

REVISIÓN DE LITERATURA EN EL DISEÑO DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ENERGÍA PARA MINIMIZAR COSTOS, EMISIONES Y MAXIMIZAR PRODUCCIÓN

LITERATURE REVIEW OF THE DESIGN OF A HYBRID ENERGY SYSTEMS TO MINIMIZE COSTS, EMISSIONS, AND MAXIMIZE PRODUCTION

Quintero Ávila Cristina

Tecnológico Nacional de México/ I. T. De Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0009-0006-3553-5752>
quintero cristina492@gmail.com

Poblano Ojinaga Eduardo Rafael

Tecnológico Nacional de México/ I. T. De Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>
eduardo.po@cdjuarez.tecnm.mx

Valles Chávez Adán

Tecnológico Nacional de México/ I. T. De Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0002-6559-0123>
avalles@itcj.edu.mx

Woocay Prieto Arturo

Tecnológico Nacional de México/ I. T. De Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0001-9235-0494>
arturo.wp@cdjuarez.tecnm.mx

Rodríguez Mejía Jeovany Rafael

Tecnológico Nacional de México/ I. T. De Ciudad Juárez
<https://orcid.org/0000-0003-4154-0778>
jrodriguez@itcj.edu.mx

DOI: <https://doi.org/10.61273/neyart.v2i3.78>

| Recibido: 05/08/2024 | Aceptado: 30/09/2024 | Publicado: 26/11/2024

Esta obra está bajo
una licencia internacional
Creative Commons Atribución 4.0.



Resumen: El presente análisis revisa los avances recientes en cuatro áreas clave de la energía renovable y la infraestructura eléctrica: sistemas fotovoltaicos, hidrógeno verde, energía eólica y redes inteligentes (Smart Grid). Se destaca que los sistemas fotovoltaicos, ampliamente adoptados, están mejorando su viabilidad económica y su integración en redes eléctricas mediante desarrollos en materiales, eficiencia y almacenamiento. El hidrógeno verde, como solución para almacenar energía renovable a gran escala, avanza en producción y enfrenta desafíos técnicos y económicos. La energía eólica mejora con turbinas más grandes y eficientes, así como enfoques innovadores para integración y mitigación ambiental. Las redes inteligentes son cruciales para la gestión eficiente y segura de la energía renovable distribuida, empleando tecnologías de comunicación, sensores y análisis de datos. Se resalta el progreso y los desafíos constantes en estos campos para lograr una transición energética sostenible global.

Palabras clave: smart grids, sistema fotovoltaico, hidrógeno verde, eólica

Abstract: This analysis reviews recent developments in four areas of renewable energy and electricity infrastructure: photovoltaic systems, green hydrogen, wind energy and smart grids. It is highlighted that photovoltaic systems, widely adopted, are improving their economic viability and integration into electricity grids through developments in materials, efficiency and storage. Green hydrogen, as a solution for storing renewable energy on a large scale, is advancing in production and facing technical and economic challenges. Wind energy improves with larger, more efficient turbines, as well as innovative approaches to environmental integration and mitigation. Smart grids are crucial for the efficient and safe management of distributed renewable energy, employing communication technologies, sensors, and data analytics. It highlights the ongoing progress and challenges in these fields to achieve a global sustainable energy transition.

Keywords: smart grids, photovoltaic system, green hydrogen, wind energy.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la preocupación global por el cambio climático ha inspirado una transformación en el sector energético, orientando a diversas regiones a cambiar hacia fuentes renovables. Este cambio responde a la necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles, responsables de la mayoría de las emisiones de gases de efecto invernadero y de la crisis climática actual. La generación de energía a partir de fuentes renovables, como los sistemas fotovoltaicos, el hidrógeno verde, la energía eólica y las redes inteligentes (smart grids), se propone como una estrategia para construir una matriz energética más

limpia y sostenible, siendo el aprovechamiento de recursos naturales como el sol y el viento clave para esta transición (Portillo, 2021).

El aumento sostenido de la demanda energética, el agotamiento de los recursos no renovables y los efectos desfavorables del cambio climático han generado una urgente necesidad de adoptar soluciones energéticas que puedan satisfacer la demanda global de manera sostenible. No obstante, aunque las energías renovables han mostrado un rápido avance, enfrentan limitaciones como la suspensión, los elevados costos de implementación y la infraestructura necesaria para una integración eficiente y continua en las redes de distribución. A este reto se suma la complejidad técnica y económica de combinar múltiples fuentes en un sistema híbrido que maximice la producción y reduzca a la vez las emisiones y los costos operativos. Este trabajo plantea como problema de investigación identificar estrategias y modelos óptimos para maximizar la eficiencia y posibilidad económica de sistemas híbridos de energía renovable. Para ello, se examinan los avances recientes en cada tecnología, se analizan las barreras actuales y se proponen soluciones para mejorar su adopción en una red integrada.

La justificación de este estudio se basa en la necesidad de una evolución energética que no solo reduzca las emisiones de CO₂ y los costos operativos, sino que también provea una base energética estable y segura para el futuro. Este análisis busca contribuir a una mejor comprensión y desarrollo de sistemas energéticos híbridos capaces de responder a los desafíos ambientales y energéticos actuales y futuros.

DESARROLLO

Este análisis se centra en examinar los avances recientes en cuatro áreas principales dentro del ámbito de la energía renovable y la infraestructura eléctrica: sistemas fotovoltaicos, hidrógeno verde, energía eólica y redes inteligentes (Smart Grid). El mayor desafío con la incorporación de energía renovable en el sistema de energía eléctrica actual es el hecho de que la energía producida por fuentes de energía renovable es inconsistente y variable con las condiciones meteorológicas (Aktas, 2017).

Con el enfoque en la sostenibilidad ambiental y la seguridad energética, los responsables políticos y los planificadores de servicios eléctricos están considerando la energía renovable tanto como complemento como alternativa (Ghosh, 2016).

Sistemas Fotovoltaicos

Se destaca que los **sistemas fotovoltaicos**, ampliamente implementados en la actualidad, están experimentando mejoras tanto en su factibilidad económica como en su integración en las redes eléctricas debido a los avances continuos en eficiencia y almacenamiento.

Según (Pravalie, 2019) la energía solar es una fuente renovable clave para la descarbonización y el futuro desarrollo sostenible de la sociedad humana.

Los sistemas solares fotovoltaicos desempeñan un papel fundamental en la generación de energía distribuida. Esta forma de generación energética no solo ofrece una mayor seguridad en el suministro, sino que también ayuda a reducir las pérdidas en la transmisión, promueve la creación de empleo y disminuye la dependencia de los combustibles fósiles (Chandel, 2022).

A medida que se desarrolla la industria moderna, la escasez global de energía y la contaminación del aire se convierten en problemas graves, lo que impulsa al mundo a acelerar el desarrollo de recursos energéticos alternativos. La energía solar está ampliamente disponible. Es una opinión común que la energía solar tiene un gran potencial en la sustitución de los combustibles fósiles y la tecnología fotovoltaica muestra un gran potencial en la utilización de la energía solar. Basadas en el efecto fotovoltaico, las células solares convierten directamente la energía solar en electricidad, lo que es un proceso libre de contaminación (Ruhang, 2016).

En el ámbito de las innovaciones para aprovechar las fuentes renovables de energía, la tecnología fotovoltaica ha emergido como una de las más avanzadas y consolidadas en los últimos años. Desde una perspectiva económica, los precios de los módulos están en descenso, los mercados en desarrollo están experimentando un crecimiento significativo y las inversiones en el sector manufacturero están recuperando (Mirhassani, 2015).

Desde hace siglos, la energía se convirtió en esencial para el desarrollo de la humanidad, y actualmente es un elemento vital que influye en la sociedad humana en términos de desarrollo socioeconómico sostenible, producción de alimentos, erradicación de la pobreza, salud, paz y seguridad (Pravalie, 2019). Según (Jager-Waldau, 2018) la generación de electricidad mediante energía fotovoltaica solar se ha convertido en la fuente de energía de mayor crecimiento a nivel global. La notable disminución en los costos de la energía solar fotovoltaica durante la última década, junto con la estabilidad en los costos de combustible, ha incrementado su atractivo.

La energía solar se promueve a nivel mundial como una alternativa efectiva a los combustibles fósiles debido a su fácil accesibilidad y beneficio ambiental. Las aplicaciones fotovoltaicas solares son enfoques alternativos prometedores para el suministro de energía a los edificios, que dominan el consumo de energía en la mayoría de las áreas urbanas. Para compensar las características fluctuantes e impredecibles de la generación de energía solar fotovoltaica, se están introduciendo tecnologías de almacenamiento de energía eléctrica para alinear la generación de energía con la demanda de los edificios (Liu, 2019).

Hidrogeno Verde

Por otro lado, se aprecia el **hidrógeno verde** como una solución competente para el almacenamiento de energía renovable a gran escala, marcando avances significativos en su producción, a pesar de los retos técnicos y económicos que deben ser afrontados.

El uso de energías convencionales basadas principalmente en carbón y petróleo, ha representado el factor más importante de emisiones de gases contaminantes, especialmente de los denominados gases de efecto invernadero como el CO₂, que contribuyen al grave problema del calentamiento global. Debido a la necesidad de reducir el nivel de contaminantes presentes en la atmósfera se requiere buscar nuevas soluciones que contribuyan al mejoramiento de estos problemas sin recurrir a limitaciones en la producción de energía, ya que esto implicaría un retraso en el desarrollo social, económico, tecnológico, científico y cultural (Valle-Hernandez).

(Janvier, 2017) nos menciona que el hidrógeno es un vector energético prácticamente inexistente en la naturaleza en estado molecular: por lo tanto, debe producirse antes de su uso y eventualmente almacenarse. Esto se logra a través de diversos procesos: la reformación o gasificación de hidrocarburos, la electrólisis del agua o la disociación termoquímica del agua o la biomasa.

La electrólisis representa menos del 1% de la capacidad total de producción de este hidrógeno; este último solo se utiliza si la electricidad es gratuita (como en el caso de las energías renovables como la eólica o la fotovoltaica), o es barata y/o si se requiere una alta pureza del hidrógeno producido. Actualmente, el creciente uso de fuentes renovables está impulsando el desarrollo de la electrólisis, un proceso bien adaptado para aprovechar estas nuevas energías.

Existen procesos químicos y eléctricos que han permitido obtener fuentes de energía limpia del agua. La electrólisis permite mediante un proceso electroquímico la obtención de gas de hidrógeno y oxígeno, de cuya mezcla se obtiene HHO. Las características moleculares del HHO permiten la disminución de gases

tóxicos al ambiente y el ahorro de combustibles hidrocarbonados en motores de combustión interna (Díaz-Rey, 2018).

La electrólisis del agua es una tecnología conocida, en la que se lleva investigando muchos años. De forma teórica se puede afirmar que la electrólisis del agua se produce cuando se hace pasar una corriente eléctrica entre dos electrodos sumergidos en un electrolito (Valle-Hernandez).

Energía Eólica

Además, se estudia el avance en la **energía eólica**, destacando la implementación de turbinas más grandes y eficientes, así como enfoques innovadores para su integración en sistemas energéticos y la disminución de impactos ambientales.

La obtención de electricidad por medio centrales eólicas es una alternativa para obtener energía eléctrica no contaminante, que evita daños ambientales tanto locales como transfronterizos y que al compararla con otras formas de producción de energía, tales como las centrales térmicas o las núcleo eléctricas, resulta la más cercana a la sustentabilidad. Las plantas Eolo eléctricas no utilizan combustibles como el carbón, combustóleo o cualquier derivado del petróleo o gas natural. Tampoco emiten contaminantes al aire, ni provocan el efecto invernadero o consumen agua u otro tipo recurso natural (Gonzalez-Avila, 2006).

A través del viento, utilizamos aerogeneradores o turbinas eólicas que se encargan de convertir la energía producida por el viento en energía eléctrica, la cual llegará posteriormente a nuestros hogares. El viento es una fuente natural virtualmente inagotable y, por tanto, la energía eólica es una fuente de energía limpia y sostenible. (Redaccion Ambientum).

La transformación de la energía cinética del viento se realiza a través de aerogeneradores. En éstos, la energía eólica mueve una hélice y mediante un sistema mecánico se hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador, que produce energía eléctrica. La cantidad de energía transferida al rotor por el viento depende de la densidad del aire, del área de barrido del rotor y de la velocidad del viento (Puertolas, 2021).

El uso de la energía eólica reduce la emisión de gases de efecto invernadero y permite mitigar el calentamiento global por la disminución del dióxido de carbono (CO₂). Las centrales eólicas consumen muy pequeñas cantidades de agua y no emiten óxidos de nitrógeno, ozono, partículas ni otros tipos de sustancias dañinas al medio ambiente (Salgado, 2010).

(Machado, 2010) Nos dice que desde los tiempos más remotos se utilizaba la energía eólica para la navegación, molinos de vientos, entre otras aplicaciones. Hoy en la actualidad se utiliza para la generación de electricidad en grandes parques eólicos o a menor escala, para zonas rurales.

La tecnología de energía eólica ha experimentado un notable avance en los últimos años y se ha convertido en una de las principales fuentes de energía renovable en términos de desarrollo tecnológico.

El sector energético es clave para el desarrollo sostenible, así como en la lucha contra el cambio climático. A la vez que la energía es un elemento clave en el desarrollo económico y social, su transformación y consumo dan lugar a una importante afectación al Medio Ambiente y constituyen la principal injerencia humana en el sistema climático, además de un insostenible consumo de recursos limitados (Rodríguez, 2017).

(Viteri, 2011) Nos menciona que el futuro de las energías renovables va a depender en última instancia de su capacidad para convertirse en una fuente de energía realmente competitiva. Dentro de las renovables, como se ha señalado, la eólica es la tecnología más económica y con mayor potencial de desarrollo.

Las instalaciones eólicas producen energía a partir de un recurso renovable y ampliamente disponible y, por tanto, evitan el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles (Mejía, 2002).

La factibilidad de que las energías renovables, en especial la solar y eólica, puedan ser incorporadas en un volumen lo suficientemente grande para impactar en la solución del problema energético a nivel mundial, puede visualizarse con base en un análisis del estado actual de la tecnología y los proyectos que sobre dichas energías (-Telles, 2017).

Redes Inteligentes

También, se estudia el papel crucial de las **redes inteligentes** en la tarea eficiente y segura de la energía renovable distribuida, aprovechando tecnologías de comunicación, sensores y análisis de datos. Se destaca tanto el avance notable como los retos en estos campos, los cuales son fundamentales para lograr un cambio energético sostenible.

Una Red Eléctrica Inteligente o Smart Grid (SG) es una red eléctrica que integra, a través de una comunicación bidireccional, las acciones de proveedores de servicio y usuarios conectados a ella. En la actualidad uno de los retos que enfrenta la Red Eléctrica Mexicana debido al crecimiento poblacional e industrial es el incremento de la demanda energética, así como la introducción de generación distribuida basada en recursos renovables (Leon-Trigo, 2019).

Las tecnologías de redes eléctricas inteligentes pueden definirse como sistemas autosuficientes que pueden encontrar soluciones a problemas rápidamente en un sistema disponible que reduce la mano de obra y apunta a proporcionar electricidad sostenible, confiable, segura y de calidad a todos los consumidores (R.Bayindir, 2016).

Smart Grid pretende que la operación en los sistemas tradicionales de producción, distribución, generación y consumo energético reduzcan las interrupciones en el servicio, las mismas que al ser representadas en precios resultan significativos por las diferentes actividades que dependen de este insumo (Ortega, 2012). Para evitar un mayor deterioro del medio ambiente, es crucial utilizar de forma más intensiva las fuentes de energía renovable en la producción energética. Tanto la energía solar como la eólica son recursos gratuitos y limpios, aunque su disponibilidad varía según las condiciones locales como la insolación, la velocidad del viento y la temperatura. Además, su larga vida útil y los bajos requisitos de mantenimiento hacen que estas fuentes de energía renovable sean altamente recomendables (Bizon, 2014). (Sardi, 2017) menciona que hoy en día, hay un amplio consenso sobre la integración de más fuentes de energía renovable para abordar una multitud de preocupaciones globales, como satisfacer una creciente demanda de electricidad, reducir la seguridad energética y la fuerte dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía, y disminuir la huella de carbono general de la producción de energía. La mayor presencia de las generaciones distribuidas renovables variables tendrá un impacto positivo y/o negativo según las condiciones del sistema. Las redes eléctricas convencionales llevan un flujo de energía unidireccional. La introducción de las generaciones distribuidas implica un flujo de energía bidireccional, así como una mayor variabilidad e incertidumbre en el sistema (F.Santos, 2016).

(F.Wu, 2015) nos menciona que la red eléctrica desempeña un papel central en la cadena de conversión de energía, desde las fuentes hasta las actividades útiles que impulsan el desarrollo económico. El desarrollo sostenible depende críticamente de una red futura funcional para apoyarlo. Una red futura que funcione correctamente podrá contribuir a la descarbonización de las fuentes de energía, a la mejora de la eficiencia en los procesos de conversión y usos finales, y al transporte limpio.

Se deben desarrollar técnicas para obtener y utilizar energías renovables (RE: Renewable Energy) que permitan suplir estas necesidades, de manera que su transporte y precio sean accesibles para la sociedad de consumo. Las tecnologías que más se destacan actualmente son aquellas que emplean RE con sistemas ecológicos e inteligentes. A su vez, la red eléctrica tradicional está migrando a una red eléctrica moderna, que cuenta con un sistema de comunicación que permite monitorear y controlar la red de manera eficaz,

en tiempo real y eficiente, y un sistema eléctrico automatizado, ambos enmarcados dentro de la Smart Grid (SG-Red Inteligente) (Humberto, 2014).

Discusión y Análisis de Resultados

Este análisis revela avances en tecnologías renovables como los sistemas fotovoltaicos, el hidrógeno verde, la energía eólica y las redes inteligentes, cada uno con fortalezas y desafíos específicos. Los sistemas fotovoltaicos han mejorado en eficiencia y viabilidad económica, aunque su interrupción limita una integración continua. El hidrógeno verde emerge como una opción clave para almacenamiento energético, pero enfrenta altos costos de producción. La energía eólica ha incrementado su capacidad mediante turbinas más eficientes, aunque su rendimiento depende de condiciones geográficas específicas. Las redes inteligentes son básicas para gestionar y distribuir la energía de múltiples fuentes, pero su implementación sigue siendo costosa.

Los resultados sugieren que la combinación de estas tecnologías en un sistema híbrido tiene el potencial de maximizar la eficiencia, reducir las emisiones de CO₂ y ofrecer un suministro energético más estable. Sin embargo, se requiere superar barreras técnicas y económicas para su adopción amplia, siendo importante el apoyo a la investigación y políticas energéticas favorables.

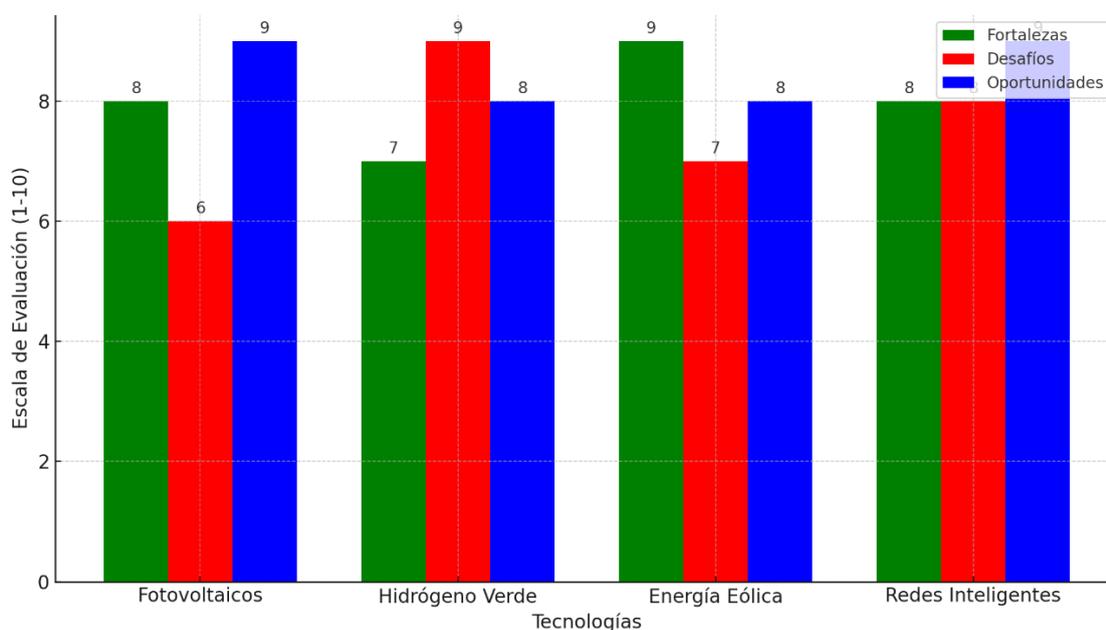
Tabla 1. Resumen del análisis de tecnologías renovables.

Tecnología	Fortalezas	Desafíos	Oportunidades
Sistemas fotovoltaicos	Alta eficiencia, reducción de costos, recurso global.	Suspensión de generación, dependencia de almacenamiento energético.	Mejoras en baterías y almacenamiento que permitirán una mayor integración en redes híbridas.
Hidrogeno Verde	Solución para almacenamiento a gran escala, cero emisiones en su uso.	Altos costos de producción, infraestructura limitada.	Investigación en electrólisis más eficiente y apoyo gubernamental para reducir costos.
Energía Eólica	Alta capacidad en áreas geográficas específicas, eficiencia creciente de turbinas.	Dependencia de condiciones geográficas, impacto ambiental en la instalación de turbinas.	Integración en sistemas híbridos para balancear la suspensión.
Redes Inteligentes	Gestión eficiente de múltiples fuentes de energía, mejor	Costos elevados de implementación, necesidad de	Desarrollo de tecnologías de

	integración de fuentes renovables.	infraestructura avanzada.	comunicación y análisis de datos para mejora.
--	------------------------------------	---------------------------	---

Fuente. Elaboración propia.

Figura 1. Análisis de Tecnologías Renovables.



Fuente. Elaboración propia.

Gráfica que resume el análisis de fortalezas, desafíos y oportunidades de las tecnologías renovables. Cada barra muestra la evaluación en una escala de 1 a 10 para las tecnologías de sistemas fotovoltaicos, hidrógeno verde, energía eólica y redes inteligentes.

Estudios recientes han destacado que los avances en materiales fotovoltaicos, como las celdas de materiales avanzados, están logrando eficiencias superiores al 30%, según (Jeong, 2023). Aunque estos avances registran a una reducción significativa en costos, el principal reto sigue siendo el almacenamiento de energía a gran escala. El progreso en baterías de estado sólido podría ser un catalizador para la adopción de sistemas fotovoltaicos.

Investigaciones de (Zun, 2023) señala que los costos de producción del hidrógeno verde han disminuido en un 20% en los últimos cinco años debido a innovaciones en electrólisis y economías de escala. Sin embargo, estas mejoras todavía no logran competir con combustibles fósiles, lo cual limita su introducción

en el mercado energético. Este resultado respalda las conclusiones de este análisis al señalar la importancia de políticas públicas y subsidios para nivelar el campo de competencia.

Según (Velasco, 2023) las redes inteligentes son críticas para integrar fuentes de energía renovable distribuidas. Su estudio concluye que la implementación de redes inteligentes puede mejorar la estabilidad del sistema en un 25%, a pesar de los altos costos iniciales de instalación. Este hallazgo concuerda con la observación de que las redes inteligentes son una inversión para maximizar la eficiencia y estabilidad de sistemas híbridos.

CONCLUSIÓN

El presente análisis demuestra que las energías renovables, en sus diferentes formas como sistemas fotovoltaicos, hidrógeno verde, energía eólica y redes inteligentes, están avanzando rápidamente hacia una mejor adopción e integración en las construcciones energéticas globales. Estos avances, inspirados por la necesidad de combatir el cambio climático y reducir la dependencia de los combustibles fósiles, justifican tanto el progreso como los retos que enfrenta la evolución energética.

Los sistemas fotovoltaicos son cada vez más posibles económicamente, gracias a mejoras en el almacenamiento de energía, mientras que el hidrógeno verde, aunque promete ser una solución efectiva para el almacenamiento de energía renovable a gran escala, sigue enfrentando barreras técnicas y económicas que deben resolverse para su implementación. Por su parte, la energía eólica continúa mejorando en eficiencia y reducción de impactos ambientales mediante turbinas más avanzadas y soluciones de integración. Finalmente, las redes inteligentes son importante en la gestión eficiente de una red energética renovable distribuida, apoyándose en tecnologías de comunicación y análisis de datos para garantizar una operación segura y optimizada.

Aunque se ha logrado un avance considerable en cada una de estas áreas, es necesario seguir invirtiendo en investigación, desarrollo que faciliten el cambio hacia un sistema energético sostenible. Los retos técnicos y económicos deberán ser superados para alcanzar una matriz energética limpia que no solo cubra la gran demanda global, sino que también proteja el medio ambiente y garantice la seguridad energética a largo plazo.

AGRADECIMIENTOS

Por mi parte, agradezco a mis maestros, por cada consejo ofrecido, cada momento de apoyo, por su dedicación, pasión y compromiso con la enseñanza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aktas, A., Erhan, K., Ozdemir, S., & Ozdemir, E. (2017). Experimental investigation of a new smart energy management algorithm for a hybrid energy storage system in smart grid applications. *Electric Power Systems Research*, 144, 185-196.
- Bayindir, R., Colak, I., Fulli, G., & Demirtas, K. (2016). Smart grid technologies and applications. *Renewable and sustainable energy reviews*, (66), 499-516.
- Beltrán-Telles, A., Morera-Hernández, M., López-Montegudo, F. E., & Villela-Varela, R. (2017). Prospectiva de las energías eólica y solar fotovoltaica en la producción de energía eléctrica. *CienciaUAT*, 11(2), 105-117.
- Berrío, L. H., & Zuluaga, C. (2014). Smart Grid y la energía solar fotovoltaica para la generación distribuida: Unarevisión en el contexto energético mundial. *Ingeniería y Desarrollo*, 32(2), 369-396.
- Bizon, N., Oproescu, M., & Raceanu, M. (2015). Efficient energy control strategies for a standalone renewable/fuel cell hybrid power source. *Energy Conversion and Management*, 90, 93-110.
- Chandel, R., Chandel, S. S., & Malik, P. (2022). Perspective of new distributed grid connected roof top solar photovoltaic power generation policy interventions in India. *Energy Policy*, 168, 113122.
- Chou Rodríguez, R., Martínez Santos, K. E., & Ramírez Roque, R. (2017). Energía eólica y aerogeneradores: estudio comparativo de diferentes variantes para el perfeccionamiento de las multiplicadoras. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(4), 120-127.
- Gil, J. E. G., Rey, Á. O. D., & González-Estrada, O. A. (2018). Análisis de un generador de HHO de celda seca para su aplicación en motores de combustión interna. *Revista UIS Ingenierías*, 17(1), 143-154.
- Ghosh, S., & Rahman, S. (2016, October). Global deployment of solar photovoltaics: Its opportunities and challenges. In *2016 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT-Europe)* (pp. 1-6). IEEE.
- González-Ávila, M. E., Beltrán-Morales, L. F., Troyo-Diéguez, E., & Ortega-Rubio, A. (2006). Potencial de aprovechamiento de la energía eólica para la generación de energía eléctrica en zonas rurales de México. *Interciencia*, 31(4), 240-245.
- Jäger-Waldau, A. (2018). Snapshot of photovoltaics— February 2018. *EPJ Photovoltaics*, 9, 6.
- Janvier. (2017). *La producción de hidrogeno mediante electrolisis del agua*. AFHYPAC.
- León-Trigo, L. I., Reyes-Archundia, E., Gutiérrez-Gnecchi, J. A., Méndez-Patiño, A., & Chávez-Campos, G. M. (2019). Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2), 0-0.
- Liu, J., Chen, X., Cao, S., & Yang, H. (2019). Overview on hybrid solar photovoltaic-electrical energy storage technologies for power supply to buildings. *Energy conversion and management*, (187), 103-121.
- Martínez, E. T. (2008). *Energía eólica*. Universidad de Zaragoza.
- Mirhassani, S., Ong, H. C., Chong, W. T., & Leong, K. Y. (2015). Advances and challenges in grid tied photovoltaic systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (49), 121-131.
- Moragues, J., & Rapallini, A. (2003). *Energía eólica*. Instituto Argentino de la Energía General Mosconi.
- Ortega, E. M. (2012). *Redes de comunicacion en smart grid*. Ingenius .
- Práválie, R., Patriche, C., & Bandoc, G. (2019). Spatial assessment of solar energy potential at global scale. A geographical approach. *Journal of Cleaner Production*, (209), 692-721.

- Puertolas, C. (2021). *La energía eólica*. EPEC.
- Ruhang, X. (2016). Characteristics and prospective of China' s PV development route: Based on data of world PV industry 2000–2010. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (56), 1032-1043.
- Santos, S. F., Fitiwi, D. Z., Cruz, M. R., Cabrita, C. M., & Catalão, J. P. (2017). Impacts of optimal energy storage deployment and network reconfiguration on renewable integration level in distribution systems. *Applied energy*, 185, 44-55.
- Solaun, X. V. (2011). La energía eólica una tecnología eficiente de generación eléctrica. *Hermes: pensamendu eta historia aldizkaria= revista de pensamiento e historia*, (38), 30-39.
- Wu, F. F., Varaiya, P. P., & Hui, R. S. (2015). Smart grids with intelligent periphery: An architecture for the energy internet. *Engineering*, 1(4), 436-446.
- Valle-Hernández, J., & López-Pérez, P. Estimación de la Eficiencia asociada a la Producción de Hidrógeno con Energía Solar Concentrada. *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica*, (1).

TABLA TRABAJO COLABORATIVO

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Cristina Quintero Ávila
Metodología	Cristina Quintero Ávila, Arturo Woocay Prieto, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía
Validación	Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Arturo Woocay Prieto, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga
Análisis Formal	Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Adán Valles Chávez
Investigación	Cristina Quintero Ávila, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía
Curación de datos	Jeovany Rafael Rodríguez Mejía, Arturo Woocay Prieto, Eduardo Rafael Poblano Ojinaga
Escritura - Preparación del borrador original	Cristina Quintero Ávila, Adán Valles Chávez
Escritura - Revisión y edición	Cristina Quintero Ávila, Arturo Woocay Prieto, Jeovany Rafael Rodríguez Mejía