

Métrica de costos e inversiones en generación energética con fuentes renovables, a escala global

Cost metrics and investments in energy generation with renewable sources, on a global scale

Debrayan Bravo Hidalgo¹ (dbrayanbh@gmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-0428-2263>)

Alexander Báez Hernández² (alexbaez1995@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0003-0585-1448>)

Resumen

El objetivo de esta contribución científica es analizar la métrica de costos e inversiones en generación energética con fuentes renovables a escala global. Para lograr este objetivo se utiliza la información de las bases de datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por su sigla en inglés) y la base de datos Web of Science. Mediante las herramientas y datos que contienen estas dos plataformas, se analizó la evolución de costos, inversiones y productividad científica en tecnologías de generación energética con fuentes renovables. Los principales resultados de la investigación apuntan a un notable incremento de los proyectos de investigaciones y su financiamiento en este sector tecnológico tan importante para la seguridad energética y climática del planeta.

Palabras claves: energía limpia, Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), energía renovable, estudios de costos.

Abstract

The objective of this scientific contribution is to analyze the metrics of costs and investments in energy generation with renewable sources on a global scale. To achieve this objective, information from the databases of the International Renewable Energy Agency (IRENA) and the Web of Science database is used. Using the tools and data contained in these two platforms, the evolution of costs, investments and scientific productivity in energy generation technologies with renewable sources was analyzed. The main results of the research point to a notable increase in research projects and their financing in this technological sector, which is so important for the planet's energy and climate security.

Key words: clean energy, International Renewable Energy Agency (IRENA), renewable energy, cost studies.

¹ Máster en Eficiencia Energética. Ingeniero Mecánico, Sharing Knowledge Group, Ecuador.

² Doctor of Philosophy (PhD). Máster en Contabilidad Gerencial. Ingeniero Hidráulico, Universidad Tecnológica de la Habana (ISPJAE). Profesor-Investigador de la Universidad Central del Ecuador. Ecuador.

Las fuentes de energía renovable. Su importancia

El sector de la energía constituye uno de los sectores económicos más relevantes en muchas naciones (Bravo Hidalgo, 2015). Su importancia clave se deriva del papel que desempeña la energía en el funcionamiento de la sociedad y las economías modernas. La capacidad de producir energía en volumen suficiente para satisfacer la demanda actual y futura de los receptores domésticos y empresariales, se convierte en una dimensión fundamental de la seguridad energética. Esta se considera actualmente uno de los principales ámbitos del Estado, y la seguridad de la economía nacional, lo que en cierta medida prueba la independencia del país (Bravo Hidalgo, Jiménez Borges y Valdivia Nodal, 2018).

Las fuentes de energía renovables constituyen una alternativa a los combustibles fósiles y contribuyen a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Aflaki y Netessine, 2017). En este contexto, muchas naciones ven en la diversificación del suministro de energía y la disminución de la dependencia del incierto mercado de combustibles fósiles, en particular del petróleo y el gas, una gran alternativa (Ashraf y Malik, 2019). Sin embargo, cabe señalar que el desarrollo de las tecnologías de fuentes renovables de energía debe coordinarse con otras acciones que mejoren la eficiencia energética de la economía. Si no se toman tales acciones, puede ocurrir un fenómeno conocido en la literatura económica como la paradoja de Jevons.

En su investigación, Jevons ha demostrado que el cambio técnico relacionado con una mayor eficiencia en el uso de un recurso dado, generalmente conduce a un mayor consumo de recursos (Sorrell, 2009). El nivel de desarrollo económico de un país también es un aspecto vital. En la etapa inicial de desarrollo, los procesos de crecimiento económico se aceleran a expensas de un alto consumo de recursos y, en consecuencia, de la contaminación ambiental. Después de que se excede un cierto nivel de desarrollo económico, se produce el llamado punto de inflexión y los gastos de protección ambiental comienzan a crecer. Esta dependencia en relación con la riqueza y la desigualdad de ingresos fue detectada por Kuznets. Estos principios se adaptaron a la economía ambiental y de los recursos naturales (Ashraf y Malik, 2019; Bravo Hidalgo y otros, 2018)

Los desafíos de desarrollo que surgen en la actualidad y la necesidad de emprender acciones que involucren los requerimientos de la protección ambiental y el desarrollo sustentable dan como resultado, entre otros, un interés significativamente mayor por las fuentes renovables de energía. Debido a una dispersión mucho mayor de las tecnologías de fuentes renovables de energía en comparación con las fuentes no renovables, principalmente de combustibles fósiles, el problema de su producción descentralizada se convierte en un tema de actualidad (Bravo Hidalgo, González Alonso y Martínez Pérez, 2017; Hidalgo y Guerra, 2016)

A medida que las energías renovables se han convertido en una propuesta de inversión convincente, la inversión en nueva energía renovable ha crecido de menos de 50 mil

millones de dólares por año en 2004, a alrededor de 300 mil millones de dólares por año en los últimos años, superan las inversiones en nueva energía de combustibles fósiles en un factor de tres en 2018. Sin embargo, las inversiones en energías renovables siguen por debajo de su potencial. Aumentar la inversión en energía renovable, sobre la base de marcos de políticas favorables sólidos, es fundamental para acelerar la transformación energética global y cosechar sus muchos beneficios, al tiempo que se alcanzan los objetivos climáticos y de desarrollo (Bravo, González y González, 2018).

En este contexto, el objetivo de este artículo es mostrar y analizar la métrica de costos e inversiones en generación energética con fuentes renovables a escala global. Para lograr este objetivo se utiliza la información de las bases de datos de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, por su sigla en inglés) y la base de datos Web of Science.

Materiales y métodos

La Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) es una organización intergubernamental que apoya a los países en su transición hacia un futuro energético sostenible y sirve como la principal plataforma para la cooperación internacional, un centro de excelencia y un repositorio de políticas, tecnología, recursos y finanzas, conocimientos sobre energías renovables (Bravo Hidalgo y León González, 2018). IRENA promueve la adopción generalizada y el uso sostenible de todas las formas de energía renovable, incluida la bioenergía, geotermia, energía hidroeléctrica, oceánica, solar y eólica en la búsqueda del desarrollo sostenible, el acceso a la energía, la seguridad energética y el crecimiento económico y la prosperidad con bajas emisiones de carbono.

Con un mandato de países de todo el mundo, IRENA alienta a los gobiernos a adoptar políticas habilitadoras para las inversiones en energía renovable, proporciona herramientas prácticas y asesoramiento sobre políticas para acelerar el despliegue de energía renovable y facilita el intercambio de conocimientos y la transferencia de tecnología para proporcionar energía limpia y sostenible para el crecimiento mundial población. En línea con estos objetivos, esta agencia ofrece una amplia gama de productos y servicios, que incluyen:

- Revisiones anuales de empleo en energías renovables.
- Estadísticas de capacidad de energía renovable.
- Estudios de costos de energías renovables.
- Evaluaciones de preparación de energías renovables, realizadas en asociación con gobiernos y organizaciones regionales, para ayudar a impulsar el desarrollo de energías renovables país por país.
- El Atlas Global, que mapea el potencial de recursos por fuente y por ubicación.

- Estudios de beneficios de energías renovables.
- REmap, una hoja de ruta para duplicar el uso de energía renovable en todo el mundo para 2030.
- Resúmenes de tecnología de energía renovable.
- Facilitación de la planificación regional de energías renovables.
- Herramientas de desarrollo de proyectos de energía renovable.

Con más de 180 países comprometidos activamente, IRENA promueve los recursos y tecnologías renovables como la clave para un futuro sostenible y ayuda a los países a alcanzar su potencial de energía renovable.

Discusión y resultados

La transición energética es un camino hacia la transformación del sector energético global de fósiles a cero carbonos para la segunda mitad de este siglo. En el fondo está la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía para limitar el cambio climático. La descarbonización del sector energético requiere una acción urgente a escala global, y mientras se lleva a cabo una transición energética global, se necesitan más acciones para reducir las emisiones de carbono y mitigar los efectos del cambio climático. Las medidas de energía renovable y eficiencia energética pueden alcanzar potencialmente el 90% de las reducciones de carbono requeridas.

La transición energética será posible gracias a la tecnología de la información, la tecnología inteligente, los marcos políticos y los instrumentos de mercado. IRENA ha evaluado las vías de descarbonización a través de la Hojas de ruta de Energía Renovable (REmap por su designación en inglés) y está equipada para respaldar y acelerar la transición energética al proporcionar el conocimiento, las herramientas y el apoyo necesarios a los países miembros a medida que aumentan la participación de las energías renovables en sus sectores de energía. La figura 1 muestra la evolución de la generación y la capacidad de energía eléctrica a través de fuentes renovables de energía en el periodo 2008-2018. Se hace evidente la tendencia al crecimiento que justifica la presente contribución científica. Los datos de la figura 1 tienen un alcance global y contemplan las tecnologías combinadas de energía eólica, solar, mareomotriz, geotérmica, hidráulica y bioenergía.

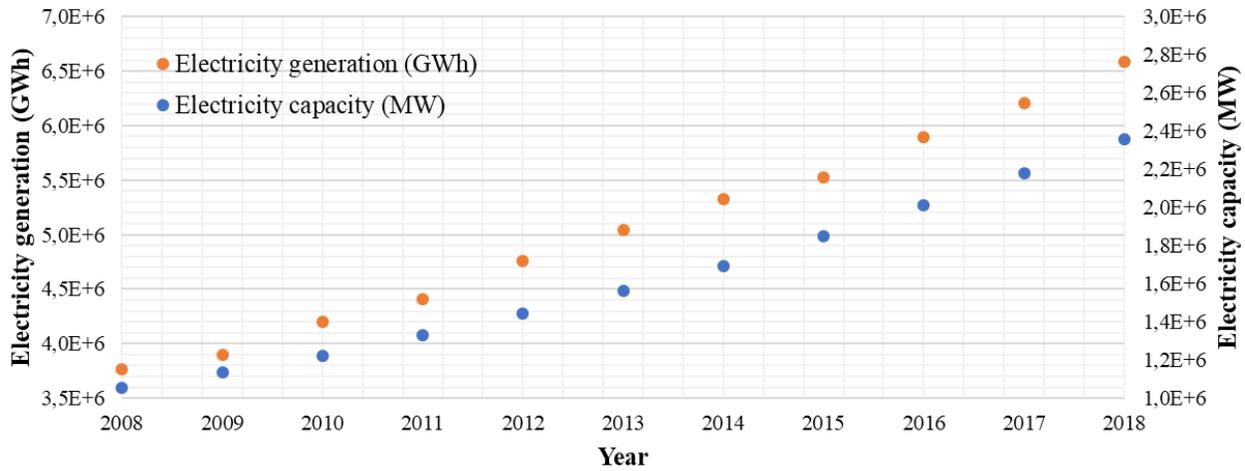


Figura 1: Generación energética y capacidad energética procedente de fuentes renovables, a escala global. Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

La comunidad científica internacional está muy enfocada en las investigaciones relacionadas con las potencialidades de las tecnologías de fuentes renovables de energía, su gestión de costos e inversiones. Al emplear como criterio de búsqueda en el título de las contribuciones científicas dentro de la base de datos Web of Science, la frase “renewable energy sources”, se detectaron 2,806 documentos entre los años 1996 al 2021.

La figura 2 muestra el análisis bibliométrico de la actividad científica en esta área del conocimiento, en cuanto a número de contribuciones científicas publicadas y número de citas generadas.

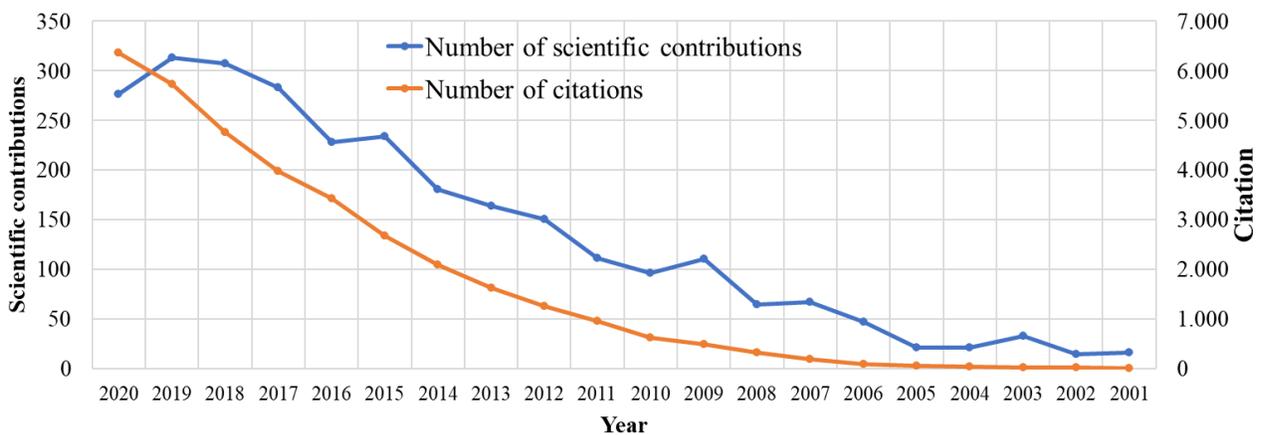


Figura 2: Bibliométrica de la proyección científica de investigaciones en fuentes renovables. Fuente: Web of Science databases.

Las potencias del eje económico mundial ven en las tecnologías energéticas mediante fuentes de alta tasa de renovabilidad, una alternativa viable para impulsar sus estructuras financieras y aparato económico.

La figura 3 muestra la distribución por países de la productividad científica concerniente a estas prácticas tecnológicas, desde 2001 a 2020. India, Estados Unidos de América y China son las naciones líderes en investigaciones sobre prácticas y tecnologías de generación de energía y servicios energéticos con fuentes renovables.



Figura 3: Distribución de la productividad científica por países, relacionada con el desarrollo de las tecnologías de fuentes renovables. Fuente: Web of Science databases.

Las prácticas energéticas relacionadas con las fuentes renovables, tiene cada vez más aceptación por la comunidad científica, empresarial y política. Son innegables las grandes potencialidades económicas y de autonomía energética que ofrecen la implantación y desarrollo de las muchas alternativas energéticas mediante fuentes renovables. Como consecuencia, muchas naciones se proyectan a futuro, en el incremento de las capacidades de diversas tecnologías de fuentes renovables.

La figura 4 muestra la relación comparativa de acumulado total de capacidades de diversas tecnologías de fuentes de renovables, a escala global en el periodo 2013-2030.

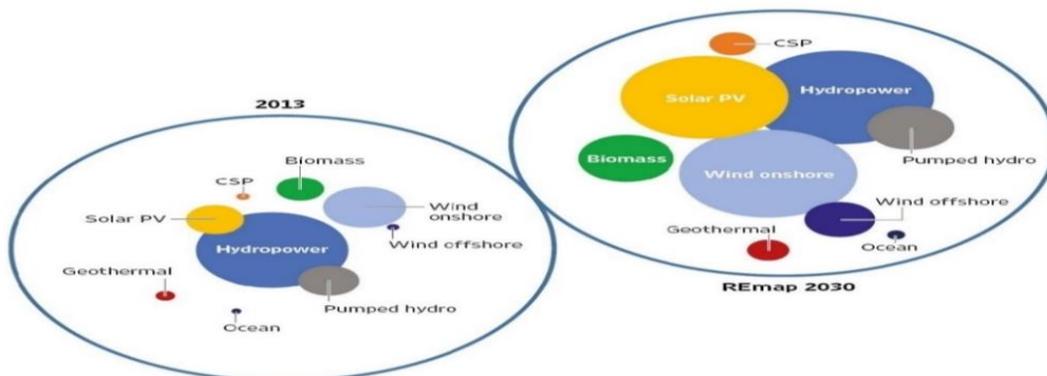


Figura 4: Relación comparativa de acumulado total de capacidades de diversas tecnologías de fuentes renovables. Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

Los costos de la generación de electricidad con fuentes renovables han disminuido en la última década debido a la mejora de las tecnologías, las economías de escala, unas cadenas de suministro con mayor competitividad y una mayor experiencia de los desarrolladores de proyectos. Información de más de 17 mil proyectos compilados por la Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA) en el año 2019, destaca que:

- Para la generación de energía solar fotovoltaica, los costos se han reducido en un 82% desde el año 2010.
- Seguida de la generación de energía eléctrica por concentración solar, con un descenso del 47%.
- La energía eléctrica generada por fuentes eólicas terrestre con un 39% y la eólica marina con un 29%.
- El 56% del total de la capacidad de generación de energía renovable a escala de servicio público puesta en marcha en 2019 registró costos más bajos que los de la opción más barata a base de combustibles fósiles (Jafari, Khalili, Ganjehlou y Bidram, 2020, p. 119).

La generación energética con fuentes renovables ha seguido su incremento en el muy atípico año 2020. El aumento constante de la competitividad de estas prácticas energéticas, añadido a su modularidad, a su rápida escalabilidad y a su potencial de creación de empleo, ha resultado muy atractivo cuando los países y las comunidades evalúan sus opciones de estímulo económico. Las tecnologías energéticas renovables pueden alinear las medidas de recuperación a corto plazo con la sostenibilidad energética y climática a mediano y largo plazo. Las fuentes renovables, tanto solar fotovoltaica como la eólica terrestre, brindan unas posibilidades de despliegue rápido y fácil (Ma, Cai, Ji y Zhai, 2021).

Por otra parte, la generación de energía eléctrica con fuentes renovables como de la eólica marina, la hidroeléctrica, la bioenergía y la energía geotérmica, ofrecen opciones de inversión a medio plazo, complementarias y rentables (Hashemizadeh, Ju, Bamakan y Le, 2021).

La retirada de los 500 GW (gigavatio) menos competitivos de las centrales eléctricas de carbón existentes para reemplazarlos por energía solar fotovoltaica y eólica terrestre reduciría los costos de generación del sistema y potencialmente también los costos repercutidos al consumidor entre 12 mil millones y 23 mil millones de dólares estadounidenses al año, en función de los precios del carbón. El reemplazo de 500 GW procedentes del carbón provocaría un estímulo valorado en 940 mil millones de dólares estadounidenses, por encima del despliegue de energía solar fotovoltaica y eólica terrestre del año anterior, en otras palabras, un 1,1% del PIB mundial. El estímulo del PIB se basa en una contracción del PIB mundial limitada al 5% en 2020 (Koponen y Le Net, 2021).

Los costos de la energía solar y eólica han tenido un descenso permanente y pronunciado. Los costos de la electricidad procedente de energía solar fotovoltaica a escala de servicio público decrecieron un 13% interanual en año 2019, se sitúa en 0,068 USD dólares estadounidenses por kilovatio-hora (kWh). Tanto en la eólica marina como en la terrestre se registró una caída aproximada del 9% interanual, alcanzan los 0,053 USD/kWh y los 0,115 USD/kWh, respectivamente, en los proyectos desarrollados en el año 2019. Los costos de la generación eléctrica mediante concentración de energía solar, cuyas tecnologías siguen como las menos desarrolladas entre las tecnologías solares y eólicas, se redujeron en un 1%, se sitúan en 0,182 USD/kWh (Noorollahi, Khatibi y Eslami, 2021).

Las subastas y los contratos de compraventa de energía recientes indican que el precio medio de la generación eléctrica solar fotovoltaica, podría alcanzar los 0,039 USD/kWh en los proyectos que se pongan en marcha en 2021, lo que supone un 42% menos que en 2019 y más de un 20% menos que el competidor a base de combustibles fósiles más barato; o sea, las centrales de generación eléctrica con combustibles focales como el carbón. Los precios de la generación eólica terrestre podrían bajar hasta los 0,043 USD/kWh en 2021, un 18% menos que en 2019. En los proyectos de energía eólica marina y energía solar concentrada, por su parte, se anticipa un gran cambio, con una previsión de los precios medios de subasta globales a la baja en un 29% y un 59%, respectivamente, en comparación con los valores de 2019, hasta los 0,082 USD/kWh en 2023 y los 0,075 USD/kWh en 2021 (Khouya, 2020).

Los costos de la electricidad generada a partir de energía solar fotovoltaica y energía solar concentrada han descendido en un 82% entre los años 2010 y 2019. Las ventajas financieras experimentadas desde el año 2010 se han debido principalmente a la deflación del 90% en las valías de los módulos, aunado a la disminución de los costos del balance del sistema. Este escenario ha generado una reducción de los costos totales de instalación en la generación energética solar fotovoltaica alrededor del 80% en la última década (Shi, Li, Zhang y Lee, 2020).

Los costos de la energía eléctrica generada en parques eólicos, terrestre y eólica marina menguaron en un 40% y un 29%, respectivamente, en los últimos 10 años, alcanzan los 0,053 USD/kWh y 0,115 USD/kWh en el año 2019. El descenso de los precios de las turbinas eólicas terrestres en torno al 60% desde el año 2010 se ha traducido en una reducción de los costos de instalación, y el aumento de las alturas del buje y las superficies de barrido ha provocado un incremento de los factores de capacidad, al tiempo que ha descendido tanto el costo de funcionamiento como el costo de mantenimiento.

Los costos de instalación de la energía eólica marina registraron un descenso del 18% entre los años 2010 y 2019, mientras que su factor de capacidad registró una mejora cercana al 20% en la última década (del 37% en año 2010 al 44% en año 2019). Los costos de funcionamiento y mantenimiento registraron un descenso similar con el

aumento del tamaño de las turbinas, la ampliación de la capacidad de servicio y la aparición de sinergias de costos en las zonas, cada vez mayores, de parques eólicos marinos. Los resultados de las subastas, incluidas las ofertas sin subvenciones, vaticinan un gran cambio en la competitividad de la energía eólica marina en la década de 2020, con precios entre los 0,05 USD/kWh y los 0,10 USD/kWh (Gorman, Mills y Wiser, 2019).

El Costo Nivelado Eléctrico (por sus siglas en inglés LCOE) medio ponderado global de los proyectos hidroeléctricos de nueva instalación aumentó de los 0,037 USD/kWh en el año 2010 a los 0,047 USD/kWh en el año 2019. Sin embargo, la energía hidroeléctrica sigue como muy competitiva, y el 90% de toda la capacidad instalada en el año 2019 genera energía por un costo inferior al del proyecto nuevo más barato a base de combustibles fósiles. En el año 2019, los costos de generación de energía se situaron en torno a 0,073 USD/kWh en el caso de la energía geotérmica y en torno a 0,066 USD/kWh en el caso de la bioenergía.

A medida que la generación energética mediante fuentes renovables se ha transformado en una propuesta de inversión convincente, la inversión en esta práctica energética ha crecido de menos de 50 mil millones de dólares por año en el 2004 a alrededor de 300 mil millones de dólares por año en el último quinquenio. Esto excede las inversiones en nuevas termoeléctricas accionadas con combustibles fósiles, en un factor de tres en el año 2018. No obstante, las inversiones en tecnologías relacionadas con las fuentes renovables siguen por debajo de su potencial. Aumentar la inversión en energía renovable, sobre la base de marcos de políticas favorables y sólidas, es fundamental para acelerar la transformación energética global y cosechar sus muchos beneficios, al tiempo que se alcanzan los objetivos climáticos y de desarrollo mundial.

Al abordar los principales riesgos y barreras, las finanzas públicas, incluida la financiación climática, desempeñan un papel importante para cerrar la brecha de financiación y atraer más inversiones del sector privado hacia las tecnologías energéticas renovables. Los inversores institucionales, como los fondos de pensiones, las compañías de seguros, las dotaciones y los fondos soberanos de inversión, tienen el potencial de aumentar las inversiones de mayor peso. El Mercado de Energía Sostenible de IRENA muestra varios instrumentos financieros y fondos disponibles para generar inversiones para proyectos individuales.

La figura 5 muestra la información de compromisos financieros anuales para el desarrollo de tecnologías de fuentes renovables a escala mundial desde 2013 a 2018. Mientras que la figura 6 muestra la información de los compromisos financieros anuales para el desarrollo de tecnologías de fuentes renovables, por regiones del mundo.

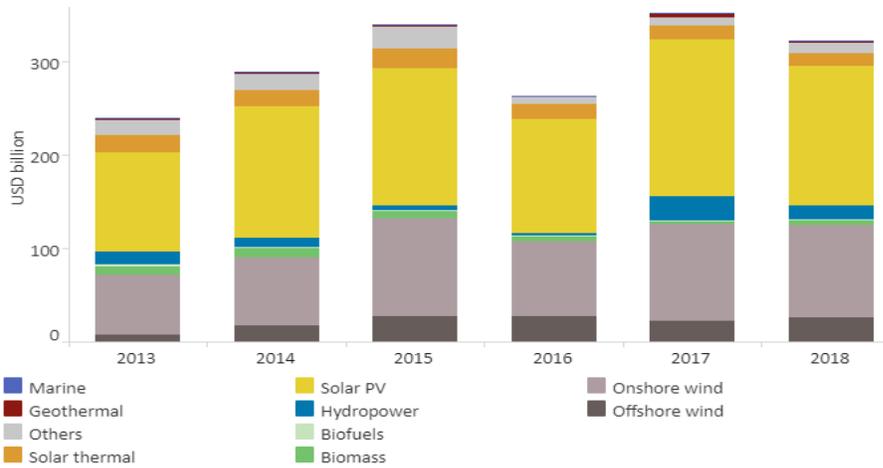


Figura 5: Compromisos financieros anuales para el desarrollo de tecnologías de fuentes renovables. Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

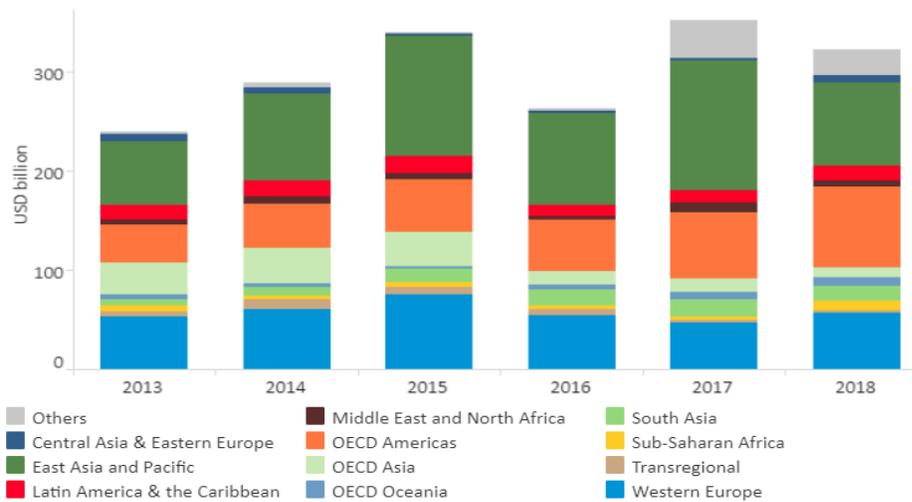


Figura 6: Compromisos financieros anuales para el desarrollo de tecnologías de fuentes renovables, por regiones. Fuente: International Renewable Energy Agency (IRENA)

Precisiones finales

La autonomía y seguridad energética constituyen en la actualidad una de las principales tareas de las naciones de todo el mundo. En este contexto, la presente contribución científica analiza la métrica de costos e inversiones en generación energética con fuentes renovables a escala global.

Concluyente es que el Costo Nivelado Eléctrico (por sus siglas en inglés LCOE) medio ponderado global de los proyectos hidroeléctricos de nueva instalación aumentó de los 0,037 USD/kWh en el año 2010 a los 0,047 USD/kWh en el año 2019. Los costos de la

energía solar y eólica han tenido un descenso permanente y pronunciado. Los costos de la electricidad procedente de energía solar fotovoltaica a escala de servicio público decrecieron un 13% interanual en año 2019, se sitúan en 0,068 USD dólares estadounidenses por kilovatio-hora (kWh). El 56% del total de la capacidad de generación de energía renovable a escala de servicio público puesta en marcha en 2019 registró costos más bajos que los de la opción más barata a base de combustibles fósiles. Los costos de la electricidad generada a partir de energía solar fotovoltaica y energía solar concentrada, han descendido en un 82% entre los años 2010 y 2019.

Referencias

- Aflaki, S. y Netessine, S. (2017). Strategic Investment in Renewable Energy Sources: The Effect of Supply Intermittency. *M&Som-Manufacturing & Service Operations Management*, 19(3), 489-507. Recuperado de <http://doi:10.1287/msom.2017.0621>
- Ashraf, M. M. y Malik, T. N. (2019). Least cost generation expansion planning in the presence of renewable energy sources using correction matrix method with indicators-based discrete water cycle algorithm. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 11(5). Recuperado de <http://doi:10.1063/1.5094540>
- Bravo, D., González, F. y González, J. (2018). Solar cooling in buildings. A state of the art. *Revista Ingeniería de Construcción*, 33(2), 115-126.
- Bravo Hidalgo, D. (2015). Climatización solar de edificaciones. *Centro Azúcar*, 42, 72-82.
- Bravo Hidalgo, D., González Alonso, J. y Martínez Pérez, Y. (2017). Costos de las tecnologías de almacenamiento de energía-a térmica. *Centro Azúcar*, 44, 67-76.
- Bravo Hidalgo, D., Jiménez Borges, R. y Valdivia Nodal, Y. (2018). Applications of Solar Energy: History, Sociology and last Trends in Investigation. *Producción + Limpia*, 13, 21-28.
- Bravo Hidalgo, D. y León González, J. L. (2018). Divulgación de la investigación científica en el Siglo XXI. *Revista Universidad y Sociedad*, 10, 88-97.
- Gorman, W., Mills, A., & Wiser, R. (2019). Improving estimates of transmission capital costs for utility-scale wind and solar projects to inform renewable energy policy. *Energy Policy*, 135, 110-994. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110994>
- Hashemizadeh, A., Ju, Y., Bamakan, S. M. H., & Le, H. P. (2021). Renewable energy investment risk assessment in belt and road initiative countries under uncertainty conditions. *Energy*, 214, 118-923. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118923>

- Hidalgo, D. B. y Guerra, Y. P. (2016). Eficiencia energética en la climatización de edificaciones. *Revista Publicando*, 3(8), 218-238.
- Jafari, A., Khalili, T., Ganjehlou, H. G. y Bidram, A. (2020). Optimal integration of renewable energy sources, diesel generators, and demand response program from pollution, financial, and reliability viewpoints: A multi-objective approach. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119-200.
- Khouya, A. (2020). Levelized costs of energy and hydrogen of wind farms and concentrated photovoltaic thermal systems. A case study in Morocco. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(56), 31632-31650. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.08.240>
- Koponen, K. y Le Net, E. (2021). Towards robust renewable energy investment decisions at the territorial level. *Applied Energy*, 287, 116-552. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116552>
- Ma, R., Cai, H., Ji, Q. y Zhai, P. (2021). The impact of feed-in tariff degression on R&D investment in renewable energy: The case of the solar PV industry. *Energy Policy*, 151, 112-209. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112209>
- Noorollahi, Y., Khatibi, A. y Eslami, S. (2021). Replacing natural gas with solar and wind energy to supply the thermal demand of buildings in Iran: A simulation approach. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44, 101047. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101047>
- Shi, R., Li, S., Zhang, P. y Lee, K. Y. (2020). Integration of renewable energy sources and electric vehicles in V2G network with adjustable robust optimization. *Renewable Energy*, 153, 1067-1080.
- Sorrell, S. (2009). Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy*, 37(4), 1456-1469. Recuperado de <http://doi:10.1016/j.enpol.2008.12.003>