

Problemáticas en la implementación de energías renovables desafíos tecnológicos y perspectivas para los próximos 20 años

Juan Camilo Morales Cortes¹

Artículo de revisión



Fecha de recepción: 25 de septiembre del 2019 ▪ **Fecha de aceptación:** 21 de marzo del 2020

Morales, J. C. (2020). Problemáticas en la implementación de energías renovables, desafíos tecnológicos y perspectivas para los próximos 20 años. *Revista de Investigaciones de Uniagraria*, 8(1), 107-119.

Resumen

El constante aumento en la demanda energética, el cambio climático y la variabilidad en los costos de los combustibles fósiles, sumado a distintas crisis geopolíticas, han permitido que las energías renovables se abran un espacio en el mercado a pesar de que el coste de producción de kilovatio/hora, a partir de energías alternativas, sea mayor comparado con las energías tradicionales.

Año tras año, el presupuesto para la investigación en este tipo de tecnología ha sufrido incrementos importantes, siendo en la actualidad China el principal consumidor energético quien ha subido las apuestas en la búsqueda de la integración de las energías alternativas a su matriz energética. Dentro del panorama mundial se espera que las energías solar y eólica sean las que tengan la mayor participación, al menos durante la próxima mitad de siglo, sin embargo, también se espera que otros tipos de energías limpias, tales como la biomasa y la bioenergía, participen en menor proporción en el proceso de descarbonización del transporte y de la industria. La innovación en la ciencia de materiales y la ingeniería de procesos serán los pilares principales para el desarrollo y la masificación de esta tecnología.

Palabras clave: energías alternativas, seguridad energética, síntesis de materiales.

Clasificación JEL: O, Q.

¹ Investigador del grupo de investigación Sennova y docente catedrático de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Correo electrónico: jcmoralesco@unal.edu.co

Implementation of renewable energies, technological advances, and prospects for the next 20 years

Abstract

The rising demand for energy, climate change, the growing instability of the fossil fuels cost and geopolitical problems related with the energy sector have promote the development of the clean energies industry, making feasible the production of alternative energies despite the higher production cost compared to conventional fuels.

Day by day governmental and private industries have increased the investment budget for renewable energy research, being China the largest energy consumer and the world's greatest investor on this field making notable investments in solar and wind energy which are expected to be the largest contributors in the production of renewable energies during the next 20 to 50 years.

Because of this, innovation in material science and processing engineering will be the main task in order to solve the actual hindrances among the technological development and the massification of this technology.

Keywords: Alternative energies, energy security, Novel materials

JEL Classification: O, Q.

Introducción

Durante el último siglo, el consumo energético mundial ha presentado un crecimiento constante, durante las primeras fases de la revolución industrial la principal fuente de energía era el carbón, sin embargo, esta tendencia ha sufrido grandes cambios, pues la mayoría de la demanda energética en la actualidad proviene del petróleo (Nieves, Aristizábal, Dyner, Báez y Ospina, 2019).

Este cambio en la matriz energética ha permitido que algunos países con gran potencial industrial aceleren aún más su crecimiento económico y, a su vez, ha permitido el desarrollo de fenómenos económicos tales como: la globalización, el crecimiento de diversos tipos de mercados y el surgimiento de nuevas industrias. Estos fenómenos se han desarrollado de una manera simultánea y en una fracción muy corta de tiempo, por lo cual han exhibido un aumento de tipo exponencial (Suganthi y Anand, 2012); sin embargo, este consumo energético desenfrenado ha generado diversos problemas ambientales, políticos y sociales (Nieves, *et al.*, 2019; Cullen, 2015).

Dentro de estos problemas se pueden encontrar: aumento en las temperaturas promedio a lo largo del globo terráqueo Rogers (2014) cambios en la estructura y la composición química atmosférica, lo que provoca aleatoriedad e inestabilidad en el comportamiento atmosférico durante cada una de las estaciones, permitiendo que en el verano y el invierno las temperaturas promedio registren altos o bajos históricos; aumento de riesgos en la seguridad energética en

distintos países (sobre todo en la región europea); inestabilidad en los costos del crudo y demás combustibles fósiles; degradación de ecosistemas, producto de la sobreexplotación de recursos naturales no renovables; disminución progresiva de la calidad del aire (en sociedades con una gran cantidad poblacional tales como grandes urbes y metrópolis); problemas de salud pública debido a alta contaminación del aire, mediante material particulado suspendido e inestabilidad política provocada por potencias económicas y militares, generando intervenciones militares y económicas indeseadas en poblaciones vulnerables, lo que a su vez genera grandes desplazamientos de poblaciones y pérdidas de vidas humanas en la lucha del poder energético, a modo de ejemplo se pueden observar los casos de Siria, Irak y más recientemente Venezuela.

Principales economías y sus contribuciones a las energías renovables

De acuerdo con las estadísticas y las predicciones publicadas por la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés), la demanda total de energía mundial en el 2030 aumentará en un 50 % respecto a la demanda energética presentada en el año 2005 por la Frankfurt School-UNEP (2017), como se observa en la figura 1. En palabras de Cullen: “Según Bank of America y Merrill Lynch, si los precios del petróleo se mantienen entre 50-70 dólares, la demanda alcanzará su punto máximo en 2030. A continuación, el petróleo y los hidrocarburos ya no podrán competir con las energías renovables” (2015).

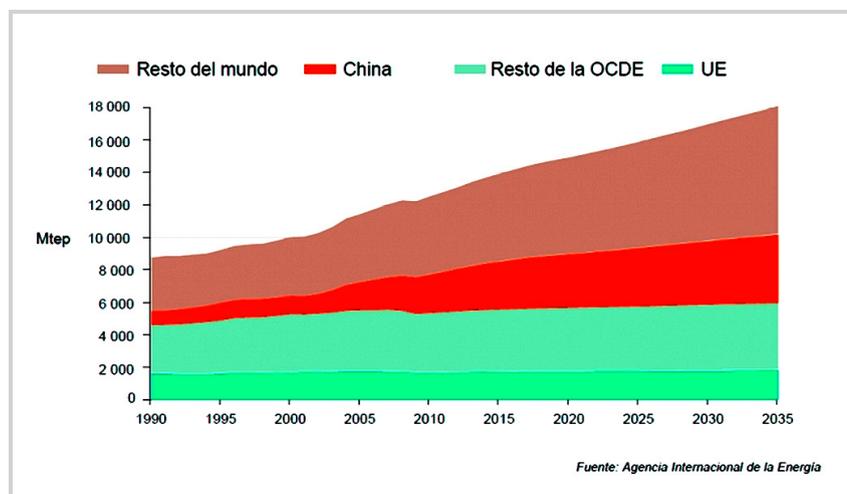


Figura 1. Predicción de la demanda energética mundial, publicada por la Fundación para la Eficiencia Energética y el Medioambiente

Fuente: Frankfurt School-UNEP (2017).

Ahora, la eliminación del petróleo como fuente energética depende de los intereses económicos de compañías y gobiernos que se oponen a este tipo de cambio, por lo cual es probable que el petróleo siga teniendo un papel protagónico hasta que se acaben las reservas en el mundo (Cullen, 2015). Una prueba de esto son las inversiones realizadas por grandes potencias económicas en el sector de combustibles convencionales y energías renovables (Cullen, 2015; Merino, 2018). Países tales como China e India han realizado fuertes aumentos en los presupuestos para el desarrollo de proyectos en energías renovables, pero a su vez han realizado fuertes inversiones en ambiciosos proyectos petroleros (Cullen, 2015).

En cuanto al caso de Estados Unidos, la inversión en energías “convencionales” se ha fortalecido desde el 2017, año durante el cual el Gobierno norteamericano ha decidido abandonar el Acuerdo de París, el cual fue concebido para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y, por el contrario, ha decidido fortalecer la generación de energía a partir de combustibles fósiles tales como el carbón, el petróleo y el gas (BBC, 2017).

En cuanto a las inversiones en el campo de las energías limpias, curiosamente China, el mayor consumidor de energía a nivel mundial, es quien lidera presupuestalmente la financiación de estos proyectos, alcanzando un presupuesto récord de 132 mil millones de dólares. Cabe destacar que el gigante asiático aumentó en un 24 % el presupuesto respecto al año anterior (Merino, 2018). Esto puede deberse a los compromisos adquiridos en el 2016 durante la firma del Acuerdo de París, pero principalmente China está empeñada en lograr independencia energética y, de esta manera, no depender de las importaciones de países productores de petróleo, gas y carbón, tales como Rusia y Venezuela.

El siguiente país líder en la inversión de energías renovables es Estados Unidos, quien es el segundo más grande consumidor de energía a nivel mundial, sin embargo, después del cambio de administración realizado en el Gobierno americano durante el 2017, las inversiones en tecnologías para la producción de energías no contaminantes se han visto fuertemente afectadas (Merino, 2018). Como un caso a destacar se muestra Austria, quien en el 2017 aumentó su presupuesto en un 150 % respecto al 2016, alcanzando la cifra récord de 9 mil millones

de dólares, los cuales fueron invertidos en mega granjas solares y eólicas.

En cuanto a países latinoamericanos, México es quien lidera la apuesta por las energías renovables, ya que la inversión de este país creció en un 516 %, alcanzando una cifra récord de 6200 millones de dólares (Merino, 2018). Argentina y Emiratos Árabes Unidos se destacan por ser los países con el mayor incremento en la inversión en energías limpias durante el 2017, alcanzando un aumento del 777 % y 2300 %, respectivamente.

Cabe destacar que durante 2017, la inversión en energías renovables en el continente europeo decreció en un 26 % respecto al año previo, debido a la crisis económica y al cambio en las políticas europeas frente a las energías renovables, siendo el Reino Unido y Alemania los países que más sufrieron estas medidas, disminuyendo sus inversiones en un 56 % y un 26 %, respectivamente. Europa, en su conjunto, invirtió 57 400 millones.

Tabla 1. Inversiones en energías renovables realizadas por distintos países durante el 2017

Principales economías y sus contribuciones a las energías renovables (en comparación con 2016)

- 1- **China:** 132 600 millones, un 24 % más
- 2- **Estados Unidos:** 56 900 millones, un 1 % más
- 3- **Japón:** 23 400 millones, un 16% menos
- 4- **Alemania:** 14 600 millones, 26% menos
- 5- **India:** 11 000 millones, 20% menos
- 6- **Reino Unido:** 10 300 millones, 56% menos
- 7- **Australia:** 9 mil millones, 150 % más
- 8- **México:** 6200 millones, 516% más
- 9- **Brasil:** 6200 millones, 10 % más
- 10- **Francia:** 5 mil millones, 15 % más
- 11- **Suecia:** 4 mil millones, 109% más
- 12- **Países Bajos:** 3500 millones, 30 % más
- 13- **Canadá:** 3300 millones, 45 % más
- 14- **Corea del Sur:** 2900 millones, 14 % más
- 15- **Egipto:** 2600 millones, 495 % más
- 16- **Italia:** 2500 millones, 15 % más
- 17- **Turquía:** 2300 millones, 8 % menos
- 18- **Emiratos Árabes Unidos:** 2200 millones, 2300 % más
- 19- **Noruega:** 2 mil millones, 12% menos
- 20- **Argentina:** 1800 millones, 777 % más
- 21- **Suiza:** 1700 millones, 10 % menos
- 22- **Chile:** 1500 millones, 55 % más
- 23- **Austria:** 1200 millones, 4 % más
- 24- **España:** 1100 millones, 36 % más
- 25- **Taiwán:** mil millones, 6 % menos
- 26- **Indonesia:** mil millones, 71 % más

Fuente: Frankfurt School-UNEP (2017)

Inversión por sectores

A partir del 2010, la energía solar ha sido quien ha liderado la inversión en cuanto a las energías renovables, alcanzando un porcentaje de participación del 48 % en la inversión total a lo largo del 2017, lo cual es equivalente a 160 800 millones de dólares. Este incremento se presenta debido al aumento en la eficiencia de las celdas solares comerciales y también debido a la reducción en los costos de producción que han sufrido este tipo de tecnologías durante la última década, lo cual ha permitido que este tipo de energía sea rentable para el aprovechamiento de la energía solar en hogares, zonas agrícolas e industrias.

Cabe destacar que en el 2017, los dos proyectos más importantes en cuanto a granjas solares se aprobaron en Emiratos Árabes Unidos, donde se abrirá la planta de “Marubeni Jinko Solar y Adwea Sweihan”, la cual contará con una inversión de 899 millones de dólares y una capacidad de producción de 1,2 GW. Asimismo, se aprobó la construcción de la planta “Sheikh Mohammed Bin Rashid Al Maktoum III”, la cual contará con una capacidad de producción de energía cercana a los 800 MW y una inversión total de 899 millones de dólares (figura 2) (Merino, 2018).

La energía eólica ocupó el segundo lugar en cuanto a presupuesto durante el periodo del 2017, alcanzando un porcentaje de participación superior al 32 %, siendo esta una de las energías más afectadas por las modificaciones en el marco legal de las energías renovables, reduciendo así su inversión en un 12 %, frente a los niveles registrados en el 2016; sin embargo, se desarrollaron distintos megaproyectos financiados por distintas organizaciones y compañías nacionales, así como proyectos en cooperación internacional. A nivel nacional, la compañía American Electric Power aseguró que participaría en la construcción de una granja eólica llamada Oklahoma Wind Catcher, invirtiendo unos 2900 millones de dólares. Esta planta contará con

una capacidad de producción cercana a los 2 GW y estará ubicada en Estados Unidos. La compañía Ørsted financió la construcción del proyecto “Horsea 2”, invirtiendo 4800 millones de dólares, esta planta tendrá la capacidad de producción de 1,4 GW y estará ubicada en el mar del norte, cerca de las islas del Reino Unido. En China se realizaron 13 proyectos para la producción de energía eólica y el gigante asiático contribuirá con la producción de 3,7 GW a la red de energías renovables, estos proyectos contarán con una inversión total de 10 800 millones de dólares (figura 2).

El tercer sector con la mayor inversión es el de tecnologías de energía inteligente y de almacenamiento. En este sector se destaca la investigación en: redes inteligentes (smart grid), contadores inteligentes, eficiencia energética y diseño de almacenadores de energía (baterías para su uso en medios de transporte tales como vehículos y para almacenamiento de energía fotovoltaica). Este sector alcanzó una cifra de inversión récord durante el 2017, incrementando su participación en la matriz de inversión en un 7 % respecto al 2016.

La inversión en otros sectores de las energías renovables se ha quedado muy rezagada, la biomasa y la producción de energía con residuos (*waste to energy*) sufrieron una caída del 36 % respecto al año previo, con una inversión total de 47 900 millones de dólares. La inversión en el sector de biocombustibles registró una caída total del 3 %, con un financiamiento cercano a los 2 mil millones de dólares, así mismo, sectores como la hidráulica y servicios bajos en carbono han disminuido en un 14 y un 4 %, respectivamente. En cuanto a la inversión en energía geotérmica, esta presentó una de las caídas más importantes, alcanzando un 34 % menos de inversión frente al 2016, mientras que la financiación de la energía mareomotriz disminuyó en un 14 % (figura 2) (Merino, 2018).

Las estimaciones de la Bloomberg New Energy Finance (BNEF) sugieren que en el 2017 empezaron a inyectarse 160 GW a la matriz energética internacional, correspondientes

a energía limpia (sin producción de gases de efecto invernadero, excluyendo las grandes hidroeléctricas, las cuales a pesar de no producir la emisión de agentes que deterioren la capa de ozono, pueden causar grandes desastres naturales, como el ocurrido hace un par de meses en Colombia, en la represa Hidroituango) (Colombia Informa, 2018). De esta manera,

durante el 2017, a partir de energía solar se produjeron en total 98 GW, en cuanto a la energía eólica esta produjo un total de 56 GW, a partir de biomasa y de residuos de biomasa se produjeron 3 GW, las minihidráulicas produjeron un total de 2,7 MW, mientras que la energía geotérmica y la marina produjeron 700 MW y 10 MW, respectivamente.

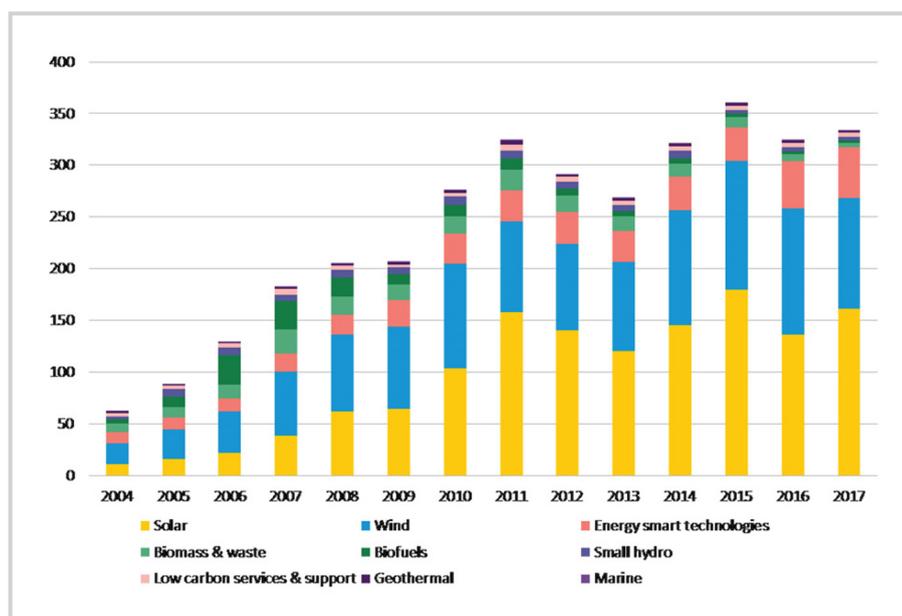


Figura 2. Inversión mundial en energías renovables en miles de millones de dólares

Fuente: Merino, 2018.

Perspectivas para la investigación durante los próximos 20 años

Según lo anteriormente expuesto, está claro que el futuro de las investigaciones en energías renovables se encuentra en la energía solar, la eólica y en el almacenamiento de energía eléctrica y fotovoltaica. La bioenergía seguirá teniendo una pequeña participación en la matriz energética mundial, pues esta ha mostrado ser útil para el aprovechamiento y el tratamiento de residuos orgánicos urbanos, mediante la producción de etanol de segunda generación (*waste to energy*). En cuanto a los biocombustibles de primera

generación, estos parecen estar destinados a una pronta desaparición por las dificultades tecnológicas y bajo contenido energético, lo que ha generado grandes problemas para su implementación en el transporte, por este motivo, parecen ser los coches eléctricos quienes están destinados a sustituir los medios de transporte privado convencionales. Entre tanto, para el transporte masivo se ha demostrado que servicios tales como metro, tranvías y trolebús, son muy eficientes y generan poco impacto ambiental, pues no emiten gases de efecto invernadero de forma directa, además de esto, podrían abastecerse a partir de generadores de energía renovable y, de

esta manera, el impacto ambiental se reduciría al mínimo, ya que en ninguna parte del proceso se emitirían gases causantes del efecto invernadero.

Efectos en el medioambiente y el Acuerdo de París

Prospectos para la investigación en energía solar

El desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de la energía solar es considerado como una de las principales alternativas para alcanzar la independencia de los combustibles fósiles, además para suplir el constante aumento de demanda energética (Khana et al, 2009), sin embargo, esta tecnología se ha visto enfrentada a distintos tipos de retos y barreras de tipos técnico y científico, entre estas barreras se encuentran:

- Baja eficiencia de algunos de los materiales fotovoltaicos utilizados en las celdas solares.
- Baja eficiencia producida por problemas tecnológicos en el balance del sistema, el cual hace referencia a los componentes mecánicos, eléctricos y de hardware, usados para armar e integrar los componentes principales del sistema fotovoltaico y estos componentes eléctricos se utilizan para conducir, distribuir y controlar el flujo de la corriente eléctrica.
- Problemas económicos relacionados con altos costes de producción, falta de financiación gubernamental y privada, sumado a la falta de divulgación de estas energías como una alternativa económica y de bajo impacto ambiental.
- Obstáculos en la infraestructura de las zonas interconectadas a la red de energía regional, sumado a la escasez de mano de obra calificada.

- Problemas relacionados con la falta de compromiso político por parte de la mayoría de países. Este problema se presenta sobre todo en países en vía de desarrollo, los cuales son más susceptibles a caer en contratos irregulares debido a la falta de control político y las crisis socioeconómicas.

Problemas tecnológicos y perspectivas del futuro de la energía solar

Las plantas de generación de energía fotovoltaica están compuestas por una gran cantidad de componentes tales como: celdas solares, módulos y sistemas de control y regulación de corriente, sin embargo, la distribución de estos sistemas y sus formas de interacción se evalúan constantemente para aprovechar de la mejor manera la energía recibida en forma de radiación y, de esta manera, aumentar la eficiencia de cada planta solar en específico.

Desarrollo de modelos matemáticos para el diseño y distribución de plantas solares

Durante los últimos años, la investigación en el campo de modelamiento de plantas de energía solar ha ayudado a alcanzar mayores eficiencias en la producción de energía, e incluso, el desarrollo de modelos que permitan predecir el comportamiento de los paneles solares en ubicaciones geográficas específicas bajo ciertas condiciones climáticas. Estos cálculos han permitido el desarrollo de modelos híbridos de producción de energía limpia, en los cuales se mezcla energía solar y eólica (Kannan & Divagar, 2016).

La implementación de este tipo de granjas mixtas se ha popularizado sobre todo en zonas remotas (las cuales no se encuentran interconectadas a la red de suministro energética principal de la región), debido a que este tipo de híbridos permiten suministrar energía de una manera ininterrumpida. Por lo cual, el desarrollo

de este tipo de modelos que permitan predecir el comportamiento y el desarrollo de nuevos sistemas integrados para la producción de energía limpia será vital para abaratar costos de producción y aumentar la producción de energía, según las características geográficas y climáticas de la zona evaluada (Kannan & Divagar, 2016)

Desarrollo de los colectores PVT

Estos se han diseñado para aumentar la eficiencia de las celdas solares y cuentan con un equipo llamado intercambiador de calor, el cual cumple dos funciones principales:

1. **Refrigeración del sistema:** se ha demostrado que el rendimiento en la captura de energía de una celda solar está directamente relacionado con la temperatura a la que esta se encuentra, pues al aumentar la temperatura, las celdas solares disminuyen su eficiencia, debido a que la tensión de circuito abierto disminuye del orden de unos pocos milivoltios por cada grado centígrado que aumenta la temperatura ($2,3 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ para el silicio y entre 2 y $2,2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ en el caso de arseniuro de galio) (Collado, 2015). Por este motivo, la mayoría de los fabricantes de celdas solares reportan que a temperaturas cercanas a los 40°C , la eficiencia del panel solar suele disminuir en un 20 %. De esta manera, no es raro encontrar que en países que presentan estaciones es común que durante la estación de invierno se puede producir una cantidad importante de energía solar, a pesar de las pocas horas de luz que se registran durante estas temporadas.
2. **Aprovechar la energía disipada en forma de calor en el panel solar:** la mayoría de las celdas solares comerciales cuentan con una eficiencia entre el 16 y el 20 %, esto dependerá del tipo de material con el cual se fabricó (silicio monocristalino, silicio policristalino o una mezcla de ambos), esto implica que entre el 80 y el 84 % de la energía (en forma de radiación) que absorbe un panel solar, se disipa en forma de calor. Por esto, es de vital

importancia aprovechar la energía térmica que pueden ofrecer estos paneles solares, esta energía puede ser utilizada para procesos de calefacción a través del calentamiento de un fluido.

El desarrollo y la exploración en este campo se ha enfocado en la investigación tanto de fluidos gaseosos como líquidos, así como de materiales y formas utilizadas para construir distintos tipos de intercambiadores de calor, los cuales se acoplarán a la celda solar. Esta se trata de una tecnología relativamente nueva y, por ende, esta se encuentra en etapa de desarrollo y optimización de los diseños. Cabe anotar que el modelamiento de estos sistemas es un punto vital, pues permite someter a múltiples pruebas distintos tipos de diseño de una manera económica.

Calentadores o colectores solares

La energía solar, en general, es una fuente de energía inagotable e intermitente, el aprovechamiento de la energía solar a partir del calentamiento térmico de cuerpos es una de las formas más sencillas del aprovechamiento de la radiación solar, por este motivo, algunos investigadores se han enfocado en el desarrollo de materiales que permitan la acumulación de energía y una alta eficiencia de transferencia de calor en sistemas de fase gaseosa y, en algunos casos, de fase líquida. Estos colectores tienen gran aplicabilidad en la agricultura y el calentamiento de agua de carácter doméstico. Además, la eficiencia de estos equipos radica en el diseño de estos y los tipos de materiales empleados, por este motivo, el modelamiento de este tipo de colectores solares se presenta como uno de los campos más prometedores para el desarrollo de este tipo de tecnología.

Desarrollo de materiales para la optimización de la absorción de la luz

La investigación de materiales fotovoltaicos es uno de los pilares fundamentales para abaratar los costes de producción de energía solar, para

esto es necesario desarrollar metodologías para la síntesis y la producción en masa de materiales con propiedades ópticas óptimas. Estos materiales pueden variar en su composición, la cual abarca desde semiconductores orgánicos hasta semiconductores inorgánicos poliméricos, dopados con distintos compuestos derivados de metales y no metales, los cuales pueden estar dispuestos en monocapas y multicapas (Willis *et al.*, 2018).

Para aumentar las eficiencias de las celdas solares, es necesario contar con materiales capaces de absorber fotones para generar electrones libres que permitan generar una diferencia de potencial en el circuito de la celda. En la actualidad,

se utilizan distintos tipos de materiales para producir celdas solares comerciales, entre estos se encuentran: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo, principalmente; sin embargo, no son los únicos materiales utilizados, pues se ha experimentado con varios tipos de materiales como telurio de cadmio, sulfuro de cadmio, fosforo de indio y cadmio, seleniuro de cobre, indio y galio. Para las celdas solares orgánicas (celdas de origen polimérico), cada uno de estos materiales ha presentado una eficiencia característica, alcanzando en algunos casos una eficiencia superior al 46 % (figura 3), sin embargo, la producción a nivel industrial de estas celdas aún posee varios baches, debido a los altos costes de la materia prima y de su producción.

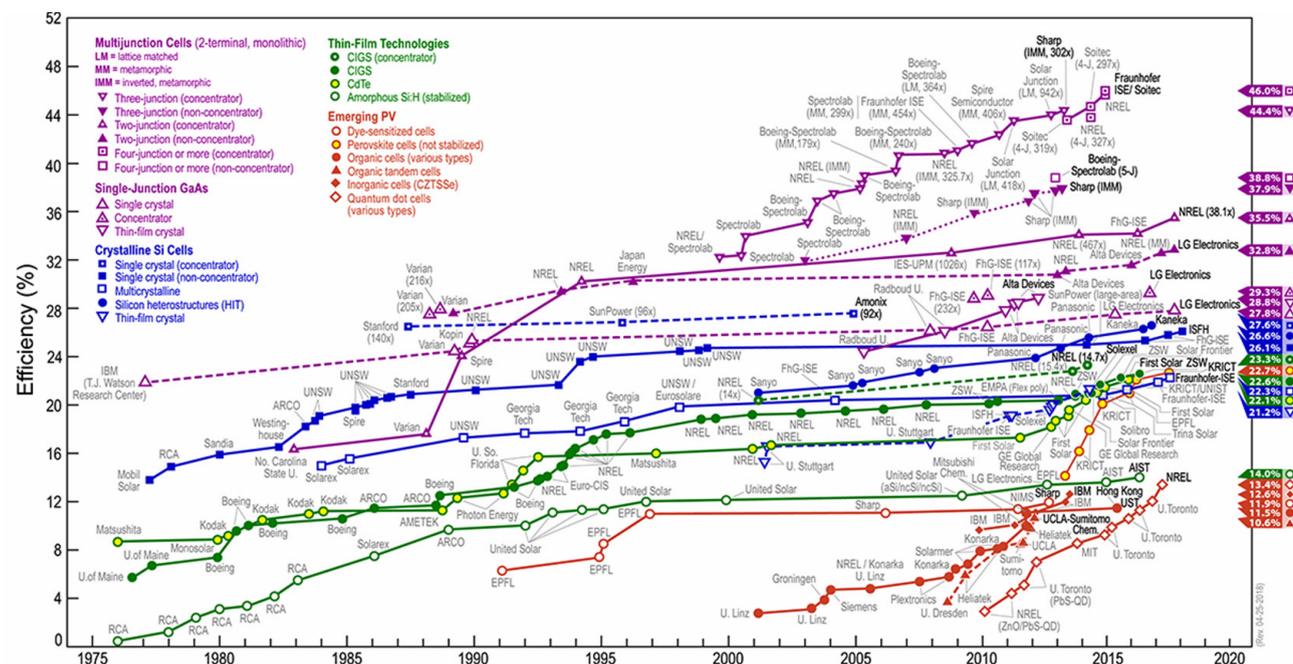


Figura 3. Celdas solares y su eficiencia en función de su composición
 Fuente: Delta volt, s. f.

Prospectos para la investigación en energía eólica

En la actualidad, la energía eólica cuenta con el segundo mayor presupuesto para la

investigación en el sector de energías renovables (figura 2), razón por la cual las eficiencias de los aerogeneradores ha venido aumentando dramáticamente durante los últimos 14 años, sin embargo, existen diversos procesos asociados

al mantenimiento de la infraestructura y la producción de equipos que aumentan los costos de producción de la energía eólica.

Las investigaciones en el futuro cercano se concentrarán en la producción a bajo costo de turbinas gigantes, el desarrollo de materiales compuestos más ligeros que aumenten la eficiencia de los aerogeneradores y el desarrollo de técnicas de análisis estructural no destructivas, además de realizar mejoras en la disposición y el diseño de los parques eólicos, mejoras en las predicciones de las condiciones atmosféricas y mejoras en los diseños de las turbinas.

Aspas para aerogeneradores

Durante la última década se ha buscado aumentar la eficiencia de los aerogeneradores y los investigadores han encontrado que al aumentar el tamaño de las aspas también aumenta la captura de energía, motivo por el cual se ha buscado la manera de producir aspas de un gran tamaño a un bajo costo. Esta situación ha promovido la innovación en cuanto al diseño, los materiales y los procesos de producción de este tipo de artefactos, sin embargo, para superar los inconvenientes actuales de esta tecnología, se requerirán equipos de trabajo interdisciplinarios, entre los cuales se encuentren los diseñadores, los proveedores de los materiales, los fabricantes de las palas, los fabricantes de los aerogeneradores y los propietarios de las granjas eólicas (Khanna, Kumari, Kanungo y Gasser, 2009), de esta manera, por ejemplo, los diseñadores de las aspas se verán beneficiados por los avances en la síntesis de nuevos materiales compuestos y también por el desarrollo de nuevas técnicas analíticas, lo cual podrá reducir el costo de mantenimiento y el tiempo de análisis, esto último también beneficiará a los propietarios de estas granjas eólicas.

La inversión en la producción a bajo costo de fibras de carbono, materiales compuestos y recubrimientos de vidrio (tipo S-Glass), el desarrollo de matrices termoplásticas y

materiales compuestos reciclables se proyecta como una de las líneas de investigación más prometedoras en este campo.

En cuanto al análisis estructural para la producción y el mantenimiento de estas estructuras, los campos más prometedores son el análisis del comportamiento de las fatigas y las imperfecciones en el material: porosidad, tensiones residuales y su relación con la generación de grietas y fallas mecánicas en las aspas; además de esto, las industrias productoras de aerogeneradores deben repensar el proceso de manufactura, pues hasta la fecha el costo de producción de las aspas es directamente proporcional al tamaño de la misma.

Asimismo, otro campo de investigación muy promisorio es el modelamiento computacional de las aspas en relación con el posicionamiento global y las condiciones climáticas particulares de cada granja eólica. El desarrollo de este campo permitirá establecer un diseño particular de las aspas, los aerogeneradores y la distribución general de la granja eólica para un terreno determinado, lo cual permitirá aprovechar al máximo las condiciones geográficas y atmosféricas particulares de cada granja eólica.

Conclusiones

El diseño de nuevos materiales y procesos industriales, para la producción de componentes empleados en la producción de paneles solares y aerogeneradores, será un punto vital para el avance en la implementación masiva de las energías renovables, haciéndolas más asequibles económicamente y más eficientes.

En cuanto a los avances esperados en términos de la energía solar, se espera encontrar y sintetizar nuevos materiales fotosensibles que puedan aumentar la eficiencia de estos equipos, siendo las células fotovoltaicas multiunión, quienes hasta el momento registran las mayores eficiencias, por este motivo, es muy plausible que las investigaciones futuras se concentren

en sustituir materias primas costosas por otros compuestos más abundantes, además del modelamiento y el abaratamiento de los distintos procesos de producción. Adicionalmente, es vital el desarrollo de modelos matemáticos que permitan optimizar la cantidad de paneles solares necesarios para cubrir una demanda establecida, además del desarrollo de plantas de producción de energía mixta. También es necesario el desarrollo y la evaluación de distintos modelos de celdas solares tipo PVT y calentadores solares, teniendo en cuenta que el disfrute de la energía térmica es la forma más sencilla de aprovechar la energía proveniente del sol. Asimismo, es necesario desarrollar sistemas de almacenamiento energético tales como baterías y condensadores a partir de materias primas abundantes, pues el costo de estas es muy alto. Finalmente, es necesario desarrollar sistemas de integración de la energía fotovoltaica con la red de distribución energética.

Para el caso de la energía eólica, es de vital importancia el trabajo de grupos de investigación multidisciplinarios, ya que estos permitirán lograr avances conjuntos en cuanto al diseño, la producción y el mantenimiento de estos sistemas de producción energética, el desarrollo de nuevos materiales compuestos, las técnicas de análisis de estructuras y el reciclaje, permitirán disminuir los costes de este tipo de energía.

Existen otro tipo de energías renovables tales como la bioenergía, la energía geotérmica, la mareomotriz, entre otras, sin embargo, estas se encuentran aún muy relegadas y, al menos en el futuro cercano, no tendrán un papel importante en la producción de energías limpias.

Referencias

- BBC Mundo. (2017). Donald Trump anuncia que Estados Unidos abandonará el Acuerdo de París sobre cambio climático. *BBC News*, recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-40124921>
- Collado, E. (2015). Los efectos de la temperatura en la producción de las instalaciones fotovoltaicas. *Energías renovables*, recuperado de <https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/los-efectos-de-la-temperatura-en-la-20150713>
- Colombia Informa. (2018). Hidroituango, un análisis del desastre. *Colombia Informa*, recuperado de <http://www.colombiainforma.info/hidroituango-un-analisis-del-desastre/>
- Cullen, A. (17 de mayo del 2015). ¿Cuánto tiempo más durará la era del petróleo? *Russia Today*, recuperado de <https://actualidad.rt.com/economia/175057-cuanto-tiempo-durar-bonanza-era-petroleo>
- Delta volt. (s. f.). Paneles Solares, tipos y eficiencias. *Energía renovable, solar, eólica e hidráulica*, recuperado de <https://deltavolt.pe/energia-renovable/energia-solar/paneles-solares>
- Ehsanul, K., Pawan, K., Sandeep, K., Adedeji, A. y Kime, K. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2, 894-900. DOI: 10.1016/j.rser.2017.09.094
- Frankfurt School-UNEP. (2017). Global Trends in Renewable Energy Investment. Frankfurt, Alemania: UNEP. Recuperado de: <http://www.fs-unep-centre.org>
- Fundación para la Eficiencia Energética. (s. f.). Conceptos Básicos sobre la Energía. *f2e*, recuperado de <http://www.f2e.es/es/conceptos-basicos-sobre-la-energia>
- Kannan, N. y Divagar, V. (2016). Solar energy for future world: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. *Elsevier*, 62(C), 1092-1105. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.022

- Khanna, A., Kumari, S. Kanungo, S. y Gasser, A. (2009). Hard coatings based on thermal spray and laser cladding, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 27(2), 485-491. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2008.09.017 .
- Merino, L. (24 de enero del 2018). Esto es lo que invirtió cada país en renovables el año pasado. *Energías renovables*, recuperado de <https://www.energias-renovables.com/panorama/esto-es-lo-que-invirtio-cada-pais-20180124>
- Nadarajah, K. y Divagar, V. (2016). Solar energy for future world: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1092-1105. DOI: 10.1016/j.rser.2016.05.022
- Nieves, J., Aristizábal, A., Dyner, I., Báez, O. y Ospina, D. (2019). Energy demand and greenhouse gas emissions analysis in Colombia: A LEAP model application. *Energy*, 169, 380-397. DOI: 10.1016/j.energy.2018.12.051
- Rogers, E. (2014) The Energy Savings Potential of Smart Manufacturing. Report IE 1403. Washington, DC: ACEEE.
- Suganthi, L. y Anand, S. (2012). Energy models for demand forecasting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(2), 1223-1240. DOI: 10.1016/j.rser.2011.08.014
- Willis, D., Niezreckia, C., Kuchmab, D., Hinesb, E., Arwadec, S., Barthelmied, R., DiPaolaa, M., Dranea, P., Hansena, C., Inalpolata, M., Macka, J., Myerse, A. y Rotea, M. (2018). Wind energy research: State-of-the-art and future research directions. *Renewable Energy*, 125, 133-154. DOI: 10.1016/j.renene.2018.02.049