

ESTRATEGIA FOTOVOLTAICA 2022

PLATAFORMA TECNOLÓGICA ESPAÑOLA DE FOTOVOLTAICA

(PLATAFORMA FOTOPLAT)



FOTOPLAT

Plataforma Tecnológica **Española Fotovoltaica**

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	6
1. NUEVOS HORIZONTES	7
1.1 PERTE DE ENERGÍAS RENOVABLES.....	7
1.2 PERSPECTIVAS ESPAÑOLAS	9
1.3 PERSPECTIVAS INDUSTRIALES FOTOVOLTAICAS	11
1.3.1. CAPACIDADES EN ESPAÑA PARA LA FABRICACIÓN DE MÓDULOS	12
2. APORTACIÓN DEL SECTOR FOTOVOLTAICO A LA RECUPERACIÓN ECONÓMICA	17
2.1 BALANCE COMERCIAL.....	17
2.2 CONTRIBUCIÓN AL CRECIMIENTO ECONÓMICO	18
2.3 GENERACIÓN DE EMPLEO	19
2.4 EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA: PLANTAS EN SUELO Y AUTOCONSUMO	20
2.4.1 PLANTAS EN SUELO.....	20
2.4.2. AUTOCONSUMO	21
3. SRIA	22
3.1 RETO 1: MEJORA DEL RENDIMIENTO Y REDUCCIÓN DE COSTES	22
OBJETIVO 1: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE MAYOR EFICIENCIA Y MENOR COSTE	22
OBJETIVO 2: DISEÑO DE SISTEMAS PARA REDUCIR EL LCOE DE DIVERSAS APLICACIONES	22
OBJETIVO 3: DIGITALIZACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA	23
3.2 RETO 2: MEJORA DE LA VIDA ÚTIL, LA FIABILIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD	23
OBJETIVO 1: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA SOSTENIBLE Y CIRCULAR .	23
OBJETIVO 2: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA FIABLE Y FINANCIABLE.....	23
3.3 RETO 3: NUEVAS APLICACIONES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA	24
OBJETIVO 1: INTEGRACIÓN FÍSICA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS, VEHÍCULOS, PAISAJES E INFRAESTRUCTURAS	24
3.4 RETO 4: INTEGRACIÓN INTELIGENTE DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL SISTEMA ENERGÉTICO.....	24
OBJETIVO 1: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO	24

3.5	RETO 5: ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA TRANSICIÓN A UNA ELEVADA CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA.....	24
	OBJETIVO 1: MAYOR CONCIENCIACIÓN SOBRE LAS VENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	25
	OBJETIVO 2: BENEFICIOS ECONÓMICOS Y DE SOSTENIBILIDAD	25
4.	HOJA DE RUTA TECNOLÓGICA.....	26
4.1	RETOS EN TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN, ESTRUCTURAS Y SEGUIDORES	26
4.2	RETOS EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O&M) DE LAS PLANTAS ...	27
4.3	RETOS EN INTEGRACIÓN EN APLICACIONES: ENTORNO URBANO, MOVILIDAD, BIPV Y OTROS	28
4.4	RETOS EN GESTIONABILIDAD, ALMACENAMIENTO E INTEGRACIÓN EN RED	29
4.5	RETOS EN ASPECTOS SOCIO-AMBIENTALES	30
	FOTOPLAT	33

INDICE TABLAS

Tabla 1 Evolución del empleo total en el sector fotovoltaico de 2017 a 2021	20
Tabla 2: Evolución de la potencia solar fotovoltaica en España	21

INDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Actuaciones del PERTE de energías renovables	7
Ilustración 2: Presupuesto del PERTE de energías renovables	8
Ilustración 3: Capacidad a subastar en el periodo 2022-2026	9
Ilustración 4: <i>Mapa de instalaciones en su momento operativas en el proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos</i>	12
Ilustración 5: Impacto económico (PIB) de las exportaciones del sector fotovoltaico español en millones de euros	17
Ilustración 6: Huella económica (PIB) del sector fotovoltaico español de 2019 a 2021. Millones de euros	18
Ilustración 7: Evolución del empleo total en el sector fotovoltaico de 2017 a 2021	19
Ilustración 8: Evolución del incremento de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico español	21
Ilustración 9: Grupos de trabajo Fotoplat	32
Ilustración 10: Mapa de capacidades del sector industrial fotovoltaico español	34

RESUMEN EJECUTIVO

El presente documento quiere mostrar la aportación de la fotovoltaica a la recuperación económica y el potencial desarrollo de la tecnología fotovoltaica española.

Para ello, vamos a basar este análisis en las reuniones, las colaboraciones y las relaciones con empresas e instituciones que tiene FOTOPLAT gracias a la colaboración con UNEF. El objetivo es diagnosticar las principales capacidades de las empresas españolas en el sector solar, conocer los principales actores (promotores, EPCistas, fabricantes, ...), productos y servicios de la oferta nacional.

Igualmente se busca analizar cuáles son las principales fortalezas y debilidades de la fotovoltaica en España.

1. NUEVOS HORIZONTES

España tiene un importante potencial para desarrollar la energía fotovoltaica en su territorio. Algo muy para tener en cuenta para esta potencia para el desarrollo es el PERTE ERHA. Este PERTE permitirá a España desarrollar tecnología fotovoltaica para superar los retos descritos más adelante en la SRIA y en la hoja de ruta de la tecnología de la fotovoltaica (desarrollada por Fotoplát).

1.1 PERTE DE ENERGÍAS RENOVABLES

En diciembre de 2021 se aprobó el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de Energías Renovables, Hidrógeno Renovable y Almacenamiento (ERHA), uno de los principales del Plan de Recuperación Transformación y Resiliencia (PRTR). El objetivo del PERTE ERHA es desarrollar tecnología, conocimiento, capacidades industriales y nuevos modelos de negocio que refuercen la posición del liderazgo del país en el campo de las energías limpias.

El PERTE de energías renovables es un programa de ayudas y reformas para una transición energética *designed & made in Spain*

El PERTE tiene una dotación económica pública de 3.362 millones, que permitirán captar otros 4.060 millones de capital privado

Sus instrumentos y medidas movilizarán una inversión total superior a 16.300 millones de euros para construir una **transición energética *designed & made in Spain***. Además, el PERTE ERHA incorpora elementos transversales del PRTR e incluye **25 medidas transformadoras y 17 medidas facilitadoras** sobre transición energética; movilidad con gases renovables; capacitación, formación

profesional y empleo; y ámbito tecnológico y digital, con una dotación económica pública de 3.362 millones, que permitirán captar otros 4.060 millones de capital privado.

El PERTE ERHA contiene las siguientes actuaciones:

- **25 medidas transformadoras:** instrumentos de inversión que movilizarán más de 3.500 millones de euros de fondos públicos, encaminados al desarrollo tecnológico, capacidades industriales y nuevos modelos de negocio.
- **Energía NextGen:** Un marco de seguimiento de proyectos integrales en transición energética que combinen distintos instrumentos del PRTR.
- **17 medidas facilitadoras** que contribuyen a los objetivos del PERTE.
- **Sistema de seguimiento,** evaluación y puesta en valor de las capacidades.

Ilustración 1: Actuaciones del PERTE de energías renovables

Medidas Transformadoras



Medidas Transversales



Medidas Facilitadoras



Fuente: PERTE ERHA

El PERTE ERHA busca:

- **Consolidar las cadenas de valor de las renovables**, reforzando el liderazgo en los ámbitos en los que España cuenta con amplia experiencia, y desarrollando nuevas capacidades en partes de la cadena de valor con mayor valor añadido o que presentan mayor dependencia exterior.
- **Impulsar la innovación social y de modelo de negocio**, para una mejor integración de las renovables en los sectores productivos, en el territorio y en la sociedad. Destaca el impulso de las **comunidades energéticas**.
- **Posicionar a España como referente** tecnológico en la producción y aprovechamiento del **hidrógeno renovable**.
- **Desarrollar y desplegar** tecnologías y modelos de negocio ligados al **almacenamiento energético** y la gestión flexible de la energía que maximicen la integración de la generación renovable en nuestro país.

El grueso de las líneas de ayuda y actuaciones de apoyo del PERTE ERHA estarán disponibles entre 2022 y 2023, y los proyectos beneficiarios se ejecutarán hasta 2026. De hecho, en los primeros meses de 2022 el MITECO ya ha lanzado las siguientes **convocatorias**:

- Impulso cadena de valor del hidrógeno renovable 250 millones de €
- Proyectos pioneros de hidrógeno renovable 150 millones de €
- Proyectos de I+D en almacenamiento energético 50 millones de €
- Proyectos piloto para comunidades energéticas 40 millones de €

Ilustración 2: Presupuesto del PERTE de energías renovables

ÁMBITO	LÍNEAS	INVERSIÓN PÚBLICA	INVERSIÓN PRIVADA
MEDIDAS TRANSFORMADORAS DEL PERTE ERHA	Renovables innovadoras	765 M€	1.600 M€
	Almacenamiento, flexibilidad y nuevos modelos de negocio	620 M€	990 M€
	Hidrógeno Renovable	1.555 M€	2.800 M€
	Transición Justa	30 M€	
	Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación	588 M€	-
SUBTOTAL		3.558 M€	5.390 M€
MEDIDAS FACILITADORAS	Transición Energética	2.245 M€	2.303 M€
	Movilidad con gases renovables	80 M€	143 M€
	Capacitación, formación profesional y empleo	496 M€	-
	Ámbito tecnológico y digital	541 M€	1.614 M€
SUBTOTAL		3.362 M€	4.060 M€
TOTAL PERTE ERHA		6.920 M€	9.450 M€
TOTAL		16.370 M€	

Fuente: PERTE ERHA

1.2 PERSPECTIVAS ESPAÑOLAS

El PNIEC se revisará en 2023 aumentando la ambición de los objetivos renovables

***El año 2021 fue el mejor de la historia del sector fotovoltaico en España.** Nuestro país fue el segundo mercado europeo, como en 2020, y el séptimo a nivel mundial gracias a la instalación de 3.487 MWp de nueva capacidad en plantas en suelo y 1.203 MWn en autoconsumo.*

En plantas en suelo esta nueva por la firma de PPAs. Se repitió así en España, conectamos a la red capacidad fotovoltaica que no están de programa público. Y es que

Según múltiples informes España es de los países más atractivos para invertir en energías renovables

capacidad fue impulsada el **hito histórico de 2021**: miles de MW de cubiertos por ningún tipo nuestro país se ha

posicionado como uno de los escenarios de la transición energética a nivel internacional. Según múltiples informes **España es uno de los mercados más atractivos para invertir en energías renovables a nivel mundial.**

En adelante, además de a los PPAs, las **subastas del REER** serán el origen del despliegue de nueva capacidad. Según el calendario indicativo del MITECO se subastarán **al menos 1.800 MW cada año de 2022 a 2026.**

Ilustración 3: Capacidad a subastar en el periodo 2022-2026

		Volúmenes mínimos de potencia (MW)				
		2.022	2.023	2.024	2.025	2.026
Eólica	Incremento anual	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500
	Acumulado desde 2020	4.000	5.500	7.000	8.500	10.000
Fotovoltaica	Incremento anual	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
	Acumulado desde 2020	4.600	6.400	8.200	10.000	11.800
Solar Termoeléctrica	Incremento anual		200		200	
	Acumulado desde 2020	200	400	400	600	600
Biomasa	Incremento anual		120		120	
	Acumulado desde 2020	140	260	260	380	380
Otras tecnologías (biogás, hidráulica, mareomotriz, etc.)	Incremento anual		20		20	
	Acumulado desde 2020	20	40	40	60	60

Fuente: MITECO

No obstante, **en el año 2022** aún no se contará prácticamente con proyectos de las nuevas subastas, por lo que las **cifras de potencia fotovoltaica instalada depende de los desarrollos fotovoltaicos realizados vía PPAs/ merchant**. Solo es posible que una pequeña parte de los 2.034 MW adjudicados en las subastas de enero de 2021 (correspondientes al año 2020) se conecten a la red, anticipando unos meses el plazo máximo (febrero de 2023). Al cierre de abril de 2022 se habían conectado 686 MW. Para el cierre de año, se esperan cifras similares al 2021 en el entorno de los 3 GW.

La capacidad fotovoltaica instalada en 2022 será prácticamente en su totalidad del segmento PPA/ merchant

Respecto al **autoconsumo**, las cifras de 2021, por encima de 1.200 MW, demuestran que el sector está al alza y que aún no ha tocado techo. Con la aportación del programa de ayudas del plan de recuperación, dotado con 450 millones ampliables a otros 450, se podrían instalar más de 3 GW en total, en 2022 se espera que se marque un nuevo récord desplegándose una potencia instalada anual cercana a los 2 GW.

LADILLO AL MARGEN: El autoconsumo se está beneficiando de los fondos europeos con un programa específico de promoción con un presupuesto inicial de 450 millones ampliables hasta otros 450

A más largo plazo, el contexto político es favorable a un aumento de la ambición en los objetivos y en las reformas. Tal y como indicaba la Comisión Europea en su Comunicación **REPowerEU** en marzo de 2022, **la nueva realidad geopolítica y del mercado de la energía exige acelerar drásticamente la transición hacia una energía limpia** y aumentar la independencia energética de Europa frente a proveedores poco fiables y unos combustibles fósiles volátiles, exigencia que se ha vuelto mucho más apremiante tras la invasión de Ucrania por parte de Rusia.

En particular, la Comisión señalaba en su Comunicación que **una condición previa para que se aceleren los proyectos de energías renovables es simplificar y acortar los procesos de concesión de permisos**, pues los largos procedimientos administrativos se han revelado como uno de los principales obstáculos para las inversiones en energías renovables e infraestructuras conexas.

La **Comisión pide a los Estados miembros** que garanticen que la planificación, la construcción y la explotación de instalaciones para la producción de energía procedente de fuentes renovables, su conexión a la red y la propia red conexa se consideren de interés público superior

y en aras de la seguridad pública y puedan acogerse al procedimiento **más favorable disponible** en sus procedimientos de planificación y autorización.

Sin embargo, **los plazos estándar actuales del proceso de tramitación no cumplen en la práctica con los máximos establecidos en la regulación**, siendo una barrera para un desarrollo como el que es necesario para cumplir con los objetivos del PNIEC. En demasiadas ocasiones el trámite administrativo se conforma como un **cuello de botella** de los proyectos. Como resultado, **las tramitaciones de instalaciones fotovoltaicas en suelo se extienden de media unos 2 años**, aunque pueden alargarse hasta los 4 años, frente a una fase de construcción que puede resolverse en 6-8 meses.

Estos retrasos suponen la demora de la actividad de construcción, con los consiguientes empleos que no se crean, importaciones de combustibles fósiles que continúan y reducciones de emisiones que no se alcanzan. Sin embargo, **con las medidas adecuadas, los tiempos de tramitación se podrían reducir a la mitad**. La urgencia de acometer la descarbonización y la necesidad de disminuir nuestra dependencia energética obligan a que la construcción las plantas renovables sea una **prioridad en la tramitación administrativa, siempre respetando la máxima vigilancia ambiental**.

Desde UNEF vemos necesaria la implementación de un **plan de choque de reducción de plazos**, en línea con lo propuesto por la Comisión Europea en el plan REPowerEU y en su propuesta de modificación de la Directiva de Energías Renovables (REDIII).

Las distintas administraciones (central, autonómica y local) tendrían que aumentar sus esfuerzos en **digitalización** para una mayor comunicación y transmisión de la información. También es esencial la revisión del marco de contratación pública para una mayor agilidad en la contratación de nuevo personal y en la sustitución de bajas y jubilaciones.

Además, se debe revisar el diseño del propio proceso de autorización. Como se define ahora, los pasos anteriores son un requisito para los siguientes, **creando cuellos de botella** a lo largo del proceso. Se debe introducir un **mayor grado de simultaneidad** para que los desarrolladores puedan avanzar en paralelo evitando quedar atrapados por una pregunta en particular que se está retrasando. Se debe incorporar también el silencio positivo en los informes preceptivos.

1.3 PERSPECTIVAS INDUSTRIALES FOTOVOLTAICAS

La tecnología fotovoltaica se sitúa como la forma más barata de producir electricidad limpia y verde, luchando contra el cambio climático en pro de la transición energética. Pero, además, las energías renovables se sitúan como una nueva fuente de ingresos, de industrialización y de creación de empleo.

De hecho, la Agencia Internacional de la Energía, en su World Energy Outlook de 2021 considera a las energías renovables como el punto de partida de una nueva área de inversión y de empleo.

Sin embargo, y a pesar de los avances en el desarrollo y la integración en el sistema de tecnologías renovables, el propio informe afirma que como consecuencia de la recesión derivada del COVID-19 (y posteriormente, en 2022 de la Guerra de Ucrania), en 2021 se produjo un repunte de manera global en el uso de carbón y de petróleo, alejándonos de nuevo en el camino para la reducción de emisiones.

Se trata, por tanto, de un momento decisivo para la transformación de nuestra economía y de nuestro sistema energético, para lo cual ampliar la consecución de los objetivos fijados por el PNIEC es también fundamental. **La nueva realidad geopolítica y del mercado de la energía exige acelerar drásticamente la transición hacia una energía limpia**

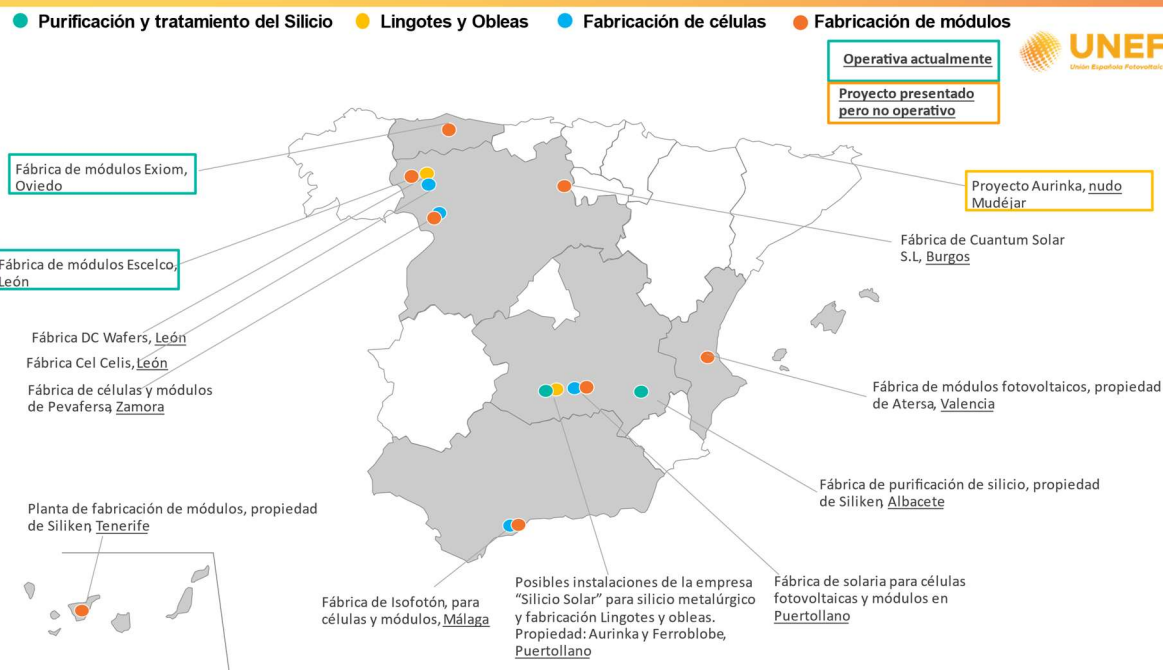
Existe la oportunidad para aumentar el impacto del sector fotovoltaico en la economía nacional mediante una **política de desarrollo industrial y nacional asociada a la energía fotovoltaica que permita crear una cadena de valor 100% nacional**. Así, se podrían capturar las mayores rentas para el país, en términos de empleo y crecimiento económico, derivadas de la nueva potencia a instalar y garantizar la independencia energética. La fabricación de los componentes fotovoltaicos tiene el potencial de contribuir a la **reindustrialización y a la reactivación de la economía española**.

1.3.1. CAPACIDADES EN ESPAÑA PARA LA FABRICACIÓN DE MÓDULOS

En nuestro país se llevaron a cabo varias iniciativas en la cadena de valor de fabricación de módulos fotovoltaicos, aunque algunas de ellas, la mayoría, no se encuentran ya operativas y cuya maquinaria podría estar obsoleta. Sin embargo, aunque este fuera el caso la reutilización de los antiguos emplazamientos supondría una importante reducción de tiempos y costes, por ahorrarse el tiempo de las tramitaciones administrativas necesarias para los permisos de funcionamiento, particularmente largas en el caso de las fábricas de silicio, y de construcción de las instalaciones y de coste asociado.

El siguiente mapa muestra la localización de dichas instalaciones en función de la cadena de fabricación en las que en su momento se dedicaban. La mayor parte se encuentra en desuso, y habría que revisar si alguna de ellas ha sido desmantelada. También se muestran aquellas que se encuentran operativas actualmente y el proyecto presentado en el nudo Mudéjar pero no operativo todavía:

Ilustración 4: Mapa de instalaciones en su momento operativas en el proceso de fabricación de paneles fotovoltaicos



Fuente: Elaboración propia UNEF

Cabe destacar que en **España** hay una industria química, metalúrgica, de fabricación de vidrio, de máquina herramienta, que dispone de conocimiento necesario para activar la mayor parte de los procesos de la cadena de suministro de fabricación. Sin embargo, la **fabricación de células fotovoltaicas puede ser la parte más complicada del proceso**, como se expondrá más adelante.

A continuación, se mencionan alguna de estas iniciativas divididas según los diferentes pasos de la cadena de valor de la fabricación de paneles fotovoltaicos, mencionados en el Anexo 1:

Algunas empresas como Siliken¹ (situada en Valencia) y Solaria² (Puertollano) intentaron llevar a cabo toda la cadena de fabricación de los paneles fotovoltaicos.

Un caso especial en nuestro país es el de la empresa asturiana **EXIOM**, que el año pasado vendió 500MW de paneles en España, pero fabricados íntegramente en China.

1. Obtención de óxido de Silicio y Purificación o mejora del Silicio

El óxido de silicio (cuarzo) es una materia prima existente en España y es una *commodity*, no es necesario la apertura de minas para su obtención (se trata de uno de los materiales más abundantes en la corteza terrestre).

¹ <https://www.evwind.com/2009/07/13/siliken-pondra-en-marcha-su-primera-planta-de-produccion-de-celulas-solares/>

² <https://solariaenergia.com/solaria-continua-apostando-por-la-innovacion-y-el-desarrollo-tecnologico-en-su-fabrica-de-celulas-de-puertollano/>

Aun así, el proceso de obtención del óxido de silicio es intensivo en energía. Es de señalar que en el caso de China sus plantas ven penalizada su huella de carbono al utilizar energía térmica para el proceso.

Como se ha mencionado, en España **la utilización de energía FV para el proceso nos daría ventaja competitiva** tanto desde un punto de vista de coste de producción como ambiental (“**solar x solar**”). Cualquier sistema de apoyo relacionado con la huella de CO₂ beneficiaría a la industria española.

En España, se está planteando una propuesta de proyecto de fábrica de Silicio de Grado Metalúrgico Mejorado o UGM (ver Anexo 1) entre Ferroglobe y Aurinka aprovechando unas antiguas instalaciones de fabricación de lingotes de la empresa Silicio Solar en Puertollano que cerró hace años, de manera que han adquirido el equipamiento para su propio proceso, con un menor impacto ambiental.³ Este proyecto todavía no se ha puesto en marcha.

Además, en España hubo dos proyectos de purificación de silicio. El más avanzado fue el de Siliken⁴ en Casas Ibáñez, Albacete. La fábrica todavía puede verse en pie, pero las instalaciones no llegaron a ponerse en marcha. El segundo se trataba de Isofotón para una planta en Cádiz, pero no pasó de proyecto.

Destacó también la iniciativa de la entidad público-privada Centesil⁵, apoyada por el Instituto de Energía Solar (IES), como centro español de investigación para la fabricación de silicio policristalino, también con posible capacidad de fabricación de obleas y lingotes de monocristalino, a una escala muy inferior al tamaño del mercado fotovoltaico español. Sin embargo, esta iniciativa no llegó a ponerse en marcha.

2. Lingotes y obleas

Como experiencia pasada en fabricación de obleas destaca [DC Wafers](#), situada en León y hoy no operativa.

En nuestro país, la empresa Silicio Solar en Puertollano tenía la capacidad de fabricación de lingotes y obleas, capacidad que ha sido adquirida por Aurinka y Ferroglobe.

3. Fabricación de células:

Al contrario que en Europa, la fabricación de las células fotovoltaicas en España se sitúa como una de las partes más difíciles del proceso de fabricación de paneles, en nuestro país no se ha llevado a cabo una adecuada curva de aprendizaje, por lo que una posibilidad sería contar con colaboración europea.

³ <https://www.pv-magazine.es/2021/04/16/misma-degradacion-y-eficiencia-similar-al-convencional-avanza-la-fabrica-de-silicio-umg-de-grado-fotovoltaico-en-puertollano/>

⁴ <https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/44493-Siliken-comienza-la-produccion-de-silicio.html>

⁵ <https://oa.upm.es/8276/>

Algunas empresas que tuvieron las capacidades de fabricación de células de silicio cristalino (ver Anexo 1) fueron Isofotón, Solaria, Cel Celis⁶, situada en León, y Pevafersa, situada en Toro, Zamora. Ahora mismo no están operativas.

Respecto a otras tecnologías, como las células de heterounión de semiconductores III-V, en España hay desarrollos muy avanzados del IES-UPM que se podrían incorporar también a conceptos tándem.

4. Fabricación de módulos

Última parte del proceso, para el caso de silicio cristalino la más asequible y menos cara, (aunque esto podría variar para nuevas células de alta eficiencia, como las de heterounión o IBC). Se trata de procesos robotizados que podrían desarrollarse con tecnología nacional de alta calidad (como, por ejemplo, Mondragon Assembly).

En su día, algunas empresas tuvieron la capacidades de producción de módulos de silicio cristalino como Quantum Solar S.L, situada en Burgos, Atersa, que ha vendido sus líneas de fabricación a Abora Solar, Isofotón, Siliken⁷ (en Canarias), Solaria, Pevafersa⁸.

También hubo tres fábricas de tecnología lámina fina o Thin Film en Galicia, Cádiz y Béjar. Además, hubo dos de CPV (Energía Solar Fotovoltaica de Concentración), Guascor Fotón en Bizkaia que cerró y BSQ en Manzanares y luego en Toledo que sigue viva. A día de hoy, Onyx Solar⁹ fabrica células fotovoltaicas de silicio cristalino y thin film, para Building Integrated Photovoltaics (BIPV) con células fotovoltaicas con un grado de transparencia muy elevado.

Hoy en día quedan operativas Escelco¹⁰, en León, con una producción nominal de 140 MW. Hay ingenierías, como Exiom Solutions¹¹ que diseñan en España y tienen sus centros de fabricación en China.

Además, destacan dos proyectos en desarrollo:

- Aurinka: Esta empresa tiene un proyecto¹² de una fábrica de ensamblado de módulos bifaciales de 300 MW de capacidad que ha presentado al concurso de Andorra en la oferta de Iberdrola. Afirman que el proyecto está maduro.

⁶ <https://elperiodicodelaenergia.com/cel-celis-volvera-a-producir-celulas-fotovoltaicas-en-leon-tras-ser-adquirida-por-bashmoor-engineering/>

⁷ <https://news.soliclima.com/noticias/energia-solar/siliken-inaugura-la-primera-planta-de-fabricacion-de-modulos-fotovoltaicos-en-canarias>

⁸ <https://www.alimarket.es/construccion/noticia/105701/pevafersa-pone-a-la-venta-sus-lineas-de-produccion>

⁹ <https://www.onyxsolar.es/>

¹⁰ <https://escelco.eu/quienes-somos/>

¹¹ <https://www.exiomsolution.com/>

¹² <https://www.pv-magazine.es/2022/03/04/aurinka-proyecta-instalar-una-fabrica-de-modulos-de-hasta-600-wp-en-espana/>

- Greenland Gigafactory: Esta empresa anunció¹³ un proyecto de una planta de fabricación de módulos de 3 GW en Sevilla en 2021 con el asesoramiento del Fraunhofer Institute que comenzaría a producir módulos en 2023. Sin embargo, el proyecto está siendo muy opaco y presenta serias incertidumbres.

Para la fabricación de los marcos de aluminio de los módulos fotovoltaicos, sería posible que empresas dedicadas a la fabricación de estructuras fotovoltaicas se especializasen en ello. También tenemos potenciales fabricantes de vidrio como Guardian en Álava. Hubo también en el pasado fabricantes de EVA (encapsulante para los módulos) como STR en Asturias o EVASA en Galicia. Además, la empresa Novogenio, situada en Cartagena, ha fabricado encapsulantes para FV en varios de los ciclos que ha habido en España¹⁴.

En España contamos con la suficiente capacidad para generar una cadena de suministro amplia en esta área.

5. Reciclado de paneles solares

Los paneles decomisados son a su vez fuente de silicio, que debidamente tratado podría dar lugar a nuevas células. Esto mismo sería aplicable a otros materiales como la plata, presente en el sistema de conexionado de las células. Por lo tanto, el reciclado es de interés más allá de las implicaciones medioambientales.

Según las directivas europeas de reciclado es obligatorio que las plantas solares reciclen el 87% de sus componentes. En la teoría sería posible llegar hasta el 95%. Sería interesante desarrollar también una capacidad nacional de reciclado, para cuando este mercado eclosione dentro de unos años.

Ejemplo de proyectos de empresas de reciclado en España son Rinvasol¹⁵ y Aurinka¹⁶

¹³ <https://www.pv-magazine.es/2021/05/04/la-fabrica-de-modulos-de-sevilla-comenzara-a-producir-en-diciembre-de-2023/>

¹⁴ https://www.novogenio.com/blog_cast/film-encapsulante-libre-de-efecto-pid-para-el-ensamblado-de-modulos-fotovoltaicos

¹⁵ <https://www.pv-magazine.es/2021/06/01/rinvasol-abre-en-espana-una-planta-de-reparacion-y-fabricacion-de-modulos-de-50-mw/>

¹⁶ <https://www.pv-magazine.es/2022/03/04/aurinka-proyecta-instalar-una-fabrica-de-modulos-de-hasta-600-wp-en-espana/>

2. APORTACIÓN DEL SECTOR FOTOVOLTAICO A LA RECUPERACIÓN ECONÓMICA

El efecto económico del sector fotovoltaico en la economía afecta mucho a su potencial desarrollo. Un balance comercial positivo junto a una gran generación de empleo y una importante contribución al crecimiento económico suponen una gran fortaleza a la hora de desarrollar y superar los retos planteados por la SRIA

2.1 BALANCE COMERCIAL

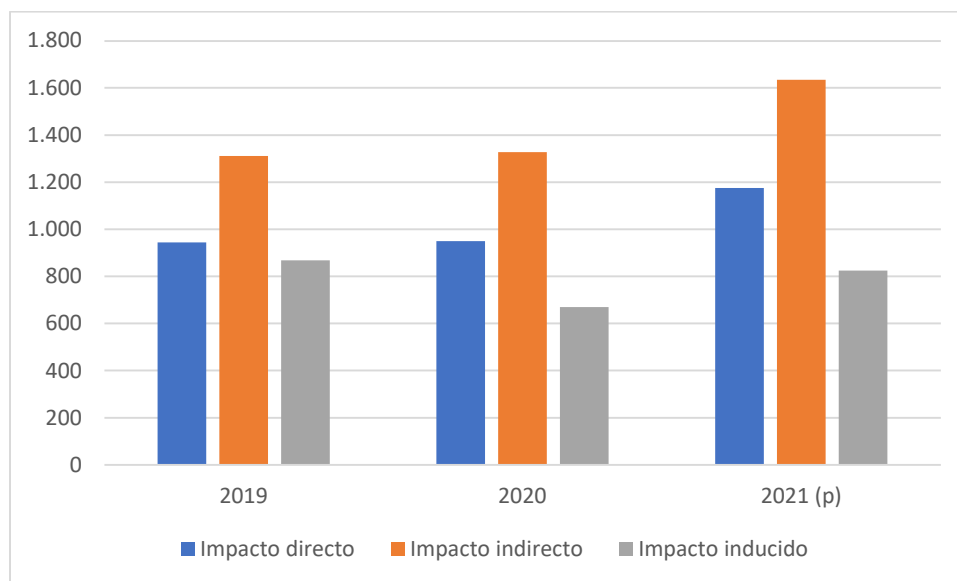
Exportaciones

La industria española fotovoltaica lideró el top 10 en instalación de capacidad fotovoltaica a nivel mundial, concretamente, se situó en séptimo lugar. Tal es la relevancia del sector, que el impacto en el PIB aumentó de 2019 a 2021 en un 19,57%. El año 2020, debido a la crisis sanitaria, el crecimiento sufrió un estancamiento y en 2021, con la reactivación económica creció, se reanudó la exportación.

En cuanto al impacto indirecto de las exportaciones en el PIB, también fue significativo, pues se experimentó un crecimiento del 18% del 2019 al 2021. El impacto inducido en 2019 se cifraba en 868 millones de euros, sin embargo, debido a la pandemia en 2020, ese año disminuyó en un 30%. Pero en 2021 se produjo un efecto rebote con el que se incrementó un 18%, alcanzando casi la cifra prepandémica.

	2019	2020	2021
Impacto directo	945	950	1.175
Impacto indirecto	1.312	1.327	1.635
Impacto inducido	868	669	824
Impacto total	3.125	2.946	3.634

Ilustración 5: Impacto económico (PIB) de las exportaciones del sector fotovoltaico español en millones de euros

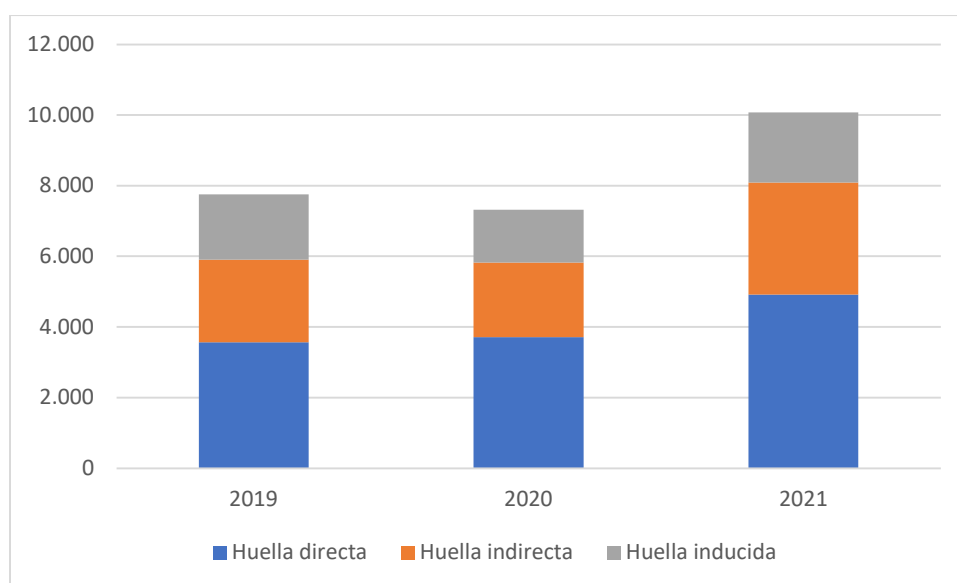


2.2 CONTRIBUCIÓN AL CRECIMIENTO ECONÓMICO

La industria fotovoltaica ha generado múltiples impactos positivos en la economía nacional de manera directa, indirecta e inducida. Desde 2019 a 2021, la aportación al PIB ha estado de 10.073 millones de euros.

La huella directa del sector ha aumentado desde 2019 a 2021 en un 27%. En cuanto a la indirecta, el incremento se ha situado en un 26% y la huella inducida en un 7% respecto a 2019.

Ilustración 6: Huella económica (PIB) del sector fotovoltaico español de 2019 a 2021. Millones de euros



2.3 GENERACIÓN DE EMPLEO

El sector fotovoltaico cuenta con una amplia cadena de valor que generan empleo directo, indirecto e inducidos. Desde la eliminación del impuesto al sol en 2018, el sector ha seguido creciendo de manera constante y consolidada.

En 2017 se crearon un total de **24.526 empleos**, de los cuales 6.785 fueron directos, 11.011 indirectos y 6.729 inducidos.

Dentro de la cadena de valor, fueron las áreas de producción y distribución que más empleo directo crearon durante 2018, seguidas de las ingenierías e instaladoras que emplearon. En total se generaron **29.306¹⁷ empleos**: 7.549 empleos directos, 13.393 empleos indirectos y 8.365 inducidos.

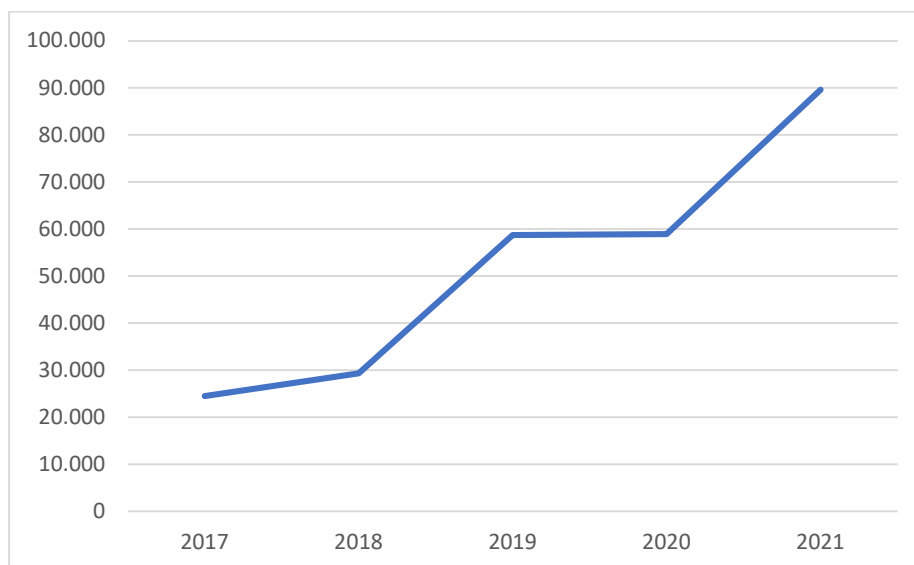
Siguiendo la tendencia de crecimiento en creación de empleo, en 2019 se crearon un total de **58.699 puestos de trabajo**, resultado de los 17.194 empleos directos, 21.292 empleos indirectos y 20.213 empleos inducidos. Estos datos muestran un cambio de tendencia muy positivo de la industria fotovoltaica española. Cabe destacar el aumento del peso de los fabricantes en la cadena de valor, alcanzando los 5.600 empleos directos.

El aumento de la creación de empleo en el sector se consolida y mantiene de forma equilibrada durante 2020 con la creación de 17.568 empleos directos, 22.800 empleos indirectos y 18.524 empleos inducidos. En total en **2020 se generaron 58.892 empleos**.

En 2021 el sector fotovoltaico generó en total 89.644, de los cuales 21.596 fueron empleos directos, 39.479 indirectos y 28.569 inducidos.

Ilustración 7: Evolución del empleo total en el sector fotovoltaico de 2017 a 2021

¹⁷ En el año 2020 se hizo una revisión de estos los datos de 2018 y resultó en 29.917 empleos a nivel nacional entre directos e indirectos, dando lugar a un incremento de hasta 45.134 al considerar también los empleos inducidos.



Fuente: UNEF

Tabla 1 Evolución del empleo total en el sector fotovoltaico de 2017 a 2021

	2017	2018	2019	2020	2021
Empleo directo	6.785	7.549	17.194	17.568	21.596
Empleo indirecto	11.011	13.393	21.292	22.800	39.479
Empleo inducido	6.729	8.365	20.213	18.524	28.569
Empleo total	24.525	29.307	58.699	58.892	89.644

Fuente: UNEF

Los datos recogidos demuestran el impacto positivo del sector industrial fotovoltaico en el empleo. Como bien se viene observando, existe una clara tendencia al alza. En tan solo cuatro años la creación de empleo total (directo, indirecto e inducido) ha sido de 261.067. El mayor crecimiento lo ha experimentado el empleo indirecto con 107.975 empleos desde 2017 hasta 2021, seguido por el empleo inducido con 82.400 empleos y, finalmente, el empleo directo en 50.692.

2.4 EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA: PLANTAS EN SUELO Y AUTOCONSUMO

2.4.1 PLANTAS EN SUELO

La fotovoltaica es una fuente estratégica para aumentar la independencia energética de España, abaratar los costes de la electricidad y democratizar la energía.

Desde 2006 a 2021 la potencia instalada de plantas en suelo se incrementó un 96,41%. La evolución empezó a ascender de manera consolidada y sostenida a partir de 2018, incrementando en tan sólo un año 3.913 MWp (98%). En 2021 la potencia instalada alcanzó los 3.487 MWp.

Tabla 2: Evolución de la potencia solar fotovoltaica en España

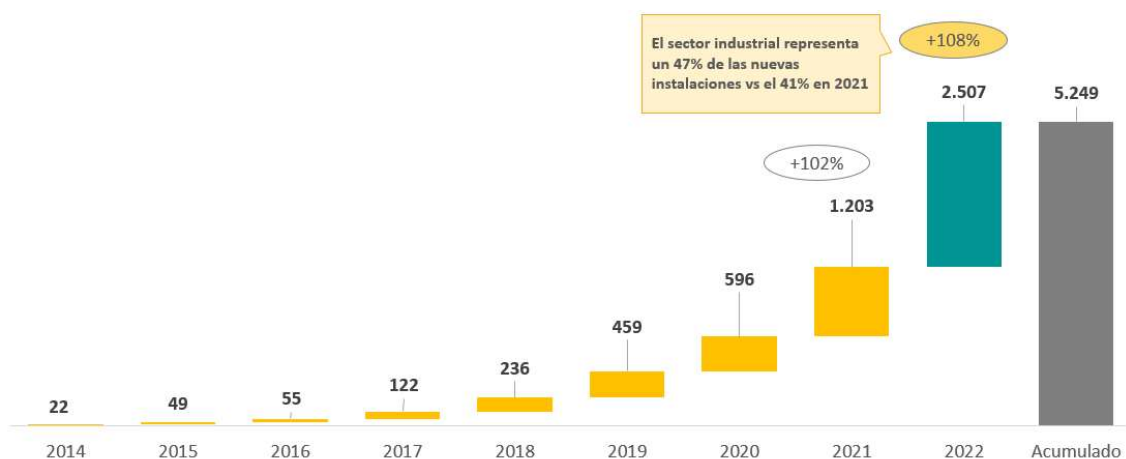
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Suelo (MWp)	125	493	2.733	41	438	404	299	106	7	35	5	2	79	3.992	2.926	3.487
Autoconsumo (MWn)										22	49	55	122	236	459	596

Fuente: Red Eléctrica de España y UNEF

2.4.2. AUTOCONSUMO

Las instalaciones de autoconsumo también han experimentado una evolución positiva, alcanzando un crecimiento anual del 108% en 2022. El año pasado, las instalaciones de autoconsumo llegaron a los 2507 MW, y el sector industrial representó el 47% de las nuevas instalaciones. Se prevé un año incluso mejor en 2023 que acerque el cumplimiento del potencial del autoconsumo recogido en la **Estrategia Nacional de Autoconsumo**.

Ilustración 8: Evolución del incremento de instalaciones de autoconsumo fotovoltaico español



3. SRIA

La Agenda Estratégica de Investigación e Innovación (SRIA) elaborada por ETIP PV con importantes aportaciones de EERA-PV abarca la ciencia, la tecnología y las aplicaciones fotovoltaicas en Europa. El Pacto Verde Europeo, el paquete Fit for 55, el Acuerdo de París, Horizonte Europa e incluso el Plan Europeo de Recuperación 2020 han situado la neutralidad climática para 2050 en el centro del futuro socioeconómico de Europa. La electricidad es la piedra angular de los sistemas energéticos modernos descarbonizados en todo el mundo, y la solar y la eólica figuran entre las fuentes de energía clave para suministrar esta electricidad en cantidades suficientes de forma asequible y sostenible. Así pues, la energía solar fotovoltaica desempeñará un papel destacado en la consecución de los objetivos de la UE en materia de energías limpias, así como de los objetivos mundiales de sostenibilidad. La tecnología solar fotovoltaica ya ha demostrado ser competitiva desde el punto de vista económico y medioambiental, aunque para convertirse en un actor principal del sistema de energía limpia, debe abordar con éxito otros retos relacionados con la innovación de dispositivos, la fabricación, la integración y la circularidad. La EISR presenta retos generales para facilitar la transición a la energía solar en Europa a través de la tecnología fotovoltaica y, además, analiza cinco retos interrelacionados de investigación e innovación fotovoltaica. Estos 5 retos se han usado como referencia para organizar la hoja de ruta española.

3.1 RETO 1: MEJORA DEL RENDIMIENTO Y REDUCCIÓN DE COSTES

En la última década, los costes totales de fabricación de poli silicio, obleas, células solares y módulos han disminuido entre un 75 al 90 %, lo que ha permitido que la fotovoltaica (silicio) se corone como el rey de los mercados eléctricos. Sin embargo, para que la fotovoltaica cumpla su misión de transformar los sistemas energéticos y dar cabida a gran escala, incluida la integración de los sistemas energéticos y en nuestro entorno vital, se requiere una mayor reducción de los costes, así como un mayor énfasis en la eficiencia energética. reducción de costes y un mayor énfasis en la eficiencia y la sostenibilidad. El objetivo de este reto es, por tanto, esbozar las necesidades de I+i para la mejora del rendimiento que abarque todos los componentes de un sistema fotovoltaico. La mejora del rendimiento, a su vez, es una palanca importante para la reducción de costes a todos los niveles: componentes, sistemas y tecnologías. de costes a todos los niveles: componentes, sistemas y mantenimiento, y la electricidad LCoE.

OBJETIVO 1: MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE MAYOR EFICIENCIA Y MENOR COSTE

Este objetivo se centra en mejorar la eficiencia y reducir los costes de los módulos fotovoltaicos. Abarca las distintas tecnologías fotovoltaicas que ya han alcanzado un nivel de madurez industrial, así como las tecnologías emergentes

OBJETIVO 2: DISEÑO DE SISTEMAS PARA REDUCIR EL LCOE DE DIVERSAS APLICACIONES

Este objetivo se centra en las necesidades de I+D más allá del módulo fotovoltaico y en la mejora del rendimiento energético de los sistemas. En las últimas décadas, la reducción de costes y la mejora de la eficiencia se han centrado principalmente en los módulos fotovoltaicos, ya que tradicionalmente han sido el componente más caro de un sistema fotovoltaico. Con la fuerte reducción de sus precios, otras partes del sistema total y su uso se vuelven más importantes para reducir el LCoE.

OBJETIVO 3: DIGITALIZACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

La transición digital presenta oportunidades clave para el sector fotovoltaico: las nuevas tecnologías digitales, como Big Data, robótica y blockchain, no solo pueden permitir la aparición de nuevos modelos de negocio solar y la mejora de los modelos existentes, sino que también pueden utilizarse para reducir costes y aumentar el rendimiento en casi todos los puntos de la cadena de valor.

3.2 RETO 2: MEJORA DE LA VIDA ÚTIL, LA FIABILIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD

Año tras año se añaden muchos gigavatios de capacidad de energía solar en todo el mundo, y el objetivo acumulado de 1 teravatio (TW) podría alcanzarse en 2022. Por tanto, el sector fotovoltaico debe garantizar que la potencia instalada pueda generar electricidad de forma fiable durante toda su vida útil. Con la generalización de la fotovoltaica, también es importante garantizar la sostenibilidad desde el punto de vista energético, medioambiental y de inversión. De acuerdo con la jerarquía de eficiencia de los materiales, los recursos deben mantenerse en uso productivo el mayor tiempo posible y con la mayor calidad posible para mejorar la vida útil, la fiabilidad y la sostenibilidad de la tecnología fotovoltaica. El objetivo general es desarrollar componentes fotovoltaicos con el signo de la fiabilidad y la sostenibilidad como motor clave.

OBJETIVO 1: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA SOSTENIBLE Y CIRCULAR

Este objetivo se centra en reducir el impacto de la energía fotovoltaica en nuestro medio ambiente, a lo largo de toda la cadena de valor (producción, transporte, instalación y funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos), siguiendo la escalera R de la sostenibilidad

OBJETIVO 2: ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA FIABLE Y FINANCIABLE

La estrategia más eficaz para que la energía solar fotovoltaica sea fiable y rentable es evitar que se produzcan fallos mediante medidas preventivas (por ejemplo, ampliando las pruebas de los productos) y reducir el impacto de los fallos una vez detectados mediante medidas correctivas (por ejemplo, utilizando soluciones avanzadas de supervisión y técnicas de detección sobre el terreno). Una evaluación del rendimiento con incertidumbres reducidas puede conducir a un modelo de negocio mucho más favorable. El mantenimiento es el siguiente paso importante, en el que la ampliación de las pruebas más allá de lo prescrito por las normas puede aumentar la confianza en la elección correcta de los componentes fotovoltaicos. Por último, la fase de

explotación y mantenimiento (O&M) se beneficiará enormemente de las innovaciones en términos de soluciones rentables para la estimación del impacto de los fallos sobre el terreno.

3.3 RETO 3: NUEVAS APLICACIONES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA

El modularidad inherente a la energía fotovoltaica permite integrar a la perfección en muchos objetos diferentes, lo que permite aprovechar el espacio de forma eficiente y atractiva. Los productos compatibles con la energía fotovoltaica deben cumplir los requisitos del producto original, con normas armonizadas en la UE para crear mercados lo suficientemente grandes como para abordarlos de forma rentable. Dado que la mayor parte de las cadenas de valor "IPV" se encuentran en Europa, la integración de la energía fotovoltaica crea enormes oportunidades para la creación de valor y empleo en Europa.

OBJETIVO 1: INTEGRACIÓN FÍSICA DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EDIFICIOS, VEHÍCULOS, PAISAJES E INFRAESTRUCTURAS

3.4 RETO 4: INTEGRACIÓN INTELIGENTE DE LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA EN EL SISTEMA ENERGÉTICO

OBJETIVO 1: INTEGRACIÓN DEL SISTEMA ENERGÉTICO

La energía fotovoltaica está cobrando fuerza en aplicaciones independientes a todos los niveles: en tejados o fachadas de edificios tanto de uso doméstico como comercial, así como en sistemas comerciales y a escala de servicios públicos de diversos tamaños. En los próximos años, la energía fotovoltaica debería considerarse un elemento activo de la red integrada, utilizando herramientas de previsión fiables para mejorar la fiabilidad de todo el sistema.

3.5 RETO 5: ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA TRANSICIÓN A UNA ELEVADA CONTRIBUCIÓN FOTOVOLTAICA

La transición energética ofrece grandes beneficios y oportunidades, pero también plantea grandes retos a la sociedad. El éxito de la transición depende en gran medida de su capacidad para demostrar los beneficios para las personas, las empresas y la sociedad en su conjunto, al tiempo que se abordan y mitigan los retos de forma eficaz y equilibrada. El despliegue masivo y rápido de energía renovable adicional, y en particular de energía solar, sólo será posible si se puede mantener un amplio apoyo público y político cuando la energía solar se convierta en una parte visible de nuestro entorno vital. Dado que varios grandes retos y tendencias sociales requieren espacio (adicional) para ser abordados, tales como la transición energética hacia una agricultura sostenible, el aumento de la biodiversidad, la provisión de viviendas autosuficientes,

el equilibrio cuidadoso de muy diferentes y a veces competitivos costes y valores sociales es clave para el éxito.

OBJETIVO 1: MAYOR CONCIENCIACIÓN SOBRE LAS VENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

En este objetivo están trabajando Unef y Fotoplat en España

OBJETIVO 2: BENEFICIOS ECONÓMICOS Y DE SOSTENIBILIDAD

En el capítulo previo pueden encontrar un análisis de este objetivo

4. HOJA DE RUTA TECNOLÓGICA

Este documento resume los retos que afronta la tecnología fotovoltaica en diferentes ámbitos de la cadena de valor y casos de uso, desde las grandes plantas de generación a las aplicaciones distribuidas. El objetivo es identificar oportunidades para hacer más competitivas a las empresas españolas a través de la I+D y la innovación tecnológica, potenciando la colaboración público-privada en un contexto de Transición Energética, con la expansión de las energías renovables a nivel global y el desarrollo de políticas de reindustrialización en Europa.

El documento ha sido coordinado por la plataforma tecnológica fotovoltaica española FOTOPLAT y para su elaboración ha contado con la participación de agentes del sector (empresas, centros tecnológicos y universidades) y se ha tenido en cuenta el alineamiento con las agendas estratégicas de ámbito europeo (ETIP PV, EERA-PV, SRIA).

4.1 RETOS EN TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN, ESTRUCTURAS Y SEGUIDORES

Continuando con el reto uno de la SRIA aquí se mencionan tecnologías que permitirían reducir los costes y mejorar el rendimiento

1.1. Valorar la viabilidad del silicio purificado por vía de bajo coste, e investigar en tecnologías de producción de silicio de huella de carbono nula o casi nula.
1.2. Promover la investigación en estructuras novedosas de células solares de distintas tecnologías, que puedan combinar alta eficiencia y bajo coste ((top-com, tandem, perovskitas, sustituir la plata, indio en HJT,...))
1.3. Desarrollar células multiunión para panel plano, para CPV y para el espacio.
1.4. Desarrollar células termofotovoltaicas para aplicaciones de recuperación de calor y almacenamiento.
1.5. Abordar la investigación para el desarrollo de módulos FV avanzados: materiales (plásticos transparentes para bifaciales...), configuraciones (1/2 células, bifaciales...) e interconexiones, integración de electrónica.
1.6. Desarrollar células y módulos con propiedades adaptadas a la integración en aplicaciones de valor añadido (estética y facilidad de integración, bajo peso, flexibilidad, etc) como la arquitectura, el transporte e infraestructuras, los accesorios inteligentes (internet de las cosas), etc.
1.7. Analizar los mecanismos de estabilidad, degradación y envejecimiento de células y módulos, aportando soluciones y determinando la vida media esperable.
1.8. Potenciar la reciclabilidad de los componentes fotovoltaicos desde su fabricación inicial. Desarrollar capacidades de reciclado a través de instalaciones piloto.

- | |
|---|
| 1.9. Desarrollar estructuras y seguidores de altas prestaciones y bajo coste y alta durabilidad. |
| 1.10. Desarrollar estructuras y seguidores adaptados a nuevos tipos de plantas: flotante, agro PV, etc |
| 1.11. Diseñar sistemas de limpieza de módulos como sistemas anexos o desde el propio diseño del módulo y la estructura. |

4.2 RETOS EN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (O&M) DE LAS PLANTAS

En correspondencia con el segundo reto de la SRIA aquí se discuten tecnologías que permitan mejorar la vida útil, sostenibilidad y fiabilidad.

Plantear nuevas propuestas para diseño de plantas fotovoltaicas que incluyan elementos de apoyo a las estrategias de mantenimiento
Desarrollar nuevos sistemas de monitorización de la producción que permitan definir parámetros clave para el seguimiento del funcionamiento de la planta y la óptima toma de decisiones
Identificar estrategias de mantenimiento predictivo para organizar actuaciones en planta que contribuyan a mantener la estabilidad de generación de acuerdo con compromisos adquiridos.
Evaluar las características de los componentes de la planta con criterios que incluyan condiciones específicas de funcionamiento en el emplazamiento elegido, de tal manera que contribuyan a aumentar la fiabilidad de los mismos.
Investigar nuevas alternativas de caracterización de los componentes en campo (termografía, electroluminiscencia, trazado de curvas IV, monitorización a nivel de rama...,)
Recopilar y analizar datos (modelo supervisados y no supervisado, gemelo digital), para la detección y diagnóstico de fallos mediante tecnologías de “big data” aplicados tanto para mejora del diseño como de operación de planta
Automatizar la mayor cantidad de procesos de O&M, o al menos los más penosos (robótica para limpieza de módulos, drones para inspección...)
Identificar paquete de medidas innovadoras que sean aplicables a plantas antiguas, en funcionamiento, para la mejora de su gestión a un coste aceptable.
Establecer plantas de reciclado de módulos que permitan seleccionar de una manera inteligente módulos fotovoltaicos (tras superar unas pruebas específicas para un nivel de calidad suficiente), de manera que tengan una segunda vida a menor precio en otras instalaciones fotovoltaicas

Establecer procedimientos y sistematicas inteligentes de selección para reutilización de los módulos fotovoltaicos y otros componentes en otras instalaciones FV o aplicaciones, así como su gestión global al final de su vida útil.

4.3 RETOS EN INTEGRACIÓN EN APLICACIONES: ENTORNO URBANO, MOVILIDAD, BIPV Y OTROS

En relación con el tercer reto de la SRIA aquí se discuten nuevas aplicaciones de la fotovoltaica mediante su integración.

Potenciar el desarrollo de las aplicaciones fotovoltaicas ligadas a la integración de energía fotovoltaica a los entornos urbanos, la movilidad eléctrica (VIPV) y en edificios (BIPV), incluida la gestión energética.
Potenciar el desarrollo de módulos multifuncionales con un adecuado equilibrio entre rendimiento eléctrico, prestaciones constructivas y estética, adaptándose a las distintas aplicaciones de integración en edificios y entornos urbanos.
Desarrollar soluciones y estrategias de integración de módulos BIPV enfocadas a reducir costes de este tipo de soluciones.
Analizar la aplicación de la normativa actual relacionada con BIPV y desarrollar metodologías de ensayo específicas que se ajusten a las condiciones de funcionamiento real.
Avanzar en el diseño eléctrico de las soluciones de integración de fotovoltaica en edificios, para reducir las pérdidas de generación por las condiciones especiales de operación de estos sistemas (por ejemplo, sombreado parcial frecuente).
Potenciar la reciclabilidad de los módulos BIPV y de las soluciones constructivas asociadas.
Desarrollar células fotovoltaicas ligeras, flexibles y biocompatibles para aplicaciones biomédicas.
Desarrollar células fotovoltaicas para aplicaciones de transmisión de potencia por luz (power-by light).
Desarrollar células para integración en textiles y para alimentación de dispositivos electrónicos (internet de las cosas -IoT-, etc.).
Impulsar la difusión de la integración de fotovoltaica en edificios en el sector de la edificación, mediante encuentros específicos y actividades de divulgación y formación dirigidas a arquitectos e ingenieros de la construcción.
Potenciar la integración de FV la movilidad (VIPV) con sus retos específicos: potencia (en una superficie acotada), seguridad, curvatura 3d de la carrocería,

fiabilidad, sombras dinámicas, materiales ligeros en peso, estética y diseño, acabados, especificaciones del sector de la automoción, flexibilidad de diseño, formas, integración en la cadena de producción de la automoción, ciclo de vida (reciclaje),...
Potenciar el desarrollo de las aplicaciones fotovoltaicas ligadas a los entornos de agricultura ("Agrivoltaics"). con sus retos específicos
Avanzar en el desarrollo de la ingeniería de los sistemas FV para aplicaciones en agricultura: regadío FV, agro-FV.
Avanzar en el desarrollo la ingeniería de los sistemas FV para aplicaciones flotantes con sus retos específicos

4.4 RETOS EN GESTIONABILIDAD, ALMACENAMIENTO E INTEGRACIÓN EN RED

Por el cuarto reto de la SRIA aquí se enumeran desarrollos tecnológicos que permitan la integración de la fotovoltaica en el sistema eléctrico.

Aumentar la densidad de potencia de los convertidores mediante el empleo de nuevas tecnologías de electrónica de potencia para contribuir a la reducción del coste de la energía solar FV.
Desarrollo de algoritmos de control primario en los convertidores de potencia que permitan una integración masiva de los sistemas de generación FV en las redes eléctricas, como emulación del comportamiento de la máquina síncrona.
Estudios de modelización de red para evaluación del impacto de plantas FV, incluyendo el estudio de las oscilaciones de baja frecuencia que se producen en la tensión de red por la interacción de los generadores síncronos que están funcionando en las áreas de influencia de la planta PV. Con estos modelos se podrán prever la influencia y posible participación en la eliminación de dichas oscilaciones mediante la implementación de algoritmos POD en las plantas reales FV. Actualmente sólo se ha avanzado a nivel teórico.
Identificar nuevos métodos de caracterización y certificación de la calidad de baterías en laboratorio y en campo, incluyendo el desarrollo de gemelos digitales para estimación del SoC, SoH y RUL.
Emplear herramientas de dimensionamiento y planificación energética de sistemas y microrredes.
Emplear herramientas de predicción y estimación de la producción FV en el muy corto, corto y medio plazo.
Desarrollar nuevos sistemas de control terciario y secundario que permitan gestionar la energía de una manera predictiva en sistemas de autoconsumo individual y colectivo (almacenamiento, cargas flexibles, etc.), en grandes plantas FV y sistemas

agregados para integración en el sistema eléctrico (provisión de servicios auxiliares a la red, participación en mercados de ajuste, aumentar factor de apuntamiento, etc.) y en microrredes y sistemas aislados (calidad y seguridad de suministro).
Desarrollar las comunidades energéticas progresivamente y los modelos de negocio asociados.
Identificar y desarrollar la interoperabilidad de energía solar FV y vehículo eléctrico.
Identificar y desarrollar las oportunidades de la energía solar FV con la tecnología del hidrógeno y su escalabilidad a diferentes aplicaciones.
Identificar y desarrollar las oportunidades del acoplamiento de la energía solar FV con las aplicaciones de almacenamiento eléctrico y/o térmico (bombas de calor en aplicaciones de calor/frío).
Identificar las tecnologías de la información que aseguren la confidencialidad, integridad, disponibilidad y autenticación de las operaciones de gestión y transacción energéticas.
Hibridación de FV con hidrógeno y sistemas de gestión mediante modelos económicos.

4.5 RETOS EN ASPECTOS SOCIO-AMBIENTALES

Por el quinto reto de la SRIA aquí se enumeran desarrollos tecnológicos que ayuden a lidiar con los aspectos socioambientales de la transición energética.

Evaluar y minimizar el impacto social y medioambiental de la instalación de plantas FV en el territorio, desde su diseño, construcción y hasta la terminación de su vida útil, reduciendo la huella de carbono, y permitiendo al mismo tiempo compatibilizar la implantación de la tecnología FV con la actividad agrícola y de pastoreo y con la protección de la biodiversidad
Buscar medidas para promover el contenido local y favorecer la proximidad de suministradores en la contratación. Ello ayudará a luchar contra la despoblación y fomentar la economía local
avorecer y facilitar encuentros con Asociaciones vecinales, rurales, mancomunidades, ecologistas, para la adopción conjunta de medidas que favorezcan la inclusión de aspectos sociales y ambientales en el diseño y construcción de plantas FV.
Formar al personal de pueblos colindantes para la instalación, operación y mantenimiento de plantas solares fotovoltaicas.

Adoptar medidas que favorezcan la igualdad de género y permitir la integración de otros colectivos con dificultades de inserción laboral.
Estudiar medidas que favorezcan la reducción del impacto visual de las instalaciones fotovoltaicas, tanto en tejados como en suelo.
Elaborar estudios sobre compatibilidad de la fotovoltaica con la fauna y flora.
Diseñar ecológicamente cerramientos y vallados de plantas fotovoltaicas, permitiendo el tránsito de animales y evitando la fragmentación del hábitat. .
Campañas de educación, concienciación y sensibilización en colegios e institutos
Consensuar requisitos y criterios técnicos que permitan etiquetar, catalogar y certificar a un parque fotovoltaico como sostenible, tanto social como medioambientalmente.
Acordar una serie de criterios técnicos mínimos a seguir en el eco-diseño de los equipos y componentes usados en la fabricación e instalación de una planta fotovoltaica.
Elaborar un Manual de Buenas Prácticas Socio-ambientales con una serie de directrices comunes y válidas para todos los actores.
Estudiar el reciclado de materiales y componentes de las plantas fotovoltaicas en el marco de una economía circular.
Realizar estudios comparativos con otros países que ya han realizado avances en la materia
identificación y evaluación de zonas con un bajo impacto o nulo medioambiental (tejados, invernaderos, cubiertas de pabellones antiguos, ...), e incluso recuperación (canteras antiguas, ...)
Integración de la tecnología fotovoltaica con otras tecnologías renovables

COLABORADORES



Estas son las entidades que contribuyeron a la consulta. Añadir los nombres de las entidades que asistieron al workshop

Analisis-Dsc
CIEMAT - Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CENER – Centro Nacional de Energías Renovables
CETENMA
CSIC - Centro de Automática y Robótica
Generaciones Fotovoltaicas de La Mancha SL

ICFO - Instituto de Ciencias Fotónicas
ICN2 -Catalan Institut of Nanoscience and Nanotechnology
IES-UPM Instituto de Energía Solar - Universidad Politécnica de Madrid
ISFOC- Instituto de Sistemas Fotovoltaicos de Concentración S.A.
Isigenere
Isotrol
Jema Energy
Oritia&Boreas, S.L.
SiG - Servicios Integrados de Ingeniería Sociedad Microcooperativa
SolarServicios
Tecnalia
Tekniker
UNEF

FOTOPLAT

Durante 2021 adaptando su actividad al rápido crecimiento del sector, la Plataforma Tecnológica Fotovoltaica Española, FOTOPLAT, ha seguido trabajando de acuerdo con sus objetivos, incrementando su presencia online a través de webinars y reuniones telemáticas. Así ha contribuido a **divulgar y analizar las novedades tecnológicas** del sector fotovoltaico español, con un foco puesto en la actividad europea e internacional.

En 2021 se adhirieron a FOTOPLAT 9 nuevas entidades, alcanzado un total de 204 socios a cierre de año 2021, habiendo alcanzado hasta la fecha de 2022 de publicación de este informe.

La fotovoltaica se ha consolidado como un referente tecnológico para la generación eléctrica tanto a nivel nacional como internacional. Este crecimiento y perspectivas no hubiesen sido posible sin los importantes **esfuerzos en investigación y desarrollo de las empresas, instituciones y centros de investigación del sector industrial fotovoltaico**. Es por ello que, los objetivos de la Plataforma se centran en dar a conocer estas nuevas aplicaciones y desarrollos tecnológicos, actualizándose al ritmo que demanda el sector.

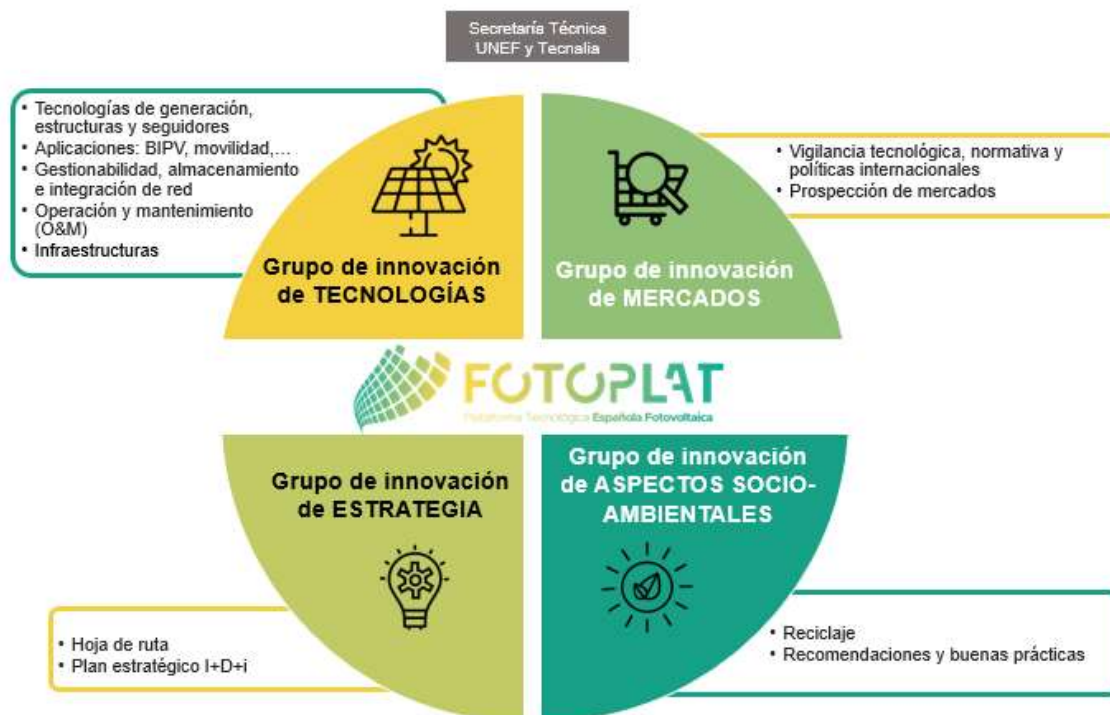
La Plataforma ha continuado **fomentando la colaboración público-privada**, contribuyendo al refortalecimiento del tejido industrial nacional fotovoltaico destacando los desarrollos industriales y los proyectos de demostración que permiten la transferencia de tecnología y el acceso a nuevo conocimiento. Así, se busca fomentar que los socios de FOTOPLAT consoliden su participación en distintos mercados, mejorando su competitividad y eficiencia.

La estructura de la plataforma permite **dinamizar la actividad de los distintos grupos** consiguiendo la implicación a los socios y otros agentes del sector, aun de forma telemática, buscando que los grupos de trabajo puedan ser a su vez incubadoras de proyectos reales nacidos desde la Plataforma.

Esta estructura se divide en diferentes **Grupos de Innovación** de:

- Tecnologías (coordinado por Instituto de Energía Solar de la UPM).
- Mercados (coordinado por UNEF).
- Estrategia (coordinado por UNEF y Tecnalia).
- Aspectos socio-ambientales (coordinado por ISFOC).

Ilustración 9: Grupos de trabajo Fotoplat



Los grupos de innovación de Tecnologías trabajan en distintos subgrupos enfocados a distintas aplicaciones o ámbitos de la tecnología fotovoltaica:

- Tecnologías de generación, estructura y seguidores (coordinado por Instituto de Energía Solar de la UPM).
- Aplicaciones: movilidad, BIPV, entorno urbano, (coordinado por CIEMAT).
- Gestionabilidad, Almacenamiento e integración en red (coordinado por Tecnalia).
- Operación y Mantenimiento (O&M) e Infraestructuras (estas dos últimas coordinadas por CENER).

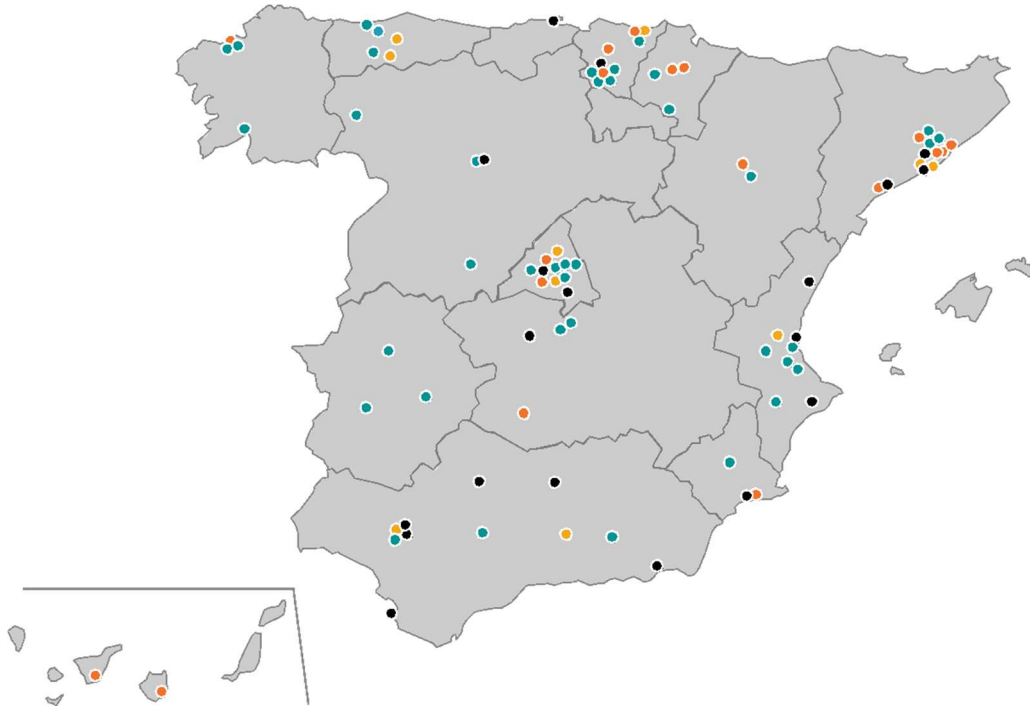
Como parte de la estrategia de **transferencia de conocimientos** FOTOPLAT, pone a disposición de sus socios diferentes herramientas con el objetivo de servir como escaparate de las entidades del sector, y visibilizar la experiencia, el potencial y conocimiento tecnológico del que disponemos en España en el ámbito fotovoltaico, dando también espacios para establecer sinergias e impulsar el desarrollo de proyectos coordinados.

Una de estas herramientas son los **webinars técnicos** organizados desde FOTOPLAT con el objetivo de visibilizar todo el *know how* del sector fotovoltaico español, y dar lugar a sinergias entre empresas, universidades y centros tecnológicos. Todas estas emisiones están disponibles en el canal de Youtube de la Plataforma. Los temas tratados son variados e incluye: paneles bifaciales, autoconsumo compartido, riego fotovoltaico, células solares blandas, BIPV, VIPV, termofotovoltaica, soiling, fotovoltaica 4.0, y muchos otros.

Otra de las herramientas de las que se dispone es el **mapa de capacidades**, cuya elaboración se realiza conjuntamente con UNEF. Con el objetivo de ofrecer información más detallada de carácter tecnológico, en la página web de FOTOPLAT existe un formulario que recoge las capacidades investigadoras de los distintos socios de la plataforma y permite búsquedas en base a diferentes criterios.

Ladillo: Si quieres que tu empresa aparezca en el mapa de capacidades, contacta con nosotros.

Ilustración 10: Mapa de capacidades del sector industrial fotovoltaico español



Fuente: UNEF y FOTOPLAT

● Fabricantes:

- Alusín Solar (Estructuras)
- Ampere Energy (Baterías)
- Atersa (Paneles)
- Braux (Estructuras, Seguidores)
- BSQ Solar (Módulos)
- Cegasa (Baterías)
- CSolar (Estructuras)
- Esasolar (Estructuras, Seguidores)
- Escelco (Paneles)
- Exide Technologies (Baterías)
- Ferrosolar (Purificación Silicio)
- Gave (Protecciones)
- Gonvarri Solar (Estructuras)
- GP Tech (Inversores)
- Hydra Redox (Baterías)
- Imedexsa (Estructuras)
- Ingeteam (Inversores)
- INSO (Estructuras)
- Isigenere (FV Flotante)
- JEMA Energy (Inversores)
- Magon (Estructuras)
- Mondragón (Montaje módulos)
- Onyx Solar (Paneles)
- Ormazabal (Equip. eléctrico)
- Power electronics (Inversores)
- Praxia (Estructuras, Seguidores)
- PVH (Seguidores y Estructuras)
- Sener (Seguidores)
- Solarstem (Estructuras)
- Soltec (Seguidores, Estructuras)
- Stansol (Estructuras, Seguidores y FV Flotante)
- STI Norland (Seguidores, Estructuras)
- Sunfer Energy (Estructuras)
- Sun Support (Estructuras)
- Trina Solar (Seguidores y Estructuras)
- Zigor (Inversores, Baterías)
- Izpitek Solar (Equip. eléctrico)
- HD Solar España (Equip. eléctrico)
- IDAIN Profesionales (Equip. eléctrico)

● Tecnólogos¹⁸:

- Acciona
- Binoovo Solar
- Enertis
- Exiom group
- Green Power Monitor
- Isotrol
- Leadernet

- Phoenix Contact
- Tamesol
- Tecnia
- Teknia group
- Weidmuller
- Engineering Simulation Consulting
- Whitewall energy
- Asociación Española de Almacenamiento de Energía
- Sunropy
- IECO

● Centros de investigación:

- CENER
- CETENMA
- CIC Energigune
- CIEMAT
- CIRCE
- Eurecat C. Tecnológico Cataluña
- Funditec
- ICMA-B-CISC
- IK4 Tekniker
- ICIQ Inst. Catalán Inv. Química
- IMDEA Energía
- ITER Instituto Tecnológico y de Energías Renovables
- Instituto Tecnológico de Galicia
- IREC Inst. Inv. Energía de Cataluña
- Instituto Tecnológico de Canarias

● Universidades e institutos:

- EPSU Mondragón
- Instituto de Energía Solar UPM
- Instituto de Materiales Avanzados UJI
- ICFO Instituto de Ciencias Fotónicas
- ISFOC
- Nanophotonics Tech Center, UPV
- Univ. Pablo de Olavide
- Univ. Carlos III de Madrid
- Univ. de Almería
- Univ. de Cantabria
- Univ. de Castilla-La Mancha
- Univ. de Córdoba
- Univ. de Jaén
- Univ. Politécnica de Cartagena
- Univ. Politécnica de Cataluña
- Univ. de Sevilla
- Univ. de Cádiz
- Univ. de Valladolid
- Univ. de Miguel Hernández
- Univ. de Rovira i Virgili

Otra de las herramientas que ofrece FOTOPLAT para la transferencia de conocimiento son los **informes técnicos** que sirven de referencia a los socios de la Plataforma para conocer el estado de la tecnología a nivel nacional, europeo e internacional: *Estudio de Mercado y Plan de Internacionalización*, Situación de la Industria y Tecnología Fotovoltaica, *Plan Estratégico* y Hoja de Ruta de la Tecnología Fotovoltaica y otros documentos tratando temas de interés específicos.

¹⁸ Los fabricantes que no producen en España se incluyen como Tecnólogos.

FOTOPLAT pone a disposición de sus socios diferentes herramientas con el objetivo de visibilizar la experiencia, el potencial y conocimiento tecnológico español.

Por otro lado, en su labor de dinamización y de intercambio de conocimiento de los agentes del sector, durante 2020 la Plataforma ha seguido participando en diversos eventos, **como el VIII Foro Solar y GENERA 2021**. En estos eventos se celebraron sesiones específicas de FOTOPLAT que trataron sobre las tendencias y las últimas novedades tecnológicas del sector fotovoltaico.

Además, FOTOPLAT ha seguido **colaborando con otras Plataformas** Tecnológicas que comparten objetivos comunes en materia de transición energética, participando en el Comité de Coordinación de Plataformas Tecnológicas Españolas del Ámbito Energético (CCPTE) y en el Grupo GICI de FUTURED. Con el CCPTE, se coordinó la organización de una mesa de debate que tuvo lugar durante el foro TRANSFIERE 2021.

FOTOPLAT también cuenta **con representación internacional en diferentes entidades y grupos**. A nivel europeo destacamos la participación en la Plataforma Fotovoltaica Europea (ETIP PV- *European Technology & Innovation Platform PV*), y sus Technology roadmaps y en el *Joint programme* de la EERA-PV (Programa de energía solar fotovoltaica de la *European Energy Research Alliance*), a través de sus subprogramas y gracias a la representación por parte de miembros del Comité Ejecutivo de la Plataforma.

A nivel internacional, FOTOPLAT participa en **actividades de la Agencia Internacional de la Energía**, en el programa de sistemas fotovoltaicos (PVPS), en concreto en la *Task 1 (Strategic PV Analysis & Outreach)*, en la *Task 15 (Enabling Framework for the Acceleration of BIPV)* y en la *Task 17* sobre *Solar Mobility* y en el programa SHC (*Solar Heating and Cooling*).

De forma adicional y a través de la representación de TecNALIA, FOTOPLAT pertenece al grupo de Sistemas híbridos fotovoltaicos-térmicos (*IEA SHC Task 60 "PVT Systems"*) y al grupo de Integración de sistemas solares en la envolvente del edificio para ventilación e iluminación (*IEA SHC Task 56 "Building Integrated Solar Envelope Systems for HVAC and Lighting"*) de la Agencia. También la Plataforma pertenece a la *International Solar Energy Society* y se coordina con la industria internacional a través de la participación en el *Global Solar Council*.