



EL FUTURO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Despliegue, inversión, tecnología, integración en la red y aspectos socioeconómicos

Resumen ejecutivo

Informe sobre la transformación energética global

NOVIEMBRE DE 2019

RESUMEN EJECUTIVO

LAS HOJAS DE RUTA PARA LA TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA ELABORADAS POR LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍAS RENOVABLES (IRENA, POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) SE BASAN EN DOS EJES PRINCIPALES: LA DESCARBONIZACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO Y LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE CARBONO CON EL FIN DE LIMITAR EL CAMBIO CLIMÁTICO. Estas hojas de ruta examinan y marcan una trayectoria ambiciosa, aunque también técnica y económicamente viable, para el desarrollo de tecnologías bajas en carbono en aras de un futuro energético limpio y sostenible.

EN EL MARCO DE LA EDICIÓN DE 2019 DE SU INFORME TRANSFORMACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL, IRENA HA ANALIZADO DOS OPCIONES DE DESARROLLO ENERGÉTICO HASTA EL AÑO 2050. La primera de ellas es una trayectoria energética que está determinada por las políticas actuales y previstas (caso de referencia). La segunda es una trayectoria más limpia y resiliente al climático que se basa en gran medida en la adopción de medidas más ambiciosas, pero viables, en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética (caso REmap), para mantener el incremento de la temperatura mundial por debajo de 2 grados y más cerca de 1,5 grados, en consonancia con el conjunto de escenarios planteados en el informe de 2018 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés).

EN EL PRESENTE INFORME SE DESCRIBE LA FUNCIÓN QUE DESEMPEÑA LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (FV) EN LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO GLOBAL SOBRE LA BASE DE LA TRAYECTORIA RESISTENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO DE IRENA (CASO REMAP) Y, más concretamente, del crecimiento en el despliegue de la energía solar FV que sería necesario en las tres próximas décadas para alcanzar los objetivos climáticos de París.



Las conclusiones de este informe se resumen del siguiente modo:

- **CON EL DESARROLLO ACELERADO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES, LA ELECTRIFICACIÓN EXHAUSTIVA Y EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA, SE PUEDE OBTENER MÁS DEL 90% DE LA REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂) RELACIONADAS CON LA ENERGÍA QUE SERÁ NECESARIA HACIA 2050** para alcanzar los objetivos de París. De entre todas las opciones de tecnologías baja en carbono, solo con la implantación acelerada de la energía solar FV se pueden conseguir importantes reducciones de las emisiones, del orden de las 4,9 gigatoneladas de dióxido de carbono (Gt CO₂) en 2050, que representan el 21% del potencial total de mitigación de las emisiones en el sector energético.
- **EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS CLIMÁTICOS DE PARÍS REQUIERE UNA IMPORTANTE ACELERACIÓN EN UNA GRAN VARIEDAD DE SECTORES Y TECNOLOGÍAS.** En 2050, la energía solar FV constituiría la segunda fuente de generación eléctrica más importante, solo por detrás de la energía eólica, y marcaría la senda de la transformación del sector eléctrico global. La energía solar FV generaría una cuarta parte (el 25%) de la electricidad total necesaria a escala global, con lo que se convertiría en una de las fuentes de generación más importantes para 2050.
- **ESTA TRANSFORMACIÓN SOLO SERÁ POSIBLE CON UN AUMENTO CONSIDERABLE DE LA CAPACIDAD SOLAR FV EN LAS TRES PRÓXIMAS DÉCADAS.** Para ello es preciso multiplicar la capacidad solar FV prácticamente por 6 en los 10 próximos años, pasando de un total de 480 GW en 2018 a 2 840 GW en 2030, y a 8 519 GW en 2050 de manera global: una cifra casi 18 veces superior a los niveles de 2018.
- **EL SECTOR SOLAR FV DEBE PREPARARSE PARA DICHO CRECIMIENTO TAN SIGNIFICATIVO DEL MERCADO EN LAS TRES PRÓXIMAS DÉCADAS.** En términos de crecimiento anual, es preciso multiplicar prácticamente por 3 las adiciones anuales de capacidad solar FV hasta 2030 (hasta los 270 GW al año) y por 4 hasta 2050 (hasta los 372 GW al año) en comparación con los niveles actuales (adición de 94 GW en 2018).

Gracias a su carácter modular y distribuido, la tecnología solar FV se está adaptando a una amplia gama de aplicaciones fuera de la red y a las condiciones locales. En la última década (2008-2018), la capacidad instalada de energía solar FV fuera de la red a escala global se ha multiplicado por más de 10, desde unos 0.25 GW en 2008 hasta prácticamente 3 GW en 2018. La energía solar FV fuera de la red es una tecnología clave para lograr el pleno acceso a la energía y para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

- **EN EL PLANO REGIONAL, SE ESPERA QUE ASIA IMPULSE LA OLA DE INSTALACIONES DE CAPACIDAD SOLAR FV, DADA SU CONDICIÓN DE LÍDER MUNDIAL DEL SECTOR.** Asia (fundamentalmente China) seguiría dominando el sector solar FV en lo que respecta a la capacidad total instalada, con una cuota superior al 50% en 2050, seguida de Norteamérica (20%) y de Europa (10%).
- **EL AUMENTO DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA SOLAR FV ES CRUCIAL PARA ACELERAR EL CRECIMIENTO DE LAS INSTALACIONES EN LAS PRÓXIMAS DÉCADAS.** A escala global, esto supondría un aumento del 78% en la inversión media anual en energía solar FV desde ahora hasta 2050 (hasta 192 000 millones de dólares estadounidenses – USD – al año). En 2018, la inversión en energía solar FV fue de 114 000 millones de USD/año.

■ EL AUMENTO DE LAS ECONOMÍAS DE ESCALA Y LAS NUEVAS MEJORAS TECNOLÓGICAS SEGUIRÁN REDUCIENDO LOS COSTES DE LA ENERGÍA SOLAR FV.

Globalmente, el coste total de los proyectos solares FV se sitúa por debajo de los costes marginales de las plantas de generación con combustibles fósiles y seguirá bajando drásticamente en las tres próximas décadas. Esto haría que la energía solar FV resultase muy competitiva en numerosos mercados, situándose la media entre 340 y 834 USD por kilovatio (kW) hasta 2030 y entre 165 y 481 USD/kW hasta 2050, frente a la media de 1 210 USD/kW en 2018.

El costo nivelado de la electricidad (LCOE, por sus siglas en inglés) de la energía solar FV ya resulta competitivo si se compara con todas las fuentes de generación de combustibles fósiles y está previsto que siga bajando a medida que los costes de instalación y el rendimiento sigan mejorando. A escala global, el LCOE de la energía solar FV seguirá bajando, de una media de 0,085 USD por kilovatio-hora (kWh) en 2018 a entre 0,02 y 0,08 USD/kWh en 2030 y entre 0,014 y 0,05 USD/kWh en 2050.

■ EL SECTOR SOLAR FV ES UN SECTOR QUE EVOLUCIONA CON RAPIDEZ, QUE CAMBIA A UN RITMO ACELERADO GRACIAS A LAS INNOVACIONES QUE SE PRODUCEN A LO LARGO DE TODA LA CADENA DE VALOR, Y ESTÁ PREVISTO QUE REGISTRE NUEVAS REDUCCIONES DE COSTES EN POCO TIEMPO.

Las tecnologías de primera generación siguen siendo el motor principal del desarrollo del sector solar y todavía poseen la mayor parte del valor del mercado. Las tecnologías en tándem y con perovskita también ofrecen perspectivas interesantes, si bien todavía es necesario superar varias barreras a largo plazo. El surgimiento de nuevas arquitecturas de celdas ha permitido obtener mayores niveles de eficiencia. Más concretamente, el cambio más importante del mercado en relación con la arquitectura de las celdas es el producido por las celdas y los módulos bifaciales, impulsados por la adopción, cada vez mayor, de una arquitectura avanzada, como el emisor pasivo y la celda posterior (PERC, por sus siglas en inglés), y por su compatibilidad con otras innovaciones emergentes, como la media celda, entre otras.

■ APROVECHANDO EL AUMENTO ACELERADO DE LA CAPACIDAD SOLAR FV EN TODO EL PLANETA, SE HAN PUESTO EN MARCHA VARIOS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y PROTOTIPOS ENCAMINADOS A ESTIMULAR EL FUTURO CRECIMIENTO DEL MERCADO MEDIANTE EL ESTUDIO DE TECNOLOGÍAS SOLARES INNOVADORAS PARA LAS APLICACIONES.

Un ejemplo son los paneles solares fotovoltaicos integrados en los edificios (BIPV, por sus siglas en inglés). Estas soluciones ofrecen diversas ventajas, como la multifuncionalidad (pueden adaptarse a varias superficies), la rentabilidad (ahorros en material para los tejados, mano de obra/construcción, y costes de remodelación y renovación), la versatilidad y la flexibilidad del diseño en lo que respecta al tamaño, la forma y el color. La eficiencia y la potencia útil de los paneles solares han mejorado sustancialmente en las últimas décadas. En 2018, la eficiencia de los módulos FV policristalinos era del 17%, y la de los módulos monocristalinos del 18%. Está previsto que esta tendencia positiva se mantenga hasta 2030. Sin embargo, con el crecimiento del mercado mundial FV también aumentará la necesidad de prevenir la degradación de los paneles y de gestionar el volumen de paneles FV desmantelados, lo que provocará la adopción de prácticas de economía circular. Estas prácticas incluyen métodos innovadores y alternativos para reducir el uso de materiales y la degradación de los módulos, así como oportunidades de reutilización y reciclaje de paneles FV al final de su vida útil.

■ A FIN DE PREPARAR LAS REDES ELÉCTRICAS DEL FUTURO PARA LA INTEGRACIÓN DE UN PORCENTAJE CADA VEZ MAYOR DE ENERGÍA SOLAR FV, ES ESENCIAL CONTAR CON SOLUCIONES TECNOLÓGICAS Y UNAS CONDICIONES DE MERCADO FAVORABLES.

Para gestionar eficazmente las fuentes variables de energías renovables a gran escala debe abordarse la flexibilidad en todos los

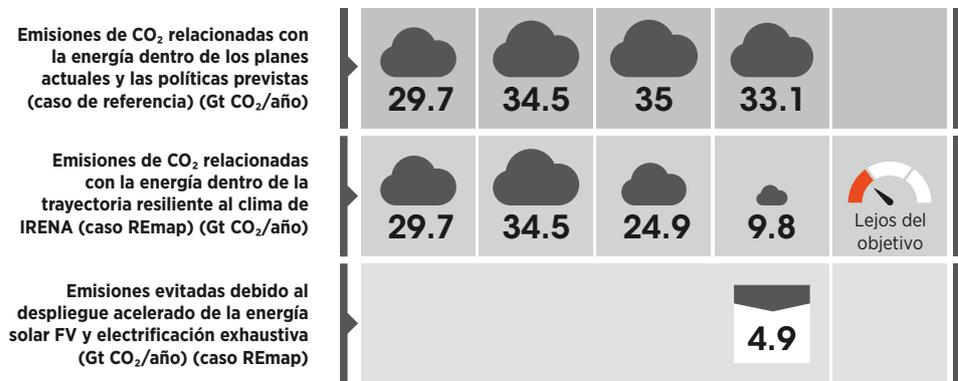
sectores del sistema energético, desde la generación eléctrica hasta los sistemas de transmisión y distribución, el almacenamiento (tanto eléctrico como térmico) y, cada vez más, la flexibilidad de la demanda (gestión de la demanda y acoplamiento sectorial). Algunos países, sobre todo en Europa, han alcanzado porcentajes mucho más elevados en 2017: el porcentaje de energías renovables variables (ERV) en Dinamarca alcanzó el 53%, en Australia Meridional el 48%, y en Lituania, Irlanda, España y Alemania se situó por encima del 20%. A escala global, para integrar un 60% de energías renovables variables (con un 25% de solar FV) hasta 2050, sería necesario aumentar la media de inversión anual en redes, adecuación de la generación y algunas medidas de flexibilidad (por ejemplo, almacenamiento) en más de un 25% —es decir, hasta los 374 000 millones de USD/año— con respecto a las inversiones realizadas en redes eléctricas y almacenamiento en baterías en 2018 (297 000 millones de USD/año).

- **LAS REDUCCIONES DE LOS PRECIOS DE LOS SISTEMAS SE DEBEN, SOBRE TODO, A LA INNOVACIÓN EN LOS MODELOS DE NEGOCIO Y A LA COMPETITIVIDAD EN COSTES DE LA ENERGÍA SOLAR FV.** El grado de despliegue de los sistemas solares FV instalados en los tejados ha aumentado considerablemente en los últimos años debido, en gran medida, a políticas de apoyo, como la medición neta y los incentivos fiscales, que en algunos mercados hacen que la energía solar FV resulte más atractiva económicamente que comprar electricidad de la red o de minirredes híbridas FV, de centrales eléctricas virtuales y mediante contratos de compraventa de energía (PPA, por sus siglas en inglés). La competitividad de la energía solar distribuida es claramente evidente a la luz de su creciente implantación en grandes mercados como Brasil, China, Alemania y México, pero siguen existiendo importantes diferencias entre países que ponen de relieve la existencia de posibilidades adicionales de mejora.
- **LA TRANSFORMACIÓN PUEDE GENERAR BENEFICIOS SOCIOECONÓMICOS SI SE ACOMPAÑA DE BUENAS POLÍTICAS.** El sector solar FV daría empleo a más de 18 millones de personas hasta 2050 (de las cuales 14 millones serían empleadas debido a la solar FV), 5 veces más que el total de puestos de trabajo (4,4 millones, de los cuales 3,6 millones eran solar FV) registrado en 2018. Sin embargo, para maximizar los resultados de la transición energética se requiere un marco político global. Será necesario coordinar y armonizar las políticas para el despliegue con políticas favorables y de integración. Dentro de las políticas favorables, debe prestarse especial atención a las políticas sectoriales, financieras, educativas y de formación con el fin de maximizar los beneficios de la transición. Las políticas de educación y formación pueden ayudar a dotar a la fuerza de trabajo de competencias técnicas adecuadas y aumentarían las oportunidades de empleo local. Asimismo, unas buenas políticas sectoriales que se basen en las cadenas de suministro domésticas pueden propiciar el crecimiento del empleo y de los ingresos aprovechando las actividades económicas existentes para apoyar el desarrollo del sector solar FV.
- **APROVECHAR EL ENORME POTENCIAL DE LA ENERGÍA SOLAR FV ES ESENCIAL PARA ALCANZAR LOS OBJETIVOS CLIMÁTICOS.** Esto solo es posible con la mitigación de las barreras que existen actualmente en distintos ámbitos (normativo; de mercado y económico; tecnológico; reglamentario, político y social). La integración en la red y la flexibilidad de la red, las economías de escala, el acceso a financiación, la ausencia de normas y medidas de calidad, y la sensibilización de los consumidores figuran entre las principales barreras que podrían entorpecer el despliegue de capacidad solar FV en las tres próximas décadas. La mitigación inmediata de las barreras existentes, a través de una serie de políticas de apoyo y medidas de ejecución —como modelos de negocio innovadores e instrumentos financieros— resulta decisiva para impulsar el desarrollo de la capacidad solar FV en el futuro con el fin de propiciar la transición hacia un futuro energético bajo en carbono y sostenible.

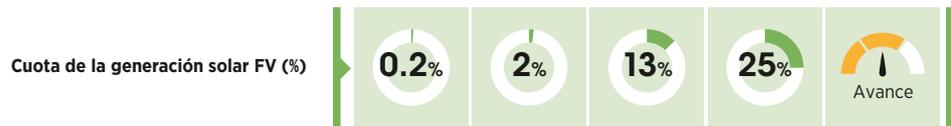
Figura RE: Situación actual y futuro de la energía solar fotovoltaica (FV).
Seguimiento del progreso para acelerar la implantación de la solar FV con el fin de cumplir los objetivos climáticos de París



**EMISIONES DE CO₂ (RELACIONADAS CON LA ENERGÍA)
Y POTENCIAL DE REDUCCIÓN MEDIANTE LA ENERGÍA SOLAR FV**



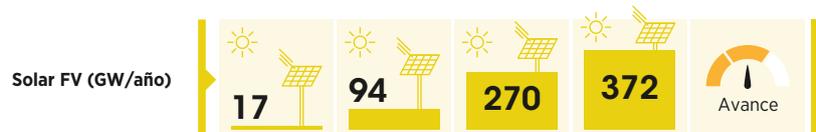
ENERGÍA SOLAR FV EN LA MATRIZ DE GENERACIÓN TOTAL



CAPACIDAD TOTAL INSTALADA

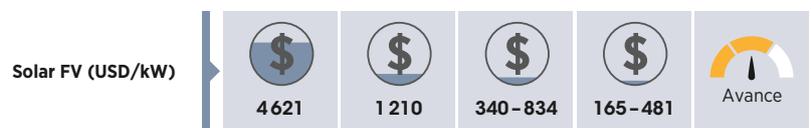


IMPLANTACIÓN ANUAL



2010	2018	CASO REMAP		Monitoreo con respecto a la tendencia histórica
		2030	2050	

COSTES TOTALES DE INSTALACIÓN



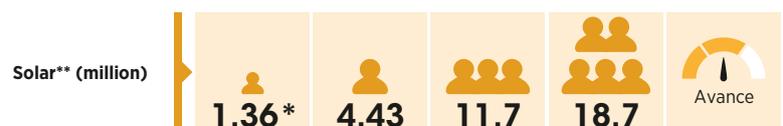
COSTO NIVELADO DE LA ELECTRICIDAD (LCOE)



INVERSIÓN MEDIA ANUAL



EMPLEO



* Los datos indican empleos al 2012

** Los datos incluyen puestos de trabajo en solar FV, energía solar por concentración (CSP, por sus siglas en inglés) y solar para calefacción y refrigeración.





Este es un resumen de IRENA (2019), *El futuro de la energía solar fotovoltaica: implantación, inversión, tecnología, integración en la red y aspectos socioeconómicos (informe sobre la transformación energética global)*, Agencia Internacional de Energías Renovables, Abu Dabi.

www.irena.org

(ISBN 978-92-9260-156-0)

Copyright © IRENA 2019