

Energía solar fotovoltaica como alternativa o solución a las fluctuaciones de energía eléctrica y acueducto en Mompox – Bolívar. Revisión de la literatura

Photovoltaic solar energy as an alternative or solution to fluctuations in electrical energy and aqueduct in Mompox - Bolívar. Review of the literature.

DOI: <https://doi.org/10.17981/ijmsor.05.01.03>

Review Article - Reception Date: Oct 18, 2020- Acceptance Date: Nov 12, 2020

Joyce Patricia Henríquez Abdala

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
jhenriqu11@cuc.edu.co

Fernando de Jesús Casilimas Jácome

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
fcasilim@cuc.edu.co

José Rodrigo Ramírez Ordoñez

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
jramirez51@cuc.edu.co

Nohora Mercado-Caruso

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
nmercado1@cuc.edu.co

Andrés Guarín García

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
aguarin@cuc.edu.co

To reference this paper:

J. Henríquez Abdala, F. Casilimas Jácome, J. Ramírez Ordoñez, N. Mercado-Caruso, A. Guarín García "Energía solar fotovoltaica como alternativa o solución a las fluctuaciones de energía eléctrica y acueducto en Mompox – Bolívar. Revisión de la literatura", *IJMSOR*, vol. 5, no. 1, pp. 22 – 28, 2020. <https://doi.org/10.17981/ijmsor.05.01.03>

Resumen - Actualmente las energías no convencionales (renovables) son un tema muy sonado a nivel global generando un sin número de estudios e investigaciones al respecto. Teniendo en cuenta la ubicación geográfica, la energía solar fotovoltaica se presenta como una de las posibles soluciones a la problemática que atraviesa la población de Mompox – Bolívar. Con esta investigación se busca establecer la importancia de la inclusión de nuevas tecnologías y el impacto positivo que generaría su futura implementación, basados en metodologías aplicadas en diferentes estudios tanto a nivel nacional como internacional teniendo en cuenta el objetivo del desarrollo sostenible para el acceso a una energía limpia y no contaminante. La investigación se realizó desde un enfoque cualitativo, donde se llevó a cabo una revisión literaria que nos permitió conocer los diferentes métodos y tecnologías aplicados a través de la energía solar fotovoltaica en búsqueda de soluciones y alternativas a los problemas de fluctuaciones o ausencia de energía eléctrica.

Palabras clave- Energía eléctrica; energía renovable; energía fotovoltaica; desarrollo sostenible; tecnología.

Abstract - Currently, non-conventional (renewable) energies are a very popular topic at a global level, generating a number of studies and research in this regard. Taking into account the geographical location, photovoltaic solar energy is presented as one of the possible solutions to the problems faced by the population of Mompox - Bolívar. This research seeks to establish the importance of the inclusion of new technologies and the positive impact that its future implementation would generate, based on methodologies applied in different studies both nationally and internationally, taking into account the objective of sustainable development for access to a clean and non-polluting energy. The research was carried out from a qualitative approach, where a literary review was carried out that allowed us to know the different methods and technologies applied through photovoltaic solar energy in search of solutions and alternatives to the problems of fluctuations or absence of electrical energy

Key Words - Electric energy; renewable energy; photovoltaic energy; sustainable development; technology.

I. INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica es un criterio esencial para el progreso monetario de un país. El crecimiento acelerado de la población, los diversos factores que hoy en medio del siglo XXI aquejan a la sociedad en general, contribuyen de forma directa a que el sistema eléctrico sea cada vez más susceptible a no compensar la demanda del consumo energético [1]. Para poder atender esta demanda de forma sostenible y estable en el tiempo, es necesario la utilización de los recursos energéticos empleando nuevas fuentes de generación, como las energías alternativas [2]. La energía solar fotovoltaica se ha posesionado como una opción para el municipio de Mompox, debido a la problemática que atraviesa a causa de las constantes variaciones eléctricas o intermitencias en el servicio de agua que está afectando el entorno comercial, social, y sector salud de los habitantes.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una evaluación de la información en las bases de datos científicas Science Direct, Web of Science, Scopus, Google Scholar, utilizando las palabras claves que permitieran conservar el enfoque de la investigación sobre el uso de energía solar fotovoltaica como alternativas o soluciones al déficit energético, como se presentan a continuación en la Tabla 1. Los resultados de las búsquedas fueron filtrados por años de publicación de los documentos entre el periodo de 2016 hasta 2021, esto con el propósito de que los documentos que se revisen no superaran un máximo de 5 años desde sus años de publicación.

Fuente	Búsqueda	Resultados	Filtrado por año de la publicación (2016-2021)	Resultados filtrados
Science Direct	Renewable solar energy in the world	68,676	SI	38,391
Science Direct	Photovoltaic solar energy in the world	36,54	SI	19,815
Science Direct	Renewable solar energy in Colombia	2,202	SI	1,369
Science Direct	Fluctuations and absence of electricity service	9,363	SI	4290
Science Direct	Global electrical service quality	61,003	SI	29,394
Web Of Science	Renewable energies in the Colombian Caribbean	18	SI	16
Web Of Science	Electric power in the Colombian Caribbean	6	SI	4
Web Of Science	Sustainable energy service alternatives	775	SI	524
Scopus	Photovoltaic Solar Energy	64,012	SI	34,832
Scopus	Sustainable development in Colombia	1.014	SI	661
Scopus	Photovoltaic solar energy in Colombia	99	SI	76
Scopus	Renewable energy	190,854	SI	107,128
Scopus	Renewable energy in Colombia	342	SI	242
Google Scholar	Energía renovables soluciones para la costa caribe colombiana	17200	SI	10,200
Google Scholar	Servicio de energía eléctrica en bolívar	19600	SI	16,000
Google Scholar	Energía renovable como solución para Colombia	35.800	SI	15,900
Google Scholar	Energía solar fotovoltaica región de bolívar	2.180	SI	1,260

Tabla 1. Cadena de búsqueda. Fuente: Autores.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA O SOLUCIÓN A LAS FLUCTUACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ACUEDUCTO EN MOMPOX – BOLÍVAR. REVISIÓN DE LA LITERATURA

Después de realizar la búsqueda en las diferentes bases de datos, se procede hacer la revisión literaria partiendo de un panorama con referentes internacionales, nacionales y finalizando con los referentes regionales. Por otra parte, se implementó la herramienta VOSviewer para realizar un análisis cuantitativo teniendo en cuenta la búsqueda de las palabras clave, para esto se utilizó la base de datos Scopus donde se descargaron 306 documentos. Así mismo, se analiza mediante Google Trends el comportamiento de las tendencias de búsquedas respecto a esta temática en un intervalo de tiempo comprendido desde el año 2016 hasta la actualidad.

III. REVISIÓN LITERARIA

A. Análisis cuantitativo

En la búsqueda de palabras clave efectuada en la base de datos Scopus se hallaron 306 resultados, los cuales fueron descargados en formato “RIS” y analizados mediante la implementación del software VOSviewer, permitiendo visualizar las relaciones existentes entre los principales ejes temáticos, partiendo de estudios e indagaciones previamente realizadas que proporcionan conocimientos de manera directa a la presente investigación. A continuación, se ilustra la relación de dichos ejes.

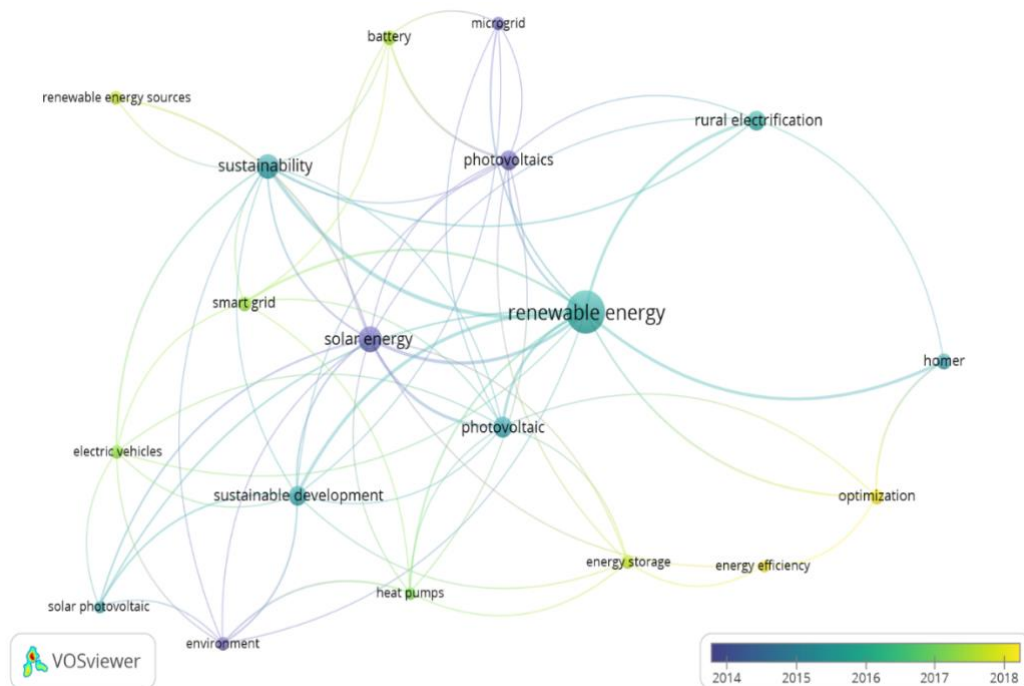


Ilustración 1. Relación entre palabras clave. Fuente: VOSviewer.

La siguiente ilustración detalla el comportamiento sobre la tendencia de búsquedas de las palabras claves en un lapso temporal (2016 – 2021), determinando la frecuencia y tráfico que se genera en la web con respecto a la temática central de nuestra investigación, permitiendo trazar patrones de seguimiento de la información existente. Se puede evidenciar que la palabra clave con más pico de popularidad en las búsquedas es “renewable energy” la cual se ha mantenido en un rango de 50% - 100% en el intervalo temporal que hemos determinado para el análisis literario.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA O SOLUCIÓN A LAS FLUCTUACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ACUEDUCTO EN MOMPOX – BOLÍVAR. REVISIÓN DE LA LITERATURA

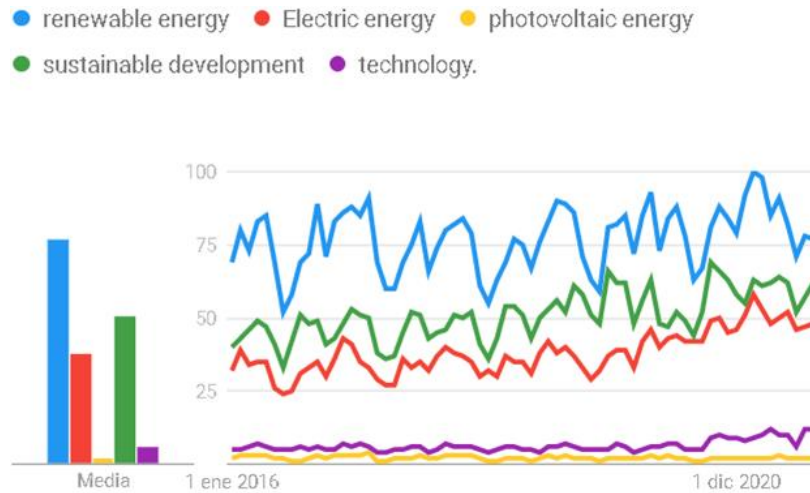


Ilustración 2. Tendencia de búsqueda palabras clave. Fuente: Google Trends.

En la búsqueda realizada respecto al eje central de investigación se destacan 28 documentos de 10 autores, de los cuales, el autor con mayor publicación respecto a las energías no convencionales es “Krarti, M” con un numero registrado de 4 documentos, lo anterior se puede evidenciar en la siguiente ilustración.

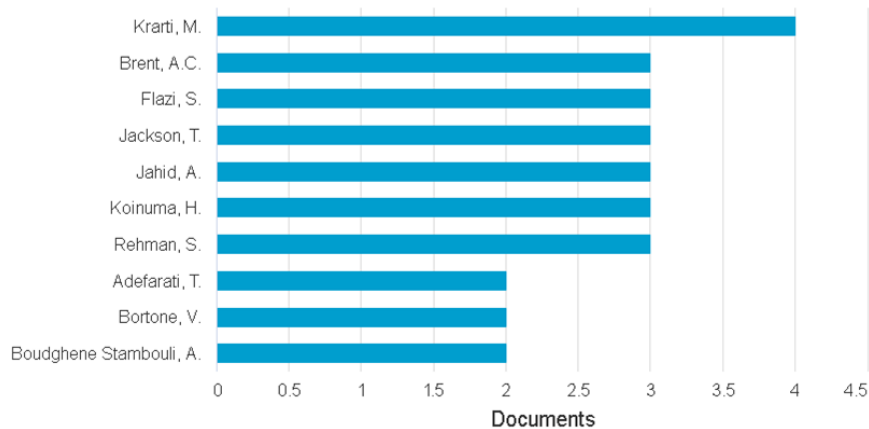


Ilustración 3. Publicación por autores. Fuente: Scopus.

A continuación, se ilustra la cantidad de documentos añadidos anualmente respecto a “energías alternativas” en la base de datos Scopus hasta la fecha actual, siendo registrada la primera publicación en el año 1996. Con el paso de los años ha aumentado el número de artículos en la base de datos, siendo 2020 el año con mayor cantidad de publicaciones añadidas con un total de 38 documentos.

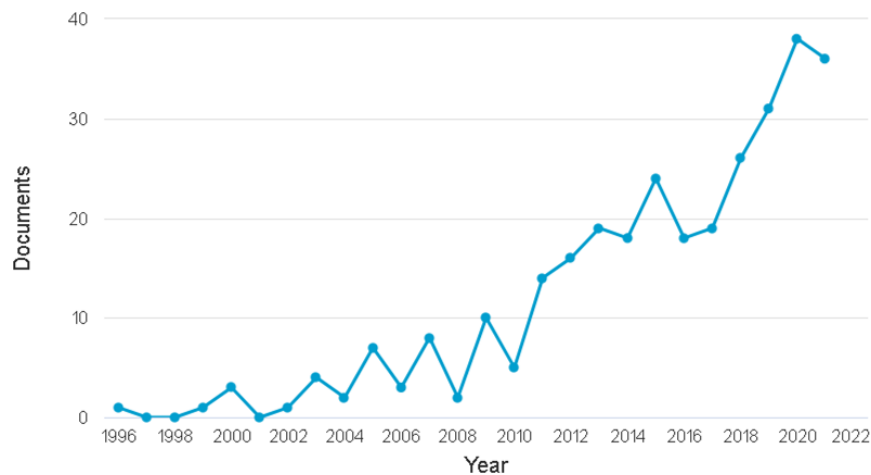


Ilustración 4. Documentos publicados por año. Fuente: Scopus.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA O SOLUCIÓN A LAS FLUCTUACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ACUEDUCTO EN MOMPOX – BOLÍVAR. REVISIÓN DE LA LITERATURA

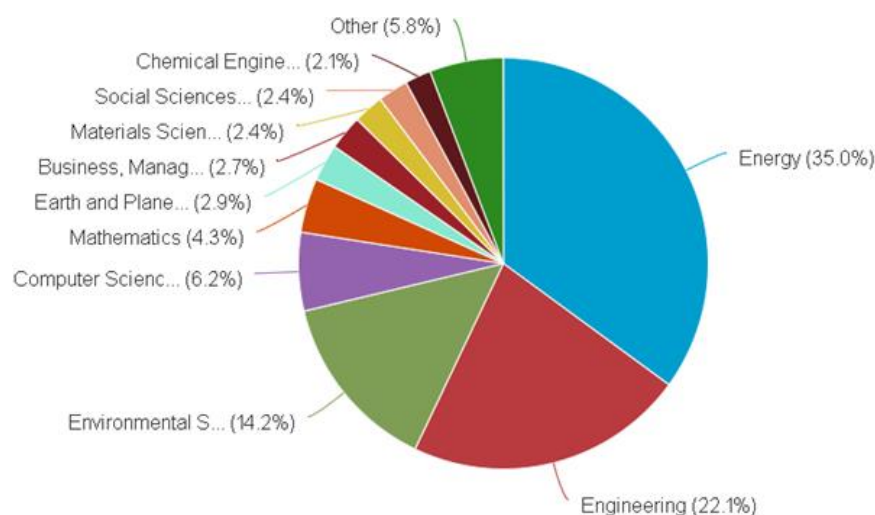


Ilustración 5. Documentos por área temática. Fuente: Scopus.

En la búsqueda efectuada, se manifiesta que el mayor porcentaje de documentos en relación con las palabras clave corresponde al área de energía con un 75% de las publicaciones, seguido por el área de ingeniería y ciencias medioambientales.

A continuación, se presentan los documentos más relevantes como soporte de investigación:

Título	Referencia	Hallazgos
World panorama of renewable energy and importance of photovoltaic solar energy	[3]	El 11% de las energías renovables modernas corresponden a la energía solar, este tipo de energía ha presentado un alto crecimiento en los últimos años lo cual la hace atractiva para la solución de problemas energéticos gracias a su eficiencia y cuidado del medio ambiente.
Energy: From a waste model, towards a sustainable model using renewable energy	[4]	Mientras la demanda por energía crece, en nicaragua aumenta la producción energética a partir de alternativas renovables, pasando de producir un 25% a un 52% de energía con este tipo de fuente. Además, se resalta la importancia de las energías renovables debido a su potencial para abastecer de fluido eléctrico a poblaciones en zonas aisladas.
Energy and exergy analysis of hybrid photovoltaic thermal solar system under climatic condition of North Irak	[5]	La intensidad de la radiación solar tiene un impacto sustancial en la eficiencia térmica y una ligera influencia en la eficiencia eléctrica. Además, el aumento de la temperatura del panel fotovoltaico conduce a reducir la energía eléctrica y las eficiencias de exergía.
Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia	[6]	Las plantas de energía combinadas de micro centrales hidroeléctricas con plantas de energía solar fotovoltaica pueden dar servicio a la carga eléctrica de 962 hogares; además de satisfacer las necesidades del área local, el exceso de energía eléctrica de las plantas micro hidráulicas y solares fotovoltaicas también se puede vender a los sistemas de red disponibles.
La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas	[7]	A pesar de que la posición geográfica de Colombia sea beneficiosa para la inversión en sistemas fotovoltaicos como alternativa de fuente eléctrica debido a la gran radiación solar que recibe el país, se hace evidente la falta de desarrollo en este tipo de tecnologías debido a la ausencia de políticas designadas al mejoramiento energético. Si se explora en profundidad este sistema, se podría llegar a disminuir el déficit energético y suplir la demanda de energía del país.
Colombia: Territory for investment in non-conventional renewable energy to electric generation	[8]	Invertir en proyectos donde la energía sea generada por medio de fuentes alternativas resulta atractivo para Colombia, es conveniente implementar este tipo de energía para lidiar con el problema energético, además de proveer de electricidad a

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA O SOLUCIÓN A LAS FLUCTUACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ACUEDUCTO EN MOMPOX – BOLÍVAR. REVISIÓN DE LA LITERATURA

		comunidades situadas en áreas rurales por medio de los recursos renovables con los que cuentan.
Long-term effects of 100% renewable generation on the Colombian power Market	[9]	La generación 100% renovable tiene sentido si la complementariedad entre las energías renovables se acentúa aún más al aprovechar los depósitos de energía que pueden utilizarse como respaldo del sistema. La energía solar y eólica ayudan a la seguridad del suministro debido a que la luz solar durante la estación seca prolongada es más alta que las condiciones normales. Por lo tanto, es posible alcanzar un sistema 100% renovable en Colombia incluso durante sequías si se aplica una política ambiental fuerte.
"Photovoltaic energy in Colombia: Current status, inventory, policies and future prospects"	[10]	Se identifica un déficit en los tres elementos que permiten el desarrollo de la energía fotovoltaica en un país: la política es la primera, vista desde el marco de eliminación de barreras, propuestas e incentivos, entre otros. La investigación como segundo, visto desde la eficiencia energética, el ahorro y desarrollo tecnológico. Finalmente, el seguimiento, que permite, evaluar los logros basados en el error y el éxito en tiempo real.
Energía solar en la operación del acueducto municipal de González, departamento del Cesar	[11]	La ubicación del municipio hace que este presente un potencial de radiación solar suficiente para suplir el consumo energético. Además, se evidencia que la propuesta de dimensionamiento posee capacidad de suministrar energía eléctrica en la operación tanto de la planta de tratamiento, como en el laboratorio del acueducto e instalaciones administrativas.
Economic and Environmental Multiobjective Optimization of a Wind-Solar-Fuel Cell Hybrid Energy System in the Colombian Caribbean Region	[12]	En la región caribe colombiana existen importantes recursos renovables como la energía eólica y solar que, al ser complementados con sistemas de generación electroquímica en un sistema híbrido, exhiben resultados viables técnica y económicamente. Aunque el perfil de energía solar es similar para los lugares de estudio, el desempeño del sistema híbrido varía dependiendo del comportamiento del viento.
Energy, Economic, and Environmental Evaluation of a Proposed Solar-Wind Power On-grid System Using HOMER Pro®: A Case Study in Colombia	[13]	Dentro del estudio se resalta Puerto Bolívar, Nazareth y Rancho Grande como los lugares más idóneos para la producción de energía a través de alternativas renovables debido al aprovechamiento energético. Dentro de estas ubicaciones, destaca Rancho Grande en términos de fracción renovables para la instalación de energía híbrida debido a la ventaja de producción total y reducción de CO ₂ .

Tabla 2. Hallazgos de la revisión literaria. Fuente: Autores.

Los documentos consultados contienen estudios e investigaciones que soportan la importancia de los sistemas fotovoltaicos para el desarrollo energético de un país, involucrando aspectos sostenibles de acuerdo con la disponibilidad de recursos naturales de cada región.

Una publicación de la revista científica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas presentó una revisión bibliográfica acerca del panorama mundial de las energías renovables [3]. En el artículo se expone el panorama de distribución de fuentes energéticas a nivel global del año 2015, donde la participación de energía renovable es equivalente al 19% de la energía total consumida en el mundo. Dentro de este porcentaje resalta la energía solar fotovoltaica, la cual evidencia un incremento de 41% en la capacidad global de esta energía y se presenta como una de las tecnologías de alto crecimiento, lo cual promueve a consolidar esta tecnología globalmente. Este tipo sistema representa una importante opción en la generación de fluido eléctrico con costos razonables para sitios apartados gracias a su flexibilidad en el incremento de la fuente de alimentación y la producción energética amigable con el medio ambiente.

Por otro lado, un estudio realizado en Yogyakarta – Indonesia presenta sistemas de energía renovable basados en energía solar fotovoltaica y microhidráulica para zonas rurales [6]. En dicho estudio se utiliza la técnica de optimización de enjambre de partículas extendido (PSO) para garantizar la optimización adecuada de la capacidad de estos sistemas híbridos, dando como resultado la capacidad óptima de generación de energía hidroeléctrica y solar en función de costos gracias a que las fuentes de energía renovable cuentan con un alto potencial. Según los resultados de la simulación por medio el software Homer, se puede generar energía eléctrica a partir de microcentrales hidroeléctricas o en combinación

con plantas de energía solar fotovoltaica las cuales además de abastecer las viviendas, generaría un exceso de energía que podría ser vendido a los sistemas de red disponibles. En base a esto, las plantas microhidráulicas y solares fotovoltaicos tienen la oportunidad de utilizarse como una solución alternativa para proporcionar electricidad a las comunidades rurales.

En un artículo que trata sobre el panorama del sector eléctrico en Colombia y la inclusión de fuentes de energía renovable [8] se evidencia que 71% de la capacidad energética proviene centrales hidroeléctricas. La participación de fuentes renovables constituye el 7% para intentar cubrir la demanda energética, lo cual es muy bajo teniendo en cuenta que en Colombia los vientos son otra fuente renovable que presentan un alto potencial energético, pero no son aprovechados. Dado los métodos de financiamiento como el fondo de apoyo financiero para la energización de zonas no interconectadas (FAZNI), la financiera de desarrollo territorial (FINDETER), entre otros, la inversión de fuentes no convencionales representa una oportunidad para Colombia, sobre todo en las zonas rurales o las áreas fuera del sistema interconectado donde la comercialización de energía no presenta competencia y la aplicación de microrredes resulta conveniente para la lidiar con la demanda de energía.

En otro estudio realizado en Colombia respecto a los efectos a largo plazo de la generación 100% renovable en el mercado eléctrico colombiano [9] se examinaron las consecuencias de promover un mayor componente de energías renovables en la matriz energética y las implicaciones que conlleva continuar con un sistema eléctrico dominado por combustibles fósiles e hidroeléctrica. Se determinó que la incorporación de energías sostenibles reduce el precio de la electricidad y las emisiones en el sector eléctrico y que para lograr un sistema de energía 100% renovable en Colombia, es necesario un incentivo a las energías renovables como una tarifa de alimentación, la complementariedad entre los recursos energéticos renovables y la presencia de un mecanismo de capacidad para mantener la inversión en centrales hidroeléctricas. Por otro lado, si no se emplea una política ambiental, Colombia seguirá con un sistema eléctrico dominado por la generación hidroeléctrica y de combustibles fósiles.

Por otra parte, se evidenció que en la región caribe colombiana resulta viable la implementación de sistemas híbridos derivados de recursos renovables y sistemas de generación electroquímica, sobre todo en las zonas no interconectadas debido los altos recursos de energía eólica y solar que poseen estos sitios [12]. Este tipo de sistema podría suministrar toda la energía requerida en el país, por lo que marcan una gran tendencia a continuar valorando estos sistemas con datos meteorológicos reales.

IV. CONCLUSIONES

La energía solar fotovoltaica se posesiona a nivel mundial cada vez más con un panorama de alivio y soluciones a todo el déficit energético que hoy en día agobia a la población en general según lo contemplado anteriormente en el objetivo del desarrollo número 7. A nivel Colombia, a la falta de atención del gobierno central y el escaso apoyo de estos recursos, se le suma la poca garantía que tienen los inversionistas en la implementación de este tipo de energías, evidenciando que no se cuenta con entes regulatorios que se preocupen por establecer parámetros, estandarizar el uso adecuado de la energía no convencional, normas para su instalación y regular el tema de la informalidad, por mencionar algunos temas.

El presente artículo emerge a partir de la problemática por la cual atraviesa la población de Mompox –Bolívar, demostrando que, de contarse con las condiciones apropiadas y por su ubicación geográfica que es favorable para la implementación de este tipo de energías, existe la posibilidad de mejorar la calidad de vida en los habitantes mediante el uso de la energía solar fotovoltaica.

REFERENCIAS

- [1] S. Cortés, “Energías renovables en Colombia : una aproximación desde la economía,” *Rev. Ciencias Estratégicas*, vol. 25, no. 38, pp. 375–390, 2017, doi: rces.v25n38.a7.
- [2] M. Giraldo, R. Vacca Ramírez, and A. Urrego Quintanilla, “Las Energías Alternativas ¿Una Oportunidad Para Colombia?,” *Punto de vista*, vol. 9, no. 13, 2018, doi: 10.15765/pdv.v9i13.1117.
- [3] V. Ballesteros, “Panorama mundial de las energías renovables e importancia de la energía fotovoltaica,” vol. 148, no. 26, pp. 148–162, 2016, [Online]. Available: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/revcie/article/view/15348>.
- [4] J. A. Betanco Maradiaga, “Energía: Desde un modelo de derroche, hacia un modelo sostenible mediante energía renovable,” *Rev. Científica FAREM-Estelí*, no. 24, pp. 40–59, 2018, doi: 10.5377/farem.v0i24.5551.
- [5] O. R. Alomar and O. M. Ali, “Energy and exergy analysis of hybrid photovoltaic thermal solar system under climatic condition of North Iraq,” *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 28, no. September, p. 101429, 2021, doi: 10.1016/j.csite.2021.101429.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA O SOLUCIÓN A LAS FLUCTUACIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y ACUEDUCTO EN MOMPOX – BOLÍVAR. REVISIÓN DE LA LITERATURA

- [6] R. Syahputra and I. Soesanti, “Renewable energy systems based on micro-hydro and solar photovoltaic for rural areas: A case study in Yogyakarta, Indonesia,” *Energy Reports*, vol. 7, pp. 472–490, 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.01.015.
- [7] J. Gómez Ramírez, J. D. Murcia Murcia, and I. Cabeza Rojas, “La Energía Solar Fotovoltaica en Colombia: Potenciales, Antecedentes y Perspectivas,” *Univ. St. Tomás*, pp. 1–19, 2017, [Online]. Available: <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10312#.Xpdvj3oYcAI.mendeley>.
- [8] W. Ñustes and S. Rivera, “Colombia: Territorio De Inversión En Fuentes No Convencionales De Energía Renovable Para La Generación Eléctrica,” *Ing. Investig. y Desarro.*, vol. 17, no. 1, pp. 37–48, 2017, doi: 10.19053/1900771x.v17.n1.2017.5954.
- [9] S. Zapata, M. Castaneda, M. Jimenez, A. Julian Aristizabal, C. J. Franco, and I. Dyner, “Long-term effects of 100% renewable generation on the Colombian power market,” *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 30, no. February, pp. 183–191, 2018, doi: 10.1016/j.seta.2018.10.008.
- [10] D. Rodríguez-Urrego and L. Rodríguez-Urrego, “Photovoltaic energy in Colombia: Current status, inventory, policies and future prospects,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 92, no. May 2017, pp. 160–170, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.04.065.
- [11] Y. T. Cárdenas Hernández, L. Argenida Sarabia, and D. A. Vargas Silva, “Energía solar en la operación del acueducto municipal de González, departamento del Cesar,” *Iteckne*, vol. 17, no. 1, pp. 38–48, 2020, [Online]. Available: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-17982020000100038&script=sci_abstract&tlng=es.
- [12] G. Valencia, A. Benavides, and Y. Cárdenas, “Economic and environmental multiobjective optimization of a wind-solar-fuel cell hybrid energy system in the Colombian Caribbean region,” *Energies*, vol. 12, no. 11, 2019, doi: 10.3390/en12112119.
- [13] A. Arango-manrique and N. Ricardo, “HOMER Pro ® : A Case Study in Colombia,” *Energies*, pp. 1–19, 2020, doi: <https://doi.org/10.3390/es13071662>.