

# LOS NUEVOS PAISAJES DE LA ENERGÍA SOLAR: LAS CENTRALES TERMOSOLARES\*

Cayetano Espejo Marín  
*Universidad de Murcia\*\**

## RESUMEN

España ha sido pionera en el desarrollo de la energía solar termoeléctrica, debido a la instalación a finales de los años setenta de la Plataforma Solar de Almería, centro de investigación de referencia a nivel mundial. Esta aportación analiza los aspectos básicos de las tecnologías termosolares, la política que ha fomentado el desarrollo de esta energía en España, y la localización de las centrales en producción. Por último, se exponen las principales características de algunas centrales para conocer su impacto sobre el paisaje.

**Palabras clave:** electricidad, sistema solar termoeléctrico, energía renovable, España, política energética.

## The new landscapes of solar energy: solar-thermal electric centrals

## ABSTRACT

Spain is a pioneering country in the generation of solar-thermal electric energy. This is directly linked to the installation in the late 1970s of a solar-thermal electric central in Almeria, which has become a reference centre worldwide. In this paper, some basic aspects of solar-thermal technologies in our country will be analysed. In addition, the national policies which have promoted this type of energy in Spain will be considered. Finally, the main solar-thermal centrals and their characteristics will be located, with the additional aim of assessing their environmental effects.

**Key words:** electricity, solar-thermal electric conversion, renewable energy, Spain, energy policy.

La energía es un elemento que estructura los paisajes y determina muchas de las transformaciones territoriales de las sociedades humanas. Además es un recurso para los sistemas bióticos y sociales, un fundamento de nuestro imaginario paisajístico común (energía del viento, energía del agua, etc.) y un condicionante de supervivencia de las sociedades y territorios actuales. Debido a su carácter descentralizado y disperso, las afecciones territoriales de las energías renovables tienden a ser más notables que las de las energías convencionales; además en muchos casos su emplazamiento coincide con los lugares de mayor exposición visual. A estas circunstancias se añade la necesidad de evacuación de la energía producida,

\* Fecha de recepción: 14 de mayo de 2010.

Fecha de aceptación: 20 de octubre de 2010.

\*\* Departamento de Geografía. Universidad de Murcia. Campus de La Merced. 30001 Murcia (España). E-mail: cespejo@um.es

que da lugar a la proliferación de un complejo entramado de infraestructuras eléctricas con destacada incidencia sobre los paisajes (Frolova y Pérez, 2008).

Tras décadas de investigación, a mediados de esta década comienza el desarrollo comercial de las centrales termosolares en España. Estas instalaciones se localizan en la España meridional, donde la radiación solar es mayor. Su impacto sobre el paisaje viene dado por la gran extensión que ocupan, más de un centenar de hectáreas (has), en su mayoría destinadas al campo solar, en el que se sitúan los centenares de miles de metros cuadrados de espejos reflectores. También es llamativa la torre central de las que funcionan con esta tecnología, dada su elevada altura, próxima al centenar de metros. Dentro de estas instalaciones también ocupan un espacio considerable los equipos de potencia, y en los casos en los que cuentan con ellos, los acumuladores de calor: depósitos cilíndricos de 14 metros (m) de altura y 36 m de diámetro, donde se depositan cerca de 30.000 toneladas (Tm) de mezcla de sales de nitrato de potasio y nitrato de sodio.

Tres han sido los factores que contribuido al desarrollo de la energía solar termoeléctrica en España: a) la disponibilidad de abundante radiación solar, b) la existencia de la Plataforma Solar de Almería, centro de investigación de referencia internacional con tres décadas de experiencia, c) la Política de Fomento de las Energías Renovables desarrollada a lo largo de la primera década del siglo XXI. Esta situación ha provocado el interés de las grandes empresas eléctricas por invertir en un sector viable económicamente. En apenas unos años España se ha convertido en un referente en tecnología solar termoeléctrica en Europa y en el mundo.

## 1. TECNOLOGÍAS DE TRANSFORMACIÓN SOLAR TERMOELÉCTRICA

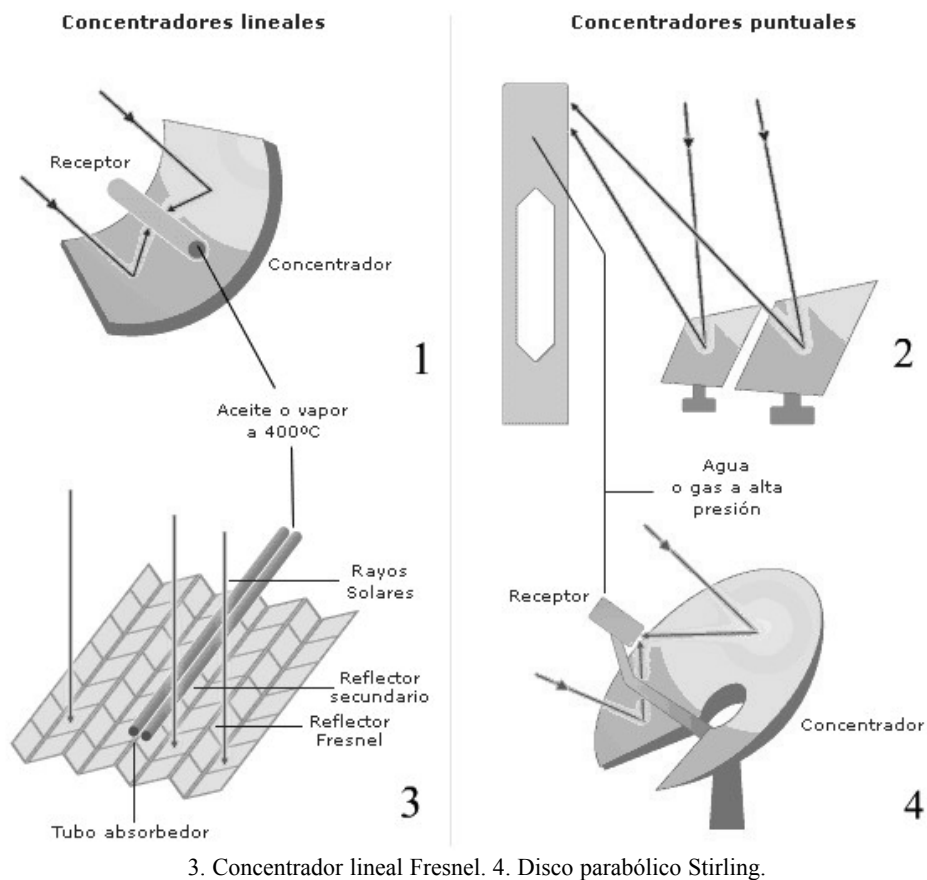
Dentro de la electricidad de origen solar se trabaja en dos sistemas básicamente: los sistemas fotovoltaicos y los sistemas térmicos. En los sistemas térmicos se distinguen dos tipos: los campos solares y la tecnología de disco Stirling.

Los sistemas termosolares de concentración son el conjunto de elementos que utilizan la tecnología basada en la transformación de la componente directa de la radiación solar en energía térmica a alta temperatura, y esta energía térmica en electricidad y/o calor, bien para su utilización inmediata, o bien como energía almacenable en forma de calor o en forma química; en todos los casos se emplean concentradores basados en espejos o en lentes. En la actualidad hay cuatro tecnologías principales de sistemas termosolares de concentración (Figura 1), que sobresalen por su alto nivel de desarrollo, mayor en unas que otras (Ruiz, 2009).

La más extendida de ellas es la correspondiente a los **canales parabólicos** (CP o CSP, de su nombre más extendido en inglés) que concentran la radiación en una línea donde se sitúa el absorbedor. Le sigue en implantación los sistemas de **receptor central** (RC). En este caso la radiación concentrada se hace incidir sobre un punto en cuyas proximidades se coloca el absorbedor (receptor central) y que, en todos los casos prácticos por ahora, se sitúa en la parte alta de una torre por lo que también se llaman “de torre”. La tercera tecnología más desarrollada es la de **discos parabólicos** (DP) que, como la de receptor central, concentra la radiación en un punto donde se sitúa el correspondiente absorbedor o receptor, también por ahora un motor Stirling. Más recientemente ha aparecido una nueva tecnología de concentración, los **reflectores o concentradores lineales de Fresnel** (CLF),

que de la misma manera que los CP concentran la radiación en una línea donde se coloca el correspondiente absorbedor.

Figura 1. Tecnologías termosolares.



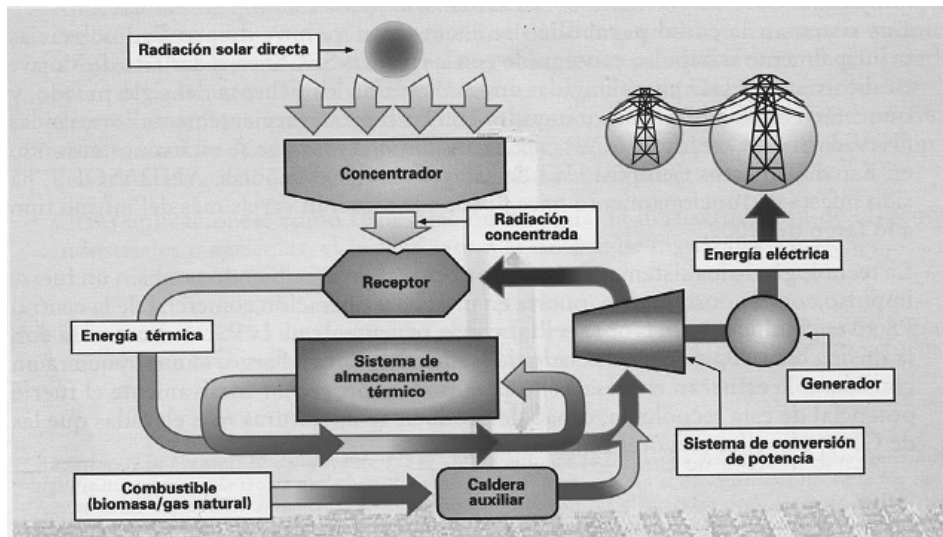
3. Concentrador lineal Fresnel. 4. Disco parabólico Stirling.

Fuente: <http://abengoasolar.com>

Los campos de aplicación de estas tecnologías son muy diversos, en realidad todos emplean calor y/o electricidad. Lo ideal desde el punto de vista termodinámico sería que las instalaciones fueran de cogeneración y no sólo de generación de electricidad. Sin embargo, en la actualidad se están imponiendo estas últimas, que suponen la mayor contribución potencial a la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles en el sistema eléctrico. Son las conocidas **centrales eléctricas termosolares**. Una central eléctrica termosolar se compone de un sistema captador, un sistema absorbedor, un sistema de conversión de potencia y, también puede incluir un sistema de almacenamiento térmico y otro de combustibles (fósiles o renovables) (Figura

2). El **sistema captador** es el que recibe la radiación solar y la redirige y concentra sobre el absorbedor (receptor), donde se produce la transformación en energía térmica, casi siempre en forma de aumento de la entalpía (cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno) de un fluido. En circunstancias habituales, la entalpía conseguida con el **absorbedor** se transfiere a un ciclo de potencia –por ahora de vapor, en la mayor parte de los casos– en el que obtiene el trabajo que luego se transforma en electricidad y/o calor para alimentar algún proceso consumidor de esta forma energética. Los **sistemas de almacenamiento** y los sistemas de aporte de calor con **combustible** adicional permiten aportar energía en el ciclo de potencia en momentos en que no hay radiación solar, por lo que este tipo de plantas con almacenamiento térmico y/o caldera adicional permiten generar electricidad en función de la demanda, con los correspondientes beneficios para el conjunto del sistema eléctrico. Por “parte solar” se entiende los sistemas de captación y de absorción, mientras que el resto es el sistema convencional de potencia. Existen también elementos de transición energética entre una parte y otra, normalmente intercambiadores de calor (Ruiz, 2009).

Figura 2. Central energética termosolar.



Fuente: RUIZ HERNÁNDEZ, V. (Dir.) (2009): *La electricidad solar térmica, tan lejos, tan cerca*. Barcelona, Fundación Gas Natural.

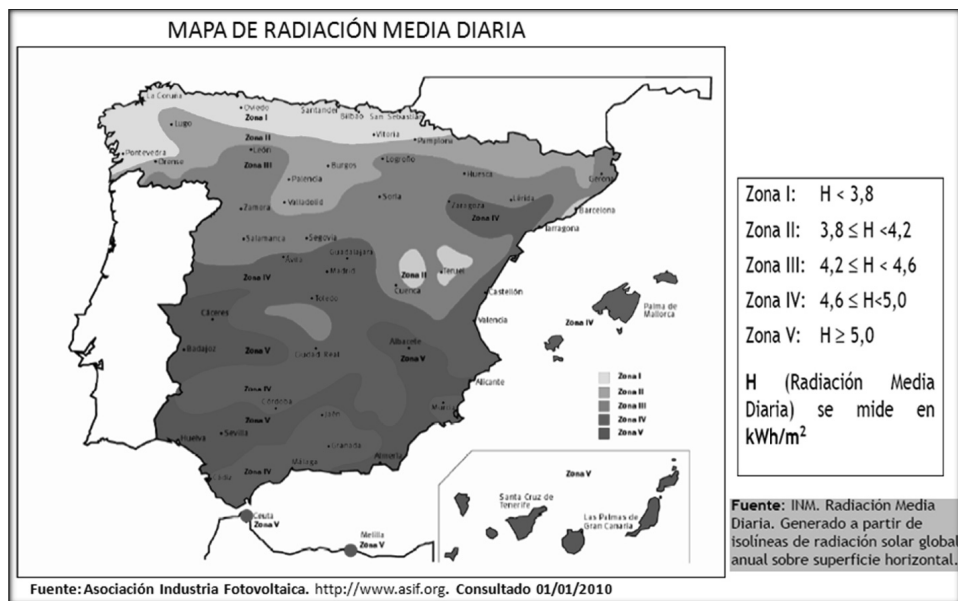
## 2. ABUNDANTE RADIACIÓN SOLAR

El sol ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado ni a la mitad de su existencia. España por su privilegiada situación y condiciones climáticas, se ve particularmente favorecida respecto a muchos países de Europa, ya que sobre cada metro cuadrado ( $m^2$ ) de su suelo inciden al año unos 1.500 kilovatios/hora (kWh) de energía. En el sur de la Península esta cantidad es algo superior, llegando a valores de 1.800 y 1.900 kWh/ $m^2$  al año o 5 kWh/ $m^2$  al día (Ruiz, 2006).

J.J. Capel Molina (2000) en su libro *El Clima de la Península Ibérica* señala que la insolación se incrementa de norte a sur, en dirección hacia el Trópico de Cáncer, mostrando una notable disminución estacional en las épocas equinocciales, períodos de máxima actividad de las perturbaciones atlánticas y de los sistemas nubosos asociados a ellas, a su paso por el solar ibérico o en sus proximidades I. Font Tullot en su obra *Climatología de España y Portugal*, considera que dentro de las unidades de cantidad empleadas en la medida de la insolación, la caloría gramo por centímetro cuadrado es la más clásica, y el kWh/m<sup>2</sup> la más práctica. Tras cartografiar el mapa de media anual de insolación total diaria, expresada en kWh/m<sup>2</sup>, llega a las siguientes conclusiones de carácter general:

- En la mayor parte de la zona de clima mediterráneo la energía recibida por el suelo en un día supera, por término medio, los 4,25 kWh/m<sup>2</sup>.
- La mayor insolación, por encima de los 5 kWh/m<sup>2</sup>, se registra en el sur de Portugal y en el extremo sureste de la Península.
- Promediando en el tiempo y en el espacio la insolación total diaria, obtenemos aproximadamente, 4,28 kWh/m<sup>2</sup>, lo que significa que la cantidad media de energía solar que recibe la superficie total de la Península es del orden de 2,5 billones de kWh, lo que da una idea de su gran magnitud.

Figura 3.



### 3. LA PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA

España ha sido pionera a nivel mundial en la investigación y desarrollo de la energía solar termoelectrica. La Plataforma Solar de Almería (PSA) es la más completa instalación

en el mundo para el ensayo de aplicaciones de la radiación solar concentrada. Surgió a finales de los años setenta ante una iniciativa de la Agencia Internacional de la Energía (AIE). En paralelo con aquella iniciativa, el Gobierno Español decidió involucrarse en un proyecto adicional de carácter totalmente nacional en el que sólo intervinieron empresas españolas, en el mismo lugar, el Llano de los Retamares, en el municipio de Tabernas (Almería); de esa decisión nació la Central Electro Solar de Almería (CESA 1). La consecuencia más significativa de los trabajos de I+D de estos proyectos, el de la AIE y CESA 1, fue la comprobación experimental y fehaciente de la viabilidad técnica de generar electricidad a partir de la radiación solar directa, que era lo que se pretendía (Ruiz, 2009).

La PSA está situada en el Sureste de España, en el desierto de Tabernas, en una parcela de 103 has, a 37° 05' 27,8" Latitud Norte y 2° 21' 19" Longitud Oeste. Recibe una insolación directa anual por encima de los 1.900 kWh/m<sup>2</sup> al año y la temperatura media anual está entorno a los 17°C.

La PSA pertenece al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), y es el mayor centro de investigación, desarrollo y ensayos de Europa dedicado a las tecnologías solares de concentración. La PSA desarrolla sus actividades integrada como una división de I+D dentro de la estructura del Departamento de Energía del CIEMAT.

En la PSA se han ensayado varias instalaciones de sistemas de concentración solar, así como diferentes elementos y sistemas de transformación en energía útil. En un pasado reciente, años ochenta, se trataba de estudiar la viabilidad técnica de la producción de energía eléctrica a través de una transformación térmica y la correspondiente máquina termodinámica. Estos intentos estuvieron propiciados por la crisis del petróleo que se inició con la guerra árabe-israelí del Yom Kippur, el año 1973 (Ruiz, 2006).

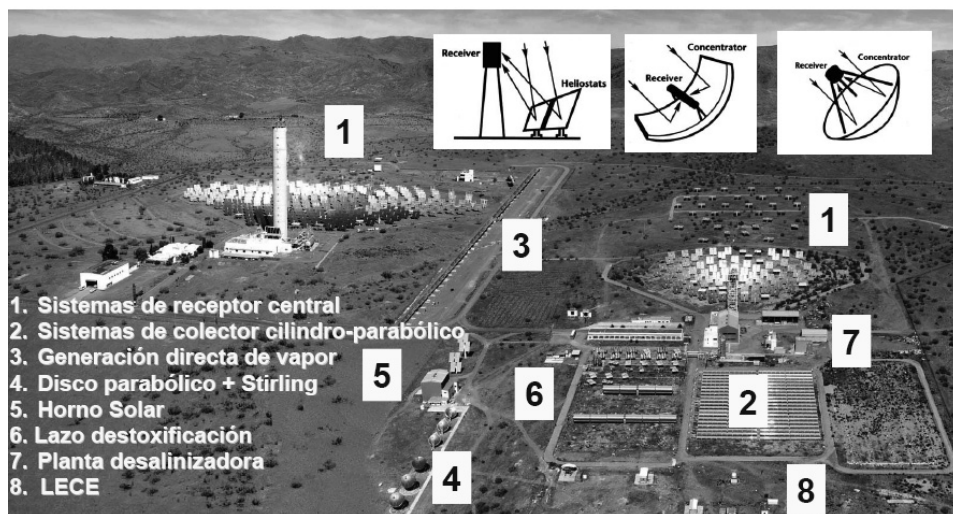
Tal y como recoge en su *Informe Bianual 2008-2009*, en la actualidad las principales instalaciones de ensayos disponibles en la Plataforma Solar de Almería son:

- Los sistemas de receptor central CESA I y SSPS-CRS de 7 megavatios (MW) y 2,7 MW respectivamente.
- El sistema de colectores cilindro parabólicos SSPS-DCS de 1,2 MW, que tiene asociado un sistema de almacenamiento térmico y una planta de desalinización de agua.
- El lazo de ensayos DISS de 1,8 MW, que constituye un excelente sistema experimental para la investigación del flujo bifásico y la generación directa de vapor para producción de electricidad.
- El lazo de ensayos HTF, dotado de un complejo circuito de aceite que permite la evaluación de nuevos componentes para colectores cilindro parabólicos.
- El lazo tecnológico "Fresnel lineal", denominado FRESDEMO.
- El sistema de colectores cilindro-parabólicos denominado "Lazo de Ensayos para Fluidos Innovadores".
- Una instalación con seis sistemas disco Stirling denominada DISTAL.
- Un horno solar de 60 kW para procesos de tratamiento térmico de materiales.

- Una instalación múltiple para aplicaciones de destoxificación solar, compuesta de un lazo de colectores cilindro-parabólicos, con seguimiento en dos ejes y tres lazos de motorreactores tipo CPC, para la realización de diferentes tipos de ensayos.
- El Laboratorio de Ensayo Energético de Componentes de la Edificación (LECE).
- El edificio ARFRISOL, parte integrante del “Proyecto Singular Estratégico” del mismo nombre, y que es un contenedor-demostrador de las más avanzadas tecnologías para el ahorro y la eficiencia energética en la edificación.
- Una estación meteorológica integrada en la “Baseline Surface Radiation Network” (BSRN).

Figura 4. Plataforma Solar de Almería.

## INSTALACIONES DE ENSAYO EN LA P.S.A.



Fuente: Plataforma Solar de Almería.

La PSA cuenta con dos instalaciones excepcionales para el ensayo y validación de componentes y aplicaciones con tecnología de receptor central. Las instalaciones CRS y CESA-I permiten abordar proyectos y validar tecnologías en el rango de los cientos de kilovatios a varios megavatios. Son por tanto dos laboratorios a intemperie especialmente acondicionados para escalar y cualificar sistemas en su fase previa a la etapa de demostración comercial.

### - La instalación CESA-I

El proyecto CESA-I fue promovido por el Ministerio de Industria y Energía e inaugurado en mayo de 1983 para demostrar la viabilidad de las plantas solares de receptor central y para permitir el desarrollo de la tecnología necesaria. En la actualidad CESA-I ya no pro-

duce electricidad, sino que opera, con un alto grado de flexibilidad, como una instalación de ensayo de componentes y subsistemas como heliostatos, receptores solares, sistemas de almacenamiento térmico, turbinas de gas solarizadas, sistemas de control e instrumentación para la medida de altos flujos de radiación solar concentrada.

La instalación capta la radiación solar directa por medio de un campo de 300 heliostatos, espejos móviles que concentran la radiación solar en el receptor central, de 39,6 m<sup>2</sup> de superficie cada uno, distribuidos en un campo de 16 filas con una extensión de 330 x 250 m. Cuenta con la experiencia más extensa en heliostatos tipo vidrio-metal que hay en el mundo, disponiendo en su campo de unidades de primera generación fabricadas por SENER y CASA, así como unidades con facetas reflectantes de segunda generación de la empresa ASINEL, y facetas y prototipos de tercera generación desarrollados por CIEMAT en colaboración con la empresa SOLÚCAR. A pesar de sus más de 20 años de antigüedad, el campo de heliostatos se encuentra en un estado óptimo de funcionamiento al haberse mantenido con carácter estratégico un programa continuado de reposición de espejos y facetas de reparación de componentes en los mecanismos del accionamiento.

La máxima potencia térmica que proporciona el campo sobre la apertura del receptor es de 7 MW, a una irradiancia (potencia incidente por unidad de superficie) típica de diseño de 950 W/m<sup>2</sup> se obtiene un flujo pico de 3,3 MW/m<sup>2</sup>. El 99% de la potencia se recoge en un círculo con diámetro de 4 m y el 90% de la misma en un círculo de 2,8 m.

La torre es de hormigón y tiene una altura de 80 m, es capaz de soportar una carga de 100 toneladas.

Figura 5. Central Electrosolar de Almería (CESA I).



Fuente: Plataforma Solar de Almería.



### - La instalación SSPS-CRS

La planta SSPS-CRS fue inaugurada como parte del proyecto SSPS (Small Solar Power Systems) de la Agencia Internacional de la Energía en septiembre de 1981. Originariamente fue concebida como planta de demostración para la producción continua de electricidad y utilizaba un receptor refrigerado por sodio líquido que además era utilizado como medio de almacenamiento térmico. En la actualidad, al igual que la planta CESA-I, es una instalación de ensayos dedicada fundamentalmente al ensayo de pequeños receptores solares en el rango de 200-350 kW de potencia térmica.

El campo de heliostatos está formado por 81 unidades de 39,3 m<sup>2</sup> de superficie cada una. Existe un segundo campo con 20 heliostatos, de 52 m<sup>2</sup> y 65 m<sup>2</sup> en la zona norte que también puede ser utilizado como apoyo.

La reflectividad nominal promedio del campo es del 90%. En condiciones típicas de irradiancia de 950 W/m<sup>2</sup>, la potencia térmica total del campo asciende a 2,7 MW y se obtiene un flujo pico de 2,5 MW/m<sup>2</sup>. El 99% de la potencia se recoge en un círculo con diámetro de 2,5 m y el 90% de la misma en un círculo de 1,8 m.

La torre, de 43 m de altura, es metálica y dispone de dos plataformas de ensayo.

Figura 6. Central Small Solar Power Systems (SSPS).



Fuente: Plataforma Solar de Almería.

Por último cabe señalar que los objetivos que inspiran la actividad investigadora de la Plataforma Solar de Almería son:

- Contribuir al establecimiento de un esquema de suministro energético mundial limpio y sostenible.
- Ayudar a la conservación de los recursos energéticos de Europa y a la protección de su clima y medio ambiente.
- Promover la introducción en el mercado de las tecnologías termosolares y las derivadas de los procesos de química solar.

- Aportar al desarrollo de una industria termosolar española exportadora y competitiva.
- Reforzar la cooperación entre el sector empresarial y las instituciones científicas en el campo de la investigación, el desarrollo, la demostración y el marketing de las tecnologías termosolares.
- Potenciar innovaciones tecnológicas orientadas a la reducción de costes que contribuyan a incrementar la aceptación en el mercado de las tecnologías termosolares.
- Promover la cooperación tecnológica Norte – Sur, especialmente en el Área Mediterránea.
- Apoyar a la industria en la identificación de oportunidades de mercado relacionadas con las tecnologías termosolares.

#### 4. LA POLÍTICA DE FOMENTO DE LA ENERGÍA SOLAR TERMOELÉCTRICA

El Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000-2010, aprobado por el Consejo de Ministros de 30 de diciembre de 1999, de acuerdo con la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, establece el objetivo de desarrollo a alcanzar por cada una de las áreas de energías renovables para cubrir, en su conjunto, al menos el 12% del consumo en términos de energía primaria en España en el año 2010. Este objetivo responde a las Políticas de Fomento de las Energías Renovables en la Unión Europea desde 1997, año en que se aprueba el documento *Energía para el futuro. Libro Blanco para una Estrategia y un Plan de Acción Comunitarios*.

Cuando se redacta este Plan no hay en España plantas termoeléctricas en funcionamiento, pero se dan los pasos para constituir el marco económico y legislativo adecuado para que empezasen a promoverse los primeros proyectos con esta tecnología de producción eléctrica.

El Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Según el artículo 27.1 de la Ley del Sector Eléctrico se pueden acoger al régimen especial de producción de energía eléctrica las instalaciones que utilicen la cogeneración y las que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa o cualquier tipo de biocarburante siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario (Comisión Nacional de Energía, 2008a).

En este Real Decreto las instalaciones que utilizan como energía primaria para la generación de electricidad la energía solar quedan incluidas en el grupo b.1, y se desglosa en solar fotovoltaica (b.1.1) y solar termoeléctrica (b.1.2) (Espejo, 2004). En las instalaciones solares termoeléctricas se pueden utilizar equipos auxiliares que consumen gas natural o propano únicamente para el mantenimiento de la temperatura del acumulador de calor. El consumo de dicho combustible, en cómputo anual, deben ser inferior al 12% de la producción de electricidad y sólo durante los periodos de interrupción de la generación eléctrica, si la instalación vende su energía a la empresa distribuidora de energía eléctrica. En este

caso, el precio de venta de la electricidad viene expresado en forma de tarifa regulada, única para todos los periodos de programación expresada en céntimos de euro por kilovatio-hora (kWh). El porcentaje puede ser el 15%, sin limitación temporal, si la instalación vende la energía libremente en el mercado, a través del sistema de ofertas gestionado por el operador del mercado, del sistema de contratación bilateral o a plazo de una combinación de todos ellos. En este caso, el precio de venta de la electricidad es el precio que resulta en el mercado organizado o el precio libremente negociado por el titular o el representante de la instalación, complementado por un incentivo y, en su caso, por una prima, ambos expresados en céntimos de euro/kWh.

El artículo 33 del Real Decreto 436/2004 contiene las tarifas, primas e incentivos para instalaciones de energía solar. Para la solar térmica son:

Tarifa: 300% durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y 240% a partir de entonces.

Prima: 250% durante los primeros 25 años desde su puesta en marcha y 200% a partir de entonces.

Incentivo: 10%.

También contempla este artículo que cuando se alcancen los 200 MW de potencia instalada, se procederá a la revisión de la cuantía de las tarifas, incentivos y primas expresadas en el mismo.

En julio de 2005 el Gobierno aprueba el Plan de Energías Renovables en España 2005-2010 (PER), que constituye la revisión del Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010, hasta entonces vigente. Con esta revisión trata de mantener el compromiso de cubrir con fuentes renovables al menos el 12% del consumo total de energía en 2010. Sin embargo, propone una distribución diferente de los esfuerzos por áreas, de manera que sea posible la consecución del objetivo global. También incorpora los otros dos objetivos indicativos adoptados con posterioridad al anterior Plan: 29,4% de generación eléctrica con renovables y 5,75% de biocarburantes en transporte para el año 2010 (Espejo, 2009).

En el PER se considera que existen perspectivas e iniciativas suficientes, por parte de empresas de reconocida capacidad, para llegar a instalar 500 MW en centrales termosolares. Las razones que fundamentan esta propuesta son:

- Existencia de recursos solares en España muy favorables para el desarrollo de esta tecnología.
- Disponibilidad de conocimientos y experiencias previas que configuran a España como líder en estas tecnologías, hasta el grado de desarrollo existente actualmente.
- De cara al futuro, elevado interés de promotores por llevar a cabo proyectos comerciales y capaces de liderar también esta tecnología en el ámbito industrial y comercial.

Por otro lado, el Real Decreto 436/2004, con sus primas, ha estimulado nuevos proyectos. Cuando se aprueba este Plan, contabilizando los proyectos existentes que se encuentran en diferentes grados de ejecución, en el desarrollo de la promoción o al inicio de la fase de medición, se puede precisar que en global se están promoviendo proyectos con una potencia de alrededor de 500 MW.

La distribución prevista de las plantas de energía solar termoeléctrica se sitúa en las zonas con más radiación de España, parámetro que limita el aprovechamiento del recurso solar, según la tecnología actual disponible.

Teniendo en cuenta la promoción de estos proyectos en diferentes regiones de España, se plantea, a modo indicativo, una distribución por Comunidades Autónomas del objetivo global de 500 MW: Andalucía (300 MW), Castilla y León (50 MW), Castilla-La Mancha (50 MW), Extremadura (50 MW) y Murcia (50 MW).

Según el PER con la consecución de estos objetivos y el desarrollo industrial que lleva aparejado, España se convertirá en líder mundial de esta tecnología, además de en el campo de investigación, como lo es en el momento en que se redacta el PER, en el de las realizaciones de plantas comerciales.

La evolución anual prevista de la potencia nueva a instalar dentro del periodo 2005-2010 queda expuesta en el cuadro 1.

Cuadro 1. Evolución anual de la potencia a instalar, producción prevista, inversiones y ayudas públicas. 2005-2010.

<b>Año</b>	<b>Potencia MW</b>	<b>Producción MWh</b>	<b>Inversión asociada (miles €)</b>	<b>Apoyo público: Explotación (miles €)</b>	<b>Apoyo público: Inversión (miles €)</b>	<b>Apoyo público: Total (miles €)</b>
2005	0	0	0	0	0	0
2006	10	25.960	50.000	4.284	1.200	81.454
2007	40	129.800	200.000	24.458	0	354.298
2008	150	519.200	675.000	99.202	5.000	1.298.552
2009	150	908.600	637.500	176.033	0	1.722.283
2010	150	1.298.000	600.000	254.997	0	2.153.147
Total 2005-10	500	2.881.560	2.162.500	559.514	6.200	5.610.274

Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Plan de Energías Renovables 2005-2010.

Según el PER este crecimiento de la potencia termoeléctrica en el periodo establecido solo es posible si se produce rápidamente el cambio legislativo necesario para eliminar la limitación a 200 MW para obtener las primas consideradas en 2005, fecha de su aprobación. A este respecto también señala que hay que tener en cuenta que se trata de proyectos grandes, en muchas ocasiones en torno a 50 MW, con un plazo de ejecución de al menos 18 meses y que previamente han tenido que obtener todos los permisos.

El Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Sustituye al Real Decreto 436/2004, y en él se establece una nueva metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Da una nueva regulación a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, manteniendo la estructura básica de la existente.

El marco económico establecido en el R.D. 661/2007 garantiza a los titulares de instalaciones en régimen especial una retribución razonable para sus inversiones y a los

consumidores finales eléctricos una asignación racional de los costes imputables al sistema eléctrico. En su artículo 36 se publican las tarifas y precios correspondientes a la energía solar térmica.

Debido a que el sistema de bonificaciones está garantizado por el Estado, España es actualmente uno de los mercados más atractivos para la construcción de centrales eléctricas termosolares. El operador puede elegir año tras año entre dos modelos de remuneración: a) suministrar la electricidad con base a una tarifa fija que permanece constante durante todo el año, b) vender la electricidad directamente en el mercado (según la tasa del día), o a plazo o bien mediante un contrato bilateral. Si el operador opta por esta segunda posibilidad recibe el valor negociado y una bonificación adicional.

Cada año, a finales de diciembre, el Boletín Oficial del Estado (BOE) publica la orden por la que se revisan las tarifas eléctricas a aplicar a partir del 1 de enero del año siguiente. Esa orden contiene tanto la remuneración normal como la compensación inflacionaria establecidas en el Real Decreto 661/2007. Tal y como se publica en la Orden ITC/3801/2008, de 26 de diciembre (BOE 315, 31 de diciembre de 2008), durante el año 2009 la electricidad termosolar se remunera a 0,287603 euros/kWh para los operados acogidos a tarifa fija. En el otro caso, los acogidos a operación de mercado, la electricidad termosolar se remunera según la tasa vigente en el mercado más una bonificación adicional de 0,271188 euros/kWh. La remuneración total resultante queda limitada a un máximo de 0.367252 euros/kWh y a un mínimo de 0,271228 euros kWh.

La remuneración está garantizada por Ley durante 25 años, tanto el precio del kWh en caso de tarifa fija, como la bonificación en el caso de una operación de mercado. Pasados 25 años la remuneración por cada kWh suministrado a la red se reduce, de tal manera que equivale al 80% del valor vigente en ese momento. Esta remuneración se ajusta en España a la tasa anual de inflación con base al índice de precios al consumo (IPC). Hasta el 31 de diciembre de 2012 al hacer este ajuste hay que restar 0,25 puntos porcentuales a la variación anual respectiva del IPC; a partir de entonces se debe restar 0,5 puntos porcentuales.

El 7 de mayo de 2009 se publica el Real Decreto Ley 6/2009 por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social.

En su artículo 4 establece el mecanismo de registro de preasignación de retribución para las instalaciones del régimen especial. La inscripción en el Registro de preasignación es condición necesaria para el otorgamiento del derecho al régimen económico establecido en el R.D. 661/2007

Para inscribirse en el Registro de preasignación es necesario acreditar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Concesión de punto de acceso y conexión firme.
- Autorización administrativa.
- Licencia de obras.
- Aval necesario para solicitar el acceso a la red de transporte y distribución.
- Recursos económicos propios o financiación suficiente para acometer el 50% de la inversión de la instalación.
- Acuerdo de compra por importe equivalente del 50% del valor de los equipos.

- Punto de suministro de gas natural (si se utiliza dicho combustible como principal).
- Informe favorable de aprovechamiento de aguas (cuando sea necesario).
- Aval suplementario depositado en la Caja General de Depósitos.

El 13 de noviembre de 2009 el Consejo de Ministro del Gobierno de España aprueba un calendario de entrada de nuevas instalaciones eólicas y termosolares para el trienio 2010-2012. De este modo el Gobierno asegura el liderazgo español en energías renovables, y la nueva normativa permite la puesta en marcha de instalaciones eólicas y termosolares de forma escalonada en los próximos años, con el fin de garantizar un crecimiento sostenible y continuado de ambos sectores. A finales de 2010 España dispondrá de 861 MW termosolares en funcionamiento, un 15% por encima del objetivo marcado en el Plan de Energías Renovables 2005-2010. Se establece un calendario para la puesta en marcha de 500 MW anuales de instalaciones termosolares hasta 2013. El Acuerdo establece la entrada ordenada en los próximos años de la potencia de las tecnologías eólica y solar termoeléctrica inscrita en el Registro de preasignación de régimen especial, creado por el Real Decreto Ley 6/2009. En el mismo se contemplaba la posibilidad de establecer un calendario de puesta en marcha escalonada de la potencia inscrita para aquellas tecnologías que superasen el objetivo establecido por el Plan de Energías Renovables para 2010, a fin de preservar la estabilidad técnica y económica del sistema eléctrico. Por ello, se fija en 500 MW anuales las instalaciones termoeléctricas que se pondrán en marcha hasta 2013; es decir, se instalará cada año la misma cantidad que el Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 preveía para el total acumulado en 2010.

El 24 de noviembre de 2009 se publica la resolución de 19 de noviembre con el Acuerdo del Consejo de Ministros de 13 de noviembre de 2009, que establece:

1. Proceder a la ordenación de los proyectos e instalaciones presentados al procedimiento de preasignación considerando, en primer lugar, aquellos cuya solicitud y aval fue presentado en los plazos previstos en la disposición transitoria cuarta del R.D. 6/2009, y atendiendo a un criterio cronológico en función de la fecha en la que les fue otorgada la concesión administrativa.

2. Disponer la puesta en funcionamiento de las instalaciones solares termoeléctricas en fases sucesivas de acuerdo con el siguiente ritmo acumulado de implantación:

- Fase 1: 850 MW.

- Fase 2: 1.350 MW.

- Fase 3: 1850 MW.

- Fase 4: resto de potencia inscrita al amparo de lo previsto en la disposición transitoria quinta del R.D. 6/2009

4. Las instalaciones inscritas en el Registro administrativo de preasignación de retribución asociadas a cada una de las fases siguientes, no podrán comenzar el vertido de energía eléctrica a través de la red de la empresa distribuidora o de transporte, ya sea en régimen de explotación comercial o en pruebas, con anterioridad a la fecha indicada correspondiente:

Fase 2: 1 de enero de 2011.

Fase 3: 1 de enero de 2012.

Fase 4: 1 de enero de 2013.

El 15 de diciembre de 2009 el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio hace público el Registro de preasignación de retribución para instalaciones renovables.

## 5. DISTRIBUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA

### 5.1. Centrales en funcionamiento

El sector termoeléctrico ha despegado en España gracias al marco regulador estable propiciado en los últimos años. La producción con carácter comercial de electricidad termosolar es muy reciente. Se inicia en 2006 y a finales de marzo de 2010 la potencia instalada asciende a 282,49 MW.

La publicación del Real Decreto 661/2007 supone un gran impulso para la venta de electricidad generada en centrales solares termoeléctricas. Los productores reciben una prima elevada que recompensa su apuesta por una fuente de energía limpia, de ahí la intensa actividad promotora de centrales de este tipo (cuadro 2).

Cuadro 2. Centrales termosolares en producción. Marzo 2010.

Central	Municipio	Provincia	Tecnología	Potencia MW	Promotor
PS10	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	Torre central	11	Abengoa Solar
PS20	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	Torre central	20	Abengoa Solar
Aznalcóllar TH	Sanlúcar la Mayor	Sevilla	Discos Stirling	0,08	Abengoa Solar
ESI	Sevilla	Sevilla	Discos Stirling	0,01	Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla
Andasol 1	Aldeira- La Calahorra	Granada	Concentrador de canal parabólico	50	ACS/Cobra
Andasol 2	Aldeira-La Calahorra	Granada	Concentrador de canal parabólico	50	ACS/Cobra
Alvarado 1	Badajoz	Badajoz	Concentrador de canal parabólico	50	Acciona Energía
Ibersol Puertollano	Puertollano	C. Real	Concentrador de canal parabólico	50	Iberdrola Renovables
Puerto Errado 1	Calasparra	Murcia	Concentrador lineal Fresnel	1,4	Novatec Solar España
Extresol 1	Torre de Miguel Sesmero	Badajoz	Concentrador de canal parabólico	50	ACS/Cobra

Fuente: Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar

## 5.2. Centrales en construcción.

A finales de marzo de 2010 se están construyendo en España 34 centrales termosolares, que suman una potencia de 1.590,5 MW, en su mayoría de concentrador de canal parabólico (cuadro 3). Todas, a excepción de la de Lérida, se sitúan al sur del paralelo 40°.

Cuadro 3. Centrales termosolares en construcción. Marzo 2010.

Provincia	Concentrador de canal parabólico		Torre central		Disco Stirling		Total	
	Nº	Potencia MW	Nº	Potencia MW	Nº	Potencia MW	Nº	Potencia MW
Badajoz	9	450					9	450
Sevilla	7	350	1	17			8	367
Ciudad Real	6	300					6	300
Cáceres	3	150					3	150
Córdoba	3	150					3	150
Cádiz	2	100					2	100
Granada	1	50					1	50
Lérida	1	22,5					1	22,50
Albacete					1	1	1	1
Total	32	1.572,5	1	17	1	1	34	1.590,50

Fuente: Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar.

De todos los proyectos en construcción llama la atención el caso de la única planta de torre, denominada Gemasolar, por su singularidad dentro de este panorama, ya que se trata de una planta de receptor central con un sistema de almacenamiento que emplea sales fundidas como fluido caloportador y como sistema de almacenamiento. Su campo de helióstatos de tipo central lo forman 2.500 helióstatos de 115 m<sup>2</sup> cada uno, con un total de 287.500 m<sup>2</sup> de superficie que ocupan 182 has. El sistema de almacenamiento está dimensionado para 15 horas de funcionamiento de la turbina, cuya potencia nominal es de 17 MW. La planta incorpora también una caldera de gas natural de 16 MW. La energía eléctrica que se pretende generar es de 100 GWh al año. Está prevista su inauguración para principios de 2011 (Ruiz, 2009; Editeco, 2009).

## 6. CENTRALES TERMOSOLARES EN PRODUCCIÓN

### 6.1. La Plataforma Solúcar

Abengoa está construyendo en Sanlúcar la Mayor (Sevilla) la Plataforma Solúcar, el conjunto de instalaciones solares más grande del mundo (figuras 7, 8 y 9). Las centrales PS10 y PS20 comparten tecnología, son centrales de torre con campo de helióstatos y receptor central de vapor saturado. Se diferencian en el tamaño de la potencia instalada.



La PS10 entró en funcionamiento en marzo de 2007, y es la primera central comercial de receptor central. Es una central de electricidad, con una turbina de vapor con su correspondiente alternador, de 11 MW. La parte solar de esta central consta de un campo de helióstatos con 624 unidades de 120 m<sup>2</sup>, lo que significa casi 75.000 m<sup>2</sup> de espejos que redirigen y concentran la radiación solar directa recibida hacia un receptor que produce 52 MW de potencia térmica en condiciones nominales. Este campo ocupa 55 hectáreas (has) de terreno ligeramente ondulado al que se adaptan los helióstatos. El receptor, formado por 4 tubos absorbedores en los que se produce la evaporación parcial del agua de alimentación, se encuentra en la parte alta de una torre de 125 m, exactamente su centro geométrico está a 100,5 m. La generación de electricidad prevista es de 23,15 millones de kWh al año, por tanto 23,15 gigavatios/hora (GWh) anuales.

La PS20 comienza la operación comercial en abril de 2009, y es la mayor planta comercial en todo el mundo con tecnología de torre central y helióstatos. Con 20 MW de potencia, el doble de su predecesora PS10, incorpora avances tecnológicos muy importantes respecto a aquella: un receptor con más eficiencia, mejoras en los sistemas de control y operación y en el sistema de almacenamiento térmico de energía. La planta está compuesta básicamente por el campo solar, la torre donde se ubica el receptor solar y un bloque de potencia cuyo elemento principal es la turbina de vapor, donde se turbinan el vapor generado a partir de la energía térmica obtenida de la radiación solar. Además cuenta con un sistema de almacenamiento de vapor que permite mantener la turbina en funcionamiento en periodos de baja radiación solar. También está dotada de una caldera auxiliar, que sirve de apoyo al sistema de almacenamiento térmico, y que de acuerdo con la legislación vigente, puede quemar entre un 12% y 15% de gas natural.

El campo solar está compuesto por un total de 1.255 helióstatos, de 120 m<sup>2</sup> de superficie unitaria, lo que supone una superficie reflectiva total de más de 150.000 m<sup>2</sup>, casi el doble que en PS10, y un campo solar de 85 has. Los helióstatos están dispuestos en hileras, hasta un total de 45, de forma que la torre no queda completamente rodeada, sino que el campo de helióstatos se encuentra situado a uno de los lados (campo norte). El receptor central se encuentra ubicado en una cavidad situada en la parte superior de la torre, cuya altura es de 165 m, y que presenta un diseño espectacular desde el punto de vista técnico y visual. En la parte superior de la torre, a 125 m de altura, se encuentra situado el receptor solar, con geometría en cavidad y recirculación natural. Este equipo concentra la energía reflejada por los helióstatos y la transmite al fluido de trabajo generando vapor, que se utiliza en una turbina de vapor para producir electricidad, mediante un generador conectado a ella.

El sistema de acumulación de vapor tiene como función principal aportar el vapor necesario para el funcionamiento de la turbina en aquellas condiciones especiales de operación (periodos sin sol o estrategias especiales de operación) en las que el vapor procedente del receptor solar sea insuficiente para mantener la turbina en funcionamiento. Además del ciclo diurno natural del sol, se tienen en cuenta los periodos transitorios de nubes, muy frecuentes en estaciones como la primavera y el otoño. Para estos periodos se requiere organizar estrategias de operación diarias. Otra solución es el empleo de una caldera de gas auxiliar con un tamaño capaz de proporcionar dicho mínimo térmico para así mantener el turboalternador funcionando sin detrimento de su integridad. La caldera auxiliar permite

mantener estable el sistema de almacenamiento y se utiliza también en los arranques y tras las paradas de la planta (Infopower, 2009b).

Entre PS10 y PS20 se encuentra Eureka, la primera planta de torre de alta temperatura de Abengoa Solar. Con esta nueva tecnología se busca incrementar el rendimiento de las plantas y así reducir los costes de generación y la extensión del campo solar. La creación y puesta en marcha de esta planta, la única de estas características operativa en Andalucía y Europa, busca probar, de forma experimental y a escala reducida, un nuevo tipo de planta con tecnología de receptor central, que permita la implementación de ciclos termodinámicos de mayor eficiencia. La planta Eureka ocupa un campo solar de 5.000 m<sup>2</sup> y consta de 35 helióstatos y una torre de 50 m donde se aloja el receptor sobrecalentador experimental. La potencia aproximada de la planta es de 2 MW e incluye un sistema de almacenamiento que permite entregar energía a la red incluso en los momentos en que no hay sol.

La Plataforma Solúcar constará de 300 MW, 50 MW de tecnología de torre, 250 MW obtenidos de colectores cilindro parabólicos, 3 MW de solar fotovoltaica y 80 kW a partir de tecnología disco Stirling. Está previsto que se termine su construcción en 2013. El proyecto de 1.200 millones de euros de inversión, ocupará un área de 800 has y generará empleo para 300 operarios. Esta Plataforma cuenta con áreas de investigación y desarrollo. Es el único lugar del mundo donde existen instalaciones de casi todas las tecnologías solares existentes en operación comercial o en demostración.

Figura 7. Fotografía aérea de la Plataforma Solúcar.



Fuente: Abengoa.

Figura 8. Plataforma Solúcar.



Fuente: Abengoa.

Figura 9. Plataforma Solúcar. Centrales PS10, PS20 y Eureka.



Fuente: Abengoa.

## 6.2. Andasol 1

En diciembre de 2008 se conecta a la red la planta Andasol 1, la primera planta de concentrador de canal parabólico que funciona en Europa a nivel comercial. Está ubicada en la altiplanicie del Marquesado del Zenete, en los municipios de Aldeire y La Calahorra (Granada), al norte de Sierra Nevada, a 1.000 m de altitud, en un lugar de alto nivel de radiación solar directa y con abundante agua.

Esta central ocupa una superficie de 195 has (Figuras 11, 12 y 13). La superficie de espejos del campo solar mide 510.120 m<sup>2</sup>. Los concentradores de canal parabólicos están dispuestos en 312 filas o lazos de colectores que están interconectados con tuberías. Las filas están dispuestas en dirección norte a sur y se orientan de este a oeste siguiendo la trayectoria del sol. Cada lazo está compuesto por dos unidades de colector, y cada una consta de 12 submódulos de 12 m de largo y 6 m de ancho. Cada submódulo lo componen 28 espejos y 3 tubos absorbentes. Para esta instalación se han necesitado 209.664 espejos parabólicos, 22.464 tubos absorbentes de 4 m cada uno, y 624 sensores solares.

El principio básico de funcionamiento de la planta consiste en convertir la energía primaria del sol en energía eléctrica, mediante un campo solar, un sistema de almacenamiento de energía térmica en sales fundidas de 7,5 horas de capacidad y un ciclo de vapor de 49,9 MW de potencia.

Los colectores cilindro parabólicos están equipados con un sensor óptico de alta precisión y siguen al sol de este a oeste, recogiendo de este modo el máximo de la radiación solar. Durante las horas de sol, los colectores concentran la radiación sobre los tubos absorbentes y calientan así el fluido térmico a una temperatura de 393°C.

Andasol 1 admite diferentes modos de operación en función de las condiciones del entorno, bien enviando el fluido térmico al generador de vapor o bien al sistema de almacenamiento térmico, donde se almacena para su uso posterior. En el modo de operación directa el fluido térmico es enviado desde el campo solar al sistema de generación al cual cede la energía térmica que transporta para producir vapor, a una temperatura de 377°C y a una presión de 98 bar, haciendo pasar el fluido por cuatro intercambiadores de calor conectados en serie (precalentador, evaporador, sobrecalentador y recalentador). El fluido térmico cede calor en el sistema de generación de valor, enfriándose y es enviado al campo solar de nuevo. El vapor producido se envía a la etapa de alta presión de la turbina donde se expande con objeto de mover la turbina (Infopower, 2009a).

Durante las horas de alta insolación (radiación mayor de 400 W/m<sup>2</sup>) se aprovecha el exceso de irradiación solar para cargar el sistema de almacenamiento térmico, a la vez que se genera electricidad. Una parte del calor generado en el campo solar se almacena en un acumulador con sal líquida. Durante el día se calientan con la radiación del sol 28.500 Tm de una mezcla de sales de nitrato de potasio y nitrato de sodio, que durante la noche o en días nublados, suministra el calor necesario para el funcionamiento de la central (Figura 10). La mezcla de sales líquidas, con temperatura inicial aproximada de 290°C, absorbe calor adicional hasta alcanzar cerca de 390°C. El principio de funcionamiento de los mismos es similar al de un termo, lo que permite mantener el calor durante varias semanas. El calor

almacenado puede accionar la turbina de la central eléctrica durante unas 7,5 horas, por lo que durante los meses de verano, estas centrales pueden funcionar casi las 24 horas del día. (Solar Millennium, 2008).

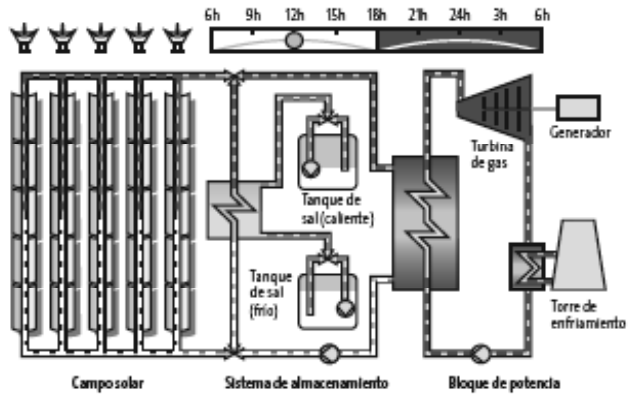
Adicionalmente, esta central dispone de una caldera de gas natural que complementa los aportes térmicos en cantidades nunca superiores a la energía primaria correspondiente al 15% de la energía eléctrica que genera la central. Es una energía auxiliar de gran interés –junto a la gran capacidad de almacenamiento– porque, de esa manera, la electricidad generada se puede adaptar muy bien al consumo en la red general a la que la central esté conectada. Este elevado nivel de programabilidad es una de las grandes virtudes de estas centrales frente a la aleatoriedad de la eólica, o a la incapacidad de interrupción del aporte eléctrico de origen nuclear (Ruiz, 2009).

El consumo anual de agua de una central eléctrica Andasol asciende a unos 870.000 metros cúbicos al año, y se produce principalmente en el proceso de enfriamiento del circuito de vapor, es decir debido a la evaporación de agua en las torres de enfriamiento. El consumo de agua se cubre principalmente a través de pozos ubicados directamente en el emplazamiento (Solar Millennium, 2008).

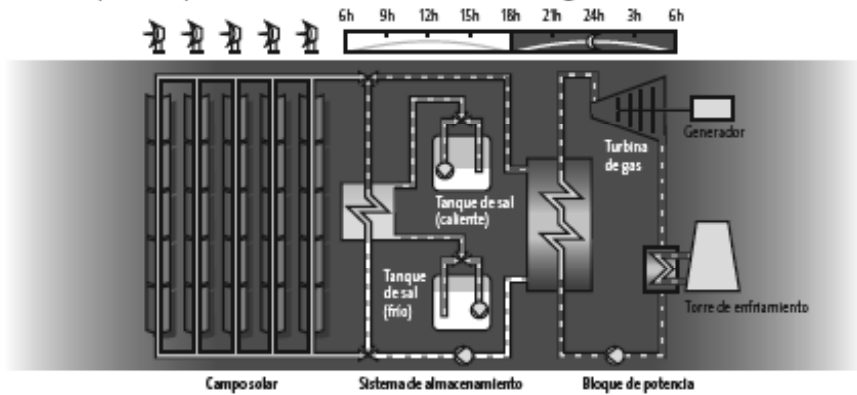
Con una radiación directa de 2.136 kWh/m<sup>2</sup> año, los 510.120 m<sup>2</sup> de colectores reciben anualmente una radiación directa de 1.089.616 MWh. A partir de esta radiación solar y considerando que las horas anuales de operación de la planta se sitúan en 3.644, el campo solar genera anualmente casi 465.000 MWh de energía térmica en forma de vapor para mover el turbogenerador, correspondiendo a una eficiencia térmica anual del los colectores del 43%. A partir de esta energía térmica el turbogenerador genera algo menos de 182.000 MWh de energía eléctrica al año. Restándole las pérdidas de transmisión quedan algo más de 179.000 MWh al año de energía eléctrica bruta. Descartando los consumos propios de la instalación, finalmente se entregará a la red algo menos de 160.000 MWh, correspondiendo a una eficiencia media anual del 16% en la conversión de la radiación solar en energía eléctrica (Infopower, 2009a).

Figura 10. Esquema de la central Andasol 1.

El acumulador térmico se carga durante el día.



Por la noche se puede operar la central eléctrica con la energía acumulada.



Fuente: Solar Millennium.

Figura 11. Central Andasol 1.



Fuente: Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar.

Figura 12. Central Andasol 1.



Fuente: Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar.

Figura 13. Central Andasol 1.



Fuente: Asociación Española para la Promoción de la Industria Termosolar.

### 6.3. Puerto Errado 1

En marzo de 2009 se conecta a la red la planta termosolar Puerto Errado 1, en Calasparra (Murcia) (Figura 14). Es la primera central termosolar del mundo que implementa tecnología lineal Fresnel. Esta planta ha sido diseñada y desarrollada por Novatec Biosol AG. Este sistema consta de 16 líneas paralelas de espejos que reflejan la radiación solar en un colector, en el que se vaporiza agua, y el vapor generado se envía a una turbina de vapor para producir energía eléctrica. La superficie de espejos asciende a 18.000 m<sup>2</sup> y tiene una potencia de 1,4 MW, que producirán cerca de 3 GWh anuales.

Esta primera planta se completará con otra de 30 MW que la empresa desarrollará en las proximidades de esta primera instalación. La nueva fase de Puerto Errado supondrá una inversión de unos 120 millones de euros.



Figura 14. Central Puerto Errado 1.



Fuente: Novatec Biosol.

## 7. CONCLUSIONES

España cuenta en su mitad meridional con unos niveles normales de radiación directa que se sitúan en torno a los 2.000 kWh/m<sup>2</sup>, recurso suficiente para la instalación de centrales eléctricas termosolares.

La tecnología solar termoeléctrica supone una innovación frente a la energía solar fotovoltaica, ya que permite la producción eléctrica incluso en horas en las que no hay radiación solar. Con ello se resuelve el principal problema de cortes en la producción de electricidad y su repercusión sobre el abastecimiento, como sucede también con la eólica, condicionada por la existencia de viento.

España ha sido y es un referente mundial en investigación para el desarrollo de la energía solar termoeléctrica; esta situación ventajosa, junto con las Políticas de Fomento de las Energías Renovables, han sido los dos factores fundamentales para el enorme desarrollo que vive este sector en la actualidad.

A pesar de las ventajas de esta tecnología energética renovable, que no presenta ningún tipo de emisiones, dada la gran extensión ocupada por estas instalaciones, se debe tener en cuenta su impacto ambiental, por los cambios en los usos del suelo, y la necesidad de

instalar redes para la evacuación de la electricidad, con las consiguientes repercusiones sobre todo para la fauna.

También hay que evaluar la disponibilidad de los recursos hídricos necesarios para su funcionamiento, y que no entren en competencia con otros usos. El consumo de agua una central de 50 MW asciende a casi un hectómetro cúbico, por lo que en los lugares de su implantación, en la España meridional, se pueden presentar conflictos por los usos de esta agua.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABENGOA (2010). *Informe Anual 2009*.
- CAÑO, A. (2009): “Tecnologías de transformación solar-eléctrica”. *APPA INFO*, nº 29, 2009, págs. 22-23.
- CAPEL MOLINA, J.J. *El clima de la Península Ibérica*. Barcelona, Ariel.
- COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (2008): *Ley del Sector Eléctrico*. Madrid, 5ª ed.
- EDITECO (2009): “Construcción de Gemasolar, la primera planta solar del mundo con tecnología de torre central con receptor de sales”, *Editeco. Revista Técnico Informativa de Construcción*, nº 257, págs. 34-36.
- ESPEJO MARÍN, C. (2004): “La energía solar fotovoltaica en España”. *Nimbus*, nº 13-14, págs. 5-51.
- ESPEJO MARÍN, C. (2009): “Los biocarburantes en España. Un sector en desarrollo”, *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 50, págs. 111-134.
- FONT TULLOT, I. (1983): *Climatología de España y Portugal*. Madrid, Instituto Nacional de Meteorología.
- FROLOVA, M y PÉREZ PÉREZ, B. (2008): “El desarrollo de las energías renovables y el paisaje: algunas bases para la implementación de la Convención Europea del Paisaje en la Política Energética Española”, *Cuadernos Geográficos de la Universidad de Granada*, nº 43, págs. 289-309.
- INFOPOWER (2009a): “Andasol 1 pone a España a la vanguardia en tecnología termosolar”, *Infopower*, nº 115, págs. 45-79
- INFOPOWER (2009b): “PS20 la mayor planta termosolar comercial del mundo con tecnología de torre, de 20 MW de potencia”, *Infopower*, nº 117, págs. 63-69.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (1999): *Plan de Fomento de la Energías Renovables en España 2000-2010*. Madrid: Ministerio de Industria y Energía.
- INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (2005): *Plan de Energías Renovables en España 2005-2010*. Madrid, Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

- LINARES HURTADO, J.I., ET AL (Eds.) (2007): *Energía solar: estado actual y perspectiva inmediata*. Madrid, Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI y Universidad Pontificia de Comillas.
- MARTÍNEZ PLAZA, D. (2005): “Generación de electricidad mediante energía solar térmica: Plataforma Solar de Almería. En *Congreso Nacional sobre las Energías Renovables*. Murcia, Agencia de Gestión de Energía de la Región de Murcia, págs. 53-85.
- MARTÍNEZ PLAZA, D. (2010): “Presentación general. Instalaciones e infraestructuras”. En *Plataforma Solar de Almería. Informe bianual 2008-2009*. Madrid, Ciemat, págs. 9-56.
- MÉRIDA SÁNCHEZ, M., PÉREZ PÉREZ, B., LOBÓN MARTÍN, R. y FROLOVA, M. (2009): “Hacia la caracterización del paisaje de las energías renovables”. En *Geografía, Territorio y Paisaje: el estado de la cuestión. Actas del XXI Congreso de Geógrafos Españoles*, Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, págs. 1.193-1.210.
- PLATAFORMA SOLAR DE ALMERÍA (2010): *Informe Bianual 2008-2009*. Madrid, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológica
- RUIZ HERNÁNDEZ, V. (2006): *El reto energético. Opciones de futuro para la energía*. Córdoba, Almuzara.
- RUIZ HERNÁNDEZ, V. (Dir.) (2009): *La electricidad solar térmica, tan lejos, tan cerca*. Barcelona, Fundación Gas Natural.
- SOLAR MILLENNIUM (2008): *Las centrales eléctricas de colectores cilindro parabólicos. De Andasol 1 a 3*. Erlangen.

