

Potencial de ahorro energético y socioambiental de la energía fotovoltaica para el suministro de electricidad limpia en el sector residencial del cantón Portoviejo

Potential for energy and socio-environmental savings of photovoltaic energy for the supply of clean electricity in the residential sector of the Portoviejo canton

Jimmy Andrés Arteaga-Montesdeoca¹
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
jarteaga4192@utm.edu.ec

María Rodríguez-Gómez²
Universidad Técnica De Manabí - Ecuador
mariarodriguez@utm.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2068

V8-N5 (sep-oct) 2023, pp. 1045-1055 | Recibido: 01 de agosto de 2023 - Aceptado: 07 de septiembre de 2023 (2 ronda rev.)

1 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4541-19530>

2 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3178-0946>

Arteaga-Montesdeoca I, J., & Rodríguez-Gómez, M., (2023). Potencial de ahorro energético y socioambiental de la energía fotovoltaica para el suministro de electricidad limpia en el sector residencial del cantón Portoviejo. 593 Digital Publisher CEIT, 8(5), 1045-1055, <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.5.2068>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

Resulta imposible construir una matriz energética sostenible sobre los cimientos de la gestión energética tradicional, costosa e ineficiente, se requiere de voluntad política para la transición de la matriz energética con fuentes renovables. El objetivo del trabajo es aportar teorías sustentadas en aprovechamiento de energía solar, preservación de recursos naturales no-renovables, disminución de emisiones de gases contaminantes y reducción de gastos asociados al pagar la factura eléctrica en Portoviejo.

Partiendo del paradigma deductivo, revisión del material bibliográfico e información primaria para diseñar una investigación cualitativa que, desde la observación y examinación del problema, aporte elementos para su solución; se utilizó la entrevista a especialistas en fuentes renovables de la Universidad Técnica de Manabí; el instrumento QGIS basado en sistemas de información geográfica para acercamiento al territorio y datos relacionados al potencial solar, el PvSyst para simulaciones de tecnología fotovoltaica; abordando la estructura del sistema eléctrico en Manabí, situación actual de la oferta energética, pérdidas del sistema, potencial solar y su aprovechamiento en Portoviejo.

Se obtuvo como resultados la factibilidad técnica, socioambiental y económica para la introducción de la tecnología fotovoltaica en el modo autoconsumo, que logra la integración de una matriz energética territorial más relocalizada, diversa, eficiente y la reducción de impactos ambientales. Concluyendo que, con un 40% de penetración de la tecnología fotovoltaica conectada a la red en el sector residencial de Portoviejo, se puede aportar anualmente el equivalente a 229,9 GWh de energía limpia para autoconsumo y evitar 41,4GWh de pérdidas energéticas y consumo de 57,5t de petróleo.

Palabras clave: autoconsumo, energía limpia, fuentes renovables de energías; generación distribuida; impactos energéticos, impacto ambiental

ABSTRACT

It is impossible to build a sustainable energy matrix on the foundations of traditional, costly and inefficient energy management. Political will is required for the transition of the energy matrix with renewable energy sources. The objective of the work is to provide the theories that are based on the use of solar energy, the preservation of non-renewable natural resources, the reduction of polluting gas emissions and the reduction of expenses associated with the payment of the electric bill of the Portoviejo canton.

Starting from the deductive paradigm, the review of the bibliographic material and primary information to design a qualitative investigation that, from the observation and examination of the problem, contributes elements for its solution, the interview was used with specialists of renewable sources who work at the Technical University of Manabí. As instruments, the QGIS is used, which is based on a geographic information system that allows an approach to the territory and the data related to solar potential, the PvSyst for simulations related to photovoltaic technology. The structure of the electrical system in the province is addressed, the situation of the supply of energy and the losses of the system, the solar potential and its use in the Portoviejo canton.

The technical, socio-environmental and economic feasibility for the introduction of photovoltaic technology in the self-consumption mode was obtained as a result, which achieves the integration of a more relocated, diverse, efficient territorial energy matrix and reduces environmental impacts. It is concluded that, with a 40% penetration of photovoltaic technology connected to the grid in the residential sector of Portoviejo canton, the equivalent of 229.9 GWh of clean energy can be provided annually for self-consumption and 41.4 GWh of energy losses can be avoided, thus avoiding the consumption of 57.5 tons of oil.

Key words: self-consumption, clean energy, renewable energy sources; distributed generation; energy impacts, environmental impact

Introducción

En los últimos años la generación de energía eléctrica a escala global ha representado un serio problema ambiental asociado al agotamiento de los recursos naturales y el incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera. La generación de electricidad por los métodos tradicionales puede tener varios impactos negativos en el medio ambiente, como el agotamiento de recursos naturales no renovables, la emisión de gases de efecto invernadero que inciden en el cambio climático, la contaminación del aire y del agua, la alteración de los ecosistemas y la pérdida de biodiversidad. Además, la construcción de infraestructuras asociadas a la generación de energía eléctrica puede tener un impacto negativo en las comunidades locales y en su calidad de vida, por esto es importante buscar alternativas más sostenibles y respetuosas con el entorno ambiental (Martínez, 2023; Rodríguez et al., 2014).

La importancia de la energía fotovoltaica conectada a la red parte de la posibilidad de producir electricidad mediante el uso de fuentes renovables y limpias como la radiación solar. Al poder conectar a la red este tipo de energía se puede distribuir y utilizar en diferentes lugares, lo que ayuda a reducir la dependencia de los combustibles fósiles y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. También puede generar ingresos adicionales para los propietarios de paneles solares vendiendo el exceso de electricidad a la red (Aguilar-Sánchez y Ortega-Castro, 2021). El aprovechamiento del potencial solar mediante la generación fotovoltaica conectada a la red, ofrece la posibilidad de garantizar la producción energética autónoma que contribuye a reducir las importaciones energéticas, para crear riquezas y empleos a escala local (Aguirre, 2019).

Según los datos aportados por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad de Ecuador, la provincia de Manabí califica entre las tres más consumidoras de electricidad de Ecuador y presenta los niveles más bajos de

eficiencia energética dentro del sistema de potencia del país (Arconel, 2020a).

De acuerdo con el análisis realizado por Rodríguez y Vázquez (2018) el alto consumo de energía eléctrica y las pérdidas del sistema en la provincia implica un sobreconsumo de recursos naturales no renovables y un alto nivel de emisiones de gases de efecto invernadero.

Al considerar lo analizado con anterioridad surge la pregunta de investigación ¿Cuáles son las ventajas relacionadas con el aprovechamiento del potencial que ofrece la energía solar fotovoltaica conectada a la red, para el ahorro energético y socioambiental asociado con el suministro de electricidad en el sector residencial de Portoviejo?

El objetivo del artículo consiste en: reforzar las teorías que parten del aprovechamiento del potencial solar mediante la introducción de tecnología fotovoltaica conectada a la red para la preservación de recursos naturales no renovables, minimización de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y disminución del gasto asociado por pago de la factura eléctrica en el sector residencial del cantón Portoviejo.

De acuerdo con el criterio de Hernández et al., (2017) el método aplicado parte del paradigma deductivo que permitió analizar el problema de investigación, el examen de las teorías asociadas con el aprovechamiento del potencial solar mediante la aplicación de la tecnología fotovoltaica conectada a la red, la definición de los impactos energéticos y socioambientales derivados, que posibilitó llegar a conclusiones precisas sobre el tema que se estudia. Como instrumentos se utilizó el sistema de información geográfica (Geoportal, 2023) que permitió desarrollar el estudio del potencial solar en el territorio de la provincia y su interpretación energética.

El desarrollo de la investigación permitió develar la importancia que reviste el aprovechamiento de la energía solar mediante la introducción de la tecnología fotovoltaica conectada a la red, como una solución viable

de eficiencia energética, ahorro de recursos naturales y para la protección del medio ambiente, encaminado al desarrollo sostenible del territorio.

Materiales y métodos

Como método teórico de investigación se parte del paradigma deductivo que posibilitará profundizar en el estudio del problema, el análisis del sistema de potencia en la provincia de Manabí, la eficiencia energética, los impactos socioambientales derivados, el examen de las teorías generales vinculadas con la energía fotovoltaica, el potencial de ahorro energético y socioambiental vinculado con la introducción de la tecnología fotovoltaica conectada a la red en el sector residencial del cantón Portoviejo, el manejo de la información primaria y datos estadísticos disponibles, que permitieron arribar a conclusiones precisas sobre el tema estudiado (Hernández et al., 2017).

La observación facilitó operar un acercamiento al sistema eléctrico del territorio y en especial en el sector residencial del cantón, la generación y la oferta de electricidad en el territorio y las consecuencias de los impactos asociados, así como el diseño técnico de la central fotovoltaica conectada a la red que se encuentra instalada en la superficie techada de uno de los edificios docentes de la Universidad técnica de Manabí y de sus resultados.

El enfoque de la investigación es cuantitativo-cualitativo para realizar la exploración y comprensión en profundidad de los fenómenos energéticos y socioambientales mediante la recopilación y análisis de datos e información primaria disponible y la identificación de patrones relacionales significativos en los datos recopilados (Urbina, 2020).

Como técnicas de investigación se utilizaron los resultados de entrevistas realizadas a especialistas en el ámbito de la energía solar fotovoltaica que se desempeñan como docentes investigadores a tiempo completo en la carrera

de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Manabí.

Como instrumentos de investigación se trabajó con los datos del potencial solar del cantón Portoviejo que se genera por el Sistema de Información Geográfica para el desarrollo sostenible de la provincia de Manabí y que se encuentra disponible en el geoportal de la Universidad Técnica de Manabí, (2023).

Se realizaron simulaciones mediante el aprovechamiento de las ventajas que ofrece la herramienta PvSyst (2018), para apoyarse en el análisis de los impactos energéticos y socioambientales asociados con el diseño de la tecnología fotovoltaica conectada a la red. El QGIS se empleó para gestionar la información espacial del potencial solar que incide en el cantón Portoviejo y que sirvió para la estimación de los cálculos energéticos de la tecnología fotovoltaica, el costo del kWh generado, las pérdidas evitadas y el posible ahorro de combustible fósil.

Para realizar los cálculos en la fase inicial del proyecto se aplicó el sistema de ecuaciones según el libro académico titulado La Energía Solar en la Provincia de Manabí, que fue editado por la editorial de la Universidad Técnica de Manabí (Rodríguez y Vázquez, 2018).

Con base a lo expresado, para determinar la productividad normalizada se aplicó la ecuación 1.

(1)

Donde:

P_n → productividad normalizada (kWh/kWp día)

P_{spa} → potencial solar promedio anual (kWh/m² día)

PFV → potencia fotovoltaica (kWp)

Acc → área de captación solar de las células fotovoltaicas (6,4m²)

η_t → eficiencia técnica de los módulos (cuando se trata del silicio policristalino es igual a 0,13. Si se trata del silicio monocristalino es igual al 0,16)

η_c → eficiencia promedio de captación de la radiación durante el ciclo de vida (0,86)

La productividad específica se calculó a partir de la ecuación 2.

(2)

Donde:

P_e → productividad específica (kWh/kWp año)

P_n → productividad normalizada (kWh/kWp día)

A_{op} → año de operación de la tecnología fotovoltaica (año=365 día)

La productividad del sistema se obtuvo a partir de la ecuación 3.

(3)

Donde:

P_s → productividad del sistema (kWh año)

P_i → potencia instalada (kWp)

Para la estimación de la productividad en el ciclo de vida de la tecnología fotovoltaica se aplicó la ecuación 4.

(4)

Donde:

P_{scv} → productividad del sistema en el ciclo de vida (kWh cv)

C_v → ciclo de vida (para el silicio policristalino es: $A_{cv}= 25$ años; para el silicio monocristalino $A_{cv}= 20$ años)

Para estimar la potencia fotovoltaica que se necesita instalar se utilizará la ecuación 5.

(5)

Donde:

P_{fvNi} → Potencia fotovoltaica necesaria a instalar (kWp)

C_{Edhd} → Consumo de electricidad diaria en el horario diurno (kWh día)

Para calcular la cantidad de energía que como promedio pudiera generar un sistema fotovoltaico en un día de operación, se hizo uso de la ecuación 6.

(6)

Donde:

E_{pg} → energía posible a generar diariamente con la capacidad fotovoltaica estimada (kWh día).

Para estimar las pérdidas de energía del sistema centralizado que se pueden reducir con la generación fotovoltaica se aplicó la ecuación 7.

(7)

Donde:

P_{ev} → pérdidas evitadas (kWh)

PE → porcentaje de pérdidas evitadas (0,18)

Para calcular el petróleo evitado por concepto de generación de electricidad fotovoltaica se utilizó la ecuación 8.

(8)

Donde:

P_{tev} → Petróleo evitado (g)

C_{cpg} → Coeficiente de consumo de petróleo en la generación de electricidad (0,25g/kWh)

Para estimar el costo relativo del kWh generado con tecnología fotovoltaica se aplicó la ecuación 9.

más bajo de eficiencia del sector eléctrico con las mayores pérdidas a escala del país. En el año 2019 las pérdidas fueron de 462 GWh, por encima de la media provincial de Ecuador que fue de 161 GWh, lo que se pudo comprobar en el contenido del informe publicado por (Arconel, 2019).

De acuerdo con el análisis realizado por Rodríguez et al. (2013) la energía que se pierde implica la sobre generación de electricidad, con un impacto ambiental equivalente a 415.800 t CO₂ que se emite a la atmósfera y un sobre gasto de petróleo equivalente a 115.500 t (toneladas).

La provincia de Manabí figura entre las tres que presentan un consumo más elevado de electricidad suministrada por la red eléctrica. Es el territorio de Ecuador que tiene las pérdidas más elevadas de energía, en concordancia con lo expuesto por Rodríguez y Vázquez (2018).

Más del 80% de la generación en el territorio provincial se realiza mediante el empleo de combustible fósil que representa una amenaza para el agotamiento de los recursos naturales no renovables y un riesgo potencial y latente de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, según lo señalado en el informe de la

de una inversión basada en tecnologías de aprovechamiento de este tipo de energía renovable para generar electricidad, en consonancia con lo analizado por Bonilla (2015); y Muñoz et al. (2019).

De acuerdo con el resultado de la investigación desarrollada por los investigadores Giraldo et al. (2018), las limitaciones vinculadas con la información de la radiación solar puntual en el territorio, constituye una de barreras que puede frenar el desarrollo de las aplicaciones, pues constituye una información necesaria para desarrollar los estudios de inversión durante la etapa inicial y la elaboración definitiva de los proyectos.

Desde el año 2015 en la Universidad Técnica de Manabí un grupo de investigadores desarrollan el sistema de información geográfica para el desarrollo sostenible (SIGDS), en concordancia con lo señalado por Martínez et al. (2019).

De acuerdo con lo expuesto por los autores (Martínez et al., 2019) el SIGDS posibilita el acceso abierto con la utilización de la red a los datos relacionados con el comportamiento del potencial solar que incide en el territorio y desarrollar los cálculos relacionados con la

radiación solar promedio anual. En la tabla 1 se muestran los valores del potencial solar promedio anual por meses del año en el cantón Portoviejo.

Tabla 1
Potencial solar promedio anual por meses del año en el cantón Portoviejo

Concepto	Promedio anual (kWh/m ² día)	Meses del año											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Potencial solar promedio anual	4,845	5,4	5,3	5,9	5,8	5,2	4,1	3,8	4,1	4,4	4,5	4,6	5,2

Agencia de Regulación y Control de Electricidad de Ecuador (Arconel, 2020).

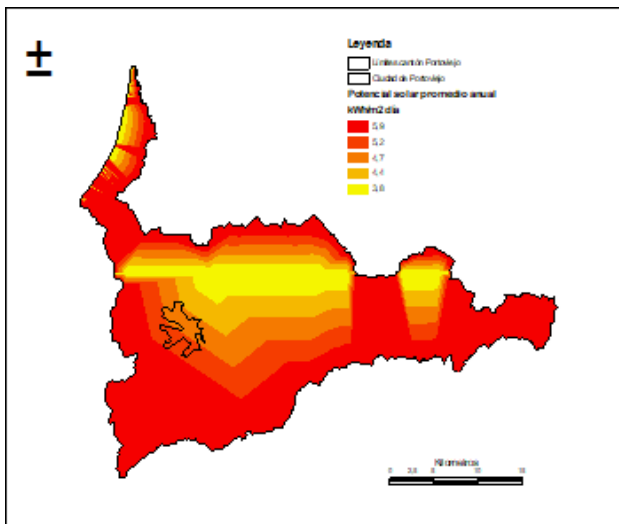
Potencial solar en el cantón Portoviejo

El estudio del potencial solar es un elemento significativo para la materialización

Nota: elaborado a partir de (Geoportal, 2023)

En la figura 2 se muestra un mapa coroplético que refleja el potencial solar promedio anual en el cantón Portoviejo.

Figura 2
Potencial solar promedio anual del cantón Portoviejo



Nota: elaborado a partir de (Geoportal, 2023)

Aprovechamiento de la radiación solar en el cantón Portoviejo

A partir de la información publicada en el SIGDS se conocieron los valores del potencial solar en el cantón Portoviejo, lo que permitió calcular los valores de su aprovechamiento energético. En la tala 2 se exponen los datos relacionados con el análisis de la productividad energética de la tecnología fotovoltaica a partir del tipo de silicio que se utilice para la construcción de las células fotoeléctricas.

Tabla 2
Estimado de la productividad energética según el tipo de tecnología

Conceptos	Promedio
Productividad normalizada con el silicio monocristalino (kWh/kWp día)	4,316
Productividad normalizada con el silicio policristalino (kWh/kWp día)	3,507
Productividad específica con el silicio monocristalino (kWh/kWp año)	1.575
Productividad específica con el silicio policristalino (kWh/kWp año)	1.280
Productividad energética en el ciclo de vida con silicio monocristalino (kWh/kWp cv)	31.499
Productividad energética en el ciclo de vida con silicio policristalino (kWh/kWp cv)	31.992

Nota: elaborado a partir de (Geoportal, 2023)

Las experiencias de las investigaciones relacionadas con la penetración de la tecnología fotovoltaica conectada a la red eléctrica, recomiendan que los proyectos no deben sobrepasar la tolerancia técnica de la red donde se conectan los sistemas, en concordancia con lo señalado por Pesantes et al. (2021); y Rodríguez et al. (2013).

De acuerdo con el criterio de los autores Santos et al. (2012); y Scull (2014), la no observancia de los límites de penetración a la red pueden ser el motivo de dificultades que representan un riesgo potencial de daños para la economía de los usuarios, en especial lo relacionado con el balance del perfil de tensión .

Al considerar el análisis referido con anterioridad se recomienda que la penetración de la tecnología fotovoltaica conectada a la red eléctrica se haga de modo gradual y progresivo, siempre que se realicen los estudios correspondientes de penetración a la red, en correspondencia con lo señalado por Rodríguez et al. (2013).

Para los efectos de la investigación se ha considerado estudiar la penetración fotovoltaica para cubrir hasta un 40% de la oferta energética que se realiza en el territorio.

A partir de la información publicada por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (Arconel, 2020) se conoció que el sector residencial del cantón Portoviejo existen

instalados 12.210 medidores inteligentes (AMI). El consumo de energía eléctrica por el sector presento un promedio mensual de 47,9 GWh en el año 2020, con un consumo diario aproximado de 1.575.138 kWh, que representa un 41% del consumo total de energía en el cantón. Con un costo promedio por usuarios residenciales de 0,15 USD.

Si se considera que el 40% de la energía consumida por los usuarios residenciales se pudiera suministrar con energía fotovoltaica instalada en la modalidad de autoconsumo, se puede calcular que se requiere cubrir el consumo diario de 630.055 kWh procedente del aprovechamiento de la energía solar, para lo que se necesita instalar una capacidad fotovoltaica equivalente a 145.981 kWp si se trata de módulos construidos con silicio monocristalino o 179.656 kWp de silicio policristalino, lo que muestra concordancia con lo expuesto por los autores Rodríguez y Vázquez (2018).

En la tabla 3 y 4 se presentan los resúmenes de los impactos energéticos y socioambientales derivados de la introducción de la tecnología fotovoltaica para cubrir hasta el 40% del consumo anual de electricidad del sector residencial en el cantón Portoviejo.

Tabla 3

Impactos energéticos derivados de la introducción de la tecnología fotovoltaica en el sector residencial del cantón Portoviejo

No	Conceptos	Valores	
		Diario	Anual
1	Promedio de energía consumida (kWh)	1.575.138	574.925.370
2	Suministro con tecnología fotovoltaica 40% (kWh)	630.055	229.970.148
3	Petróleo evitado (t)	158	57.493
4	Cálculo de las pérdidas evitadas (kWh)	113.410	41.394.627

Tabla 4

Impactos socioambientales derivados de la introducción de la tecnología fotovoltaica en el sector residencial del cantón Portoviejo

No	Conceptos	Valores	
		Diario	Anual
1	Energía generada por los usuarios en el modo de autoconsumo (kWh)	630.055	229.970.148
2	Ahorro de los usuarios por factura eléctrica evitada (USD)	94.508,25	3.4495.522,20
3	Emisiones de CO ₂ evitadas por la tecnología fotovoltaica (t)	567	206.973
4	*Ahorro para el Estado por petróleo evitado (USD)	84.056	30.586.276
5	Ahorro para el Estado por las pérdidas evitadas (USD)	17.011,50	6.209.194,05

Nota. Se calcula con el precio del petróleo a una media de 70,00 USD. Para el estudio se estimó el costo real de la generación de electricidad en base al consumo de petróleo= 0,15 USD/kWh.

Estimado del costo de la inversión requerida

En la tabla 5 se presenta un resumen del costo de la inversión para la introducción de la tecnología fotovoltaica en la modalidad de autoconsumo en sector residencial del cantón Portoviejo.

Tabla 5

Costo general de la inversión requerida

No	Conceptos	Costo unitario	Costo total
		(USD/kWp)	(USD)
1	Costo promedio de la tecnología fotovoltaica conectada a la red (146 MWp)	880,50	128.553.000,00
2	Costo por construcción y montaje (156.154 sistemas fotovoltaicos para el autoconsumo en el modo de la generación distribuida)	739,00	115.397.806,00
3	Costo de mantenimiento (4%)	64,78	9.758.032,24
4	Total estimado para la inversión		253.708.838,24

Apartir de los resultados de la investigación y en consonancia con la metodología desplegada por Rodríguez y Vázquez (2018), cuando se consideran los gastos anuales evitados por

concepto de ahorro de la factura eléctrica por los usuarios, el petróleo evitado y por la reducción de las pérdidas, se puede estimar un ahorro anual de 71.290.992,25 USD, que permite calcular una recuperación absoluta del monto económico invertido en 3,6 años. El tiempo de vida útil de la tecnología fotovoltaica está estimado entre 20 y 25 años, por lo que el valor actualizado neto de la inversión puede ser entre 1.140.655.876,00 USD si se calcula para 20 años y de 1.497.110.837,00 USD si se calcula para 25 años.

Conclusiones

En la investigación se aportan suficientes elementos técnicos, socioambientales y económicos que permiten reforzar el campo teórico relacionado con el aprovechamiento del potencial solar mediante la introducción de tecnología fotovoltaica conectada a la red, encaminada a preservar recursos naturales no renovables, minimizar las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y la disminución del gasto asociado por el pago de la factura eléctrica en el sector residencial del cantón Portoviejo.

La información bibliográfica y los datos primarios consultados permitieron conocer que la energía eléctrica que se suministra al cantón Portoviejo tiene origen en el uso de los combustibles fósiles, mediante una matriz energética depredadora de recursos naturales e ineficiente, que puede ser enriquecida con la introducción de tecnología fotovoltaica conectada a la red en el modo de autoconsumo, para agregar un valor social significativo donde los usuarios son capaces de generar parte de la energía que consumen y realizar a portes a la red tradicional.

Se logró estimar que con un 40% de penetración de la tecnología fotovoltaica conectada a la red en el sector residencial del cantón Portoviejo, se puede aportar anualmente el equivalente a 229,9 GWh de energía limpia para el autoconsumo de los usuarios, lo que permite evitar el consumo de 57,5 t de petróleo y evitar 41,4 GWh de pérdidas energéticas.

El monto de la inversión requerida para lograr la penetración de la tecnología fotovoltaica

conectada a la red en el modo de autoconsumo se logra recuperar en términos absolutos en 3,6 años, con un valor actualizado neto superior a los mil millones de dólares entre los beneficios que aporta a los usuarios y el ahorro del Estado.

La introducción de la tecnología fotovoltaica conectada directamente a la red de los usuarios tiene un significado social extraordinario. Los usuarios dejan de ser consumidores pasivos para convertirse en actores activos de la energía que consumen. Se logra la generación de nuevos empleos y una redistribución más justa de la riqueza derivada de la gestión energética.

Referencias bibliográficas

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad [Arconel]. (2019). *Estadística Anual y Multianual del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2019*. (Documento preliminar). Ecuador. https://www.regulacionelectricita.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/06/Est_2019_Borrador_08-06-2020_1606.pdf.
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad [Arconel]. (2020). *Balance Nacional de Energía Eléctrica 2020*. Ecuador. <https://www.regulacionelectricita.gob.ec/balance-nacional/>
- Aguilar-Sánchez, Y. L., y Ortega-Castro, J. C. (2021). Aplicación de la guía PMBOK 6ta edición para la gestión de proyectos de sistemas de energía fotovoltaica, conectado a la red pública de servicio eléctrico. Caso: Granja avícola de la Provincia de El Oro, Ecuador. *Domino de las Ciencias*, 7(4), 706-728. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2446>.
- Aguirre, N. (2019). *Diseño de un sistema fotovoltaico Conectado a la red eléctrica pública para la IE N 16531, Puerto Chinchipe-San Ignacio*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Jaén Perú. <https://core.ac.uk/download/pdf/270319112.pdf>.

- Bonilla, J. D. (2015). *Evaluación de la oferta solar potencial para la producción de electricidad en zona rural del municipio de Sogamoso*. [Tesis de grado]. Repositorio Institucional UDCA. Boyacá, Colombia. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/415>.
- Geoportal (2023). Sistema de información geográfica SIGDS de la Universidad Técnica de Manabí. <http://http://geoportal.utm.edu.ec/>
- Giraldo, M. Vaca, R., y Urrego, A. (2018). Las energías alternativas ¿una oportunidad para Colombia? *Punto de vista*, 9(13), 5. <https://doi.org/10.15765/pdv.v9i13.1117>.
- Hernández, R. Fernández, C., y Baptista, P. (2017). *Metodología de la Investigación 6ta edición*. Ed. McGraw-Hill/ Interamericana. México. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.
- Muñoz, Y. A. Acevedo, G. D., y Santamaría, J. D. (2019). Evaluación del potencial de energía solar en Santander, Colombia. *Prospectiva*, 17(2), 1. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7047512>.
- Martínez, B. (2023). *Identificación y evaluación de impactos ambientales en el desarrollo de una turbina hidrocínética tipo propela para la generación de energía eléctrica en zonas no interconectadas de Colombia*. [Tesis de licenciatura]. Universidad de Medellín Colombia. <http://hdl.handle.net/11407/7697>.
- Martínez, V. A. Rodríguez, M. Bravo, J. J. Vázquez, A. Valencia, J. A., y Bowen, C. (2019). Implementación de un Sistema de Información Geográfica para el Desarrollo Sostenible, en la Universidad Técnica de Manabí (Ecuador). *Revista Espacios*. Vol. 40 (Nº. 39). Pág. 26. <https://www.revistaespacios.com/a19v40n39/19403926.html>.
- Pesantez, J. P. Ríos-Villacorta, A., y González-Redrován, J. (2021). Integración de Sistemas Solares Fotovoltaicos en el Sector Camaronero Intensivo y Extensivo del Ecuador: Caso de Estudio en la Provincia de El Oro. *Revista Politécnica Vol. 47* Núm. 2. <https://doi.org/10.33333/rp.vol47n2.01>.
- PvSyst. (2018). *PVSyst V6.43. PREMIUM*. Programa informático para diseño de sistemas fotovoltaicos. <http://www.pvsyst.com>.
- Rodríguez, B., Fernández, M., y Fernández, N. (2014). Análisis del ciclo de vida de la generación distribuida en Cienfuegos. *Ingeniería Energética*, 35(3), 274-285. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012014000300012.
- Rodríguez, M., y Vázquez, A. (2018). *La Energía Solar en la Provincia de Manabí*. Ed. UTM. Manabí Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/328052221_LA_ENERGIA_FOTOVOLTAICA_EN_LA_PROVINCIA_DE_MANABI.
- Rodríguez, M., Vázquez, A. Castro, M., y Vilaragut, M. (2013). Sistemas fotovoltaicos y la ordenación territorial. *Ingeniería Energética*, 34(3), 247-259. <https://www.redalyc.org/pdf/3291/329128758008.pdf>.
- Santos, R. D. Gerard, H. Fernández, M. C., y Acosta, B. H. (2012, May). Sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, su diseño. In presentado en *II Congreso Cubano de Ingeniería Eléctrica, La Habana, Cuba*.
- Scull, Y. (2014). Evaluación de la penetración fotovoltaica en uno de los nodos de la microrred Naranjito. [Tesis de grado]. Centro de Investigación y Pruebas Electroenergéticas (CIPEL). Instituto Superior Tecnológico José Antonio Echeverría, La Habana Cuba. <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2015/08/trabajo-de-diploma.pdf>.
- Urbina, E. C. (2020). Investigación cualitativa. *Applied Sciences in Dentistry*, 1(3). <https://doi.org/10.22370/asd.2020.1.3.2574>.