

Aporte Santiaguino



Aporte Santiaguino 15 (2), julio - diciembre 2022: 165-177

ISSN: 2070 – 836X; ISSN-L: 2616 - 9541

DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n2.948>

Website: http://revistas.unasam.edu.pe/index.php/Aporte_Santiaguino



Viabilidad de Proyectos de Electrificación Fotovoltaica con Minirredes en la Zona Rural de la Región Áncash

Viability of Photovoltaic Electrification Projects with Mini-Grids in the Rural Area of the Ancash Region

MYRIAM FIGUEROA CRUZ¹, LUIS MORENO RUBIÑOS¹, WILFREDO VALDIVIA ROJAS¹ Y

WILSON CAMACHO MAMANI¹

RESUMEN

En nuestra Región existen muchas pequeñas comunidades rurales, esto constituye un gran potencial para el uso de energía fotovoltaica a través de minirredes para su electrificación. Esta tecnología sugiere una apreciable reducción de los costos de instalación, operación y mantenimiento. Es importante hacer los cálculos necesarios de consumo que permita cubrir la demanda básica, esto implica una mayor incidencia en el análisis de los factores sociales que conlleve al éxito de los proyectos de electrificación con esta tecnología.

En el presente estudio se realiza una primera evaluación al problema de cuáles son los factores sociales que más inciden en el éxito de los proyectos de electrificación con paneles

¹ Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz, Perú.

©Los autores. Este artículo es publicado por la Revista Aporte Santiaguino de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), que permite: Compartir - copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato, Adaptar - remezclar, transformar y construir a partir del material para cualquier propósito, incluso comercialmente.

solares con minirredes en el contexto de la sociedad regional actual, mediante el análisis de experiencias internacionales y nacionales.

Palabras clave: Radiación Solar; fotovoltaico; minirredes.

ABSTRACT

In our Region there are a large number of small rural communities, this constitutes a great potential for the use of photovoltaic energy through mini-grids for its electrification, this technology suggests an appreciable reduction in installation, operation and maintenance costs. It is important to make the necessary calculations of consumption that allows to cover the basic demand, this implies a greater incidence in the analysis of the social factors that lead to the success of the electrification projects with this technology.

In the present study makes a first evaluation of the problem of which are the social factors that most affect the success of electrification projects with solar panels with mini-grids in the context of the current regional society, through the analysis of international and national experiences.

Keywords: Solar radiation; photovoltaic; mini-grids.

INTRODUCCIÓN

Ancash es un departamento del Perú situado en la parte central y occidental del país. Abarca parte de la costa norte del país en su parte occidental y una gran sección de la cordillera de los Andes con ramal adicional llamado Cordillera Negra. Una parte de la cordillera occidental de Los Andes toma el nombre de Cordillera Blanca por los nevados que en ella existen. Tiene una población estimada al año 2017 de 1 048 000 habitantes, cuenta con una superficie de aproximadamente 36 mil km².

Según el Instituto Nacional de Estadística del Perú (INEI, 2022), el 96,8 % de los hogares urbanos y el 79,1 % de los hogares rurales del país tienen acceso al servicio de energía

eléctrica. En lo referente a la Región Ancash el 98 % de los hogares del sector urbano y el 91,2 % del sector rural tienen este beneficio, es decir, el servicio de energía eléctrica; pero no usa esta energía para satisfacer completamente sus necesidades. El proceso de electrificación del departamento de Ancash es bastante significativo, quedando sin el servicio solo los pueblos ubicados en zonas muy inaccesibles de esta región, pero también muchas familias de los pueblos altoandinos todavía no tienen acceso a los beneficios de la energía eléctrica, motivo por el cual un grupo de docentes de la UNASAM, preocupados por las necesidades de energía de los pobladores altoandinos de la región, decidieron evaluar alternativas energéticas que se pueden brindar en estas zonas con la finalidad de mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Las alternativas más viables para ser implementadas en estas zonas son las provenientes de las energías renovables; sobre todo, la energía fotovoltaica, ya que implementar pequeñas centrales hidráulicas resulta muy costoso para unas cuantas familias que viven en comunidades, peor aún si estos pobladores no tienen recursos económicos para pagar el servicio; por ello, las alternativas que el grupo de investigación está evaluando son las provenientes de la energía solar. (Gálviz y Gutiérrez, 2014).

El acceso al servicio eléctrico es una de las mayores aspiraciones de la población rural debido a su positiva influencia sobre las condiciones de vida. Aunque la población sin este servicio no representa una fracción muy alta del total regional (alrededor de 8,8 %), ella constituye un sector estratégico para toda la sociedad, por lo que su electrificación sigue siendo un objetivo de alta importancia. Una alternativa que ha ido cobrando prestigio por su probada eficacia es el uso de las fuentes de energía renovable, entre las que ocupa un lugar destacado la fotovoltaica, que posee la más alta adaptabilidad a las condiciones geográficas y climáticas de la región. (Tamayo et al., 2014).

Aunque la introducción de los sistemas solares fotovoltaicos se ha realizado hasta ahora principalmente en forma de sistemas autónomos descentralizados, la existencia en la región de una gran cantidad de pequeñas comunidades rurales, aconseja la generalización de los sistemas centralizados a través de una minirred, con lo que se lograría una apreciable reducción de los costos de instalación, operación y mantenimiento. Sin embargo, el natural aumento del consumo y la utilización colectiva de un recurso limitado puede llevar a

situaciones de conflicto, en la que los usuarios menos cooperativos pueden tratar de aumentar sin límites su consumo en detrimento de los demás, lo que podría llevar al colapso del sistema (Kamalapur y Udaycumar, 2011).

Las soluciones al problema se extienden desde una perspectiva tecnológica, con el uso de dispensadores inteligentes hasta una perspectiva social, mediante intervenciones directas en la comunidad. La implementación de un proyecto de electrificación fotovoltaica debe ser el resultado de un minucioso análisis de las condiciones socioeconómicas y culturales de la población, que aporte un adecuado balance entre ambas perspectivas.

METODOLOGÍA

El criterio más importante para el análisis está basado en la idea, de que el éxito de un proyecto depende en gran medida de la correspondencia entre la implementación y las condiciones institucionales, socioeconómicas y culturales de la región, así como de la capacidad de los profesionales involucrados (Lillo *et al.*, 2021).

Para el análisis y comparación de los estudios se propuso la siguiente clasificación mostrados en la Tabla 1:

Tabla 1. Análisis y Comparación de los Estudios de caso

Categoría	Variable	Valor cuantitativo
Aspectos técnicos	Generación	a) Solo un nivel por usuario
		b) Más de un nivel por usuario
	Energía	c) Durante horas de operación
		a) Ilimitado por usuario
Aspectos económicos	Fuente de Energía	b) Limitación mensual
		c) Limitación diaria
		d) Otras opciones complementarias
Aspectos económicos	Participación de los usuarios en el costo	a) Aleatoria (Fuente renovable)
		b) Grupo electrógeno estacionario
		c) Grupo electrógeno auxiliar
Aspectos económicos	Participación de los usuarios en el costo	a) Sin costo de conexión
		b) Igual a red convencional
		c) Relacionado a su economía

	Pago Mensual por los usuarios	a) Fijo
		b) Basado en el consumo a los precios de la red convencional
		c) Parcialmente adaptados a costos de generación.
		d) Adaptado a las fuentes de energía
Aspectos sociales	Subsidio Financiero	a) Subsidio al costo capital
		b) Solamente en la inversión inicial
		c) Solamente a los costos de explotación
		d) Ninguno
Aspectos sociales	Experiencia Previa de Electrificación	a) Grupo electrógeno
		b) Red convencional
		c) Sistema fotovoltaico híbrido
		d) Ninguno
Aspectos sociales	Cultura de uso Eficiente de la Energía	a) No contemplado
		b) Mediante iluminación eficiente
		c) Todas las aplicaciones eficientes
		d) Ninguna
Esquema de organización	Encargada del Manejo del Sistema	a) Ninguna
		b) Organización pública
		c) Organización privada
		d) Los usuarios

RESULTADOS

Los factores que aseguran el éxito de los proyectos de electrificación rural son:

Aseguramiento de la calidad técnica. Este factor actúa como un requisito básico. Entrenamiento de los usuarios y de los técnicos locales en el uso eficiente y racional de la energía, en la operación correcta de la planta y en el mantenimiento primario, así como la limitación del consumo de energía de cada usuario. Relación entre la satisfacción de las expectativas de los destinatarios finales al momento de instalación y su evolución en el tiempo (Sarmiento, 2013).

Un balance adecuado entre los incentivos que garantice la formación de un fuerte sentido de pertenencia entre los destinatarios finales. Los incentivos pueden ser de tipo económico,

donde los usuarios pagan total o parcialmente las instalaciones; sociales, donde las comunidades trabajan en el fortalecimiento de la conciencia energética o una combinación de ambos. La perturbación social que representa la electrificación fotovoltaica en la comunidad debe ser mínima (Reinders *et al.*, 2017).

Un sistema generador de energía eléctrica fotovoltaica consta fundamentalmente de un panel o módulo solar, que en función de las necesidades que vaya a cubrir, irá complementando con diversos elementos como son las baterías, la unidad de control electrónica (UCE), el inversor y las cargas (Ortega, 2015).

En primer lugar, veremos un método rápido de aplicación que puede servir como primera aproximación a la solución del problema de iluminación para una vivienda muy precaria; utilizamos las características de paneles que contamos en el laboratorio de Física de la UNASAM: Los datos de radiación solar de la zona del Callejón de Huaylas y los Conchucos son entre los 4000 a 7000 W/m². día y otro dato imprescindible será el de la carga del sistema que va a tener el usuario al que alimente el generador fotovoltaico.

Por ejemplo:

Como primer modelo se quiere iluminar dos habitaciones y una cocina de una casa campestre y hacer funcionar una radio, la carga eléctrica de la casa será alimentada por la batería, a su vez, esta es cargada por el panel o módulo solar.

Tabla 2. Carga para una casa campestre

Cantidad	Carga	Potencia consumida (W)	Horas de operación por día (h)	Energía requerida por día (Wh)
3	Focos	36	3,5 h	126
1	Radio	13	4h	52
Total		49 W		178 Wh

Se requiere de un suministro eléctrico diario de $E_c=178$ Wh, en caso de alimentar toda la carga debe soportar una potencia de 49 W, a una tensión de operación de 12V.

Determinación del número de paneles o módulos solares.

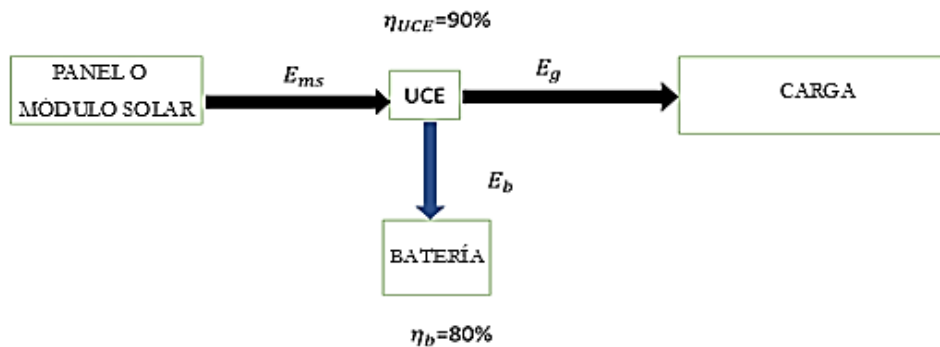


Figura1. Esquema de una instalación básica.

Considerando una eficiencia promedio entre la UCE y la Batería de 80 % y la energía de la carga $E_g = 178 \text{ Wh}$, entonces $E_{ms} = 209 \text{ Wh}$.

El número de paneles o módulos solares lo podemos calcular por la relación:

$$N_p = \frac{\text{potencia de carga}}{\text{potencia eléctrica del panel}} \quad (1)$$

$$N_p = \frac{49 \text{ W}}{85 \text{ W}} < 1$$

Se observa que la potencia eléctrica del panel es mayor que la potencia de carga, en conclusión, para este pequeño dimensionamiento solo se necesita un módulo solar de 85 W.

Determinación del número de baterías.

Es deseable que todo sistema fotovoltaico debería suministrar energía en cualquier momento incluso cuando no hay luz solar, para esto debe incluir una batería de almacenamiento, cuya función será suministrar energía a la carga cuando no hay radiación solar y además estabiliza las posibles variaciones de flujo de corriente a la carga (Mackay, 2015).

Por ejemplo, considerando que una batería convencional de automóvil suministra 60 Ah a 12 V, lo que equivale a 720 Wh de capacidad total, descargándose el 25 % de su capacidad.

Energía de trabajo de la batería estará dada por:

$$E_b = 720 \times 0,25 = 180 \text{ Wh} \quad (2)$$

Siendo este valor mayor que la energía requerida por la carga, entonces concluimos que para esta aplicación solo se requiere de una batería de 60 Ah.

Como segundo modelo tenemos una casa donde se va a iluminar cuatro ambientes, se utiliza una radio, un televisor y un cargador para celular.

Tabla 3. Carga y energía requerida para una casa con cuatro ambientes

Cantidad	Carga	Potencia consumida (W)	Horas de operación por día (h)	Energía requerida por día (Wh)
4	Focos	48	4	192
1	Radio	13	4	52
1	Tv led	100	3	300
1	Cargador	5	2	10
Total		166 W		554 Wh

Según la tabla 3, se requiere de un suministro eléctrico diario de $E_c=554 \text{ Wh}$, en caso de alimentar toda la carga debe soportar una potencia de 166 W, a una tensión de operación de 220 V, necesitaremos un inversor.

Determinar el número de paneles o módulos solares:

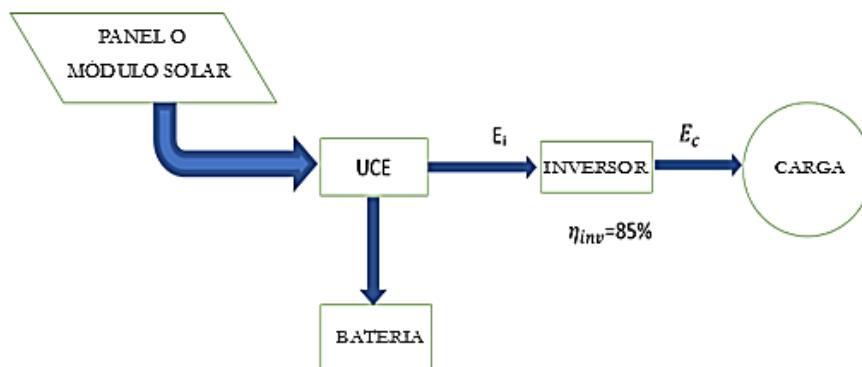


Figura 2. Esquema de Instalación utilizando un inversor

Se analiza la eficiencia del inversor $\eta_{inv} = 85 \%$, con este dato podemos hallar la energía del inversor $E_i = 652 \text{ Wh}$.

Energía del Panel = E_p .

$$E_p = \frac{1}{f} E_i \quad (3)$$

Donde $f =$ factor integrado de pérdida = 0,75.

$E_p = 869 \text{ Wh}$

$$\text{capacidad requerida} = \frac{E_p}{HPS} = \frac{869 \text{ Wh}}{3,8 \text{ h}} = 229 \text{ W}$$

Necesitamos un panel de 270 W.

Determinar el número de baterías: Hallamos la capacidad de la batería

$$C_b = \frac{E_i}{12 \text{ V}} \times \text{factor de seguridad} \quad (4)$$

El factor de seguridad = 1,25

$$C_b = \frac{652 \text{ Wh}}{12 \text{ V}} \times 1,25$$

$$C_b = 68 \text{ Ah}$$

Autonomía:

$$\text{Autonomía} = C_b \times 4 \text{ días}$$

$$\text{Autonomía} = 68 \text{ Ah} \times 4 \text{ días}$$

$$\text{Autonomía} = 272 \text{ Ah} \times \text{día}$$

Se necesita dos baterías de 150 Ah.

Como un tercer modelo tenemos una casa donde se va iluminar cuatro ambientes se utiliza una radio, un televisor, una laptop y un cargador para celular.

Tabla 4. Carga y energía requerida para iluminación uso de TV y laptop.

Cantidad	Carga	Potencia consumida (W)	Horas de operación por día (h)	energía requerida por día (Wh)
4	Focos	48	4	192
1	Radio	26	3	78

1	Tv led	100	6	600
1	Laptop	65	6	390
1	Cargador	5	3	15
TOTAL		244 W		1275 Wh

Según la tabla 4, se requiere de un suministro eléctrico diario de $E_c=1275$ Wh, en caso de alimentar toda la carga debe soportar una potencia de 244 W, a una tensión de operación de 220 V, vamos a necesitar un inversor.

Determinar el número de paneles o módulos solares:

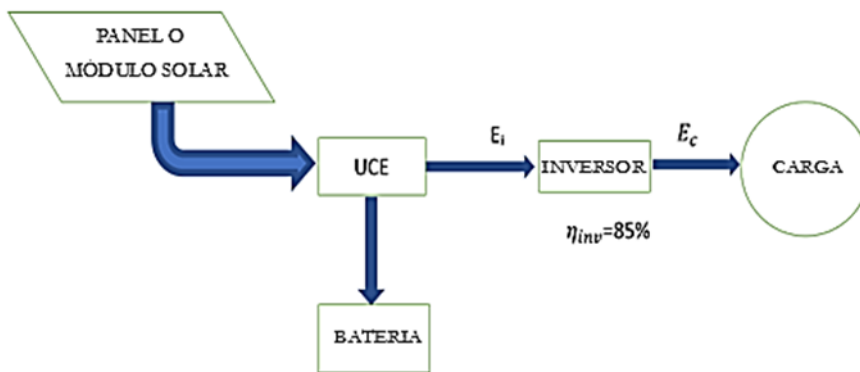


Figura 3. Esquema de instalación y reparto de energía.

Se analiza la eficiencia del inversor $\eta_{inv} = 85 \%$, con este dato podemos hallar la energía del inversor $E_i = 1500$ Wh.

Energía del Panel = E_p .

$$E_p = \frac{1}{f} E_i$$

Donde f = factor integrado de pérdida = 0,75.

$E_p = 2000$ Wh

$$capacidad\ requerida = \frac{E_p}{HPS} = \frac{2000Wh}{3,8h} = 527 W$$

Necesitamos dos paneles de 270 W.

Determinar el número de baterías: Hallamos la capacidad de la batería

$$C_b = \frac{E_i}{12 V} \times \text{factor de seguridad}$$

El factor de seguridad = 1,25

$$C_b = \frac{1500 Wh}{12 V} \times 1,25$$

$$C_b = 156 Ah$$

Autonomía:

$$\text{Autonomía} = C_b \times 4 \text{ días}$$

$$\text{Autonomía} = 156 Ah \times 4 \text{ día}$$

$$\text{Autonomía} = 624 Ah. \text{ día}$$

Se necesita cuatro baterías de 150 Ah, cada una.

DISCUSIÓN

La realización de las actividades que se desarrollan en el mundo actual necesita de fuentes de energía que nos permita realizarlas. Hoy la mayor parte de la energía que empleamos proviene de los combustibles fósiles, por el momento seguiremos utilizando estas fuentes no renovables de energía, pero se extinguirán, por esta razón se deben buscar urgentemente fuentes alternativas de energía, de lo contrario el daño que hacemos al medio ambiente será probablemente irreversible. ¿Qué hacer para salir de este grave problema? Se debe buscar nuevas fuentes de energía, entre las cuales está la energía solar. Los habitantes de muchas localidades rurales y remotas adolecen de diversos servicios básicos, uno de estos es la electricidad (Pareja, 2015).

Entre las principales fortalezas que se deben plasmar esta un arraigo de la población y un adecuado esquema de explotación socio-técnica, se debe orientar una limitación en el consumo de energía de usuario para lograr una equidad entre ellos, debe haber un espíritu de cooperación comunitaria, todo ello complementado con un entrenamiento del técnico local e información permanente a la comunidad. Cabe indicar que debe existir una disposición real

para las aportaciones de apoyo a la instalación, mantenimientos y reparaciones. Así como una predisposición subjetiva favorable frente a la tecnología (Lillo et al., 2021).

Estas condiciones deben ser comprobadas mediante intervenciones de diagnóstico en la comunidad, por vía de la encuesta y del intercambio directo. Los proyectos se inician con la selección del lugar y el estudio de viabilidad técnica que incluye el prediseño. Sus resultados deciden si se puede pasar o no a la fase del estudio de viabilidad social. Si los resultados son positivos se pasa a la fase de preparación social, diseño final, estudio de impacto ambiental y la instalación del sistema. El seguimiento y comprobación puede tener objetivos de investigación o de rutina, lo que determina su contenido específico. En cualquier caso, debe incluir tanto mediciones técnicas como sociales para los reajustes y correcciones (Kamalapur y Udaycumar, 2011).

Cuando hay necesidad de un dimensionado de sistemas solares, es necesario recurrir a datos de radiación solar, así como de temperatura; toda la información generada servirá para concientizar a las autoridades a considerar dentro de los planes de desarrollo el uso doméstico de la energía solar y permitir que los pobladores de las zonas alto andinas tengan una mejor calidad de vida.

CONCLUSIONES

La ejecución de los proyectos de electrificación rural con minirredes implica un componente social que es importante tomar en cuenta desde las fases más tempranas de su implementación. Esto solo puede realizarse de manera exitosa desde una perspectiva sistémica orientada al poblador. El éxito social de los proyectos está condicionado por la presencia de los factores relacionados antes en la discusión, los cuales deben ser comprobados mediante intervenciones de diagnóstico antes de abordar la ejecución de los proyectos. El análisis de algunas buenas prácticas de electrificación rural permitió descubrir algunas invariantes que han sido sistematizadas en un algoritmo, que se propone para abordar los proyectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Galviz, J.; Gutiérrez, R. 2014. Proyecto para la implementación de un sistema de generación solar fotovoltaica para la población Wayuu en Nazareth corregimiento del municipio de Uribia, departamento de la Guajira - Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia. <<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/2590>>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) <https://www.inei.gov.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/lib1552> [Consulta: 18-04-2022].
- Kamalapur, G.; Udaycumar, R. 2011. «Rural electrification in India and Feasibility of photovoltaic solar home systems». *Electrical Power & Energy Systems*. Vol 33, N° 3: 594-599. <<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2010.12.014>>.
- Lillo, P.; Ferrer-Martí, L.; Juanpera, M. 2021. «Strengthening the sustainability of rural electrification projects: Renewable energy, management models and energy transitions in Peru, Ecuador and Bolivia». *Energy Research & Social Science*. Vol 80: 195-203. <<https://doi.org/10.1016/j.erj.2021.102222>>.
- Mackay, Michael. 2015. *Solar energy. An introduction*. Oxford: Oxford University Press
- Ortega Mario. 2012. *Energías Renovables*. Madrid: Paraninfo.
- Pareja, Aparicio. 2015. *Energía solar fotovoltaica. Cálculo de una instalación aislada*. Madrid: Marcombo.
- Reinders, Angele et al. 2017. *Photovoltaic solar energy from fundamentals to applications*. New York: Wiley.
- Sarmiento, Antonio. 2013. *Energía solar fotovoltaica. Temas seleccionados*. La Habana: Academia
- Tamayo, Jesús et al. 2016. *La industria de la electricidad en el Perú: 25 años de aportes al crecimiento económico del país*. Lima. Osinergmin.

Fecha de recepción: 25/07/22

Fecha de aceptación: 28/09/22

Correspondencia

Wilfredo Javier Valdivia Rojas

wvaldiviar@unasam.edu.pe