



DOI: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i6.2405>

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de revisión

Factibilidad del sistema fotovoltaico para suministro eléctrico autosustentable

Feasibility of the photovoltaic system for self-sustaining electricity supply

Viabilidade do sistema fotovoltaico para fornecimento autossustentável de energia elétrica

Yandry Alfonso Reyna-Moreira ^I

yreyna9263@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0726-6325>

Wilber Manuel Saltos-Arauz ^{II}

wilber.saltos@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-5520-595X>

Alcira Magdalena Vélez-Quiroz ^{III}

alcira.velez@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0133-1744>

Correspondencia: yreyna9263@utm.edu.ec

***Recibido:** 30 de septiembre de 2021 ***Aceptado:** 20 de octubre de 2021 * **Publicado:** 20 de noviembre de 2021

- I. Masterado en la Universidad Técnica de Manabí, Especialidad Sistemas Eléctricos de Potencia, Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia, Gerente Técnico y Accionista en ANREYSER S.A., Profesional en Libre ejercicio de la Profesión.
- II. Magister en Energías Renovables, Magister en Docencia Superior en Física, Ingeniero Eléctrico en Sistema Eléctrico de Potencia, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Doctorando en la Cujae- La Habana Cuba, Magíster en Gerencia Educativa, Ingeniera Eléctrica en Sistema Eléctrico de Potencia, Docente Investigadora de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

El presente artículo se desarrolló con el objetivo de identificar los beneficios que proporciona la instalación de un sistema fotovoltaico para el suministro de energía eléctrica autosustentable, razón por la cual se empleó un tipo de investigación descriptiva con enfoque cualitativo debido a que se describen las características y naturaleza de las energías renovables, haciendo énfasis en los sistemas fotovoltaicos para la generación eléctrica autosustentable, mediante un análisis bibliográfico documental. De esto se obtuvo como resultado que los sistemas fotovoltaicos son una solución factible para la generación de energía eléctrica, sobre todo en zonas aisladas donde el suministro eléctrico es limitado e incluso deficiente. Concluyendo entonces que mediante el aprovechamiento de la energía solar se logra reducir los costes del abastecimiento de energía eléctrica y mejorando la calidad del servicio a la vez que se promueve la conservación medioambiental.

Palabras clave: Energías renovables; energía solar; sistema fotovoltaico; generación eléctrica autosustentable.

Abstract

This article was developed with the objective of identifying the benefits provided by the installation of a photovoltaic system for the supply of self-sustaining electrical energy, which is why a descriptive type of research with a qualitative approach was used because the characteristics and characteristics are described. nature of renewable energies, emphasizing photovoltaic systems for self-sustaining electricity generation, through a documentary bibliographic analysis. As a result, it was obtained that photovoltaic systems are a feasible solution for the generation of electricity, especially in isolated areas where the electricity supply is limited and even deficient. Concluding then that by taking advantage of solar energy it is possible to reduce the costs of supplying electricity and improving the quality of service while promoting environmental conservation.

Keywords: Renewable energy; solar energy; photovoltaic system; self-sustaining electricity generation.

Resumo

Este artigo foi desenvolvido com o objetivo de identificar os benefícios proporcionados pela

instalação de um sistema fotovoltaico para o fornecimento de energia elétrica autossustentável, razão pela qual se utilizou um tipo de pesquisa descritiva com abordagem qualitativa pelas características e natureza das energias renováveis. energias, com ênfase nos sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica autossustentável, por meio de uma análise bibliográfica documental. Como resultado, obteve-se que os sistemas fotovoltaicos são uma solução viável para a geração de energia elétrica, principalmente em áreas isoladas onde o fornecimento de energia elétrica é limitado e até deficiente. Concluindo, então, que o aproveitamento da energia solar é possível reduzir os custos com fornecimento de energia elétrica e melhorar a qualidade do serviço, promovendo a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Energia renovável; energia solar; sistema fotovoltaico; geração autossustentável de eletricidade.

Introducción

De acuerdo con Oviedo (2018) la energía se clasifica en renovable y no renovable en función de su capacidad de renovación. Se define como "recurso renovable" aquel que no se agota con su utilización, debido a que vuelve a su estado original después de su uso o se regenera a una tasa mayor o igual a la tasa con que el mismo es disminuido por su utilización.

Atendiendo a esta definición, Sánchez Maza (2017) expone que es cierto que algunos recursos renovables podrían dejar de serlo si su tasa de utilización fuera tan alta que se impidiera su total renovación; sin embargo, algunos de esos recursos renovables se pueden clasificar como perpetuos, ya que no es posible su agotamiento por muy intensiva que sea su utilización.

Normalmente, la utilización de un recurso o energía renovable tiene la característica intrínseca de producir un impacto mucho menor en el medio ambiente respecto a la utilización o transformación de energía no renovable.

Según Luna Medina (2019) las energías renovables son fuentes de energías limpias, inagotables y crecientemente competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero (causantes del cambio climático) ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la

tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta, al margen de su volatilidad coyuntural.

Por su parte Estrada Gasca (2013) manifiesta que:

La demanda energética mundial está en continuo aumento a un ritmo de crecimiento anual del 2.47 %. En un escenario al 2030 para la transformación del sistema mundial de energía, elaborado a partir del cumplimiento de nuevas políticas energéticas que consideran una economía baja en carbón para la protección del medio ambiente, todas las fuentes primarias contribuyen a satisfacer la demanda energética. (p. 1)

A este respecto, Fabara (2020) explica que el desarrollo de las energías limpias es imprescindible para combatir el cambio climático y limitar sus efectos más devastadores. El 2019 fue el segundo año más cálido desde que existen registros, por detrás de 2016. La temperatura media de los últimos cinco años ha sido aproximadamente 1,2 grados superior al nivel preindustrial, según el servicio de cambio climático de Copernicus.

Resulta importante destacar que cada tecnología aplicada al aprovechamiento de las energías renovables, presenta unas características propias que condicionan su desarrollo, así como las necesidades de apoyo que le son necesarios. En general, las tecnologías renovables tienen costes de desarrollo más elevados que las tecnologías convencionales y, a su vez, muy diferentes entre sí (Altomonte, 2020).

Por otra parte, resulta importante mencionar que de acuerdo con Rodgers (2019) el balance financiero de la electrificación rural en varios países del mundo, principalmente en el la región centroamericana es negativo, donde se evidencia que un bajo porcentaje de la población rural cuenta con energía electricidad, toda vez que los costos administrativos y de mantenimiento para las empresas productoras y distribuidoras es elevado en comparación con los ingresos obtenidos por la recaudación por cobros de planillas.

El mercado de la electrificación rural es menos favorable a medida que esta se extiende en un país, debido a la disminución de los niveles de demanda y a la dispersión y alejamiento de los consumidores en las zonas rural del territorio de una Nación (Rodgers, 2019).

Por otra parte, Guterres (2018) refiere que los proyectos de energías renovables en entornos rurales, propone un beneficio a los pobladores de dicha zona, principalmente el uso de la energía solar, con

lo cual se prevé combatir la pobreza energética en las comunidades rurales de los países que así lo requieren, coadyuvando además con la conservación del medio ambiente.

De lo expuesto, resulta importante destacar que, en las zonas rurales, al tener una accesibilidad limitada o incluso deficiente, los pobladores para el ejercicio de diversas actividades recurren al empleo de fuentes ineficientes y costosas como baterías o microplantas individuales cuyo funcionamiento es a base de diésel.

Bajo este contexto, surge la necesidad realizar el presente estudio, con el cual se busca demostrar los beneficios de la implementación de un sistema fotovoltaico, como medio de generación autosustentable del suministro eléctrico, lo cual propone un mejoramiento de la calidad del fluido eléctrico, así como la reducción de los costos que el alumbrado y demás necesidades básicas generan, además que promueve la conservación del medio ambiente a través del uso de energías limpias.

La importancia de este estudio, consiste en que la sostenibilidad económica y ambiental, se encuentra enmarcada en la tendencia mundial de aprovechar las fuentes renovables para la generación de electricidad. Por ello para contrarrestar la creciente presencia de las fuentes no renovables en la generación de electricidad en el país, el Ecuador durante los últimos 13 años ha sentado las bases para cubrir la demanda interna de electricidad con producción nacional basada en fuentes de energías renovables, empleando para tales efectos plantas de generación hidráulica mediante el aprovechamiento de las corrientes fluviales.

En concordancia a la información precedente, se establece que la problemática sobre la cual se desarrolla este estudio consiste en ¿Cómo ayudan los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en las zonas rurales? Razón por la cual el objetivo planteado consiste en identificar los beneficios que proporcionan los sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en las zonas rurales.

Desarrollo

Características principales de las energías renovables

Las energías renovables son aquellas que se obtienen a partir de fuentes naturales que producen energía de forma inagotable e indefinida. Por ejemplo, la energía solar, la energía eólica o la energía mareomotriz son fuentes renovables de energía. También se consideran renovables cuando se

obtienen a partir de fuentes que se regeneran con el tiempo de manera natural, como la masa forestal.

González Gouret (2015) en relación a lo expuesto distingue que:

La mayor contribución a las necesidades energéticas globales provendrá de la generación fotovoltaica, que incluso ya hoy ha superado a la eólica. No obstante, esas esperanzas no están cifradas en las celdas de segunda o tercera generación, sino en la tecnología de silicio, cuya eficiencia aumenta, con un costo cada vez menor (p. 94).

Las energías renovables son recursos limpios y casi inagotables que proporciona la naturaleza. Por su carácter autóctono contribuyen a disminuir la dependencia de un país por los suministros externos, aminoran el riesgo de un abastecimiento poco diversificado y favorecen el desarrollo de nuevas tecnologías y de la creación de empleo.

Tipos de energía renovable

Energía solar: La energía que produce el sol puede ser aprovechada de diversas maneras. Los paneles fotovoltaicos de los tejados son los que más se conocen, sin embargo, el avance de la tecnología ha dado lugar a distintas variedades: paneles flexibles, de bajo coste, en órbita alrededor de la tierra o aplicables como una pintura en cualquier clase de superficie. Es entonces que de acuerdo con Juberías Sornichero (2014) se identifica que la energía solar se basa en el aprovechamiento de la energía emanada por el sol, transformándola en energía eléctrica o energía térmica.

Energía eólica: Según Villarrubia López (2017) se establece que la tecnología eólica es de las más consolidadas y de las que tienen un mayor potencial en los próximos años. Los enormes aerogeneradores ya forman parte del paisaje de muchas zonas. En la actualidad, se trabaja en el diseño de turbinas de una o dos palas, voladoras, de eje vertical o flotante.

Energía hidráulica o hidroeléctrica: Con relación a la energía hidráulica Sanz Osorio (2018) refiere que consiste en el aprovechamiento de las corrientes de agua en los ríos a través de presas que mediante sus generadores producen la electricidad. Las presas grandes producen el veinte por ciento de la electricidad de todo el mundo y el siete por ciento de la energía total. La energía hidroeléctrica hace posible una reducción en un trece por ciento de la emisión a la atmósfera de agentes contaminantes.

Biomasa y biogás: Según Crespo Martínez (2020) la biomasa es el conjunto de residuos orgánicos que produce la sociedad, desde la basura hasta los residuos ganaderos, agrícolas o forestales. Como ciudadano, puedes emplearla para la climatización de tu vivienda y abastecerte de la electricidad que se produce en instalaciones específicas. Por lo tanto, gracias a ella se resuelve el problema del tratamiento de los residuos que se desaprovechan del monte y del campo. Además, reducimos el peligro de incendios forestales. Se puede emplear también como fertilizante en la agricultura.

Energía geotérmica: Jutglar (2016) refiere que la geotérmica se consigue a través del calor que se genera en el interior de la tierra. Su aprovechamiento puede producirse en instalaciones grandes en las que es posible generar varios megavatios o en las conocidas como calefacciones de distrito. Estas son una especie de calefacción central de un edificio, pero para toda una ciudad.

Energía mareomotriz: De acuerdo con Rodríguez Santos (2017) se determina que la energía mareomotriz se genera mediante el aprovechamiento del movimiento del agua en las subidas y bajadas de marea lo cual hace girar las turbinas de los generadores produciendo energía eléctrica.

Beneficios en el medio ambiente por el uso de las energías renovables

De acuerdo con Vergara, et al., (2014) la principal ventaja es la prácticamente nula emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes que contribuyen al cambio climático. Además, su empleo ayuda a disminuir enfermedades relacionadas con la contaminación, toda vez que se reduce la necesidad de industrias extractivas en la medida que se evita el uso de combustibles fósiles. No crean problemas de basura difíciles de resolver, como la eliminación de residuos nucleares o escorias.

Características y clasificación de los sistemas fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina.

En relación a lo expuesto Alonso Abella (2019) distingue que las instalaciones fotovoltaicas se dividen en dos grandes grupos en función del objetivo de la mismas: instalaciones aisladas de la red, cuya finalidad es satisfacer total o parcialmente la demanda de energía eléctrica convencional

residencial o de una comunidad, y las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red, que tienen como objetivo fundamental entregar la energía a la red eléctrica pública; esta última, de gran superficie, se está utilizando como superficie de terminación e imagen en un edificio.

Instalaciones aisladas de la red: Se emplean en localidades lejanas, que no tienen acceso a la red pública: instalaciones rurales, iluminación de áreas aisladas, telecomunicaciones, balizas o boyas de señalización y bombeo de agua. Por su parte Heras (2019) distingue que estas instalaciones posibilitan dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución:

El sistema centralizado: Consiste en un único gran sistema que cubre las necesidades de un conjunto de usuarios. La ventaja es disminuir los costos del sistema manteniendo la calidad del suministro.

El sistema descentralizado: Consiste en la instalación de un sistema individual completo en cada vivienda para cubrir sus necesidades; al contrario del anterior, este tiene un mayor costo.

Instalaciones conectadas a la red: En este caso, la red pública actúa como un disipador de energía infinita y acepta toda la energía disponible del sistema fotovoltaico, tanto de centrales fotovoltaicas como de los instalados en viviendas y edificios. En concordancia a lo expuesto Ramírez (2019) refiere que este sistema requiere de condiciones de funcionamiento diferentes a la solución aislada, no necesita de subsistema de almacenamiento, y el sistema de regulación cumple la función de indicar al inversor de energía la disponibilidad en cada momento en los paneles (el punto de máxima potencia); este sistema conlleva, además, un beneficio económico: "huertos solares".

Instalaciones Híbridas: Alarcón (2019) explica que "son aquellas que combinan los módulos fotovoltaicos con una o más fuentes energéticas auxiliares, como pueden ser los aerogeneradores, o los motores Diésel" (p. 88). Con base a lo expuesto se establece que este sistema es más fiable que los anteriores, ya que, al disminuir la captación y generación de electricidad del sistema fotovoltaico, el suministro no se ve comprometido al ser complementado por otro tipo de generación ya sea renovable o no renovable.

Componentes y funcionamiento del sistema fotovoltaico

De acuerdo con Macancela Zhuni (2012) los componentes del sistema fotovoltaico son: el módulo solar que corresponde al elemento principal de la instalación; el regulador de carga, que tiene la función de administrar la energía con eficiencia, siendo este el nexo entre los paneles solares y los

demás componentes; la batería, que regula el suministro eléctrico y se encuentra presente principalmente en los sistemas autónomos.

Con respecto al funcionamiento, Romero (2015) expone que la energía eléctrica generada por un sistema fotovoltaico depende del número de horas que el sol esté brillando sobre un panel solar, así como también depende de los módulos que han sido instalados, la orientación, inclinación, la radiación solar que llegue, la calidad de la instalación y la potencia nominal.

Las celdas fotovoltaicas son los dispositivos por medio de los cuales se absorbe la energía del sol. Estos elementos de un sistema fotovoltaico son capaces de generar energía eléctrica aprovechando la luz solar que incide sobre ellos. Las celdas deben estar confeccionadas en material semiconductor, que funciona recibiendo fotones provenientes del sol.

Materiales y métodos

Para el desarrollo de este estudio se empleó un tipo de investigación descriptiva con enfoque cualitativo, debido a que se realizó un análisis bibliográfico documental, con la finalidad de establecer las características y beneficios que proporciona el uso de las energías renovables, en específico la energía solar, la cual es captada y procesada mediante el uso de un sistema fotovoltaico para generar y suministrar energía eléctrica a la población rural.

Resultados y discusión

De acuerdo con el trabajo realizado por Oña & Suquillo (2020) se establece que en las zonas rurales del Ecuador las fuentes de energía convencional suelen presentar deficiencias por motivo de las largas distancias que la interconexión debe recorrer y en ciertos sectores aislados esta infraestructura suele ser inexistente, por tal motivo los sistemas fotovoltaicos aislados para estas zonas son una solución fiable para suministrar de energía eléctrica de calidad a este sector poblacional, tomando en consideración que las características topográficas del país son variadas, lo cual manifiesta un elevado potencial para el aprovechamiento de la energía solar, toda vez que los valores de radiación en el territorio ecuatoriano presenta homogeneidad.

Mafla (2020) explica que la variedad climática y condiciones únicas del ecosistema del Ecuador, le proporcionan un eminente potencial para la generación de energía eléctrica mediante el empleo de las energías renovables, esto toma mayor relevancia tomando en consideración que la

electrificación en zonas rurales aun en la actualidad presenta problemas, ya que dependen de centrales de generación que se encuentran fuera del territorio, provocando que el suministro sea ineficiente para satisfacer las necesidades locales, es así que conforme el estudio desarrollado en las provincias de Imbabura y Pichincha se estima que el potencial fotovoltaico promedio es de 1.670 kWh/kWp, mostrando un rendimiento del 81,4% y un factor de capacidad de 19%, bajo este contexto se vuelve factible así como necesario, la implementación de centrales fotovoltaicas autónomas, permitiendo el desarrollo local de las comunidades rurales con problemas de cobertura eléctrica.

Según Vélez (2018) los costos relativos a la electrificación de las zonas rurales por el método convencional (extensión de la red eléctrica) son elevados considerando variables como la distancia entre las viviendas que se encuentran en dichas zonas, así como el recorrido que la red debe realizar hasta llegar al asentamiento poblacional; mientras que el costo de instalar sistemas fotovoltaicos autónomos, se limita al número de viviendas que existe en cada comunidad, es así que por ejemplo en el cantón Chone de la provincia de Manabí, en el sitio denominado El Páramo con 10 viviendas y 15 Km de distancia, el costo para la extensión de red promedia los USD 334.593,75, mientras que la instalación de los sistemas fotovoltaicos autónomos requieren de una inversión máxima de USD 139.350,00; así también el sitio El Espartillal con 7 viviendas y 20 Km de distancia los costos son de USD 446.125,00 y USD 97.545,00 respectivamente. Por lo tanto, los parámetros financieros demuestran que los sistemas fotovoltaicos autónomos constituyen una alternativa válida para la electrificación de las zonas rurales.

Por su parte Rodríguez et al., (2018) explican que la matriz energética del Ecuador pasa en la actualidad por una serie de cambios con lo que se busca aprovechar las fuentes renovables para la producción de energía eléctrica. Razón por la cual existen diversos estudios que promueven la implementación de sistemas de generación de energía eléctrica que sea amigable con el medio ambiente, Es así que conforme los cálculos realizados, en la comunidad de Playa Prieta, cantón Portoviejo, provincia de Manabí, se evidencia que la radiación solar promedio que recae en esta zona es de 4.845, lo cual al ser captada y procesada por sistemas autónomos fotovoltaicos permite reducir en un 40% el consumo de energía requerido por las viviendas del sector (en horario diurno), contribuyendo de esta manera a reducir las potencias y energías demandadas al sistema eléctrico, lo que se traduce en eficiencia energética.

Conclusiones

De acuerdo con la investigación realizada se determina que a nivel mundial una de las principales preocupaciones es la de abastecer la demanda de energía eléctrica buscando alternativas que a diferencia del uso de combustibles fósiles no agredan el medio ambiente, es así que surge la iniciativa de aprovechar las energías renovables, mismas que por su naturaleza se conciben como fuentes inagotables que no emiten residuos contaminantes, tal es el caso de la energía solar, eólica, hidráulica o hidroeléctrica, biomasa y biogás, geotérmica y la energía mareomotriz.

El aprovechamiento de la energía solar mediante un sistema fotovoltaico se muestra como una solución factible para zonas aisladas donde la energía eléctrica proveniente de la red estatal es limitada o deficiente.

De acuerdo con los estudios referenciales analizados se determina que la implementación de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica se constituyen como una alternativa viable para la electrificación de las viviendas que se encuentran asentadas en las zonas rurales, estimándose que durante el día se reduce la carga energética demandada de la red en un promedio del 40%, además en circunstancias donde los asentamientos se encuentran aislados la inversión por parte del Estado sería mucho mayor al ampliar la red que optando por incorporar sistemas fotovoltaicos autónomos a cada vivienda.

Referencias

1. Alarcón, A. M. (2019). Energía eólica y solar. Madrid, España: Editorial Elearning S.L.
2. Alonso Abella, M. (2019). Sistemas Fotovoltaicos. Recuperado el 07 de diciembre de 2020, de Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas: <https://static.eoi.es/savia/documents/componente45335.pdf>
3. Altomonte, H. (2020). Energías renovables y eficiencia energética en América Latina y el Caribe: Restricciones y perspectivas. Santiago de Chile: CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.
4. Crespo Martínez, A. (2020). Energías renovables para el desarrollo en Ecuador. Quito, Ecuador: Editorial Abya-Yala.

5. Estrada Gasca, C. A. (2013). Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia. Recuperado el 12 de diciembre de 2020, de Revista Mexicana de Física: <https://www.redalyc.org/pdf/570/57030971010.pdf>
6. Fabara, A. M. (2020). Energías Renovables. Recuperado el 11 de junio de 2021, de Acciona. Business as Unusual: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/>
7. Fernández, I. (2019). La envolvente fotovoltaica en la arquitectura: Criterios de diseño y aplicaciones. Barcelona, España: Editorial Reverté S.A.
8. González Gouret, D. (2015). Las energías renovables al servicio de la humanidad. Recuperado el 07 de diciembre de 2020, de Revista de Arquitectura y Urbanismo: <http://scielo.sld.cu/pdf/au/v36n1/au08115.pdf>
9. Guterres, A. (2018). Electricidad en las regiones rurales. Recuperado el 29 de octubre de 2021, de Oficina de las Naciones Unidas para Proyectos (UNOPS): <https://www.unops.org/es/news-and-stories/news/lighting-up-rural-sierra-leone>
10. Juberías Sornichero, L. (2014). Energías renovables. Propuesta didáctica. Recuperado el 07 de diciembre de 2020, de Revista Ribalta. Quaderns d'aplicació didáctica i investigació: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4815869.pdf>
11. Jutglar, L. (2016). Energía geotérmica. Barcelona, España: Ediciones CEAC.
12. Luna Medina, J. A. (2019). ¿Cómo ves? Energías renovables: hacia la sustentabilidad. México: Servicio de Publicaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México.
13. Macancela Zhuni, L. G. (2012). Diagnóstico de la implementación de los sistemas fotovoltaicos correspondientes a la primera etapa del proyecto YANTSA ii ETSARI. Recuperado el 07 de diciembre de 2020, de Repositorio Digital de la Universidad de Cuenca: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/689/1/te321.pdf>
14. Mafla, M. A. (2020). Zonificación para instalaciones fotovoltaicas en tierras afectadas por la erosión en comunidades rurales de las provincias de Pichincha e Imbabura. Recuperado el 29 de octubre de 2021, de Repositorio Digital de la Universidad de las Fuerzas Armadas: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/22525/T-ESPE-043850.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
15. Oña, C. E., & Suquillo, I. F. (2020). Simulación de un sistema de generación fotovoltaico aislado para zonas rurales del Ecuador. Recuperado el 29 de octubre de 2021, de

- Repositorio Digital Institucional de la Escuela Politécnica Nacional:
<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21213/1/CD%2010735.pdf>
16. Oviedo, F. G. (2018). Energías renovables: aproximación a su estudio. Salamanca, España: Amarú Ediciones.
 17. Ramírez, M. Á. (2019). Energía solar fotovoltaica. Madrid, España: Editorial Elearning S.L.
 18. Rodgers, K. (2019). Proyecto Plurinacional de Energía y Desarrollo en el Istmo Centroamericano. Recuperado el 29 de octubre de 2021, de Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente de la Organización de los Estados Americanos: <http://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea64s/ch05.htm#TopOfPage>
 19. Rodríguez Santos, R. (2017). Aprovechamiento de la energía undimotriz en el Ecuador. Recuperado el 29 de abril de 2021, de Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/5055/505554801003/505554801003.pdf>
 20. Rodríguez, M., Vásquez, A., Vélez, A., & Saltos, W. (2018). Mejora de la calidad de la energía con sistemas fotovoltaicos en las zonas rurales. Revista Científica Ciencia e Ingeniería, 1(33), 265-274. Recuperado el 29 de octubre de 2021, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-22532018000300265
 21. Romero, J. (2015). Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró. Recuperado el 07 de diciembre de 2020, de Repositorio Digital de la Universitat Politècnica de Catalunya: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/26396/memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 22. Sánchez Maza, M. Á. (2017). Introducción a las energías renovables. Málaga, España: Innovación y Cualificación, S.L.
 23. Sanz Osorio, J. F. (2018). Energía hidroeléctrica. Zaragoza, España: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza.
 24. Vélez, A. M. (2018). Estudio de la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del cantón Chone, Manabí, Ecuador. Revista Riemat, 3(1),

- 23-30. Recuperado el 28 de octubre de 2021, de <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Riemat/article/download/1420/1500/>
25. Vergara, W., Isbell, P., Ríos, A., Gómez, J., & Alves, L. (2014). Beneficios para la sociedad de la adopción de fuentes renovables de energía en América Latina y el Caribe. Recuperado el 07 de diciembre de 2020, de Publicaciones del Banco Interamericano de Desarrollo: <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Beneficios-para-la-sociedad-de-la-adopci%C3%B3n-de-fuentes-renovables-de-energ%C3%ADa-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe.pdf>
26. Villarrubia López, M. (2017). Ingeniería de la Energía Eólica. Barcelona, España: Ediciones Técnicas Marcombo S.A.

©2021 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).