverter. The project will avoid the release of 2,110.40 kg CO<sub>2</sub>eq/year of greenhouse gas (GHG) emissions into the environment, which would otherwise be produced by the combustion of diesel in an electrical generator. This article recommends that Regional Governments replicate the implementation of autonomous solar PV systems that would take advantage of the availability of solar resources in other areas of Peru.

**Keywords:** Electrical energy, electricity demand, solar energy, photovoltaic solar system



## Introducción

La producción de electricidad genera la segunda mayor parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (U.S. Energy Information Administration, 2022). En el Perú, según el último reporte de Estadística Anual 2021 del Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional (COES), la electricidad fue producida principalmente por centrales hidroeléctricas (57 %), centrales térmicas (39 %), centrales eólicas (3 %) y parques solares (1 %) (COES, 2021). Asimismo, en 2021 se produjo un total de 53 990 gigavatios por hora (GWh), de los cuales 802 GWh provinieron de centrales solares (COES, 2021).

Esta información de generación de energía a partir de recursos renovables no cuenta con información actualizada y específica sobre las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) asociadas a la generación eléctrica en el Perú, que es muy importante, entre otros motivos, para dar cumplimiento al compromiso del Acuerdo de París, donde el Perú tiene el objetivo de reducir el 40 % de sus emisiones de GEI a 2030. Por ello, el presente *policy brief* está alineado al estudio que viene realizando el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), denominado «Refuerzo del Mercado-Energía: Transición del mercado energético a tecnologías de baja emisión de carbono y eficiencia energética», el cual tiene los objetivos de: (1) desarrollar una hoja de ruta para la transición energética hacia un sector bajo en carbono en el Perú, en línea con el plan de descarbonización a largo plazo (2050) y las estrategias de bajo carbono del país, y (2) revisar y analizar las alternativas para la introducción y promoción de la participación privada en el desarrollo de nuevas fuentes de energía renovables no convencionales en la matriz energética resultante de la hoja de ruta de la transición energética.

A la fecha, el Perú ha elaborado inventarios nacionales de GEI; la última publicación corresponde a 2019. Asimismo, el Balance Nacional de Energía 2021, publicado en el portal web del Ministerio de Energía y Minas (Minem), es el último reporte oficial del sistema energético a nivel nacional. Estas publicaciones son relevantes para el análisis de las emisiones de GEI evitadas, debido al ingreso de nuevas centrales de generación eléctrica con recursos energéticos renovables (RER), tales como las centrales solares fotovoltaicas.

Por otro lado, el presente *policy brief* está alineado al Plan Nacional de Electrificación Rural 2024-2033, elaborado por el Minem, que evidencia que muchas comunidades rurales tienen una imposibilidad o inconveniencia técnica o económica de conectarse al sistema eléctrico interconectado nacional, por lo que se debe priorizar el uso de fuentes de energía solar como una alternativa tecnológica para la solución de las necesidades de electrificación rural, por medio de la implementación de los sistemas fotovoltaicos de uso doméstico o comunal,

en áreas geográficas con potencial solar importante, como en zonas de sierra y selva; tal cual es el caso de la comunidad rural de Lambayeque. Asimismo, sabemos que, como parte de la iniciativa de descarbonizar la matriz energética de nuestro país, se fueron incorporando centrales solares fotovoltaicas (FV) al Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN) que no generan emisiones de CO<sub>2</sub> en la producción de energía eléctrica. Sin embargo, aún no se cuenta con un reporte particular de su efecto en la reducción de emisiones de GEI en el SEIN.

En el Perú, la mitad de la generación de electricidad se basa en centrales térmicas que consumen principalmente gas natural y otros combustibles fósiles. Asimismo, el sistema cuenta con centrales hidroeléctricas, centrales solares fotovoltaicas, centrales eólicas y centrales térmicas de biomasa (Dammert, 2010).

La producción de electricidad a partir de recursos renovables (solar, eólica y biomasa) aún es limitada respecto a las fuentes de generación con combustibles, debido a la alta disponibilidad de yacimientos de gas natural en el Perú y su bajo costo económico. Por medio del nuevo Reglamento de la Ley General de Electrificación Rural (Decreto Supremo 018-2020-EM), se promueve la promoción, el desarrollo eficiente y sostenible de la electrificación en zonas rurales, localidades aisladas y de frontera del país. En este sentido, el Sistema Eléctrico Rural (SER) busca atender de forma eficiente la demanda rural con tecnologías de generación eléctrica eficientes, como la generación de energía a partir de recurso solar. Por ello, solucionar la brecha de acceso a la energía eléctrica en las zonas rurales es un reto. Sin embargo, muchas de estas áreas tienen un alto potencial solar, debido a que disponen de irradiación solar durante todo el año, por su incidencia diaria y constancia (Blas Martínez, 2011).

En este sentido, se concluye que la problemática es la ausencia de promoción del uso de energía fotovoltaica en zonas rurales, a pesar del potencial de aprovechamiento de los recursos renovables existentes en territorio peruano. De esta forma, se propone como recomendación la implementación de sistemas solares fotovoltaicos autónomos, que abastecerán de energía eléctrica a estas comunidades rurales, y así superar la brecha del acceso a la red del sistema eléctrico nacional.

## Enfoque y discusión

La producción de electricidad a partir de energía solar se presenta como una alternativa clave para abastecer de energía eléctrica a zonas rurales que no tienen acceso al sistema eléctrico nacional. Esta alternativa no solo contribuye a la reducción de emisiones de GEI, sino que también reemplaza el uso de generadores eléctricos a petróleo diésel o la combustión a leña. Según el Atlas de Energía Solar del Perú, la costa norte (departamentos de Tumbes, Piura y norte de Lambayeque) presenta valores altos de heliofanía y energía solar durante el verano

austral. Pese a ello, los valores máximos se presentan en octubre y noviembre (primavera), lo que constituye otra de las zonas en que se alcanzan altos valores de energía solar en términos anuales.

Por ello, una alternativa que contribuye a la descarbonización de nuestra matriz energética es la implementación de sistemas solares fotovoltaicos autónomos en zonas rurales. Estos sistemas, equipados con baterías de almacenamiento, se dimensionan en función de la demanda eléctrica, considerando las potencias (kW) y las horas de funcionamiento de equipos eléctricos y electrónicos (Camarena Rojas y Lozano Vilcarano, 2016). Como bien sabemos, el desarrollo de proyectos de electrificación rural en el Perú han sido el resultado de esfuerzos sinérgicos entre los entes públicos, como el Minem, el Ministerio del Ambiente (Minam), los gobiernos regionales, así como la participación de la inversión privada. Por ello, se establece con firmeza que la descarbonización de la matriz energética es una tarea de todos.

Según un estudio sobre la implementación de un sistema solar fotovoltaico en un centro comunal rural ubicado en la región Lambayeque en el Perú (Camarena Rojas y Lozano Vilcarano, 2016), los cálculos realizados indican que el centro comunal rural puede aprovechar al menos 4 kWh/m<sup>2</sup>/día. Además, se estimó una demanda eléctrica de 22,15 kWh/día, que debe ser abastecida por un sistema solar fotovoltaico autónomo, compuesto por 16 paneles solares fotovoltaicos, 14 baterías de acumulación y 1 inversor de DC-AC.

Por otro lado, el estudio también realizó un análisis de la viabilidad económica de la implementación del sistema solar fotovoltaico autónomo. Este análisis se basa en los costos de inversión (CAPEX) y los costos de operación y mantenimiento (OPEX). Estos costos están asociados a los paneles solares, las baterías de acumulación y un inversor DC-AC, así como a los costos de reemplazo, operación y mantenimiento del sistema. Considerando el caso de la comunidad de Lambayeque, se obtiene un flujo de caja neto con un valor actual neto (VAN) de USD 19 543 (mayor a cero) y una tasa interna de retorno (TIR) del 52 %,

lo que indica que la propuesta del sistema solar es viable económicamente.

En cuanto a los beneficios ambientales que genera la implementación del sistema solar fotovoltaico autónomo, el proyecto evitará la liberación de 2111 kg CO<sub>2</sub>eq/año de emisiones GEI al medioambiente, que de otra forma se producirán por la combustión de diésel en un motor generador eléctrico.

La figura 1 presenta una representación del esquema de un sistema solar fotovoltaico autónomo, que identifica los componentes requeridos para implementar este sistema en una vivienda rural.

### Conclusión y recomendaciones

El presente *policy brief* concluye que la producción de electricidad a partir de energía solar es una de las alternativas clave para abastecer de energía eléctrica a zonas rurales que no tienen acceso al sistema eléctrico nacional y su contribución en la descarbonización de la matriz energética peruana. Por ello, se plantea la implementación de un sistema solar fotovoltaico autónomo (con baterías de almacenamiento) en una comunidad rural en Lambayeque como un caso de solución en la reducción de la brecha de acceso a la energía eléctrica, en un proyecto técnico y económicamente viable. De este modo, se promueve la participación de entidades públicas y privadas en este gran propósito de descarbonizar la matriz energética por medio de las energías renovables como el recurso solar.

El presente documento recomienda a las organizaciones públicas que gestionan la matriz energética del Perú, en particular el Minem, así como todas las organizaciones privadas, a seguir las siguientes recomendaciones:

El Minem debe realizar un análisis de emisiones de GEI evitadas en los años sucesivos. Este análisis debe incluir los índices de reducción de las emisiones de GEI evitadas gracias al ingreso de las centrales solares fotovoltaicas al despacho eléctrico, con la finalidad de construir una línea base para posterior seguimiento. Adicionalmente, se debe determinar las emisiones GEI debido al ingreso de otras

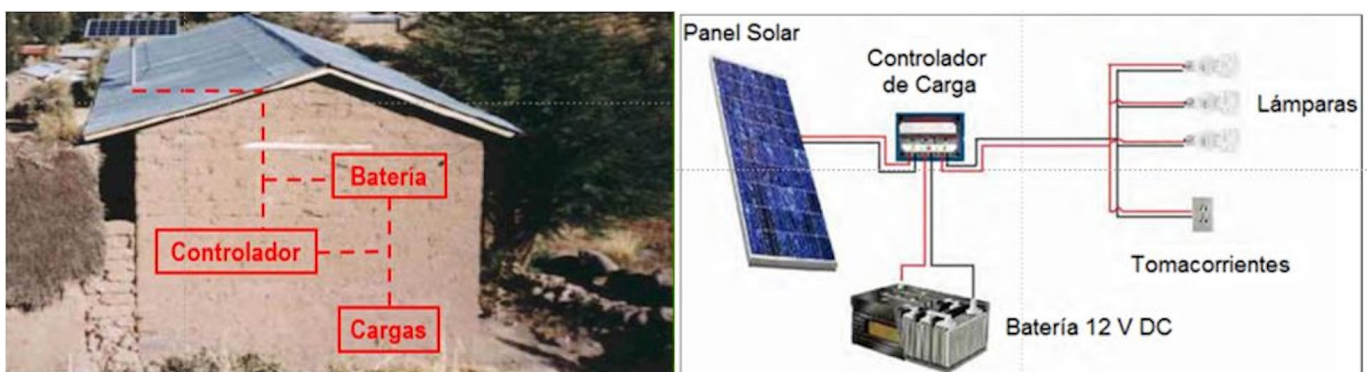


Figura 1. Sistema solar fotovoltaico autónomo para vivienda rural.

fuentes de generación a partir de recursos energéticos renovables (RER).

El Minam cuenta con la plataforma Huella de Carbono Perú, donde las organizaciones reportan voluntariamente su huella de carbono. Esta información se encuentra disponible al público siempre y cuando la organización decida hacerlo así. Sin embargo, se recomienda que el Minam consolide esta información en reportes anuales, donde se evidencien los avances en la medición de la huella de carbono, así como las iniciativas de descarbonización implementadas, como la instalación de paneles solares fotovoltaicos.

Asimismo, se recomienda que el Minam realice un análisis económico para la compra de bonos de carbono. Esto permitiría compensar las emisiones de GEI que se hubieran generado al utilizar centrales térmicas, en caso las centrales solares FV no se hubiesen incorporado al SEIN. El análisis se debe realizar en escenarios de adquisición de bonos de carbono de Proyectos REDD y REDD+, con la finalidad de promover la conservación y protección de nuestra biodiversidad en el país, ya que en el mercado global existen gran variedad de opciones de mercado de carbono, pero en este caso se busca un impacto directo positivo en nuestra geografía peruana.

En las zonas rurales, donde existen comunidades que no tienen acceso al sistema eléctrico, surge la necesidad de cubrir esta brecha energética. En este sentido, y en función de los hallazgos presentados, se recomienda que los gobiernos regionales repliquen la implementación de sistemas solares fotovoltaicos autónomos, que aprovechen la disponibilidad del recurso solar en otras zonas del Perú. Además de cubrir la brecha energética, este sistema genera beneficios ambientales y económicos a través del uso de la energía solar, pues evita la liberación de emisiones de GEI al medioambiente, que de otra forma se generarían al usar un sistema con un motor generador a diésel u otro combustible.

Finalmente, el Minem, bajo la Ley de Promoción de la Inversión en Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables (Decreto Legislativo 1002), debe promover la exploración de otros recursos renovables, como el recurso eólico, biomasa y pequeña hidráulica, como opciones de generación de energía para comunidades rurales sin acceso al sistema eléctrico, ya que el respaldo de esta organización es relevante para la gestión integral de la energía a nivel nacional.

## Referencias bibliográficas

- Blas Martínez, D. (2011).** «Energía solar fotovoltaica». <https://zaguan.unizar.es/record/6217/files/TAZ-PFC-2011-392.pdf>
- Camarena Rojas M. R. y Lozano Vilcarano, M. A . (2016).** *Determinación del ángulo de inclinación óptimo de un panel fotovoltaico*. [Tesis en Ingeniería Química, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3747/Camarena%20Rojas-Lozano%20Vilcarano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional, COES. (2021).** «Estadística de Operación 2021».
- Dammert, A. (2010).** *Regulación y supervisión del sector eléctrico*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Devereux, C., Coscia, J., Adeyeye, K. y Galla, J. (2021).** «Energy security to safeguard community water services in rural Ireland: Opportunities and challenges for solar photovoltaics». *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 47. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213138821003878>
- Dhiman, B., Zindani, D. y Chak, D. (2023).** «A user-centric assessment of solar-photovoltaic-home-lighting systems in rural parts of Assam, India». *Energy for Sustainable Development*, 76. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0973082623001473>
- Khan, F. A, Pal, N., Saeed, S. H. y Yadav, A. (2022).** «Techno-economic and feasibility assessment of standalone solar Photovoltaic/Wind hybrid energy system for various storage techniques and different rural locations in India». *Energy Conversion and Management*, 270.
- Ministerio de Energía y Minas, Minem. (2021).** *Balance Nacional de Energía*. Lima: Dirección General de Eficiencia Energética.
- Rosas-Flores, J., Zenón-Olvera, E. y Morillón Gálvez, D. (2019).** «Potential energy saving in urban and rural households of Mexico with solar photovoltaic systems using geographical information system». *Renewable and Sustainable Energy*, 116.

