

# Análisis del Potencial de Desarrollo de Tecnologías Energéticas (APDTE 2018-19)

## ANEXO

### CONCENTRACIÓN SOLAR TÉRMICA

#### Subsectores:

- I. Centrales Solares  
Termoeléctricas;



- II. Generación de  
Calor para  
Procesos  
Industriales de  
Media Temperatura  
(100-400°C)



## CONTEXTO Y METODOLOGIA

Este segundo **Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías Energéticas, APDTE 2018-19** (semejante al primero, desarrollado en 2014-15) coincide en el tiempo con el desarrollo del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (**PNIEC**) y con el de la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (**LCCyTE**), a cuya evolución ha estado atento, y está, además, alineado con los objetivos generales de la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación.

**El impulso a la I+D+i energética en ambos (plan y ley) habrá de potenciarse de manera decidida si el país apuesta por maximizar el aprovechamiento de oportunidades de desarrollo socioeconómico que la ineludible transición energética ofrece.**

La premisa en la que se basa la actividad de ALINNE (Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas) es que **la investigación y la innovación (I+i) estimulan la productividad y la competitividad del país**, son esenciales para mantener nuestro modelo socioeconómico y permiten afrontar los desafíos asociados a la energía (transición energética, generación, uso e impacto) sacando partido de nuestros recursos y fortalezas y creando oportunidades de desarrollo socioeconómico.

El APDTE 2018-2019 ha seguido una **metodología**, semejante a la del primer APDTE 2015, basada en la colaboración entre las Plataformas Tecnológicas Españolas de ámbito Energético (PTEs), ALINNE y un Grupo de Evaluación (GEVAL, formado por unos 45 expertos) y se ha **desarrollado en varias fases**: 1) aportación de datos sobre 15 indicadores de evaluación propuestos; 2) presentación de la situación y perspectivas por parte de las PTEs; 3) valoración de la situación y tendencias por el GEVAL mediante votaciones, siguiendo un método de subjetividad compartida; 4) la redacción de un anexo (como el que aquí se presenta), a partir de toda la información recabada, para cada área tecnológica y 5) redacción de un Resumen Ejecutivo del APDTE 2018-19 con la síntesis de resultados del conjunto de las 13 áreas tecnológicas analizadas.

**En este Anexo se recogen los resultados del Análisis del Potencial de Desarrollo de las Tecnologías de Concentración Solar Térmica (CST) en España, realizado en colaboración con la PTE SOLAR CONCENTRA, revisando dos aplicaciones básicas para su impulso a corto y medio plazo:**

1. **Centrales Solares Termoeléctricas (CST-E)**
2. **Generación de Calor con CST para Procesos Industriales (CST-CP) que requieren Vapor a Media Temperatura (100-400°C)**

# INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Situación y Perspectiva Global de la Concentración Solar Térmica (CST)....</b>	<b>5</b>
1.1.1. Mercado y Perspectiva Global de la CST-E .....	10
1.1.2. Mercado y Perspectiva Global de la CST-CP .....	11
<b>1.2. Situación y Perspectiva de la CST en la Unión Europea.....</b>	<b>14</b>
1.2.1. Situación y Perspectiva de la CST para Producción de Electricidad en la Unión Europea	14
1.2.2. Situación y Perspectiva de la CST para Calor de Proceso en la Unión Europea	15
<b>1.3. Situación y Perspectiva de la CST en España.....</b>	<b>15</b>
1.3.1. Concentración Solar Termoeléctrica.....	15
1.3.2. CST para generación de Calor en Procesos Industriales .....	16
<b>1.4. Argumentos básicos para apoyar la CST.....</b>	<b>17</b>
1.4.1. Argumentos básicos para apoyar el relanzamiento de CST-E en España .....	17
1.4.2. Argumentos básicos para apoyar el despliegue de CST-CP en España.....	19
<b>1.5. Potencialidades frente a una Transición Energética con Descarbonización de la Economía de la CST .....</b>	<b>20</b>
1.5.1. Potencialidades de la Concentración Solar Termoeléctrica.....	20
1.5.2. Potencialidades de la CST-CP frente a la Transición Energética .....	22
<b>1.6. Tipos de Apoyo que reivindica el sector de la Concentración Solar Térmica .....</b>	<b>22</b>
1.6.1. Tipos de Apoyos para la Concentración Solar Termoeléctrica .....	22
1.6.2. Tipos de Apoyo que reivindica el sector de la CST-CP .....	23
<b>2. POSICIONAMIENTO Y PERSPECTIVAS SOCIO ECONÓMICAS DEL SECTOR CONCENTRACIÓN SOLAR TÉRMICA .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1. Economía y Empleo .....</b>	<b>25</b>
2.1.1. Contribución al PIB español: .....	25
2.1.2. Empleos directos e indirectos generados .....	26
2.1.3. Costes de las tecnologías de CST .....	27
2.1.4. Contabilidad de las externalidades de la CST.....	30
2.1.5. Posicionamiento Tecnológico .....	32
2.1.6. Grado de Madurez de la CST.....	36
<b>2.2. Capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación .....</b>	<b>37</b>
2.2.1. Capacidades e infraestructuras de I+D+i.....	37
2.2.2. Financiación recibida por las tecnologías de CST .....	37

2.2.3. Patentes españolas en CST .....	37
<b>3. RETOS DE INNOVACION Y DESARROLLO .....</b>	<b>38</b>
<b>3.1. Retos de I+D+I en Solar Termoeléctrica .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. Retos de I+D+I en Solar TERMICA para Calor de Proceso .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. Iniciativas Tecnológicas Prioritarias (ITPs) identificadas por Solar     Concentra .....</b>	<b>43</b>
3.3.1. Sistema solar de concentración de media temperatura (90°C – 400°C) para la producción de calor industrial y frío .....	44
<b>4. RESUMEN Y EVALUACION DEL GEVAL.....</b>	<b>47</b>
<b>5. REFERENCIAS Y CONTRIBUCIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1. Contribuciones y Expertos Participantes .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2. Agradecimientos .....</b>	<b>51</b>
<b>5.3. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>52</b>
<b>5.4. Abreviaturas.....</b>	<b>53</b>
<b>5.5. Apéndices.....</b>	<b>54</b>
<b>5.6. Historial de Cambios .....</b>	<b>55</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se resume el trabajo conjunto de la Plataforma Tecnológica de la Energía Solar de Concentración (SOLAR CONCENTRA) y el Comité de Estrategia de ALINNE, en el contexto del ejercicio APDTE 2018-2019 de análisis del potencial de desarrollo de las tecnologías energéticas.

En la **sección 1**, de Introducción, se resume la situación global, europea y española las Tecnologías de Concentración Solar Térmica con especial atención a sus aplicaciones en generación de electricidad y su potencial en producción de calor para procesos industriales.

Se resumen también en la **sección 1**: las potencialidades, los argumentos básicos para apoyar el desarrollo tecnológico en España de estas áreas tecnológicas y los tipos de apoyo que reivindica el sector de la Concentración solar térmica para jugar un papel de desarrollo socioeconómico significativo en la Transición Energética.

En la **sección 2** se resumen los datos de indicadores solicitados al sector para evaluar la situación y potencialidad de contribución al desarrollo socioeconómico de la Concentración Solar Térmica así como datos de capacidades y apoyos a la I+D+i relacionados con estas áreas tecnológicas.

En la **sección 3** se revisan los retos de I+D+i y se recogen los retos de I+D+i identificadas por el sector a través de SOLAR CONCENTRA.

Finalmente, en la **sección 4**, se resume la discusión sobre los datos aportados por dicha plataforma realizada por el Grupo de Evaluación de ALINNE (GEVAL), en la reunión conjunta mantenida el 14 de diciembre de 2017 con dicha plataforma. En esta sección se resume también la opinión manifestada por el GEVAL en el ejercicio de subjetividad compartida, realizado a través de 40 preguntas respondidas (mediante votación presencial) por los miembros del grupo.

### 1.1. Situación y Perspectiva Global de la Concentración Solar Térmica (CST)

Las tecnologías de concentración solar térmica utilizan espejos curvos, estructuras y mecanismos de seguimiento para producir altos niveles de concentración de la radiación solar directa sobre receptores, lo que permite calentar fluidos a altas temperaturas de modo eficiente. Estas tecnologías han desarrollado aplicaciones de mercado en la generación de electricidad (centrales solares termoeléctricas) y en la generación de calor para procesos industriales que requieren calor (usualmente vapor) a media temperatura (100 °C a 400 °C).

**Las Centrales Solares Termoelectricas (CST-E)** permiten una producción industrial de electricidad a partir de la concentración de radiación solar directa y la transferencia del calor captado en sistemas receptores a ciclos termodinámicos de potencia convencionales, usualmente utilizando una etapa intermedia de **almacenamiento térmico** que le permite desacoplar la variabilidad del recurso solar de la generación de electricidad dotando a estas tecnologías de un carácter **“gestionable”** (con autonomías, sin recurso solar, de entre 1 y 24 horas).

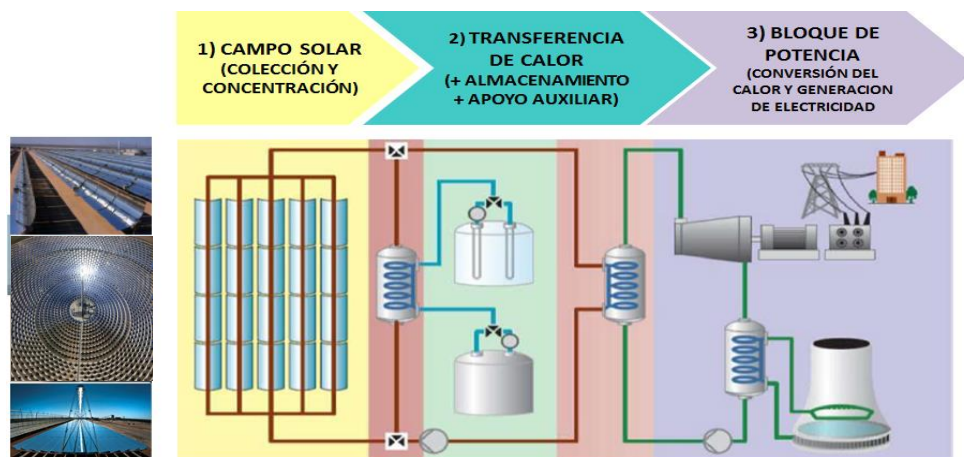


Figura 1 Subsistemas básicos de las Centrales Solares Termoelectricas

Las CST-E permiten esquemas de funcionamiento híbrido con otras fuentes renovables o fósiles pero la mayoría de las centrales construidas hasta la fecha presentan esquemas de central independiente que inyecta electricidad en red.

Se suelen distinguir cuatro tipologías de CST-E diferenciadas por el tipo de sistema concentrador (cuya elección influye tanto en la eficiencia del sistema concentrador como en el perfil diario y estacional del calor enviado al receptor, y en coste de dicho sistema concentrador que es dominante en el coste total de la Central):

- CST-E con Colectores Cilindroparabólicos (CCP),
- CST-E con Campos de heliostatos y receptor soportado sobre torre central (RT), y
- CST-E con concentradores Fresnel (CF).
- CST-E tipo disco parabólico y motor Stirling

No obstante, entorno al 90% de las CST-E utilizan concentradores de los primeros tipos (colectores cilindroparabólicos y campos de heliostatos con recepto sobre torre).

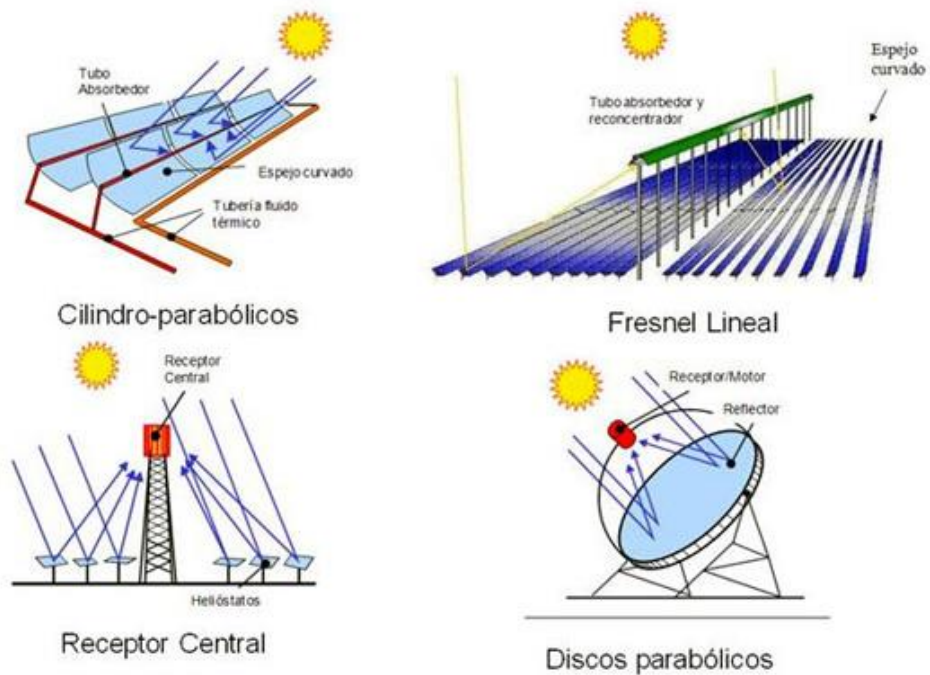


Figura 2 Tipologías de sistemas de Concentración solar térmica

La CST-E tiene la ventaja de que puede equiparse con almacenamiento de energía térmica de bajo costo. Esto permite a CST-E proporcionar energía renovable despachable permitiendo un desacoplamiento entre concentración y generación de energía y que la generación se desplace a los tiempos en que el sol no brilla (noche, cielo cubierto, etc.) o para maximizar la generación en los momentos de mayor demanda.

Esta característica gestionable de la CST-E con almacenamiento integrado puede ser una opción rentable y flexible en diferentes ubicaciones, especialmente en el contexto del aumento de las cuotas de otras renovables fluyentes.

Algunos ejemplos significativos de centrales CST-E se muestran a continuación.





Figura 3. (de izquierda a derecha y de arriba abajo:) A) Solana, 250 MW con 6 h. de almacenamiento en Arizona (USA) es, aún, la central termosolar más grande del mundo; B) Manchasol 1&2, 50 MW con 7,5 horas de almacenamiento en Ciudad Real. Como la norma no daba la tarifa a centrales mayores de 50 MW se dispusieron en varios emplazamientos en España 2 o 3 centrales juntas; C) 100 MW en Rajasthan (India). Ésta es la central termosolar de tipo Fresnel mayor del mundo; D) Gemasolar 20 MW con 15 horas de almacenamiento y receptor de sales fundidas en Fuentes de Andalucía (Sevilla), fue la primera planta comercial de este tipo y sigue siendo la referencia que marca la tendencia de los nuevos proyectos de CST-E.

**Las Tecnologías de Concentración Solar para Generación de Calor de Proceso de Media Temperatura (CST-CP)** pueden satisfacer una gran cantidad de la demanda de calor en procesos alimentarios industriales y agrícolas en aquellas zonas con buen nivel de radiación solar directa. Se estima que **la energía solar térmica puede proporcionar técnicamente aproximadamente la mitad las necesidades industriales de calor y vapor** en un rango de temperatura de **hasta 400 ° C**. En países en desarrollo, especialmente en aquellos en los que la agricultura, la industria textil, de ladrillos y de procesamiento de alimentos son subsectores importantes, la energía solar térmica puede proporcionar aire caliente, agua caliente y vapor necesarios para procesos de curado, teñido, lavado, hervido, pasteurizado y esterilizado.

Las tecnologías de CST-CP suelen utilizar el mismo tipo de concentradores que las tecnologías CST-E, excepto que, en la mayoría de los casos, son más pequeños (de 10 kW a 2 MW). Usualmente se utilizan concentradores tipo Fresnel y Cilindroparabólico para producir vapor de agua a temperaturas de entre 100 °C y 400 °C acoplándolo a procesos industriales de modo que se sustituye parcialmente el uso de combustibles fósiles en dichos procesos. Los sistemas CST-CP pueden suministrar hasta el 20% de la demanda de calor de una planta (fracción solar)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Entre los factores que delimitan la fracción de aporte de calor solar sobre el total solar están el recurso solar disponible, el espacio disponible para instalación del campo solar (usualmente el tejado), el número de horas de operación del proceso industrial, etc.



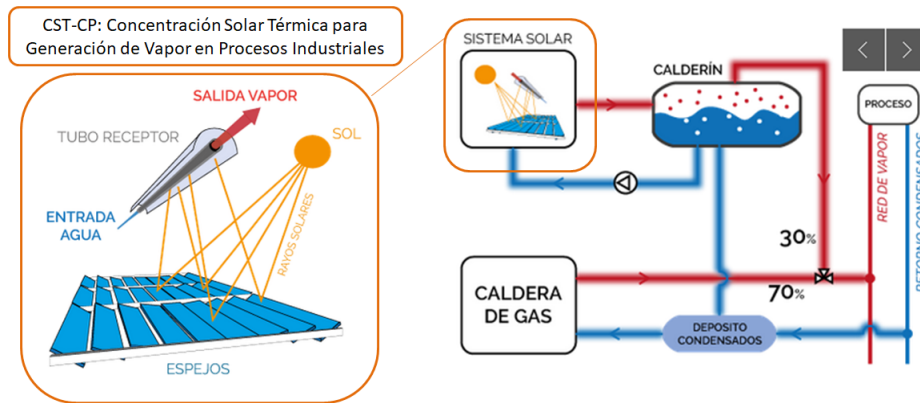


Figura 4. Ejemplo esquema de funcionamiento de CST-CP con concentradores tipo Fresnel. (fuente: Solar Concentra, [1])

En la CST-CP en lugar de utilizar el calor para producir electricidad, el calor se utiliza directamente en los procesos industriales.

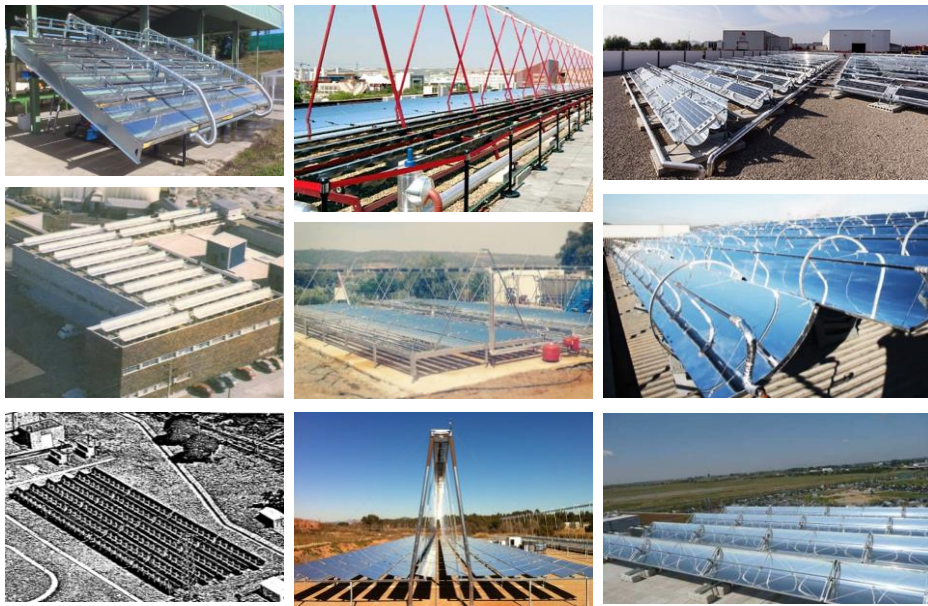


Figura 5. Ejemplos de Instalaciones de Concentración Solar Térmica para aplicaciones industriales (fuente SOLATOM)

Entre los procesos industriales que permiten una integración viable del calor solar a media temperatura están: escaldado, cocido, esterilizado, pasteurizado, tintado, mezclado, secado, deshidratado ... en industrias diversas (alimentaria, farmacéutica, cerámica, textil, agrícola, etc.) y es también aplicable en la calefacción de distrito.

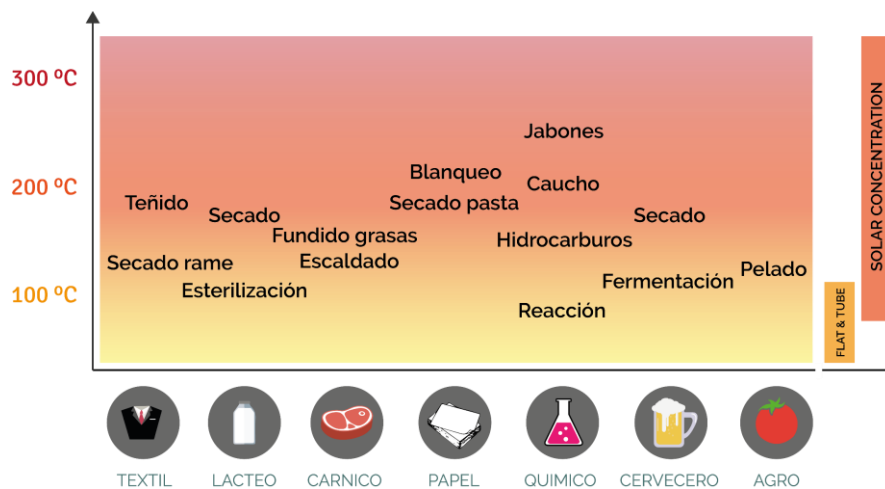


Figura 6. Tipos de aplicaciones de las tecnologías CST-CP (fuente: Solar Concentra)

### 1.1.1. Mercado y Perspectiva Global de la CST-E

La capacidad acumulada de CST-E se multiplicó por diez en todo el mundo entre 2006 y 2016 (pasando de unos 400 MW a unos 4000 MW). Las tasas de crecimiento se han vinculado **en el pasado a esquemas de incentivos** en mercados clave. A finales de la década de los 2000, las políticas de apoyo impulsaron la expansión temprana de CST-E, **principalmente en los Estados Unidos y España, y estos dos países representan, aun hoy y entre ambos, más del 75%** de la capacidad total acumulada de CST-E instalada en el mundo.

Desde 2013 no se han construido nuevas centrales ni se han promovido proyectos de CST-E en España y, al mismo tiempo, se ha ralentizado significativamente su despliegue en EE.UU., no obstante los nuevos proyectos y planes han comenzado a proliferar **en mercados nuevos y emergentes**. Muchos de estos tienen altos niveles de irradiación, o importantes planes de adopción de energía renovable que incluyen CST-E, CST-CP o ambos. Estos mercados incluyen India, Sudáfrica, Marruecos, los Emiratos Árabes Unidos, Australia, Chile y China.

En 2018, se agregaron 600 MW de capacidad de CST-E, la mayor expansión anual desde 2013 y cinco veces más que en 2017. China y Marruecos lideraron el crecimiento con la puesta en servicio de 200 MW. Tres proyectos comenzaron a funcionar en China, mientras que un solo proyecto en Marruecos (Noor III) comenzó a producir electricidad. Además, el proyecto Ilanga de 100 MW en Sudáfrica, adjudicado en 2013, también entró en funcionamiento.

**En la actualidad (Mayo 2019) hay 5,5 GWe de CST-E en operación a nivel mundial.** Hay, además, **2,5 GWe en fase de construcción** y **1,6 GWe de proyectos en desarrollo**. Estas cifras aún representan una presencia modesta de la CST-E en comparación con otras tecnologías de electricidad renovable en el mercado.

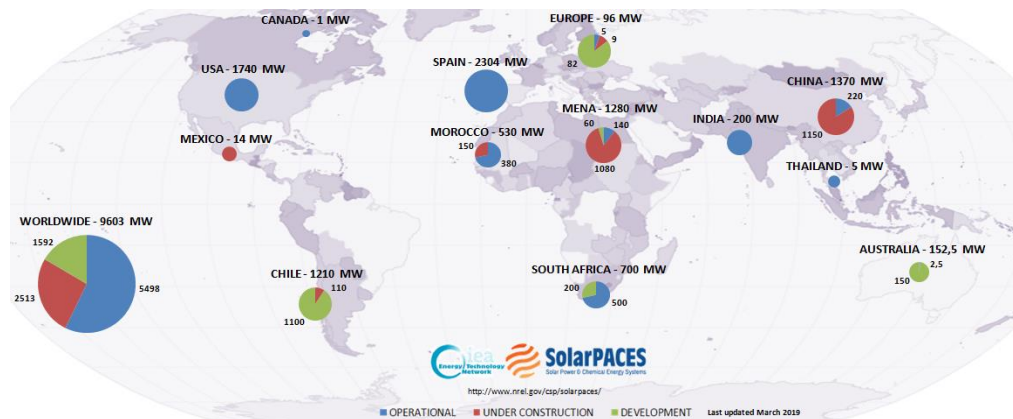


Figura 7. Proyectos de CST-E en el mundo (fuente: Solarpaces<sup>2</sup>)

Los resultados de las recientes subastas (a nivel internacional) indican un importante potencial de reducción de costes, pero los riesgos tecnológicos, el acceso restringido a la financiación, los largos plazos de entrega de los proyectos y los diseños de mercado que no valoran las ventajas que conlleva el almacenamiento térmico de estas plantas siguen desafiando la implementación de CST-E.

Se pronostica que el crecimiento de la CST-E provendrá principalmente de economías emergentes, especialmente China, Marruecos y Sudáfrica, donde se espera que las centrales más grandes y con más horas de almacenamiento entren en funcionamiento. Aunque China ha introducido un objetivo ambicioso de 5 GW para 2020 con varios proyectos piloto, el despliegue está siendo lento en su desarrollo.

Con todo, las perspectivas del mercado global de Concentración Solar Térmica (CST) son brillantes y se avanza en centrales con mejores eficiencias, incluyendo almacenamiento de energía y reducción de costos a través de licitaciones competitivas y el desarrollo de sistemas híbridos PV-CSP.

### 1.1.2. Mercado y Perspectiva Global de la CST-CP

En la actualidad, aproximadamente el 40% del consumo industrial de energía primaria es proporcionado por el gas natural y el 41% por el petróleo. Por lo tanto, existe un **potencial técnico** para aumentar la participación del calor solar térmico y posiblemente alcanzar el despliegue de energía solar térmica en el sector industrial **del 33% para 2030**, [15].

La actividad en tecnologías para integración de calor solar en las industrias (SHIP o “Solar Heat for Industrial Processes”, en inglés) se está acelerando. En los últimos años se han implementado varios proyectos prometedores que incluyen desde plantas de demostración a pequeña escala hasta sistemas muy grandes con una capacidad de 100 MWth.

<sup>2</sup> <https://www.solarpaces.org/csp-technologies/csp-projects-around-the-world/>

Un estudio reciente ha identificado más de 130 empresas en al menos 22 países en todo el mundo que han realizado **más de 500 plantas industriales con un área total de colectores solares instalados combinados de 416.414 m<sup>2</sup>** para el calor de proceso (Solrico, 2017). Esto representa una capacidad instalada de tan solo **280 MWth**, que probablemente produzca 560 gigawatt-hora térmicos (GWhth) de calor por año como máximo, suponiendo un factor de capacidad relativamente alto de 2 000 horas de carga completa. Sin embargo, el estudio puede no cubrir todas las instalaciones.

En 2016 y 2017, se instalaron tres campos **colectores solares concentradores para alimentar las redes de calefacción de distrito** en Dinamarca y China<sup>3</sup>. El área del colector concentrador de estos tres sistemas instalados suma 110,929 m<sup>2</sup>.

Uno de estos sistemas de energía solar térmica de concentración se ha instalado en el norte de Dinamarca en el municipio de Brønderslev. Su campo colector parabólico de 26.929 m<sup>2</sup> con una capacidad instalada de 16,6 MWth no solo suministra calor a la red de calefacción del distrito, sino que **también contribuye** a la producción de energía como un complemento **al sistema de ciclo de rankine orgánico** alimentado con biomasa (ORC). Esta solución combinada es el primer sistema a gran escala en el mundo que demuestra cómo concentrar los colectores solares con un diseño de sistema de energía integrado puede optimizar la eficiencia de ORC incluso en regiones con baja radiación solar directa. El rendimiento solar anual esperado es de 590 kWh / m<sup>2</sup> de área de colector.

En China, dos campos colectores de cilindroparabólicos a gran escala se han instalado y conectado a sistemas de calefacción de distrito. Un sistema se instaló en Mongolia Interior en octubre de 2016 con un área de colectores parabólicos de 75,000 m<sup>2</sup>, el segundo en el Tíbet con un área de colectores de 9,000 m<sup>2</sup> (en una segunda fase se planea terminar otra área de colectores de 9,000 m<sup>2</sup> en 2018 ). Este campo colector funcionará con aceite térmico y se conectará a un tanque de almacenamiento de sal fundida.

2017 fue un año récord para las instalaciones de calor solar en procesos industriales con 124 nuevos sistemas documentados, con una superficie total de colectores de 192,580 m<sup>2</sup>, inicio de operación. Con esto, el total mundial documentado aumentó en 2017 en un 25% en términos del número de plantas instaladas y en un 46% en términos de área de colector instalada.

<sup>3</sup> IEA Solar Heating & Cooling Programme, May 2018. "Solar Heat Worldwide. Edition 2018". (<https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf>)

	No. of systems installed in 2017	Total collector area [m <sup>2</sup> ]	Average collector system size [m <sup>2</sup> ]
Oman	1	148,000	148,000
Mexico	36	6,411	178
India	36	15,313	425
China	19	11,534	607
Austria	2	1,785	893
France	2	2,052	1,026
Afghanistan	1	3,260	3,260
Jordan	1	1,254	1,254
Other countries	12	2,971	114
<b>TOTAL</b>	<b>124</b>	<b>192,580</b>	

Figura 8. Instalaciones de calor solar para procesos industriales (SHIP) que se instalaron en 2017. (fuente: Solar Payback SHIP Supplier Survey 2017, AEE INTEC<sup>4</sup>)

### Nuevos mercados para el calor solar en procesos industriales:

En Omán, la nueva empresa estadounidense Glasspoint está construyendo una planta solar para la recuperación mejorada de petróleo (Miraah) mucho más grande que todas las instalaciones SHIP existente, no solo de manera individual, sino también en conjunto.

En febrero de 2018, comenzaron a funcionar cuatro bloques de la planta solar Miraah con una capacidad total de más de 100 MWth. La planta entrega **660 toneladas de vapor por día** al campo petrolero Amal ubicado en el sur del sur de Sudán, Omán. El vapor se utiliza para la extracción de petróleo viscoso o pesado como alternativa al vapor generado por el gas natural, lo que permite evitar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

La instalación de estos cuatro bloques fue solo el primer paso. Una vez completada, la planta será el sistema de calor de proceso solar más grande del mundo. La instalación de 1 GWth constará de 36 bloques construidos en una secuencia. Se planea que ocho bloques adicionales con 200 MWth estén operativos a principios de 2019.



Figura 9. Planta solar Miraah para generación de vapor en la recuperación de petróleo en OMAN (fuente: IEA, [16])

<sup>4</sup> <https://www.solar-payback.com/suppliers/>

En esta planta, los colectores cilindroparabólicos y otros componentes del sistema están cubiertos, utilizando una estructura de invernadero para protección frente a condiciones de viento y polvo-arena comunes en Amal. El invernadero ofrece importantes ventajas de costo y rendimiento en comparación con los diseños solares expuestos y facilita un lavado automatizado de la cubierta.

Debido a su gran tamaño, esta innovación única, basada en la reinención de la tecnología de colectores cilindroparabólico, será determinante en la definición y evolución de la CST-CP.

## 1.2. Situación y Perspectiva de la CST en la Unión Europea

### 1.2.1. Situación y Perspectiva de la CST para Producción de Electricidad en la Unión Europea

La industria europea, con empresas españolas en vanguardia, es líder mundial en CST-E, con participación en la mayoría de los proyectos desarrollados hasta ahora en todo el mundo. Sin embargo, para mantener este liderazgo global, la industria europea **necesita impulsar el desarrollo de tecnologías más avanzadas y competitivas** ya que otros países (como China, EE. UU. Australia, Sudáfrica, ...) están intensificando sus esfuerzos de desarrollo en estas tecnologías y todos competimos en los mismos mercados mundiales. Un buen ejemplo de esta fuerte competencia exterior es el hecho de que en noviembre de 2019 ha sido un consorcio formado exclusivamente por empresas chinas el que se ha adjudicado el proyecto de una central termosolar de 50 MWe en la isla de Creta (central de Minos). España es claramente el líder en desarrollo comercial de CST-E en Europa (2300 MWe) pero sin nuevas plantas ni proyectos desde 2013.

En Israel hay actualmente dos plantas en desarrollo (Ashalin de 110 MWe y Ashalin Plot B, de 121 MWe) ambas próximas a entrar en operación.

Grecia, en la isla de Creta, está desarrollando una central CST-E de tipo torre de 50 MWe (con operación prevista para 2020).

Dinamarca tiene en operación una planta de colectores concentradores cilindroparabólicos que combina con biomasa para alimentar una turbina de tipo ORC<sup>5</sup> para dar calor y electricidad en Distrito.

Finalmente, Francia e Italia operan instalaciones experimentales de CST y tienen en funcionamiento o en desarrollo algunas plantas de demostración de pequeña escala (eLLO Solar, de 9 MW con concentrador Fresnel en Francia; Archimide, de 5 MW y concentrador cilindroparabólico, en Italia).

---

<sup>5</sup> ORC: Organic Rankine Cycle

## 1.2.2. Situación y Perspectiva de la CST para Calor de Proceso en la Unión Europea

En la Unión Europea las tecnologías de concentración solar térmica para generación de calor en procesos industriales **aun no tienen una presencia significativa en el mercado**. Se encuentran ejemplos paradigmáticos de implementación en una variedad de países (tales como Austria, Alemania, Dinamarca, ...[17]) pero aún se requieren impulsos adicionales para mostrar más ejemplos de integración del calor solar en procesos que requieran entre 150°C y 400°C.

En Europa, el mayor potencial para las tecnologías CST-CP se ve en la industria de alimentos y bebidas, en el sector de metales y minería y podría tener un desarrollo significativo en calefacción de distrito.



Figura 10 Colector de canal parabólico en Brønderslev, Dinamarca, con una capacidad instalada de 16,6 MWth. No solo suministra calor a la red de calefacción del distrito, sino también a la producción de electricidad.

## 1.3. Situación y Perspectiva de la CST en España

### 1.3.1. Concentración Solar Termoeléctrica

España es aun el país con más CST-E instalada a nivel mundial como consecuencia de los desarrollos desde 2005 a 2013.

[7]: “A partir de RD 436/2007, los desarrolladores de CSTE solicitaron la conexión de red para 4 GW de nueva capacidad, que aumentó a 15.6 GW en 2009, representando casi la mitad del consumo máximo en España; de hecho, el sistema de incentivos (“feed-in tariff”, FIT, o prima a la generación) era tan atractivo que el gobierno retrasó la fecha de operación de las nuevas centrales. El gobierno dejó de aceptar nuevas solicitudes en 2012 y para el año 2013, se completaron 50 proyectos por un total de 2,3 GW. A raíz de la crisis financiera, el gobierno redujo retroactivamente el FIT para todas las estaciones existentes, parando en seco la expansión de la energía STE española. Un efecto persistente es que las compañías españolas, construidas durante el régimen de FIT en 2007-2012, siguen siendo hoy dominantes en el mercado de CSP global, aunque nuestro mercado interno se haya colapsado”.

Las empresas españolas supervivientes al parón de 2013 lo son en base a la provisión de servicios (ingeniería, construcción, suministro de equipos, etc.) en los mercados internacionales, en los que aun gozan de prestigio y competitividad.

Las perspectivas de mercado español pasan por una reactivación en base a los nuevos escenarios:

- el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (**PNIEC**) que maneja un escenario de 5 nuevos GWe de CST-E, que llevarían a alcanzar 7300 MWe en 2030 (y un ritmo medio de despliegue de centrales de 500 MWe/año en el periodo 2020-2030).
- la continua reducción de costes que se está observando en las subastas internacionales (con precios adaptables al mercado español **en el entorno de 10 c€/kWh pero de electricidad gestionable**)

### 1.3.2. CST para generación de Calor en Procesos Industriales

Los sistemas solares de concentración representan una alternativa renovable al consumo de combustibles fósiles, para la generación de calor a alta temperatura en procesos industriales en España.

Según la página actualizada de la empresa *Calor Solar para la industria*<sup>6</sup> **en Octubre de 2109 se contabilizan 30 proyectos** de concentración solar para procesos industriales en España, **en diferentes situaciones** de operación (operación, construcción, sin operación o desmantelado). La **superficie total** de concentradores en los campos solares que corresponden a los 30 proyectos es **de unos 7500 m<sup>2</sup>**, si bien solo se mantienen **en operación 9 proyectos con unos 3600 m<sup>2</sup> de apertura total** en campos solares.

<sup>6</sup> [http://www.calorsolar.es/proyectos\\_esp.html](http://www.calorsolar.es/proyectos_esp.html)



En julio de 2018, la Plataforma Tecnológica de la Energía SOLAR CONCENTRA, publicó la 2ª parte del “Estudio Geolocalizado del Potencial de Aplicaciones de Calor Solar de Proceso en Media Temperatura”<sup>7</sup>.

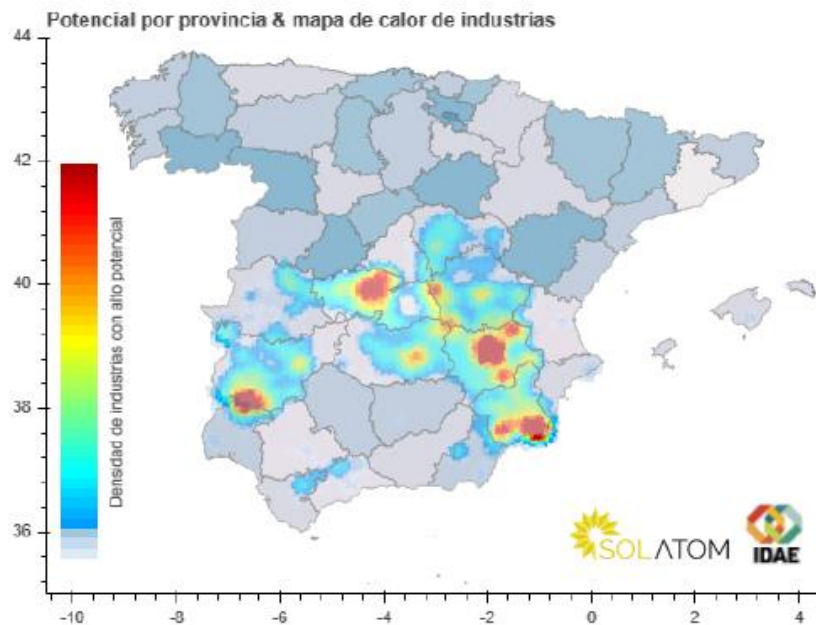


Figura 11. Estudio de potencial de implantación de CST-CP en industrias españolas (fuente: SOLATOM e IDAE)

La publicación de las dos partes del estudio ha supuesto un impacto muy relevante en las acciones comerciales y de **identificación de potenciales usuarios de energía solar de concentración para aplicaciones industriales**. El acceso a los datos de detalle del estudio ha permitido concretar ofertas específicas en diversos sectores.

## 1.4. Argumentos básicos para apoyar la CST

### 1.4.1. Argumentos básicos para apoyar el relanzamiento de CST-E en España

Los argumentos básicos que esgrime el sector para recabar el apoyo al desarrollo del mercado y para el apoyo a la innovación en la tecnología son:

- **Fiabilidad:** Las centrales termosolares en nuestro país funcionan con gran fiabilidad y sin signos de degradación<sup>8</sup>

<sup>7</sup> <http://www.solarconcentra.org/recursos/quien-es-quien/>

<sup>8</sup> Los sistemas de almacenamiento con tanque caliente y frío de sales fundidas llevan demostrando su fiabilidad y prestaciones desde 2008

- **Gestionabilidad:** cuando las CST-E incorporan sistema de almacenamiento térmico permiten una generación que cumplen los requerimientos de “gestionabilidad” del gestor de la red. La aportación estas centrales contribuye claramente a la robustez del sistema eléctrico sometido a todo tipo de oscilaciones de la demanda en todos los periodos anuales.
- **Facilidad de Hibridación** o Combinación con otras fuentes renovables (y/o no renovables). (Por ej. la combinación con gas en esquemas de ciclo combinado desacoplado con integración de un campo solar, etc.)
- **Posibilidad de proporcional potencia eléctrica de respaldo,** manteniendo un porcentaje de su sistema de almacenamiento térmico a permanente disposición del operador de la red eléctrica, de modo que ante una urgente necesidad de aumento de producción las centrales termosolares podrían aportar a la red eléctrica durante varias horas su plena potencia nominal, independientemente de las condiciones meteorológicas. Este ventaja sería equivalente a la que aportaría la construcción de nuevas centrales de bombeo, pero sin requeriri una inversión adicional
- **Sostenibilidad** (recurso solar -y por tanto renovable-, pequeños periodos de retorno energético en el ciclo de vida<sup>9</sup>, bajas emisiones de GEI<sup>10</sup>, bajos consumos para operación y mantenimiento, muy poco impacto medioambiental especialmente si se utiliza refrigeración seca)
- **Costes cercanos a la competitividad** (de en torno a 10 c€/kWh en 2020 para nuevas centrales con recurso solar típico del sur de España y tendencia a una rápida reducción de costes) <sup>11</sup>. **Los costes de generación del kWh de las centrales termosolares con 6 horas de almacenamiento son bastante más baratos que los de la FV con 6 horas de almacenamiento** y lo seguirán siendo al menos en los próximos 10 años. Las centrales termosolares ya han llegado a un nivel competitivo en costes de generación con los nuevos ciclos combinados de gas (que tienen, además incertidumbres de costes de combustibles y de emisiones, lo que dificultará progresivamente su financiación
- **Altas razones de aprendizaje** en las curvas de reducción de costes (de entorno al 20% en el periodo 2017-2018)
- **Alto retorno macroeconómico** (Desarrollo Industrial, generación de empleo, Atracción de inversión extranjera, producción de electricidad, ...)

<sup>9</sup> De en torno a 1 año, con alta dependencia de recurso solar y del tipo de tecnología

<sup>10</sup> <https://www.nrel.gov/analysis/life-cycle-assessment.html>

<sup>11</sup> El análisis de las tendencias en el LCOE de los proyectos y los resultados de las subastas hasta 2020 sugiere que los costes promedio de la energía solar termoeléctrica podrían bajar de USD 0.12 / kWh en 2017 a USD 0.07 / kWh para 2020 en función de las recientes subastas en Australia Meridional que se pondrá en marcha a partir de 2020 tendrá un costo de USD 0.06 / kWh y en Dubai, donde un proyecto que se pondrá en marcha a partir de 2022 se ha contratado a USD 0.07 / kWh (fuente IRENA: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA\\_2017\\_Power\\_Costs\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf))

- **Contribución a la Convergencia Regional** (El despliegue de la CST-E puede profundizar en el desarrollo socioeconómico de las regiones del sur donde hay mayor recurso solar y una experiencia significativa previa de despliegue de centrales STE).
- **Desarrollo industrial** (el despliegue de la CST-E permite/ofrece i) *fácil Reorientación de otras industrias maduras* - Construcción, obra civil, Ingeniería de centrales convencionales, Transmisiones eléctricas, Galvanización, etc.-; ii) *Refuerzo de algunos sectores industriales* - Tuberías y tanques, Cambiadores de calor, Calderas, Cableado, Telecomunicaciones y control, ...-; iii) *Elevado impacto en sector servicios* - Limpieza, Medioambiente, Laboratorios, Transporte por carretera, Formación, ...-)
- **Muy buen posicionamiento del sector industrial español** en el panorama internacional (debido principalmente al impulso que colocó al país como el primero en capacidad instalada durante los años 2007-2012). Nuestras empresas todavía tienen una posición privilegiada para poder aprovechar el gran desarrollo de mercado que se abrirá en los próximos años.

En resumen, i) **la CST-E es** – y seguirá siendo – la **opción necesaria** cuando se planifique capacidad adicional en países soleados como España; ii) La CST-E **se convierte en una opción prioritaria** cuando todos los impactos, técnicos y económicos, se tienen debidamente en cuenta.

#### 1.4.2. Argumentos básicos para apoyar el despliegue de CST-CP en España

- La concentración solar térmica para procesos industriales permite un **aprovechamiento tecnológico viable de la radiación solar directa** para reducir la dependencia de combustibles fósiles en sectores muy intensivos energéticamente.
- **Las tecnologías CST-CP tienen un potencial muy significativo para reemplazar la importación de los combustibles fósiles y para generar empleos locales.**
- Hay una variedad de procesos industriales que demandan grandes cantidades de energía térmica, lo que convierte al sector industrial en un mercado prometedor para aplicaciones de energía solar térmica.
- La integración de tecnologías CST-CP permite aumentar la eficiencia y la competitividad (por los ahorros de combustible inducidos y los periodos de retorno de la inversión viables en condiciones de radiación directa media-alta) de los procesos industriales en los que se integra.
- La alta eficiencia de la conversión foto térmica permite cosechar tres veces más energía del sol, por metro cuadrado, que con la energía fotovoltaica.
- El calor solar para procesos industriales permite soluciones flexibles en tamaño, con cortos periodos de retorno de la inversión
- La tecnología CST-CP para generación del vapor en las condiciones requeridas por una multitud de procesos industriales (temperatura, presión) está disponible a precios competitivos y solo requiere aumentar el número de ejemplos de integración en entornos industriales

- La enorme experiencia adquirida por España en el desarrollo de concentradores solares para las centrales termosolares es directamente aplicable al desarrollo de concentradores solares específicos para alimentar procesos de calor, de modo que España podría fácilmente posicionarse como líder mundial en este sector también.

## 1.5. Potencialidades frente a una Transición Energética con Descarbonización de la Economía de la CST

### 1.5.1. Potencialidades de la Concentración Solar Termoeléctrica

La alta penetración de tecnologías de generación renovables baratas pero no gestionables, como la eólica y la fotovoltaica, junto con el desmantelamiento progresivo de las centrales eléctricas convencionales, durante el proceso de Transición Energética, plantean preocupaciones fundamentales para los responsables políticos y los operadores de sistemas eléctricos. Las centrales CST-E, con un dimensionamiento y un uso adecuado del almacenamiento térmico asociado a estas tecnologías, ofrecen soluciones viables para facilitar la gestionabilidad del sistema eléctrico.

En palabras del representante del sector [8] **“Cuando empezamos a retirar carbón, nucleares y seguramente ciclos combinados, lo que va a hacer falta es gestionabilidad y almacenamiento. Y es ahí donde la electricidad termosolar ya ofrece, hoy en día, precio competitivo frente a cualquier otra tecnología renovable o convencional” ...** “Digo más: cuando en Europa se den cuenta de ya no van a construir nunca más centrales de carbón (incluso puede que ni de gas natural) y se den cuenta de que necesitan tener gestionabilidad y almacenamiento, entonces, seguramente, van a mirar al sur de Europa, en particular a España, y van a comenzar a instalar centrales de propiedad europea<sup>12</sup> en territorio español, centrales que no se contabilizaran en el programa diario que Red Eléctrica de España hace para abastecer la demanda nacional”.

---

<sup>12</sup> Con la intención de facilitar que los Estados miembros puedan cumplir sus objetivos, la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo (que marca los objetivos de consumo de energías renovables que deben cumplir los estados miembros en los próximos años) prevé un conjunto de mecanismos de flexibilidad, tales como: transferencias estadísticas, a través de las cuales un Estado miembro puede (a efectos estadísticos) comprar a otro Estado producción renovable; proyectos conjuntos, que otorgan a un Estado miembro la posibilidad de apoyar a otro Estado en proyectos concretos de nueva generación renovable. Estos proyectos pueden realizarse fuera de la Unión Europea siempre y cuando el consumo de la energía se produzca dentro de la misma; y mecanismos de apoyo conjuntos, por los que se puede establecer una tarifa regulada común o un mercado común de certificados para la electricidad de origen renovable

Por medio del almacenamiento de energía térmica, la CST-E puede hacer una contribución significativa a la transformación del sistema energético europeo al proporcionar una parte importante de la electricidad renovable despachable. Al proporcionar flexibilidad para los servicios de red, la CST-E puede facilitar la integración de las energías renovables fluyentes, como la solar fotovoltaica o la eólica, lo que contribuye a la fiabilidad de la red de transmisión. Los mejores recursos solares para CST-E se encuentran en el sur de Europa, lo que hace que esta tecnología sea complementaria a otras tecnologías de energía renovable, como la eólica, que encuentran sus mejores recursos en otras regiones de Europa.

Según las previsiones de la Agencia Internacional de Energía (AIE), la **CST-E podría representar hasta el 11% de la electricidad generada en todo el mundo y hasta el 4% de la electricidad generada en Europa para 2050.**

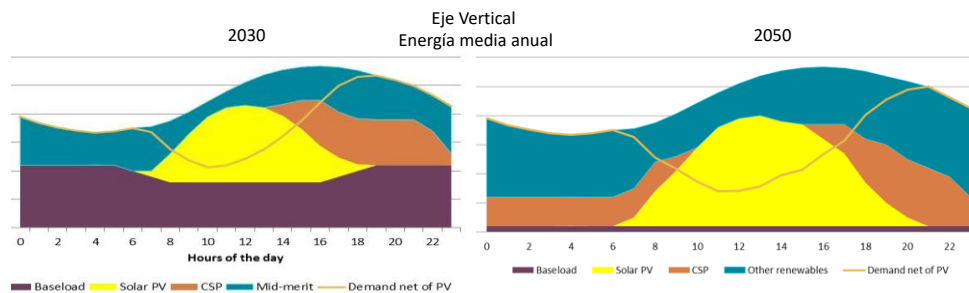


Figura 12. Visión de la AIE sobre la contribución de las tecnologías solares en países soleados (Fuente: IEA, Solar Concentra). En un escenario a 2050 el almacenamiento térmico de las centrales termo solares permitirá suministrar buena parte de la demanda a partir de la puesta de sol o durante toda la noche como carga base.

En palabras de PROTERMOSOLAR: “El futuro desarrollo de las renovables deberá evolucionar desde el miope criterio del **COSTE de generación al del VALOR para el sistema**. De esta forma se conseguiría un sistema óptimo entre renovables gestionables y no gestionables que es la **única vía para una auténtica Transición Energética**”

“La descarbonización total del sistema eléctrico (español y europeo) solo será posible con un elevado porcentaje de centrales gestionables. La energía solar del sur de Europa puede contribuir no solo a las necesidades en los países sino a las necesidades de los países del norte con un claro balance estacional entre viento y sol.”

“El parque generador para 2030 y años posteriores hay que empezar a planificarlo hoy”

## 1.5.2. Potencialidades de la CST-CP frente a la Transición Energética

Para alcanzar los objetivos de renovables a 2030 y 2050 (que se están fijando en la Directiva europea y se transcribirán a España en la Ley de Cambio Climático y transición Energética y en el Plan Integrado de Energía y Clima) la generación de electricidad no podrá, por sí sola, cumplir los objetivos. Se necesita sustituir los combustibles fósiles (empezando por los más contaminantes) en otros sectores, como el residencial y el industrial. Las tecnologías de Concentración solar para generar el vapor requerido en procesos industriales pueden contribuir significativamente al ahorro de combustibles fósiles en una amplia gama de procesos industriales.

El PNIEC establece un objetivo muy ambicioso de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, no solo en generación de electricidad, sino también en emisiones en industria por actividades de combustión: **se han de reducir 7 MtCO<sub>2</sub>\_eq** (entorno al 17% de las emisiones actuales) **las emisiones en el sector industrial en el periodo 2020-2030**. Abordar este objetivo va a requerir incrementar significativamente la integración de energías renovables en la producción de calor requerido en procesos industriales. **Las tecnologías de concentración solar son ya una opción viable para contribuir a la descarbonización del sector industrial en una diversidad de emplazamientos e industrias.**

## 1.6. Tipos de Apoyo que reivindica el sector de la Concentración Solar Térmica

### 1.6.1. Tipos de Apoyos para la Concentración Solar Termoeléctrica

**Los tipos de apoyo que reivindica el sector para esta tecnología de CST-E son:**

- **Subastas** de capacidad de electricidad renovable **específicas para generación de electricidad renovable “gestionable”**
- **Un programa de apoyo estable** para mantener un despliegue de centrales de, **al menos, 400 MWe por año** (a partir de 2022-2025) que permita localizar y mantener el sector industrial y desarrollar la curva de aprendizaje en la reducción de costes.
- **Apoyo al desarrollo de iniciativas tecnológicas prioritarias** en forma de **proyectos de demostración de media escala y/o de escala comercial** (tipo FOAK “First of a kind”<sup>13</sup>)

<sup>13</sup> [http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/innovative\\_financial\\_instruments\\_for\\_FOAK\\_in\\_the\\_field\\_of\\_Energy.pdf](http://ec.europa.eu/research/energy/pdf/innovative_financial_instruments_for_FOAK_in_the_field_of_Energy.pdf)

- Dada la evolución tecnológica que se espera en la tecnología CST-E, **mecanismos de cobertura de riesgos** tecnológicos pueden acelerar la introducción de las innovaciones que, de otra forma, se verían perjudicadas por exigencias de garantías que frenarían su incorporación y que podrían favorecer la competencia de otras regiones como China
- Dado que el mercado de las centrales termosolares será mayoritariamente exterior, España debería apoyar, en marcos de ayudas multilaterales o en sus **fondos de cooperación**, tecnologías que tengan un **efecto arrastre** en las empresas españolas para permitirles mantenerse en vanguardia
- Para hacer posible la exportación de electricidad termosolar a otros países es necesario incrementar de forma importante la capacidad de las interconexiones con Francia, llegando, al menos, a los 10 GWe.
- Para un liderazgo tecnológico en CST-E a medio plazo **se requiere mantener el apoyo a la actividad en los centros de I+D**

Parte de estas reivindicaciones están recogidas en el actual borrador del PNIEC, [18], que establece como mecanismos para impulsar 5 nuevos GWe de potencia Solar termoeléctrica a 2030, los siguientes:

- “Convocatoria de subastas. Se podrá distinguir tecnologías, por características técnicas, gestionabilidad o capacidad de garantizar potencia firme, madurez tecnológica, etcétera. Se subastará la energía eléctrica a suministrar y se ofertará precio de dicha energía”.
- “Participación local en proyectos de generación renovable. Se favorecerá la diversidad de actores y proyectos ciudadanos participativos”.
- “Programa específico para tecnologías en desarrollo. Para acomodar proyectos de demostración”.
- “Programa específico para territorios extra peninsulares”.

### 1.6.2. Tipos de Apoyo que reivindica el sector de la CST-CP

La introducción de energías renovables en la industria es **un reto imprescindible** para descarbonizar. En 2015 la demanda de energía final en el sector industrial supuso un 24%, con solo el 7% a partir de fuentes de energías renovables

El actual borrador del PNIEC, [18] recoge el objetivo de “aumentar el uso de renovables en subsectores que ya las consumen y diversificar los subsectores industriales. Concentración en cuatro (cemento, de pasta y papel, alimentación, bebidas y tabaco e industria maderera y derivados)”. Y perfila como mecanismos de apoyo:

- **Programas de ayudas** para incorporar energías renovables en los procesos industriales en función del potencial, coste y características de la tecnología, y del potencial de mejora de su **huella de carbono**.
- **Desarrollo de capacidades institucionales:** incorporación de la vertiente energética en las herramientas de política industrial (en todos los niveles de la administración).

- **Acuerdos sectoriales:** Se realizarán acuerdos voluntarios con determinados subsectores industriales para propiciar el aumento del consumo de energía renovable.
- **Ayudas a la realización de estudios, informes y auditorías energéticas** que faciliten a la industria el paso a procesos menos intensivos en carbono.
- **Programas específicos de apoyo a la I+D+i** relacionada con el desarrollo de captadores solares y sus componentes, especialmente diseñados para este tipo de aplicaciones.

Descarbonizar los 7MtCO<sub>2</sub> (entorno al 17% de las emisiones actuales) del sector industrial que contempla el borrador del PNIEC va a requerir incrementar significativamente la integración de energías renovables en la producción de calor requerido en procesos industriales. Las tecnologías de concentración solar son ya una opción en una diversidad de emplazamientos e industrias que solo requieren algunas incentivos para multiplicar los ejemplos y reducir la percepción de riesgo, tales como:

- **Apoyo al desarrollo de iniciativas tecnológicas prioritarias** en forma de proyectos de demostración. [12] “Se considera absolutamente necesaria la implementación de **ayudas en forma de subvención** para que se lleven a cabo las **primeras instalaciones de referencia**, así como **incentivos fiscales, garantías o financiación blanda** que estuviesen permanentemente abiertas. Estas ayudas permitirán desbloquear negociaciones de promotores de la tecnología con clientes industriales al favorecer la reducción de los periodos de retorno a la inversión”.
- “Asimismo, sería interesante **que la administración ayudase a desarrollar nuevas fábricas de componentes críticos de la tecnología**. A fecha de hoy, estos componentes son los utilizados por las centrales solares termoeléctricas, por lo que el margen de mejora de diseños específicos para la media temperatura traería asociado mejoras de eficiencia y mejoras económicas importantes. Por lo que una **ayuda a que centros de investigación** desarrollen tecnología de fabricación que posteriormente podría ser transferida al sector privado, dinamizaría enormemente el sector”.

El actual borrador del PNIEC, [18] recoge como posibles mecanismos para el impulso de la CST-CP y de otras renovables térmicas los siguientes:



## 2. POSICIONAMIENTO Y PERSPECTIVAS SOCIO ECONÓMICAS DEL SECTOR CONCENTRACIÓN SOLAR TÉRMICA

### 2.1. Economía y Empleo

Aunque se presentan dos Aplicaciones de mercado, ambas tienen, actualmente, muy diferente desarrollo en el mercado y muchos de los datos aportados por la PTE Solar Concentra sobre indicadores asociados al posicionamiento socio-económico no desagregan las contribuciones de ambos subsectores a los mismos.

#### 2.1.1. Contribución al PIB español:

Según Protermosolar, [1], “de 2008 a 2013 se construyeron plantas termo solares en España a razón de algunos cientos de MW/año. Por cada planta de 50 MWe se invirtieron entorno a 300M€, de lo cual, no todo, pero una parte importante (más del 75%) sí acaba contribuyendo al PIB. Una vez que la planta funciona, que ya no cuenta con el PIB asociado a la construcción, nos encontramos con que no paga la materia prima y ofrece un valor añadido vendiendo electricidad a la red’.

“Hasta 2013 la contribución al PIB era de alrededor de 2.500M€ anuales, bajando posteriormente a unos 1.800 – 1.900M€ anuales, que es el valor añadido de las termosolares.”

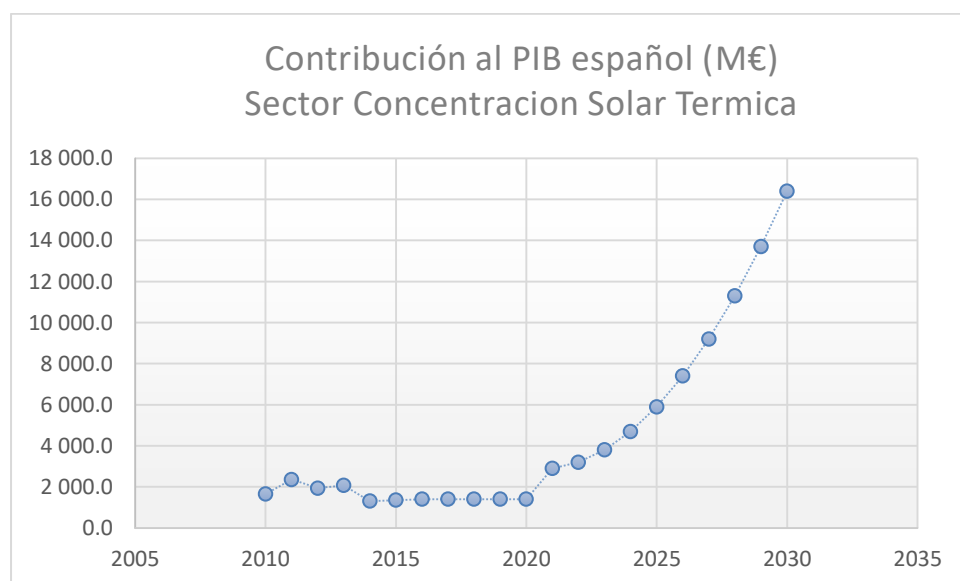


Figura 13 Contribución de la CST al PIB español (con proyección a 2030). (Fuente: Solar Concentra, [6])

**Las recientes subastas de energías renovables no han hecho posible que se adjudicase potencia a la energía solar termoeléctrica.** Por lo que el ratio de crecimiento de la termosolar hasta 2020 se prevé que sea plano

Para el periodo 2020-2030: **Numerosas fuentes consideran que la CST-E (electricidad termosolar) tendrá un papel esencial en los futuros mix energéticos.** Por lo que se considera una **adición de 500 MW anuales** que podría ser muy superior en el caso de retirada anticipada de centrales térmicas convencionales. **La contribución al PIB de dichos 500 MW sería de 1500 millones de Euros anuales.** Además hay que considerar la **contribución al PIB de la operación de las plantas** cuya potencia total se iría aumentando en esos 500 MW al año y que sería aproximadamente de **300 millones acumulativos cada año.**

Además de la contribución al PIB, el sector propone la consideración de otros “beneficios macroeconómicos a la Economía nacional” [1]:

- Subsidios de desempleo evitados
- Ahorros en derechos de emisión de CO<sub>2</sub>
- Ahorros en combustibles importados
- Contribución fiscal (Seguridad Social, Imp. Sociedades, IRPF y tasas locales,)

Y, al mismo tiempo, las tecnologías de CST, contribuyen:

- Al Desarrollo Industrial
- A Mejorar Balance del mix de generación
- Al Refuerzo de red eléctrica
- A la Atracción de inversión extranjera
- A la Convergencia Regional

## 2.1.2. Empleos directos e indirectos generados

Según APPA, [13] “A finales de 2017, la tecnología solar termoeléctrica empleaba a 5.269 trabajadores, de los que 3.189 son empleos directos y 2.080 empleos inducidos, como consecuencia del efecto arrastre de la operación de las centrales<sup>14</sup>”.

---

<sup>14</sup> Para PROTERMOSOLAR “La clasificación entre empleos directos e indirectos que emplea Deloitte en la metodología del APPA, se presta a mala interpretación. Valga a título de empleo el siguiente caso: Para construir una central termosolar hace falta una gran cantidad de obra civil, cimentaciones del campo solar y naves des de la isla de potencia. Al ser el sector de la construcción distinto del energético, Deloitte considera que estos empleos son indirectos y que no deben imputarse como empleos directos creados por el sector termosolar para construir las centrales. Los mismo pasa con otra gran cantidad de subsectores, como cables, estructuras, etc...No obstante hemos mantenido, por coherencia temporal esta misma metodología aunque nos gustaría que todos los empleos asociados a la construcción de centrales termo solares fueran imputados como empleos directos del sector”

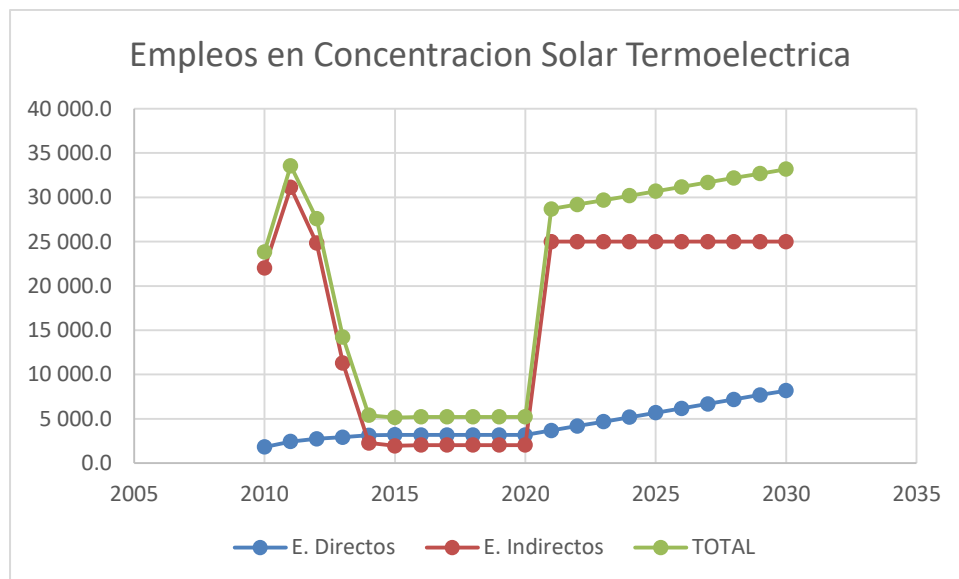


Figura 14. Datos y Previsión de Empleos en Tecnologías de Concentración solar Térmica. El ratio de crecimiento de la termosolar hasta 2020 se prevé que sea plano. A partir de 2020 los datos corresponden a la previsión de construcción de 500 MW anuales. (25.000 empleos en construcción y 500 empleos directos adicionales cada año, al ratio de 1 empleo por nuevo MW instalado). (Fuente: Protermosolar y Solar Concentra, [6]).

### 2.1.3. Costes de las tecnologías de CST

#### 2.1.3.1. COSTE DE LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON CST

El mercado de las CST-E se ha desarrollado más lentamente que el de otras tecnologías renovables y sus costes son aún algo altos en España si bien ya pueden competir en precio en situaciones de demanda pico.

Hasta ahora, ha habido muy pocos proyectos de CSTE como para desarrollar las curvas de aprendizaje (con apenas 96 plantas en operación y unas cincuenta centrales CSTE en construcción o en desarrollo). Además, los desarrollos de la CSTE han ocurrido de modo discontinuo y/o en diferentes regiones del mundo (1986-1991 en EE.UU., 2007-2012 fundamentalmente en España y 2013-2018 en MENA, Sudáfrica, EE.UU., China) de modo que tampoco se ha facilitado el desarrollo de dichas curvas de aprendizaje.

La evolución del coste de generación de las CSTE ha sido volátil a lo largo del tiempo (Figura 15)

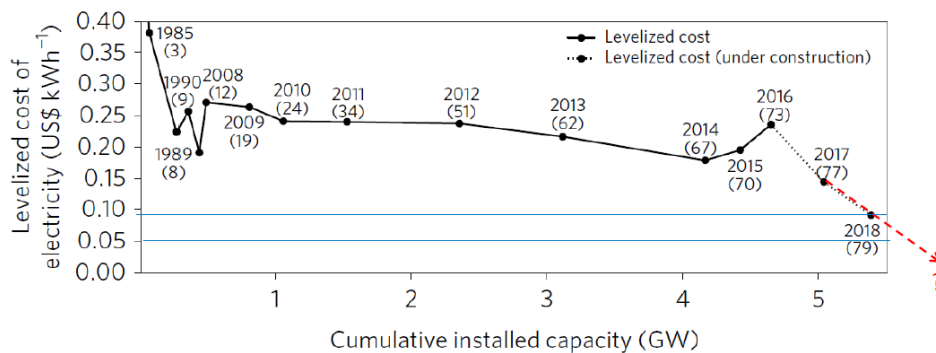


Figura 15 Coste ponderado de electricidad (LCOE) para todas CSTE (Fuente: Liliestam et al. [7])." Cada punto es el promedio de todas las estaciones que entran en operación en ese año. Los años escritos en cada punto de datos indican cuándo se alcanzó cada capacidad instalada; Los números entre paréntesis indican el número acumulado de Centrales STE al final del año indicado".

Según Liliestam et al., [7], "La tendencia decreciente del LCOE de 2009-2014 se acelera para las nuevas centrales en construcción, lo que reduce el LCOE en un 33% durante el período 2016-18. Las centrales chinas impulsan esta tendencia, ofreciendo un LCOE 35-60% más bajo que las centrales recientes en Sudáfrica, con **costes de generación tan bajos como 0,07 US \$ /kWh**, a pesar de un recurso solar mucho peor". "Aunque el alto incentivo chino en forma de prima (0,18 US \$ /kWh) indica que estos estados de bajo costo pueden ser exageradamente bajos, la tendencia de disminución de LCOE a largo plazo parece continuar e incluso acelerarse". "En la fase actual, con alta presión de costos y desarrollo continuo de la industria, los costes han disminuido rápidamente, con **tasas de aprendizaje que superan el 20%**".

Con la situación actual], tras dos de las últimas subastas internacionales en las que la electricidad con CSTE se ha ofertado a precios de entre 6 y 7.5 c€/kWh, los representantes del sector [1] opinan que "**El tiempo de ser optimista respecto a las centrales termo solares ya ha pasado porque ahora es suficiente con ser realista**".

Para los representantes del sector [1] "el estudio más específico sobre costes de las tecnologías renovables, que es el de IRENA,[5] lleva a la gran contradicción de que IRENA está presentando el rango del LCOE para centrales termosolares en el año 2017 de 20 a 25c\$/kW/h, cuando en Dubai<sup>15</sup> se han contratado sin ayuda ninguna 700 MW a 7.3 c\$/kW/h. La fórmula del LCOE no es capaz de explicar los costes reales a los que se pone en funcionamiento una central de electricidad renovable. Como industria creemos que es mejor hablar en términos de PPA<sup>16</sup>".

<sup>15</sup> <https://www.solarpaces.org/acwa-bid-record-low-cost-csp-dubai/>

<sup>16</sup> PPA del inglés, power purchase agreement "contrato de compraventa de energía"

Con esta salvedad (de preferir hablar en términos de PPA en vez de LCOE) PROTERMOSOLAR responde a la solicitud de ALINNE sobre estimación de costes actuales y evolución “vía LCOE partiendo a principios de esta década de unos 20c€, llegando a **niveles por debajo de 10 c€/kWh**, en diciembre de 2017<sup>17</sup>”.

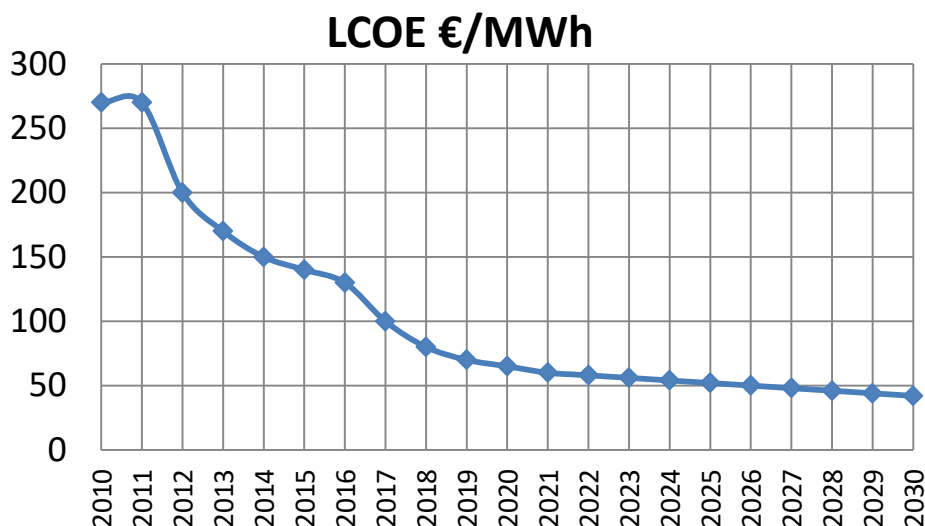


Figura 16. Estimación de coste y evolución a 2030 para las tecnologías solares termoelectricas en España. (Fuente: PROTERMOSOLAR)

La actual reducción de costes de la CST-E ha superado las expectativas descritas en el anterior ejercicio APTE 2015.

### 2.1.3.2. COSTE DE LA GENERACIÓN DE CALOR CON CST

Los costes dependerán del tamaño de la instalación, la temperatura del fluido de trabajo, la tecnología instalada, ya sea tecnología lineal Fresnel o Colectores CilindroParabólicos, así como de la radiación normal directa y de la superficie disponible.

Para los sistemas que se basan en colectores cilindroparabólicos o en colectores Fresnel lineales, los costes de inversión oscilan entre 600 y 1800 €/ kW<sub>t</sub> y los costes ponderados de la energía solar térmica para procesos industriales con CST-CP oscilan entre 2.5 y 8 c€/kWh,

<sup>17</sup> En 2017 se han adjudicado dos proyectos a nivel internacional que han mostrado la rápida reducción de costes de las centrales solares termoelectricas i) Adjudicación de 700MW de CSP en Dubai a 7,3c\$/kWh; ii) Adjudicación de 150MW de CSP en Australia a AU\$78/MWh (\$61/MWh). Los niveles de radiación normal directa en Dubai son similares a España por lo que los precios podrían considerarse en gran medida medida replicables. Si bien, hay muchos factores que influyen en el LCOE por país, por lo que **sería razonable esperar LCOEs a fecha de hoy por debajo de los 10c€/kWh.**

Para España la estimación de costes parte del informe que Solar Concentra elaboró en 2015 sobre “Mercado potencial y aplicaciones tecnológicas Solares de Concentración de Media Temperatura”<sup>18</sup> en el que se incluían las estimaciones de costes de generación de calor con instalaciones solares de concentración de media temperatura (100-400°C). A partir de esas estimaciones la estimación de costes a 2030 se recoge en la siguiente figura.

### Coste Ponderado de la Energía por Concentración Solar Térmica

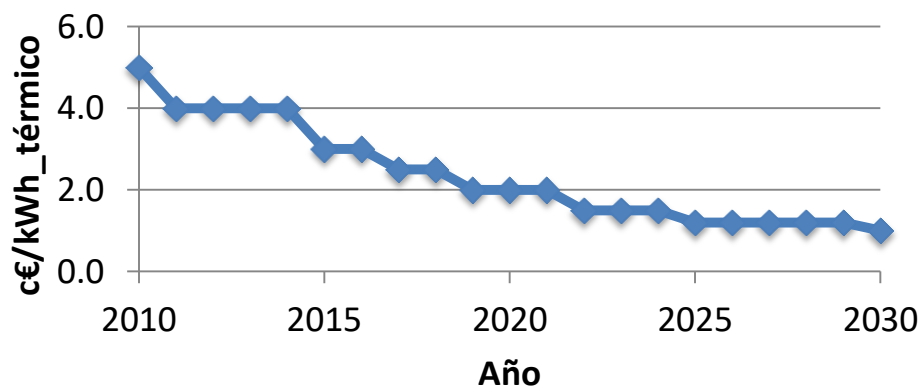


Figura 17. Estimación de coste y evolución a 2030 para las tecnologías de concentración solar térmica en España. (Fuente: PROTERMOSOLAR)

#### 2.1.4. Contabilidad de las externalidades de la CST

Entre las externalidades que podrían/debería contabilizarse/interiorizarse en los costes de la CST están:

- Convergencia tecnológica de las regiones del sur
- Asentamiento poblacional en poblaciones pequeñas
- Impuestos locales. IRPF, e impuesto de Sociedades correspondiente al total de las actividades generadas e inducidas
- Subsidios de desempleo evitados
- Potenciación de la exportación de la tecnología española
- Atracción de capital extranjero
- Ahorro en divisas de importación de combustibles
- Ahorros en emisiones de CO<sub>2</sub>
- Abaratamientos del precio de la electricidad en el mercado diario

<sup>18</sup>

<http://www.solarconcentra.org/wp-content/uploads/2017/05/Mercado-potencial-y-aplicaciones-tecnologicas-solares-de-concentracion-de-media-temperatura.pdf>

### 2.1.4.1. COSTE DE UNA TCO<sub>2</sub> NO EMITIDA

Durante la operación, la estimación de emisiones que hace el sector [6] estaba en torno a 180 g CO<sub>2</sub>/kWh hasta 2013, dado que la ley española permitía quemar hasta un 15% de gas. A partir de 2013 el uso de ese 15% de gas no está contemplado en la ley y las razones (sin incluir las asociadas a la construcción y desmantelamiento) están en torno a 3 g CO<sub>2</sub>/kWh.

Para centrales CST-E de recurso solar la estimación de emisiones sobre todo su ciclo de vida (construcción, operación y desmantelamiento) es del orden **de 27 g de CO<sub>2</sub> por kWh**.

A propuesta de ALINNE, PROTERMOSOLAR ha estimado el coste/ahorro de cada tonelada de CO<sub>2</sub> no emitida<sup>19</sup> (en centrales de carbón, como referencia) por el uso/sustitución de tecnologías de CSP-E.

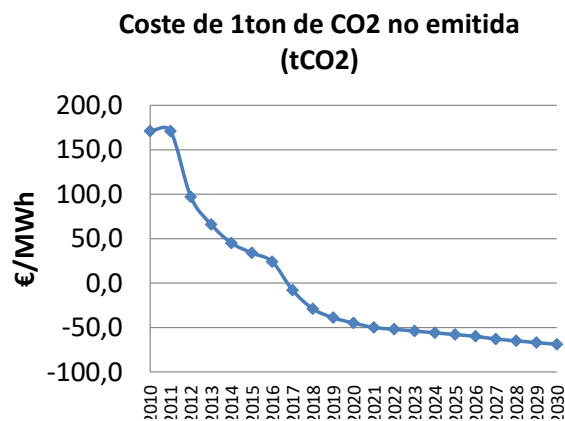


Figura 18. Estimación del coste/ahorro por tonelada de CO<sub>2</sub> no emitida debido al uso de la tecnología CST-E.

### 2.1.4.2. ABARATAMIENTO DEL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD EN EL MERCADO DIARIO

Uno de los principales efectos de la entrada de energías renovables en el mix de generación eléctrica es el abaratamiento del precio en el mercado diario”. En 2017, la ratio de abaratamiento medio fue de 10,23 euros por cada MWh adquirido en el mercado diario, lo que para la generación de 5000 GWh de STE en 2017, supone un **ahorro debido a la generación STE de unos 51 M€**.

<sup>19</sup> Se ha utilizado la fórmula:

$$\text{Coste de 1 tonelada de CO}_2 \text{ no emitida} = \frac{LCOx_t - LCOx_{ref}}{ECO_{2ref} - ECO_{2t}}$$

Y las siguientes hipótesis:

Emisiones de ciclo de vida CSP = **27gCO<sub>2</sub>/kWh**

Emisiones de ciclo de vida de Carbón = 979gCO<sub>2</sub>/kWh

LCOxref = 107,5 \$/MWh se ha considerado constante.

LCOxi = Valores sección 2.1.3 arriba

CAMBIO EUR/USD = 1,16

## 2.1.5. Posicionamiento Tecnológico

### 2.1.5.1. VALOR ANUAL ESPERADO DEL MERCADO ESPAÑOL

Las plantas iniciales se hicieron, en España, con mucha aportación de ingeniería y suministro de equipos principalmente desde Alemania, y poco a poco se hicieron fábricas de componentes en España (p.e: espejos curvados, tubos absorbedores...) y los EPC son ya prácticamente 100% nacionales, solo la turbina y algunos equipos electrónicos o auxiliares serían importados.

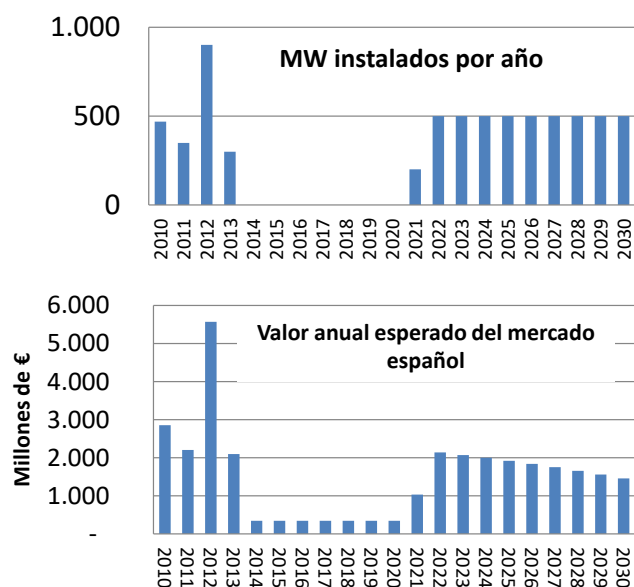


Figura 19.(arriba): Potencia adicional anual instalada y previsión a 20130. (Abajo):.Valor anual esperado del mercado de CST-E (Fuente: PROTERMOSOLAR, SOLAR CONCENTRA)

PROTERMOSOLAR estima un **mercado español anual<sup>20</sup> de unos 2000-1500 M€** en el periodo **2020-2030**.

### 2.1.5.2. ENERGÍA GENERADA, TRANSFERIDA O GESTIONADA ANUALMENTE

La operación de las centrales solares termoeléctricas está (2018) en los 5000 GWh, lo que representa en torno al 2% de la electricidad nacional.

<sup>20</sup> La hipótesis de cálculo se basa en:

- Inversión por MW = 300 millones de Euros por Planta, equivale a 6 millones de Euros por MW (aplica hasta 2020)
- Inversión por MW = 4 millones de euro por MW (aplica de 2021 a 2030), con una reducción de 0,2 millones de Euro por MW / año
- % Operación de y Mantenimiento respecto al CAPEX = 2,5% (esto aplica a cifra de potencia acumulada)



### Energía Generada, transferida o Gestionada anualmente (GWh)

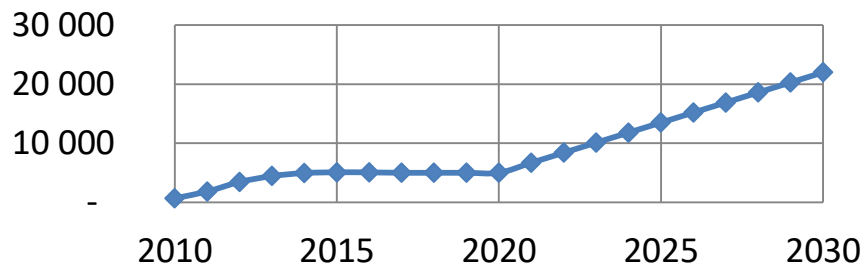


Figura 20. Generación de electricidad solar termoeléctrica en España. Evolución y estimación a 2030.

La evolución a 2030 espera alcanzar cuatro veces y media más (en base a un incremento medio de capacidad anual de CST-E de 500 MW/año).

#### 2.1.5.3. EMISIONES DE CO2 DERIVADAS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA TECNOLOGÍA

Valores de referencia para planta termosolar hasta 2013 (las centrales podían generar hasta un 15% con gas):

- Procesos Iniciales = 20,4 gCO<sub>2</sub>/kWh
- **Operación = 173,5 gCO<sub>2</sub>/kWh**
- Procesos Finales = 0,01 gCO<sub>2</sub>/kWh, si bien se considera 0 ya que no se prevé desmantelamiento de centrales termo solares

Valores de referencia planta termosolar del 2014 en adelante (sin uso de gas natural de apoyo):

- Procesos Iniciales = 26,98 gCO<sub>2</sub>/kWh
- **Operación = 0,85 gCO<sub>2</sub>/kWh**
- Procesos Finales = 0,01 gCO<sub>2</sub>/kWh, si bien se considera 0 ya que no se prevé desmantelamiento de centrales termo solares

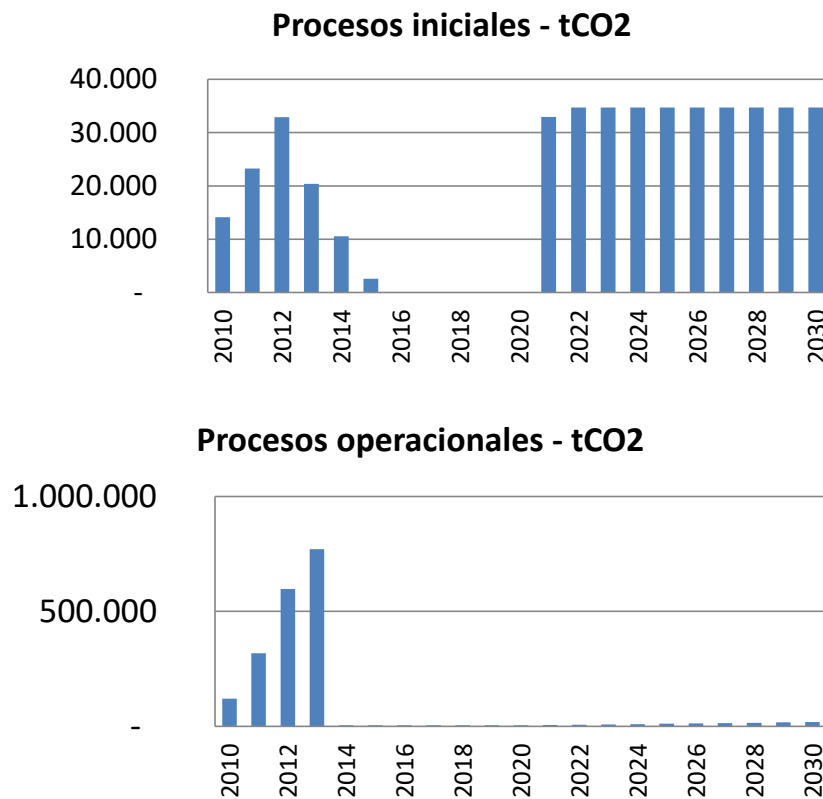


Figura 21. Evolución y estimación de las emisiones de CO2 asociadas a las tecnologías solares termoeléctricas en España. (Fuente: PROTERMOSOLAR Y SOLAR CONCENTRA).

#### 2.1.5.4. ESTIMACION DE EXPORTACIONES DE LA TECNOLOGÍA CST

La evolución y estimación de **exportaciones**, en volumen de venta de equipos no es muy significativo, pero si la facturación por servicios de EPC en proyectos internacionales.



Figura 22. Evolución y proyección de exportaciones del sector CST-E. (Fuente: PROTERMOSOLAR). (La previsión de exportaciones tiene un alto nivel de incertidumbre ya que conservar el posicionamiento de nuestra industria en el sector dependerá en gran medida de las políticas de apoyo aplicadas)

### 2.1.5.5. CUOTA DEL MERCADO ESPAÑOL DE LA TECNOLOGÍA, DE LAS 3 PRIMERAS EMPRESAS ESPAÑOLAS

El mercado español (en generación de electricidad solar térmica) está concentrado, esperando que a partir de 2020 la creación de nuevas plantas no se lleve a cabo por agentes con ese nivel de concentración. Hoy en día, entre ABENGOA, ACCIONA y ACS han copado el 40% del mercado.

En cuanto a suministro de tecnología, dado que a partir de 2013 desapareció el mercado nacional, las actividades del sector industrial de CST-E español se desarrollan en mercados internacionales. En este sentido es conveniente tener presente la competencia cada vez mayor que representan las empresas chinas, una vez que han ido adquiriendo la tecnología. Una buena prueba de esto es el hecho de que en noviembre de 2019 por primera vez un consorcio exclusivamente chino ha ganado la licitación para una planta termosolar de 50 MWe en Creta (la planta de Minos)

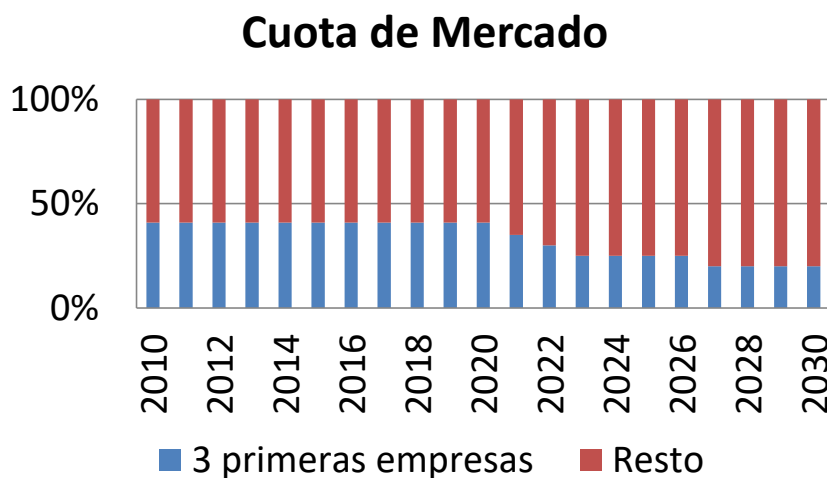


Figura 23. Cuota de mercado español de las tres primeras empresas. (Fuente: PROTERMOSOLAR). Se ha considerado como primeras empresas a los tres mayores "epecistas". Este ratio de cuota de mercado se mantiene constante en el tiempo dado que inicialmente, los activos que a fecha de hoy son de Atlántica Yield, eran de Abengoa, de la misma manera que los activos de ACS Cobra, ahora son de Saeta Yield y Acciona no ha modificado su cartera de proyectos termosolares A partir de 2020 con la entrada de 500 MW anuales y nuevos agentes de mercado se supone que disminuirá la cuota de mercado de las 3 primeras.

### 2.1.5.6. EMPRESAS ESPAÑOLAS ENTRE LAS 20 PRIMERAS DE LA UE

Según PROTERMOSOLAR hay 10 empresas entre las 20 primeras del sector de la generación solar termoeléctrica<sup>21</sup>:

Abengoa, ACS-COBRA, ACCIONA, SENER, TSK, ELECNOR,  
 RENOVABLES SAMCA, GRUPO IBEREÓLICA, RIOGLASS,  
 EMPRESARIOS AGRUPADOS

### 2.1.6. Grado de Madurez de la CST

#### 2.1.6.1. GRADO DE MADUREZ DE LA CST-E

En los datos que aporta el representante del sector, [6], la valoración del grado de madurez se estima en **niveles 8-9 de TRL**<sup>22</sup>.

<b><u>NIVEL DE MADUREZ TECNOLÓGICA</u></b>	
<b>Nivel de Madurez Tecnológica actual (2015)</b>	<b>8-9</b>
<b>Nivel de Madurez Tecnológica esperado a 2020</b>	<b>8-9</b>
<b>Nivel de Madurez Tecnológica esperado a 2030</b>	<b>8-9</b>

#### 2.1.6.2. GRADO DE MADUREZ DE LA CST-CP

Desde 2013 no se instala nueva capacidad de CST-E en España. La actividad del sector industrial en estas tecnologías se centra en la operación de las 50 centrales instaladas en el periodo 2007-2013 y su participación en desarrollos en mercados internacionales.

El desarrollo de la CST-E a nivel internacional, en 2017, ha continuado con la puesta en marcha y construcción de nuevas centrales solares termoeléctricas en Sudáfrica, Marruecos, Kuwait, Emiratos, Chile e Israel. En casi todas ellas participan (con diferente nivel de implicación) empresas españolas. Adicionalmente, los proyectos en desarrollo, a nivel mundial, aseguran una tendencia creciente de la potencia asociada a esta tecnología ([13] “En concreto, hay que tener en cuenta un conjunto de centrales adjudicadas recientemente en China que suman 1,1 GW y de las que una cuarta parte deberán estar funcionando a finales de 2018”).

Nivel de madurez estimado (SOLAR CONCENTRA) para la integración de la generación de calor solar en procesos industriales a temperaturas medias (100 - 400°C): TRLs de 7 a 9.

<sup>21</sup> Duda: Encaje de Atlántica Yield, de SAETA Yield y de TORRESOL ENERGY en el concepto indicado

<sup>22</sup> TRL 8: Sistema completo y certificado a través de pruebas y demostraciones. TRL 9: Sistema probado con éxito en entorno real

## 2.2. Capacidades en Ciencia, Tecnología e Innovación

### 2.2.1. Capacidades e infraestructuras de I+D+i

Entre las capacidades e infraestructuras de I+D+i en Concentración solar térmica en España destaca La Plataforma Solar de Almería (PSA<sup>23</sup>), perteneciente al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT<sup>24</sup>), reconocida a la vez como ICTS (instalación Científico Técnica singular) y como el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos de Europa dedicado a las tecnologías solares de concentración.

PROTERMOSOLAR menciona **más de 30 agentes de I+D+i en CST-E:**

ACS-COBRA, TECNALIA, ABENGOA, VIRTUALMECH, AALBORG CSP, UNIVERSIDAD DE SEVILLA, IK4-TEKNIKER, RIOGLASS, PSA-CIEMAT, INERSUR, IMDEA ENERGIA, BATZ, GRUPO TSK, INGENERGIO, CENER, ACCIONA, METEO FOR ENERGY, QATRO, SENER, LEITAT, CICENERGIGUNE, AISLAMIENTOS SUAVAL, CADE SOLUCIONES, SOLATOM, OHL, UC3M, UPM...

**Y unos 200 trabajadores en I+D+i**

### 2.2.2. Financiación recibida por las tecnologías de CST

La financiación ha sido, de acuerdo con las estimaciones de PROTERMOSOLAR, más o menos de un 20% de recursos propios y un 80% de financiación. No ha habido financiación pública, sino que ha sido vía tarifas. La financiación para hacer las plantas se ha conseguido del banco de forma directa. Sí ha participado el BEI en la financiación.

Por otro lado también se han recibido subvenciones públicas a proyectos de I+D+i a través de la participación en diferentes programas nacionales y europeos usualmente en colaboración entre empresas y centros de I+D.

### 2.2.3. Patentes españolas en CST

186 patentes según APPA

<sup>23</sup> [www.psa.es](http://www.psa.es)

<sup>24</sup> , [www.ciemat.es](http://www.ciemat.es)

## 3. RETOS DE INNOVACION Y DESARROLLO

### 3.1. Retos de I+D+I en Solar Termoeléctrica

Las centrales solares termoeléctricas se encuentran en un nivel inicial de desarrollo - los niveles actuales de costes se han alcanzado más por la competencia, volumen de mercado y reducción de márgenes en la cadena de valor que por la incorporación de innovaciones - por lo que aún tienen mucho recorrido de reducción de costes en:

- Concepto de diseño (el tamaño del bloque de potencia importa y la modularidad del campo solar también)
- Nuevos fluidos calo-portadores
- Nuevos ciclos de conversión de potencia

Para PROTERMOSOLAR “La financiación de actividades de desarrollo tecnológico deberían priorizar soluciones cercanas al mercado y aplicar criterios básicos para seleccionar aquellas ideas con TRLs bajos”.

“En el caso de la industria CST-E los **filtros de: gestionabilidad, escalabilidad y balance estacional** deberían ser determinantes para no dilapidar dinero público en iniciativas atractivas pero sin horizonte comercial”

La Unión Europea, a través de su “Plan Estratégico en tecnologías Energéticas (SET Plan)” ha identificado la CST-E como una de las diez acciones prioritarias clave para mantener (o recuperar en algunos casos) **el liderazgo global de la UE en tecnologías bajas en carbono**, con un énfasis particular en **reducir sus costos y mejorar sus eficiencias**<sup>25</sup>. Dentro del SET Plan, la “iniciativa para el Liderazgo Global en CST-E”, [14], ha establecido como **objetivos estratégicos**:

- 1) **A corto plazo: Reducir más del 40% los costes de generación, para 2020 (respecto a 2013), que se traduce en un precio de suministro<sup>26</sup> de <10 c € / kWh para una radiación de 2050 kWh / m<sup>2</sup> / año (condiciones en el sur de Europa)**
- 2) **A más largo plazo: desarrollo de la próxima generación de tecnología CST-E.** (Nuevos ciclos (incluidos los supercríticos) con un primer demostrador para 2020.)

Para lograr estos objetivos, la Comisión de la UE y los Estados miembros han trazado un Plan de Implementación basado en dos pilares principales e independientes:

<sup>25</sup> El proceso para establecer los objetivos ha sido altamente participativo, involucrando a los países del SET Plan y a un gran número de partes interesadas de la investigación y la industria

<sup>26</sup> El precio de suministro se entiende como el precio objetivo dentro de los Acuerdos de Compra de Energía (PPA) con una duración de 25 años

- i) el primero trata de impulsar **proyectos FOAK** (*First-of-a-kind*, “primeros en su género”),
- ii) el segundo consiste en un programa de investigación específico para proporcionar a la industria innovaciones tecnológicas adicionales que eventualmente serán usadas en futuros proyectos comerciales o FOAK

En **las plantas FOAK**<sup>27</sup> se pretende demostrar a nivel comercial que soluciones tecnológicas “clave” pueden permitir alcanzar los objetivos estratégicos. Se considera, [14] que al menos tres proyectos FOAK deberían realizarse en los próximos años. Estos proyectos requerirán una financiación de entre 900 y 3000 M€ y se estima que las ayudas públicas que requerirla serán entorno al 20% del total, [14].

**El programa de I+D+I** de la Union Europea, con objeto de alcanzar/mantener el liderazgo en CST-E, ha identificado 12 Áreas de desarrollo tecnológico y ha establecido, via consulta con la industria y centros de I+D+I una jerarquía para priorizar los retos de Innovación en base a tres consideraciones o pasos:

- **Paso 1: Evaluación del Riesgo Industrial**<sup>28</sup>.

<sup>27</sup> Los requisitos que deben cumplir este tipo de plantas FOAK son:

- El objetivo no debe ser un proyecto de una sola vez, sino crear un marco /esquema de desarrollo (dada la importante cantidad de ingeniería involucrada en las plantas de CST-E, se asume que la primera réplica de un FOAK, lo que podría denominarse el 'segundo de su tipo', podría lograr reducciones adicionales de costos de aproximadamente 10-20% solo gracias a la curva de aprendizaje)
- Demostrar soluciones tecnológicas cruciales a escala comercial para alcanzar los objetivos.
- Incluir el almacenamiento para proporcionar una potencia gestionable y permitir una generación más flexible
- Tener un alto potencial de replicación en Europa u otras regiones del mundo.
- Hacer uso de los mecanismos de cooperación de la Directiva de Energía Renovable (facilitando así el acceso a nuevos mercados en Europa)
- Debe combinar instrumentos financieros innovadores (por ejemplo, préstamos, garantías de préstamos) que complementen las subvenciones y los fondos estructurales y aportaciones de las empresas involucradas. (Será necesario garantizar un grado suficientemente alto de coordinación de los instrumentos de apoyo a nivel de la UE, nacional y regional, incluidos los fondos estructurales, así como la financiación pública y privada de capital y deuda).
- Tener un plan de negocios que incluya un PPA, (acuerdo de compra de energía), con la entidad interesada en el valor de la “despachabilidad” de la CST-E

<sup>28</sup> Los aspectos relativos al riesgo industrial que se evaluaron fueron los siguientes:

- Riesgo tecnológico: diseños incrementales frente a nuevos diseños, equipos industriales validados, equipos convencionales frente a específicos, sinergias con componentes utilizados en otras tecnologías comerciales, ampliación de equipos comerciales, materiales, complejidad de la planta de procesos, integración de subsistemas, diseño de códigos aceptados y operativos. la seguridad.
- Cadena de proveedores disponible, completa y segura, especialmente para aquellos componentes clave críticos. Componentes / proveedores de escasez. Capacidad para hacer cumplir la garantía del producto adecuado.
- Tiempos de construcción y puesta en marcha de la planta. Operación de la complejidad de la planta.

- Paso 2: Evaluación de la Relevancia Tecnológica<sup>29</sup>
- Paso 3: evaluación TRL (Grado de Madurez de la Tecnología)

Los resultados sobre priorización de Actividades de I+D+I se centraron en las propuestas con un alto TRL final esperado (8 a 9) por lo tanto, solo se abordan las tecnologías cercanas al mercado (con la premisa de que **la industria necesita con urgencia introducir innovaciones en nuevas plantas a corto plazo**). No obstante, [14] “se considera que los desarrollos interesantes, pero a largo plazo también deben ser objeto de financiación regular de I + D”.

La priorización (para aplicaciones a corto plazo) de las opciones de tecnológicas de CST-E analizadas (en [14]) se muestra en la siguiente tabla.

Prioridad (según [14])	Tecnología	Nivel TRL	
		Inicial	Final
1º	Tecnología mejorada de receptor central con sales fundidas como fluido calo portador y como sistema de almacenamiento. (Mejora técnico-económica de componentes principales, O&M, etc.)	7	9
2º	Colectores Cilindroparabólicos con Aceite de Silicona	6	8
3º	Próxima generación de centrales eléctricas de receptor central.	6	8

- Costos operativos y de mantenimiento de la planta basados en la vida útil de los componentes, la degradación y el tiempo de recuperación después de una falla.
- Riesgo objetivo de rendimiento anual nominal, flexibilidad de operación, tiempos de inicio, transitorios y paradas.
- Riesgo financiero / de mercado. Bankability. Falta de confianza de la inversión del sector privado. Seguro. Falta de confianza en los fabricantes de equipos debido a su corta trayectoria.

<sup>29</sup> Los aspectos relativos a la Relevancia Tecnológica que se evaluaron fueron los siguientes:

- Potencial de reducción de costes implementando el concepto en el corto plazo.
- Potencial de innovación que permita la reducción de costos a largo plazo.
- Gestionabilidad: Evaluar el impacto del enfoque en la capacidad de envío y el costo de almacenamiento.
- Penetración de mercado: Evaluación del 'horizonte temporal para los efectos comercializables esperados'
- Escalabilidad: Evaluación del marco de tiempo y las inversiones necesarias para escalar la tecnología hasta el tamaño del mercado competitivo



4º	Tecnología avanzada de concentrador lineal tipo Fresnel con circulación directa de sal fundida como fluido de transferencia de calor y para almacenamiento de energía térmica a alta temperatura	6	8
5º	Tecnología CCP con Sales Fundidas como fluido calo portador y como sistema de almacenamiento	6	8
6º	Optimización a escala comercial de los componentes clave de la tecnología de receptor en torre con receptor de aire volumétrico abierto a la atmosfera.	6	8
7º	Sistema Multi-torre Beam-Down	5	7 a 8

La CST-E es actualmente la solución más competitiva de electricidad solar gestionable. La tendencia actual es la elección de tecnología de receptor central con sales fundidas en base a algunas ventajas técnico-económicas tales como: i) Las centrales de torre requieren un volumen 2,5 veces menor de sales que las centrales de colectores cilindroparabólicos y además no necesitan el intercambiador de calor aceite – sales; ii) Los costes de almacenamiento en sales fundidas en centrales de torre están hoy en día en 35 €/kWh<sub>e</sub> de capacidad; iii) Los sistemas de almacenamiento con tanque caliente y frío de sales fundidas llevan demostrando su fiabilidad y prestaciones desde 2008; iv) etc.

Entre las **propuestas de demostración** que suscribe parte del sector a través de SOLAR CONCENTRA está el proyecto HYSOL<sup>30</sup> que apuesta por un proyecto **CST-E** (central de torre con receptor de sales fundidas) con **hibridación de Gas o biogás** (en turbina de gas) y **almacenamiento**.

<sup>30</sup> <http://www.grupocobra.com/proyecto-innovacion/hysol/#descripcion>

### 3.2. Retos de I+D+I en Solar TERMICA para Calor de Proceso

Las barreras más importantes para el desarrollo comercial de las aplicaciones de Calor Solar en Procesos Industriales son, por un lado, que el 95% de las plantas industriales que consumen calor de proceso son pequeñas o medianas, lo que requiere un diseño de sistema solar que sea apropiado para este tamaño. Además, para las industrias pequeñas o medianas, generalmente es una desventaja la implementación de sistemas en los que la inversión inicial es grande, aunque los costos anuales de O&M son pequeños. Finalmente, la existencia de una cierta falta de conocimiento sobre las posibles soluciones CST-CP y su funcionamiento, así como la escasez de proveedores confiables y duraderos de componentes y equipos, representan una barrera importante en la actualidad para el desarrollo de aplicaciones de calor solar en procesos industriales.

A diferencia de los proyectos de desarrollo de centrales termosolares (CST-E) que son promovidos y llevados a cabo por grandes empresas, las pequeñas y medianas empresas (PYME) pueden diseñar y comercializar sistemas de concentración solar para aplicaciones de calor de proceso.

**En el rango de temperatura media (150 - 400 ° C)**, en Europa, se ha identificado que hay un número muy escaso de compañías que suministran componentes para campos solares en aplicaciones CST-CP (colectores cilíndro-parabólicos simples o compuestos, colectores lineales de Fresnel, etc.). Además, las soluciones existentes aún no están diseñadas u optimizadas en la mayoría de los casos, por ejemplo, para la instalación en techos de edificios o naves. Además de la ausencia de fabricantes / distribuidores, no hay un número suficiente de empresas con el conocimiento para llevar a cabo la ingeniería detallada y la construcción de un sistema que utilice energía solar térmica con colectores solares con seguimiento solar, lo que limita las opciones de los posibles usuarios finales (industrias o usuarios finales con alta demanda de energía térmica) sobre las posibilidades de incorporar una solución termosolar en sus aplicaciones, no solo en modalidad solo solar sino, también, de soluciones híbridas, por ejemplo con caldera de gas, que para una primera aproximación a la tecnología, sería muy atractivo para demostrar cómo el sistema solar puede convertirse en una solución de ahorro de energía.

Los desafíos clave para el calor térmico solar en aplicaciones industriales son los cortos plazos de amortización que se esperan (<3 años), los precios relativamente bajos de los combustibles fósiles que paga el sector industrial y la integración en los procesos industriales existentes. La mayoría de la demanda de calor industrial (75%) tiene lugar en grandes complejos industriales. Aunque la energía solar térmica podría ahorrar costos a largo plazo, la complejidad de integrar nuevas fuentes de calor en los procesos existentes crea percepción de riesgos que las industrias tratan de evitar.

Una oportunidad es integrar las plantas de calefacción solar térmica durante la construcción de nuevas plantas industriales. Para plantas industriales pequeñas y medianas, el calor del proceso solar podría reducir la dependencia de los precios volátiles de los combustibles fósiles. El desafío clave es maximizar la proporción de calor proporcionado por el calentamiento solar. Esto significa que la calefacción solar debe ir acompañada de almacenamiento para permitir el proceso de calentamiento durante las horas sin sol, el almacenamiento durante horas no productivas o sistemas de control más avanzados para optimizar el uso del calor solar. Para las pequeñas y medianas empresas, las barreras clave son el espacio en la azotea o en el tejado y los apoyos financieros para abordar los costos iniciales.

Para favorecer el despegue de este sector en España resultaría muy útil disponer de diseños específicos de captadores solares para este tipo de sistemas, incluyendo diseños aptos para su instalación en las techumbres de naves industriales. Aunque en España ya existen algunos diseños de concentradores solares para calor de proceso, la oferta existente es demasiado reducida y no tenemos diseños adecuados para montaje en las propias naves industriales.

Una vez que dispongamos en España de un portfolio de captadores adecuados para instalaciones CST-CP de distinta naturaleza, incluyendo el suministro de sus componentes, habría que apoyar la instalación de plantas pilotos, que sirvan de demostración para el sector de potenciales clientes, pues una de las principales barreras con la que nos encontramos en España es la falta de instalaciones pilotos que den confianza al sector.

En **aplicaciones que requieren calor de proceso a alta temperatura (400°C - 1500°C)** las tecnologías de calor concentración solar térmica (CST) identifican como necesarios desarrollos (algo diferentes a los de aplicaciones a media temperatura) para integrar aún más el calor solar en estos procesos:

- Un desafío principal es desarrollar receptores / reactores solares / catalizadores para llevar a cabo procesos de aporte de calor solar al proceso industrial de manera continua y con altas eficiencias
- La integración de sistemas de almacenamiento térmico y / o de hibridación para la operación continua 24/7 es, también, un reto fundamental

### 3.3. Iniciativas Tecnológicas Prioritarias (ITPs) identificadas por Solar Concentra

Para SOLAR CONCENTRA “El lanzamiento de las ITPs a efectos de demostración, con financiación específica, podría constituir un buen catalizador para el despliegue comercial posterior”

### 3.3.1. Sistema solar de concentración de media temperatura (90°C – 400°C) para la producción de calor industrial y frío.

**Descripción:** Los sistemas solares de concentración, cuyas tecnologías predominantes son, colectores cilíndroparabólico y colectores lineal Fresnel, han experimentado en los últimos 10 años una gran evolución tanto en diseño y rendimiento, como en costes. Son, a fecha de hoy, una solución competitiva para desplazar los combustibles fósiles empleados para abastecer las necesidades de térmicas de procesos industriales cuyas temperaturas de operación se encuentran entre los 90°C y los 400°C. Las rentabilidades de estos proyectos se ven altamente condicionadas por el precio del combustible desplazado. Otra de las vías de desarrollo de esta tecnología es la aplicación de Sistemas de producción de frío mediante energía solar acoplado a máquina de absorción.

**Objetivos Generales:** Descarbonizar la industria y mejorar su competitividad. Desarrollar un mercado en España, cuyo despegue es prácticamente inminente, de instalaciones solares de concentración de media temperatura en industrias, que permitan al cliente reducir su factura de combustible fósil en consonancia con la superficie destinada a la captación de la radiación solar incidente. El objetivo primordial es, como se ha conseguido en otros países y ya ha sido puesto de manifiesto anteriormente en este documento, conseguir instalaciones de referencia que den confianza al cliente final (industria). España cuenta con 4 instalaciones en operación para la generación de calor y una instalación de generación de frío, si bien, tener referencias en los propios sectores de mayor potencial elevaría las posibilidades de propagar la implementación a mayor velocidad en el territorio nacional.

**Oportunidades detectadas para el desarrollo de la ITP en España** Los periodos de retorno a la inversión en este tipo de instalaciones son directamente proporcionales a la radiación solar normal directa incidente en la superficie reflectante, motivo por el cual España, y en particular la zona Sur, tiene excelentes condiciones climatológicas para desarrollar estos proyectos. Desde la Plataforma Tecnológica Solar Concentra se está llevando a cabo un estudio de potencial de la tecnología, focalizado en facilitar la identificación de potenciales clientes a promotores de la tecnología. Esta labor de desarrollo de negocio común al sector está permitiendo que se lleven acciones comerciales en España y en Andalucía en los siguientes sectores de interés: Textil, Alimentación, Bebidas, Agricultura, Ganadería, Papel, Químico, Plástico, Tratamiento de aguas, Lavanderías y Minería. Al menos en estos sectores, se han identificado procesos industriales que podrían recibir el aporte térmico de una instalación solar de media temperatura y reducir su asociado consumo de combustible fósil.

**Horizonte** Se estima que en los próximos 2 años haya 10 referencias nuevas de

**Temporal:** proyectos de generación de calor de proceso industrial. Para el periodo 2020 – 2030, el aumento del coste de la tonCO<sub>2</sub>, el aumento de coste de los combustibles fósiles y la existencia de más referencias, harán que el sector de las instalaciones solares de media temperatura crezca de manera exponencial en su aplicación de generación de calor de proceso. Si bien, la aplicación de frío parece que necesitará un horizonte temporal algo más dilatado, siendo 2025 el año en el que se espera que haya nuevos proyectos.

**Recursos Financieros necesarios para su desarrollo:** Se considera absolutamente necesaria la implementación de ayudas en forma de subvención para que se lleven a cabo las primeras instalaciones de referencia, así como incentivos fiscales, garantías o financiación blanda que estuviesen permanentemente abiertas. Estas ayudas permitirán desbloquear negociaciones de promotores de la tecnología con clientes industriales al favorecer la reducción de los periodos de retorno a la inversión. Estas subvenciones no deben de permanecer perennes en el tiempo, sino ser la herramienta que permita el despegue a nivel nacional de la tecnología. Serán, dentro de unos años, las Empresas de Servicios Energéticos, o las empresas de ingeniería quienes propongan estas soluciones a las industrias, una vez hayan interiorizado las ventajas competitivas de esta tecnología frente a otras en el ámbito del aprovechamiento del recurso solar. Asimismo, sería interesante que la administración ayudase a desarrollar nuevas fábricas de componentes críticos de la tecnología. A fecha de hoy, estos componentes son los utilizados por las centrales solares termoeléctricas, por lo que el margen de mejora de diseños específicos para la media temperatura traería asociado mejoras de eficiencia y mejoras económicas importantes. Por lo que una ayuda a que centros de investigación desarrollen tecnología de fabricación que posteriormente pasase a ser transferida al sector privado, dinamizaría enormemente el sector.

Las instalaciones en esta iniciativa deberían tener un tamaño significativo, en el rango entre 500 y 5.000 metros cuadrados de superficie útil de captación, para que permita demostrar su viabilidad económica, además de facilitar su control y seguimiento. Se considera que hasta finales de 2020 (en 3 años), en un escenario optimista, deberían desarrollarse unas 30-40 instalaciones que podrían totalizar unos 80.000 metros cuadrados y requerir una inversión total de 150 millones de euros.

El plan a largo plazo 2021-2030 podría promover unas 700 instalaciones que totalicen 1,4 millones de metros cuadrados, lo que supone menos del 5% de la demanda actual y movilizaría una inversión de 2.100 millones de euros. Los recursos necesarios para esta iniciativa se desglosan en:

- Coste de las instalaciones demostrativas: 128 millones euros (financiación pública del 50%)
- Coste de los desarrollos tecnológicos necesarios. 20 millones de euros (financiación pública 75%)
- Costes de las acciones formativas: 1,5 millones de euros

(financiación pública 100%)

- Comunicación y difusión de los resultados: 0.5 millones de euros (financiación pública 75%)

Aspectos No  
Financieros,  
Legales y  
Regulatorios  
Necesarios:

Compromiso por parte de la Administración en reducir las emisiones generadas por el sector en industrial en España. Fomentar las medidas de aprovechamiento de energías renovables, fomentar la reducción de emisiones, fomentar la concienciación de las repercusiones de seguir teniendo una industria tan contaminante, fomentar el aprovechamiento de la ubicación geográfica respecto a los competidores europeos para conseguir reducir la dependencia de combustibles fósiles.

También es necesario establecer unas especificaciones técnicas mínimas para este tipo de instalaciones con el objeto de garantizar un mínimo nivel de desempeño, fiabilidad y durabilidad de forma similar a lo que se realiza en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación, RITE, o incluso la norma de verificación de prestaciones del campo solar para centrales termosolares que actualmente está en desarrollo, incidiéndose en temas como procedimientos de medida de las prestaciones de las instalaciones de contabilización de consumos, o del propio mantenimiento mínimo que hay que realizar a estas instalaciones e incluso de las inspecciones y sanciones en su caso.

Dado el margen de mejora y su amplio potencial de aplicación, se considera de interés el continuar con la investigación y desarrollo de nuevos componentes y diseños encaminados a mejoras tanto de costes, como de fiabilidad, durabilidad y eficiencia, así como a la interacción con otras tecnologías renovables y/o convencionales y sistemas de almacenamiento térmico. La mejora de fiabilidad y durabilidad de las instalaciones se considera, como mínimo, tan importante como la mejora de su eficiencia.

Por otro lado, es necesario disponer de guías y normas a nivel nacional e internacional que permitan garantizar unas calidades mínimas de los materiales y equipos, así como de las instalaciones en general, así como, de herramientas de prediseño/dimensionamiento y de predicción de actuaciones enfocadas a los posibles clientes, de los tomadores de decisiones y agentes financieros,

## 4. RESUMEN Y EVALUACION DEL GEVAL

El Grupo de Evaluación (GEVAL) se reunió el 14-12-2017 con SOLAR CONCENTRA y PROTERMOSOLA para realizar un ejercicio de subjetividad compartida que permitiera definir su opinión sobre el posicionamiento tecnológico español en estas tecnologías, el valor intrínseco de éstas a nivel global y nacional, las bases de la I+D+i de esta materia en España, así como las barreras a afrontar para el desarrollo y despliegue en el mercado.

La documentación aportada por SOLAR CONCENTRA cubre dos áreas tecnológicas (concentración solar para producción de electricidad y para aportación de calor solar en procesos industriales) con muy diferente grado de concreción, en consistencia con el diferente grado de despliegue comercial de ambas áreas tecnológicas.

El GEVAL reconoce el enorme potencial de las tecnologías solares térmicas de concentración especialmente por los valores de gestionabilidad y de sostenibilidad que aportan a sistema eléctrico y al suministro de energía térmica en el sector industrial. El 84% del GEVAL opina que hay un mercado actual amplio o interesante para las tecnologías de CST.

Asimismo, hay mayoría de miembros del GEVAL que considera que las tecnologías CST han generado en España un desarrollo de tejido empresarial significativo en los últimos 10 años, valorado actualmente en un mercado de 1800-1900 M€/año.

Existió acuerdo unánime en que existen empresas españolas asociadas a las tecnologías de CST.

La cuota de mercado nacional integrada de los últimos 10 años para las empresas anteriores, alcanza, en opinión del GEVAL, un valor promedio del 41 %, manifestando el 61 % del grupo que esta cuota es superior al 50%.

Ha habido opinión casi unánime en GEVAL en que existen empresas españolas capaces de dar respuesta en el corto y largo plazo a los desarrollos tecnológicos necesarios, por su estado de madurez insuficiente, con el fin de llevarlos a la cadena productiva.

La visión de futuro del GEVAL sobre las tecnologías de concentración solar térmica es optimista, como demuestra su opinión sobre la creación esperada de nuevas empresas industriales españolas (incluidas nuevas ramas de actividad en industrias ya existentes). Para el año 2022 las respuestas del grupo dan un valor medio de 7 nuevas empresas, y en el periodo 2022-2030 prevén más de 10 nuevas empresas.

La visión positiva anterior es corroborada por el GEVAL al estimar que las empresas españolas del sector alcanzarían para 2022 cuotas de mercado del orden del 48% en el mercado nacional y del 27 % en el mercado internacional. Para el periodo 2022-2030, estas cuotas se estimaron en el 37 % del mercado nacional y del 15 % del mercado internacional, mercados que se estimó iban a crecer muy notablemente.

Mayoritariamente, el GEVAL considera que las tecnologías de concentración solar térmica merecen atraer un mayor apoyo de las políticas públicas de I+D+i, concentrándolo en proyectos de desarrollo tecnológico de colaboración Público-Privada, a realizar por consorcios de empresas y agentes de I+D, así como en proyectos de innovación empresarial.

Dentro del mercado tecnológico de las tecnologías de concentración solar térmica, el GEVAL estima que este mercado de las empresas españolas será en 2022 de unos 2000 M€/año, considerando mercado nacional e internacional. Este mismo valor se ha estimado por GEVAL en más de 2500 M€/año en el periodo 2022-2030, dando cuenta de la confianza de este grupo en la evolución positiva de estas tecnologías<sup>31</sup>.

La importancia de los mercados exteriores de las tecnologías CST para la industria española en 2022, se dirige principalmente a Oriente Medio y Norte de África, con un 100 % del total de los votos asignados por GEVAL a esta región, seguida de Latinoamérica (71%) y del Sur de África (53%). En la perspectiva del periodo 2022-2030 se mantienen Oriente Medio y Norte de África como principales mercados para el despliegue de tecnologías CST españolas, con un 94 % de las votaciones, aunque en segundo lugar queda en este caso Latinoamérica con un 83 %, siendo el Sur de África la tercera con un 56 %.

Al preguntar al GEVAL sobre la orientación preferente para establecer alianzas estratégicas en terceros países, se percibieron, casi con el mismo peso de opinión, a Latinoamérica, Europa, Oriente medio y Norte de África como regiones en las que la CST puede servir de instrumento para reforzar alianzas estratégicas para potenciar la innovación.

Las alianzas estratégicas de mayor interés, en opinión del GEVAL, para la conquista de mercado por las empresas españolas dedicadas a las energías de CST, resultan ser Latinoamérica (en primer lugar, con 94% de peso de opinión), Oriente Medio y Norte de África (con 78%) y América del Norte (con un 59% de peso de opinión).

---

<sup>31</sup> En el momento de la reunión GEVAL - SOLART CONCENTRA no se conocía el escenario que plantea el actual PNIEC, en el que se espera el despliegue de 5000 MW de potencia solar termoeléctrica y un impulso a la integración de calor solar en los procesos industriales. Este nuevo despliegue de capacidad implicará añadir al mercado actual de producción de energía CST-E inversiones anuales promedio de unos 2000 M€/año



El GEVAL opina que las tecnologías energéticas CST merecen que el país concentre un mayor esfuerzo inversor, el apoyo de otras políticas y la generación de normativa e instrumentos adecuados para que España disponga de una ventaja diferencial a medio plazo, aunque con alguna reserva sobre su evolución, lo que ratifica la opinión mayoritaria de que el país tiene ante sí una importante oportunidad en este campo, por su posición de vanguardia en las tecnologías CST, su enorme recurso solar y sus centros de investigación punteros en la materia. Considerando las circunstancias anteriores, así como el potencial de actividad y empleo de las tecnologías energéticas CST, GEVAL opina, con un 45 % de sus votos, que estas tecnologías merecen disponer de más recursos dedicados a la innovación que otras tecnologías energéticas.

El 72% del GEVAL no considera que las tecnologías energéticas CST tengan problemas de aceptación social. Aunque el 94% está convencido de la factibilidad de la superación de los problemas de aceptación social de estas tecnologías.

Para superar los posibles problemas de aceptación pública, los instrumentos más convenientes, en opinión del GEVAL, son, en primer lugar, la información al público (56 %), seguida de un desarrollo adecuado de normativa y legislación (28%)

Las instituciones empresariales y tecnológicas dedicadas a las energías CST han identificado las barreras regulatorias que deben reformarse para la implantación de dichas energías.

Ante la posible necesidad de las reformas anteriores, la mayoría del GEVAL (83 %) opina que se llevaran a cabo antes del 2022.

Por la naturaleza y tamaño de los proyectos de demostración necesarios, se ha preguntado al GEVAL si estos son viables para ser desarrollados en España en 2022. La respuesta mayoritaria ha sido positiva, con un 44 % de votos sin reservas y un 39% de votos que consideran conveniente combinar capacidades nacionales de I+D+i, existentes o nuevas, con externas, para maximizar el beneficio industrial en España.

El GEVAL considera mayoritariamente que en España hay una base sólida de investigación en tecnologías energéticas de CST, competitiva a nivel internacional, con personal muy cualificado, con instalaciones experimentales punteras y grupos de renombre; sin embargo, se anima a mejorar dicha base con aportaciones especiales para mantenerla y a potenciar la colaboración entre centros y grupos de investigación para alcanzar masas críticas, o una focalización de esfuerzos adecuada.

Mayoritariamente (89 %) se considera que existen en España las infraestructuras de I+D necesarias, o que pueden existir en un plazo razonable sin un coste apreciable.

En opinión del GEVAL, la capacidad de los centros de I+D+i en tecnologías energéticas CST recoge las áreas de homologación y certificación adecuadamente, si bien conviene aclarar que aún será necesario continuar el desarrollo de normativa y de procedimientos de ensayo y certificación de componentes y subsistemas, lo que necesitará nuevas instalaciones para los mismos.

El GEVAL valora mayoritariamente como adecuada la organización de la I+D+i en estas tecnologías, aunque entorno al 40% entiende que deberían proponerse cambios en los planes de acción y coordinación, y estaría justificado crear líneas de priorización y programas de financiación.

La opinión del GEVAL afirma que los desarrollos tecnológicos en materia de energías de Concentración Solar Térmica, llevados a cabo en España por empresas y centros de investigación, son conocidos y valorados fuera de nuestro país, aunque no en la medida completa de su importancia. En lo que respecta a los centros de I+D+i del país, son bien conocidos, apreciados y utilizados por contratistas extranjeros, sin duda debido al escaparate conseguido gracias a su extensa y activa en los Programas Marco de la UE.

La actual capacidad de transferir conocimiento desde la ciencia a la tecnología y mercado en este área es muy aceptable en opinión del 89% del GEVAL. La penetración de nuevos desarrollos tecnológicos en el mercado aun requerirá de instrumentos de apoyo y financiación públicos.

Los agentes tecnológicos en energías de CST, han definido una primera tanda de Iniciativas Tecnológicas Prioritarias (ITPs), que identifican, con probabilidad de éxito, productos o servicios con potencial mercado y creación de actividad económica.

El GEVAL considera mayoritariamente que sería útil, para acelerar la entrada en el mercado de estas tecnologías, que la Administración defina líneas prioritarias y propuestas de financiación específicas para estas tecnologías después de consultar con los expertos.

Finalmente, a la pregunta de si se considera que las tecnologías energéticas de Concentración Solar Térmica pueden ser clave para la transición energética en el marco de la UE, la respuesta del GEVAL fue claramente afirmativa (67%). A este respecto, conviene aclarar que este papel será variable según las diferentes tecnologías involucradas, siendo probablemente la solar termoeléctrica con almacenamiento térmico jugará un papel más importante, quizás muy relevante, sobre todo en los países del sur de Europa y otros países con alto recurso de radiación solar directa.

## 5. REFERENCIAS Y CONTRIBUCIONES

### 5.1. Contribuciones y Expertos Participantes

#### Redactor(es) del Anexo:

Félix M. Téllez  
Eduardo Zarza

#### Contribución/Revisión desde la PTE SOLAR CONCENTRA

Luis Crespo (PROTERMOSOLAR / ESTELA)  
Diego Crespo Mencia (PROTERMOSLAR / SOLAR CONCENTRA)  
Raúl García (PROTERMOSLAR / SOLAR CONCENTRA)

#### Miembros de GEVAL-ALINNE que han participado en el ejercicio de análisis de este ANEXO:

Marta Llinás (ACS), Sara Muñoz (ACS), Pablo Fernández (ALINNE), M<sup>a</sup> Luisa Revilla (CDTI), Ruth Yagüe (CDTI), Santiago Marcos (CDTI), Marcelino Sánchez (CENER), Enrique Soria (CIEMAT), José Ignacio Cruz (CIEMAT), M<sup>a</sup> Luisa Castaño (CIEMAT), Maximiano Bernabé (CNH2), Miguel Antonio Peña (CSIC), Ana Padilla (ENERCLUB), Juan Avellaner (EYDESA), Javier Alonso (GAS NATURAL FENOSA), José Luis García (GAS NATURAL FENOSA), Lorena Prado (MAPAMA-OECC), Ana Lancha (MEIC), Unai Búrdalo (REE), José Ignacio Briano (CREARA).

#### Secretaría Técnica de ALINNE:

José Gutiérrez (CIEMAT), Felix Téllez (CIEMAT), Jorge de Berenguer (CIEMAT)

### 5.2. Agradecimientos

Las actividades de ALINNE cuentan con **patrocinio público y privado**. Desde el sector público colaboran: **CIEMAT, CRUE, CSIC, IDAE, M<sup>o</sup> de Ciencia, Innovación y Universidades (Agencia Estatal de Investigación, Dirección General de Política de la I+D+i y Dirección General de Industria y de la PYME), M<sup>o</sup> para la Transición Ecológica (Subdirección General de Eficiencia Energética y Oficina Española de Cambio Climático) y la Universidad de Zaragoza**. Desde el sector privado se cuenta con la participación de ocho empresas: **ACS-SCE; ALBUFERA ENERGY STORAGE; ESTEYCO; GEOTER; IBERDROLA; NATURGY; REE y SIEMENS-GAMESA**.

Actualmente, estas actividades cuentan, además, con la financiación pública del proyecto “**Red de Excelencia ENE2017-90816-REDE**”

### 5.3. Referencias Bibliográficas

- [1]. PROTERMOSOLAR y SOLAR CONCENTRA (Dic. 2017) “Presentación de la Plataforma Solar Concentra ante el GEVAL-ALINNE” (Documento interno ALINNE y PTE Solar Concentra)
- [2]. PROTERMOSOLAR (2018) “INFORME DE TRANSICIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO HORIZONTE 2030”. ([https://www.protermosolar.com/wp-content/uploads/2018/06/INFORME-DE-TRANSICION-DEL-SECTOR-ELECTRICO\\_HORIZONTE-2030.pdf](https://www.protermosolar.com/wp-content/uploads/2018/06/INFORME-DE-TRANSICION-DEL-SECTOR-ELECTRICO_HORIZONTE-2030.pdf))
- [3]. APPA (2016). Estudio del impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España”. [https://appa.es/wp-content/uploads/descargas/Estudio\\_APPA\\_2016.pdf](https://appa.es/wp-content/uploads/descargas/Estudio_APPA_2016.pdf)
- [4]. DELOITE (2015): “Impacto macroeconómico del Sector Solar Termoeléctrico en España” [https://www.protermosolar.com/wp-content/uploads/2015/05/Impacto\\_macroeconomico\\_del\\_sector\\_solar\\_termoelectrico\\_en.pdf](https://www.protermosolar.com/wp-content/uploads/2015/05/Impacto_macroeconomico_del_sector_solar_termoelectrico_en.pdf)
- [5]. IRENA (2016): “THE POWER TO CHANGE: SOLAR AND WIND COST REDUCTION POTENTIAL TO 2025”. [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_Power\\_to\\_Change\\_2016.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Power_to_Change_2016.pdf)
- [6]. SOLAR CONCENTRA (Oct. 2017): “Datos Indicadores para APDTE 2017-18 – SOLAR CONCENTRA”. (Documento interno ALINNE y PTE Solar Concentra)
- [7]. Johan Lilliestam, Mercè Labordena, Anthony Patt, Stefan Pfenninger (2017): “Empirically observed learning rates for concentrating solar power and their responses to regime change”, NATURE ENERGY 2, 17094 (2017) | DOI: 10.1038/nenergy.2017.94 | [www.nature.com/natureenergy](http://www.nature.com/natureenergy)
- [8]. Entrevista a Luis Crespo, Revista Energías Renovables 173, Julio-Agosto 2018 (pgs 36-38)
- [9]. PTE Solar Concentra (2017): “Who is who. Estudio geolocalizado del potencial de aplicaciones de calor solar de proceso en media temperatura”. <http://www.solarconcentra.org/wp-content/uploads/2017/10/Estudio-Anualidad-2016.GT-MT.pdf>
- [10]. PTE Solar Concentra (2018): Who is who(II) Estudio geolocalizado de Lavanderías - Minería - Químico - Tratamiento aguas ([http://www.solarconcentra.org/wp-content/uploads/2018/07/Estudio.MT\\_2aAnualidad.pdf](http://www.solarconcentra.org/wp-content/uploads/2018/07/Estudio.MT_2aAnualidad.pdf))
- [11]. IDAE (2011) Evaluación del Potencial de la Energía Solar Térmica en el Sector Industrial. [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11227\\_e8\\_ST\\_industria\\_bf2e9296.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e8_ST_industria_bf2e9296.pdf)
- [12]. ALINNE y PTEs (2018) “Catalogo de Iniciativas Tecnológicas Prioritarias”. Presentado en el Primer foro de inversión para el desarrollo energético sostenible de Andalucía, 20 junio 2018). <http://www.alinne.es/documents/17669/20114/Cat%C3%A1logo+ITPs+ALINNE-ft+Jun19.pdf/dcf80633-e6c8-463c-bd21-148cbf87472a>
- [13]. APPA (2017). Estudio del impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España”. [https://www.appa.es/wp-content/uploads/2018/10/Estudio\\_del\\_impacto\\_Macroeconomico\\_de\\_las\\_energias\\_renovables\\_en\\_Espa%C3%B1a\\_2017.pdf](https://www.appa.es/wp-content/uploads/2018/10/Estudio_del_impacto_Macroeconomico_de_las_energias_renovables_en_Espa%C3%B1a_2017.pdf)
- [14]. EU-Integrated SET Plan (2017) “Initiative for Global Leadership in Concentrated Solar Power -Implementation Plan” ([http://www.solar-era.net/files/9315/2706/3908/SET\\_Plan\\_CSP\\_Implementation\\_Plan\\_2017.pdf](http://www.solar-era.net/files/9315/2706/3908/SET_Plan_CSP_Implementation_Plan_2017.pdf))
- [15]. IRENA (2015), Solar Heat for Industrial Processes. Technology Brief ([http://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA\\_ETSAP\\_Tech\\_Brief\\_E21\\_Solar\\_Heat\\_Industrial\\_2015.pdf](http://www.irena.org/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2015/IRENA_ETSAP_Tech_Brief_E21_Solar_Heat_Industrial_2015.pdf))
- [16]. IEA Solar Heating & Cooling Programme, May 2018. “Solar Heat Worldwide. Edition 2018”. (<https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2018.pdf>)

- [17]. Shahjadi Hisan Farjana, Nazmul Huda, M.A. Parvez Mahmud, R. Saidur, “Solar process heat in industrial systems – A global review”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 82, Part 3, 2018, Pages 2270-2286, ISSN 1364-0321, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032117312108>
- [18]. BORRADOR DEL PLAN NACIONAL INTEGRADO DE ENERGÍA Y CLIMA 2021-2030 (PNIEC): [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/spain\\_draftnecp.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/spain_draftnecp.pdf)
- [19]. RHC, European Technology Platform on Renewable Heating and Cooling: “Solar Heating and Cooling Technology Roadmap” Contribuciones y expertos Consultados
- [20]. ESTIF, (2018). “Solar Heat Markets in Europe. Trends and Market Statistics 2017. Summary [http://solarheateurope.eu/wp-content/uploads/2018/12/Solar\\_Heat\\_Markets\\_2018-Web-based-version.pdf](http://solarheateurope.eu/wp-content/uploads/2018/12/Solar_Heat_Markets_2018-Web-based-version.pdf)

## 5.4. Abreviaturas

AIE	Agencia Internacional de la Energía
ALINNE	Alianza por la Investigación y la Innovación Energéticas
APDTE	Análisis del Potencial de Desarrollo de Tecnologías Energéticas
APPA	Asociación de Empresas de Energías Renovables
AT	Área Tecnológica
CCP	Colectores Cilindroparabólicos
CE, UE	Comisión europea, Unión Europea
CF	Concentradores Fresnel
CODES	Comité de estrategia (en ALINNE)
CST-CP	Concentración Solar Térmica para Calor de Proceso
CST-E	Centrales Solares Termoeléctricas
ESTELA	Asociación industrial que agrupa al sector de la Solar termoeléctrica en Europa
FOAK	(de inglés “first of a Kind”) se refiere a proyecto de demostración de escala comercial
ETC	“Evacuated tube Collectors”, Colectores con tubos de vacío

FPC	“Fresnel Parabolic Colectors, Colectores Lineales Fresnel
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GEVAL	Grupo de Evaluación (en ALINNE)
IRENA	International Renewable Energy Agency
ITP	Iniciativa Tecnológica Prioritaria
LCOE	Coste ponderado de la Electricidad (o Levelized Costo of the Electricity)
MENA	Medio Este y Norte de África
PROTERMOSOLAR	Asociación industrial que agrupa al sector de la Solar termoeléctrica en España
PTE	Plataforma Tecnológica de Ámbito Energético
RCT	Campos de heliostatos y receptor soportado sobre torre central
RCT	Receptor Central en Torre
SET Plan	Strategic Energy Technology Plan (del Plan Estratégico en tecnologías Energéticas
SOLAR CONCENTRA	Plataforma Tecnológica Española de ámbito energético en Concentración solar térmica
STE	Solar Termo Eléctrica
FIT	“feed-in tariff” o sistema de incentivo o prima a la generación
PNIEC	Plan Nacional Integrado de Energía y Clima

## 5.5. Apéndices

- Apéndice I Datos de indicadores solicitados por ALINNE y suministrados por SOLAR CONCENTRA
- Apéndice II Presentación de SOLAR CONCENTRA ante el GEVAL
- Apéndice III Resultados del ejercicio de subjetividad compartida de GEVAL

## 5.6. Historial de Cambios

*(Este historial solo aparecerá en el Borrador)*

Version	Fecha	Modificado por	Cambio realizado
0	9/10/2018	ALINNE(FT)	Propuesta de Indice y primer borrador a modo de ejemplo para discusion
1	31/05/2019	ALINNE(FT)	Primer borrador completo excepto Seccion 4
2	18/11/2019	ALINNE(FT)	Seccion 4
2.1	23/11/2019	E. Zarza	Revision
2.2	05/12/2019	ALINNE (FT)	Seccion 3.2 y Consolidación de cambios.