

**ESTUDIO “EFICIENCIA ENERGÉTICA Y USO  
DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN EL  
SECTOR INDUSTRIAL DE CASTILLA Y  
LEÓN: USO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA  
EN LOS POLÍGONOS INDUSTRIALES”**

**Apartado 1: Prospectiva de las Energías  
Renovables en el Sector Industrial**



*Estudio realizado en el marco del “Grupo de Trabajo del Sector Energético” de la Fundación Anclaje, en el ámbito del III Acuerdo Marco para la Competitividad e Innovación Industrial de Castilla y León 2014-2020 y, subvencionado por la Agencia de Innovación, Financiación e Internacionalización Empresarial de Castilla y León, Junta de Castilla y León.*

**Financiado por**



**Ade**

Agencia de Innovación, Financiación  
e Internacionalización Empresarial

**Dirigido por:**

**cecale**

**Asistencia Técnica:**

**ITCL**

*Estudio realizado en el marco del “Grupo de Trabajo del Sector Energético” de la Fundación Anclaje, en el ámbito del III Acuerdo Marco para la Competitividad e Innovación Industrial de Castilla y León 2014-2020 y, subvencionado por la Agencia de Innovación, Financiación e Internacionalización Empresarial de Castilla y León, Junta de Castilla y León.*

## ÍNDICE

---

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>6</b>
1.1 Antecedentes .....	6
1.2 Objetivos y alcance .....	7
1.2.1 <i>Objetivos</i> .....	7
1.2.1 <i>Metodología de trabajo</i> .....	8
1.3 Panorama del sector de las EERR en polígonos industriales.....	9
<b>2 ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS ANALIZADAS</b> .....	<b>10</b>
2.1 Energía solar térmica a NIVEL EUROPEO.....	10
2.2 Energía solar térmica a NIVEL NACIONAL .....	14
2.2.1 <i>Ayudas y Subvenciones en España</i> .....	19
2.3 Energía solar térmica a NIVEL REGIONAL (CASTILLA Y LEON) .....	20
2.3.1 <i>Estado de la Tecnología Solar en Castilla y León</i> .....	25
2.3.2 <i>Ayudas y Subvenciones en Castilla y León</i> .....	28
<b>3 ESTUDIO DE LA TECNICA DE EE.RR. A NIVEL INDUSTRIAL</b> .....	<b>31</b>
3.1 Introducción .....	31
3.2 Elementos de una Instalación Solar Térmica .....	32
3.2.1 <i>Coletores solares</i> .....	33
3.2.2 <i>Acumuladores</i> .....	45
3.2.3 <i>Intercambiadores de Calor</i> .....	46
3.2.4 <i>Otros elementos</i> .....	47
3.2.5 <i>Tipología de instalaciones solares térmicas</i> .....	49
3.2.6 <i>Desarrollo del sector de instalación de solares</i> .....	52
3.3 Ventajas e inconvenientes de la energía solar .....	54
3.3.1 <i>Ventajas</i> .....	54
3.3.2 <i>Inconvenientes</i> .....	55
3.3.3 <i>Otras Tecnologías</i> .....	56
<b>4 CASOS DE ÉXITO EN ENERGÍA SOLAR TÉRMICA</b> .....	<b>57</b>
4.1 Instalaciones en España .....	57
4.1.1 <i>Castilla y León</i> .....	57
4.1.2 <i>Resto del territorio nacional</i> .....	58
4.2 Instalaciones a nivel Internacional.....	61
4.3 Conclusiones .....	63
<b>5 BUENAS PRÁCTICAS IDENTIFICADAS</b> .....	<b>64</b>
5.1 Normativas de construcción .....	64
5.2 Utilización del sistema .....	65
5.3 Mantenimiento de la instalación. ....	66
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	<b>67</b>
6.1 Estrategias y políticas analizadas. ....	67
6.2 Estudio de la técnica .....	68
6.3 Casos de éxito y buenas prácticas.....	69

## Índice de Gráficos

---

Gráfico 1. Producción Interior de diversas fuentes de energía.....	12
Gráfico 2. Desarrollo de la Energía Solar Térmica por países "Fuente: ESTIF" .....	13
Gráfico 3. Producción eléctrica en España "Fuente: Red Eléctrica Española" .....	14
Gráfico 4. Evolución de la implantación de Energía Solar Térmica en España.....	15
Gráfico 5. Evolución mensual de la Producción de Energía Primaria .....	20
Gráfico 6. Provincias de Castilla y León y sus zonas climáticas "Fuente: I.D.A.E" .....	22
Gráfico 7. Radiación Directa Normal para las diferentes zonas climáticas "Fuente: I.D.A.E" .....	23
Gráfico 8. Distribución Mensual de la Radiación solar, calor útil generado y pérdidas .....	23
Gráfico 8. Potencia instalada y Energía generada en instalaciones solares de Castilla y León.....	26
Gráfico 9. Eficiencia de los colectores en función de la temperatura "Fuente: Proyecto POSHIP" .....	39

## Índice de tablas

---

Tabla 1. Irradiación global anual según zona climática en España.....	16
Tabla 2. Irradiación global anual según zona climática en España.....	17
Tabla 3. Demanda típica de calor/frío para distintos tipos de procesos "Fuente: IDAE" .....	27
Tabla 4. Parámetros de Colectores Solares térmicos expuestos a irradiación normal.....	38
Tabla 5. Irradiación global anual según zona climática en España.....	41
Tabla 6. Comparativa entre tubos de vacío y colectores planos .....	43
Tabla 7. Proveedores de sistemas de energía solar.....	52

## Índice de ilustraciones

---

<i>Ilustración 1. Metodología de trabajo propuesta para el estudio. Resumen de acciones del proyecto</i> .....	8
<i>Ilustración 2. Mapa de distribución de zonas climáticas en España</i> .....	16
<i>Ilustración 3. Irradiancia global media (1983 – 2005) (kWh/m<sup>2</sup> día) "Fuente: AEMET"</i> .....	21
<i>Ilustración 4. Isolíneas de radiación solar media diaria sobre una superficie horizontal (kWh/m<sup>2</sup>)</i> .....	21
<i>Ilustración 5. Superficie acumulada instalada en España (2006) "Fuente: IDAE"</i> .....	25
<i>Ilustración 6. Evolución de la superficie instalada con energía solar térmica</i> .....	25
<i>Ilustración 7. Producción de Energía Eléctrica en instalaciones Solares "Fuente: Junta de Castilla y León"</i> .	27
<i>Ilustración 8. Típica instalación solar térmica</i> .....	32
<i>Ilustración 9. Colector solar plano</i> .....	33
<i>Ilustración 10. Colector solar de aire</i> .....	33
<i>Ilustración 11. Colector solar parabólico</i> .....	34
<i>Ilustración 12. Colector solar de tubo de vacío</i> .....	34
<i>Ilustración 13. % energía respecto al máximo con una orientación e inclinación óptimas</i> .....	35
<i>Ilustración 14. Producción energética de distintos captadores solares en función de la temperatura</i> .....	40
<i>Ilustración 15. Diferentes tipos de conexión de colectores</i> .....	44
<i>Ilustración 16. Acumulador</i> .....	45
<i>Ilustración 17. Intercambiador de calor de placas (arriba) y de carcasa-tubo (abajo)</i> .....	46
<i>Ilustración 18. Esquema de una instalación de circuito abierto "Fuente: ekidom.com"</i> .....	49
<i>Ilustración 19. Esquema de una instalación de circuito cerrado "Fuente: ekidom.com"</i> .....	50
<i>Ilustración 20. Instalación con sistema de acumulación de inercia e intercambiador de consumo</i> .....	51
<i>Ilustración 21. Instalación con doble sistema de acumulación y doble sistema de intercambio</i> .....	51

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Junta de Castilla y León y los Agentes Económicos y Sociales, conscientes de la importancia del diálogo social en el proceso de convergencia, crecimiento económico sostenible y generación de empleo en la Región, suscribieron el 27 de Diciembre el Acuerdo Marco para la Competitividad e Innovación Industrial de Castilla y León 2006-2009, como instrumento para articular la participación y el consenso del Gobierno Regional y los agentes económicos y sociales. Es en este contexto donde se crean los **Observatorios de Prospectiva Industrial, Producción Energética, Automoción y Agroalimentación**, materializados mediante el convenio que suscriben la Junta de Castilla y León, la Organización Empresarial CECALE y las Organizaciones Sindicales de CCOO y UGT.

- El **Observatorio de Prospectiva Industrial** presenta un carácter horizontal, y nace con el objetivo de contribuir al desarrollo y competitividad del tejido industrial de Castilla y León.
- El **Observatorio Industrial del Sector de Producción Energética** adquiere importancia relevante en un momento en que la energía está cada vez más presente en nuestros hábitos de vida, en las actividades cotidianas que realizamos y es pilar fundamental de la actividad industrial, de nuestra economía, su modernización y su competitividad esenciales para el futuro de Castilla y León.
- El **Observatorio de la Automoción** se fundamenta la importancia de la industria regional en este sector y en el entorno competitivo y globalizado.
- El **Observatorio de la Agroalimentación** aborda el futuro de la industria agroalimentaria en nuestra Comunidad, un sector de gran tradición en Castilla y León.

En este ámbito, CECALE, plantea una serie de estudios, a realizar por organizaciones asociadas especializadas, de cara a dinamizar los diferentes Observatorios y los sectores a los que se dirige. Con fecha 5 de Mayo de 2015, los estudios que CECALE ha convocado son los siguientes:

- Observatorio de Automoción: “Oportunidades para la industria de Castilla y León en el ámbito de las TIC en el sector de automoción”
- **Observatorio de Energía: “Uso de Energía Solar Térmica u Otras Energías Renovables en Polígonos Industriales de Castilla y León.”**

## 1.2 Objetivos y alcance

El objeto de esta Memoria es el de presentar, por parte del INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CASTILLA Y LEÓN (en adelante ITCL), miembro de la Confederación de Asociaciones Empresariales de Burgos (FAE), una propuesta para la realización del Estudio "**Uso de Energía Solar Térmica u otras energías Renovables en Polígonos Industriales de Castilla y León**" en el marco del **Observatorio de Prospectiva Industrial** de CECALE.

El alcance de este proyecto es estudiar las posibilidades de utilizar Energía Solar Térmica y otras energías renovables en un área geográfica determinada:

- Área Geográfica: Castilla y León.
- Involucración Industrial: Industrias de los Polígonos Industriales.

Para ello, se presentan los siguientes objetivos y metodología de trabajo:

### 1.2.1 Objetivos

El objetivo de esta propuesta es evaluar y potenciar la penetración y uso de la energía solar térmica y otras posibles energías renovables en los polígonos industriales de Castilla y León. Para ello se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Estudiar e Identificar la tipología de procesos / instalaciones térmicos más habituales en el sector industrial de Castilla y León .
- Identificar aquellas tipologías de procesos / instalaciones térmicas susceptibles de emplear energías renovables en el sector industrial de Castilla y León.
- Realizar 25-30 estudios técnicos y económicos de detalle de implantación de energía solar térmica u otras energías renovables en procesos / instalaciones térmicas productivas de industrias de castilla y león con alta viabilidad y potencial de éxito.
- Generar una herramienta de autoevaluación que permita a las empresas de Castilla y León analizar la posibilidad del uso de energías renovables en sus procesos industriales, especialmente la energía solar térmica y similares.
- Generar una guía básica de buenas prácticas para la mejora de los procesos / instalaciones industriales mediante el uso de energía solar térmica y otras energías renovables.

### 1.2.1 Metodología de trabajo



*Ilustración 1. Metodología de trabajo propuesta para el estudio. Resumen de acciones del proyecto*

A continuación se recogen los trabajos a realizar para cumplir los objetivos del Proyecto indicados en el apartado 2 (“Objetivos del Estudio”):

#### **FASE 1: “Introducción: Prospectiva de las Energías Renovables en el Sector Industrial”.**

- Tarea 1.1: “Alineamiento con las políticas y estrategias energéticas”.
- Tarea 1.2: “Estudio de la Técnica de las Energías Renovables a nivel industrial”.
- Entregable 1: Prospectiva de las Energías Renovables en el Sector Industrial.

#### **FASE 2: “Análisis de datos del sector industrial”.**

- Tarea 2.1: “Aproximación al uso de energías renovables por las empresas”.
- Tarea 2.2: “Selección de los tipos de instalaciones/procesos industriales a analizar”.
- Tarea 2.3: “Selección de las instalaciones/procesos industriales a analizar”.
- Tarea 2.4: “Estudio de los procesos/instalaciones industriales analizados”.
- Entregable 2: Estudio de tipos de instalaciones/procesos con requerimientos de energía térmica y grado de penetración de las EERR en dichos procesos.

#### **FASE 3: “Integración de Resultados, Elaboración de propuestas”.**

- Tarea 3.1: “Integración de datos”.
- Tarea 3.2: “Elaboración de propuestas”.
- Entregable 3: Informe final de resultados del uso de energías renovables/solar térmica del sector industrial en los polígonos industriales de Castilla y León.

#### **FASE 4: “Conclusiones del Estudio”.**

- Tarea 4.1: “Recapitulación de propuestas”.
- Entregable 4: Informe Ejecutivo.
- Entregable 5: Catálogo informativo



### 1.3 Panorama del sector de las EERR en polígonos industriales

Las empresas industriales que compiten globalmente están afrontando la necesidad de reducir sus costes energéticos para mejorar su competitividad. Esta reducción de costes energéticos en la industria deberá basarse fundamentalmente en la reducción de los consumos y en la mejora de la intensidad energética (consumo de energía por unidad producida), a través de medidas de eficiencia energética en sus procesos, equipamientos e instalaciones o la incorporación de energías más limpias y renovables.

A nivel nacional, las Energías renovables generaron 78.874 GWh en 2013 (*Asociación de Empresas de Energías Renovables (APPA)*), aportando 9.496 millones de euros al PIB nacional. El sistema eléctrico español contaba a 31 de diciembre de 2013 con 108.264 MW instalados, de los que 32.612 MW correspondían a energías renovables de régimen especial. La eólica, con 22.781 MW, era la segunda tecnología en potencia instalada, por detrás de los ciclos combinados con 27.206 MW. Por comunidades autónomas, Castilla y León, Andalucía, Castilla-La Mancha y Galicia son, por este orden, las comunidades con mayor potencia instalada renovable, con un total del 64,5% del total de la potencia instalada en España.

En Castilla y León en 2013 según el Boletín de Estadísticas Energéticas de Castilla y León, la producción de energía primaria fue próxima a los 2,3 Mtep, de los que 1,1 Mtep fueron de energía eólica y 0,72 Mtep de energía solar.

El PER 2011-2020 marca un objetivo final para las energías renovables térmicas en nuestro país de 5.357 ktep, de los que la solar térmica aportará 644 ktep, equivalente a una superficie captadora de 10.000 m<sup>2</sup>, con una producción energética creciente a un ritmo anual del 4% los primeros años y un 16% al final del periodo.

Sin embargo, el informe KEEPONTRACK<sup>1</sup> para la Comisión Europea sobre el cumplimiento de los objetivos de los Estados miembros a 2020 concluye que España incumplirá su objetivo vinculante respecto a la participación de las fuentes renovables sobre la demanda final.

El papel del sector termosolar en España utiliza una tecnología basada en fuentes renovables y muy distribuidas en el territorio, con características que la hacen idóneas para un sistema eléctrico descentralizado, de tipo modular y que admiten y se benefician de otros sistemas híbridos o de cogeneración.

El potencial de la energía solar térmica en el sector industrial en Castilla y León es muy alto, gracias al número de horas de sol anuales que se disponen, por lo tanto, la realización de este estudio puede ayudar a mejorar la integración de este tipo de energías en el sector industrial castellano-leonés.

---

<sup>1</sup> "2020 RES Scenarios for Europe". KEEPONTRACK! 2014

## 2 ESTRATEGIAS Y POLÍTICAS ANALIZADAS

Se ha llevado a cabo una búsqueda de fuentes de información con respecto al sector energético y políticas y estrategias a nivel regional (Castilla y León), nacional y europeo.

El objetivo es obtener una visión completa del estado del sector y de sus particularidades, para posteriormente compararlo con la situación energética de los polígonos industriales y plantear posibles acciones de mejora.

### 2.1 Energía solar térmica a NIVEL EUROPEO

La mejora de las condiciones medio ambientales, así como el desarrollo de energías sostenibles siempre ha sido una de las preocupaciones en el ambiente europeo, imponiendo normativas y premiando a tecnologías sostenibles por encima de aquellas que no lo son.

Desde que se empezaron a desarrollar las energías renovables se han creado diversos programas europeos en los que premian el uso de esta tecnología, puesto que aparte de contribuir a reducir las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, también supone una mejora en las condiciones ambientales del planeta a la hora de usar esta tecnología más sostenible y luchar contra el cambio climático.

Actualmente están en vigor muchas políticas que intentan incluir en la industria el uso de las energías renovables. El programa que engloba a todas es el **HORIZON 2020**. Se trata de una idea muy ambiciosa que no solo pretende aumentar la creación de empleos en Europa, sino que también premia la investigación en energías sostenibles, inteligentes y aquellas que aún están en desarrollo.

Los combustibles fósiles son una fuente de energía no sostenible y debido a la falta de recursos debemos buscar formas nuevas de energía evitando un impacto negativo en el medio ambiente. Para proveer a los ciudadanos europeos con una amplia gama de energías y que cada uno elija la más conveniente en su caso se ha creado el plan HORIZON 2020, cuyos objetivos son:

- Disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20% en el 2020.
- Una mayor reducción de estos mismos tipos de gases entre un 80% y un 95% para el año 2050.

De esta manera se investigará en diferentes áreas tecnológicas entre otras muchas:

- Energía Solar Térmica
- Energía Solar Fotovoltaica
- Energía Eólica
- Energía Oceánica
- Energía Geotérmica
- Bioenergía
- Almacenamiento de Energía
- Eficiencia Energética
- Ciudades Inteligentes
- Energía Nuclear (Fusión y Fisión)

Aparte de este programa tan amplio se han ido creando proyectos de menor envergadura además de una serie de normativas que engloban cada uno de los sectores mencionado anteriormente, tales como:

- **DG CLIMA:** Se monitorizarán las emisiones de cada país de la unión europea para disminuir los gases de efecto invernadero y preservar la capa de ozono, promocionando tecnologías más limpias.
- **FRONT:** Este proyecto promueve las energías renovables en los sistemas de calentamiento y enfriamiento de industrias europeas incluyendo energías diversas como la geotérmica, de biomasa y la solar térmica.
- **Roger Leron 2016:** Iniciativa que premia anualmente a aquellas personas u organizaciones que hayan mantenido una actitud proactiva hacia las energías sostenibles.
- **PUBLENEF:** El objetivo de este programa es mejorar la eficiencia de las políticas energéticas y promover su uso tanto a nivel regional como nacional. Abarca el periodo entre 2016-2019. También fomenta el aprendizaje de sobre energías renovables y refuerza las redes de trabajo entre agencias internacionales.
- **ClimAct Regions:** Proyecto realizado en 2006 llevado a cabo por la Federación Europea de Agencias de Energía y Medio Ambiente en el que se apoya a aquellas empresas que hayan reducido las emisión de gases de efecto invernadero en un 20% para el año 2020.

Debido a todos los programas propuestos por la Unión Europea junto con el deseo que comparten todos los países europeos, cada año, el desarrollo de las energías renovables se ha acrecentado y su tendencia va el aumento.

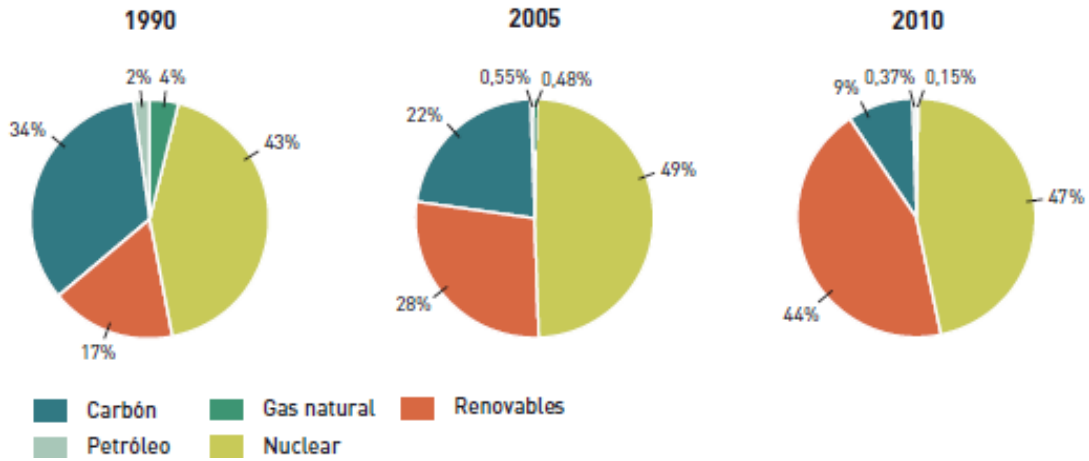


Gráfico 1. Producción Interior de diversas fuentes de energía.  
"Fuente: Plan de energías renovables 2010-2020, I.D.A.E."

En el sector europeo en un periodo de 20 años la producción de energías renovables ha aumentado considerablemente. En 1990 el porcentaje de producción de energías renovables era del 17%, mientras que en el año 2010 el porcentaje aumentó hasta el 44% disminuyendo el uso de combustibles fósiles, en especial, el carbón.

El crecimiento está siendo continuo y en consecuencia, más empresas deciden invertir en fuentes renovables de energía debido a su acusada expansión.

En cuanto al desarrollo de la energía solar térmica el país que más ha desarrollado este tipo de energía es Alemania, seguida por Reino Unido e Italia como se muestra en el diagrama tomado de un informe de la Federación de Industria Solar Térmica Europea (ESTIF).

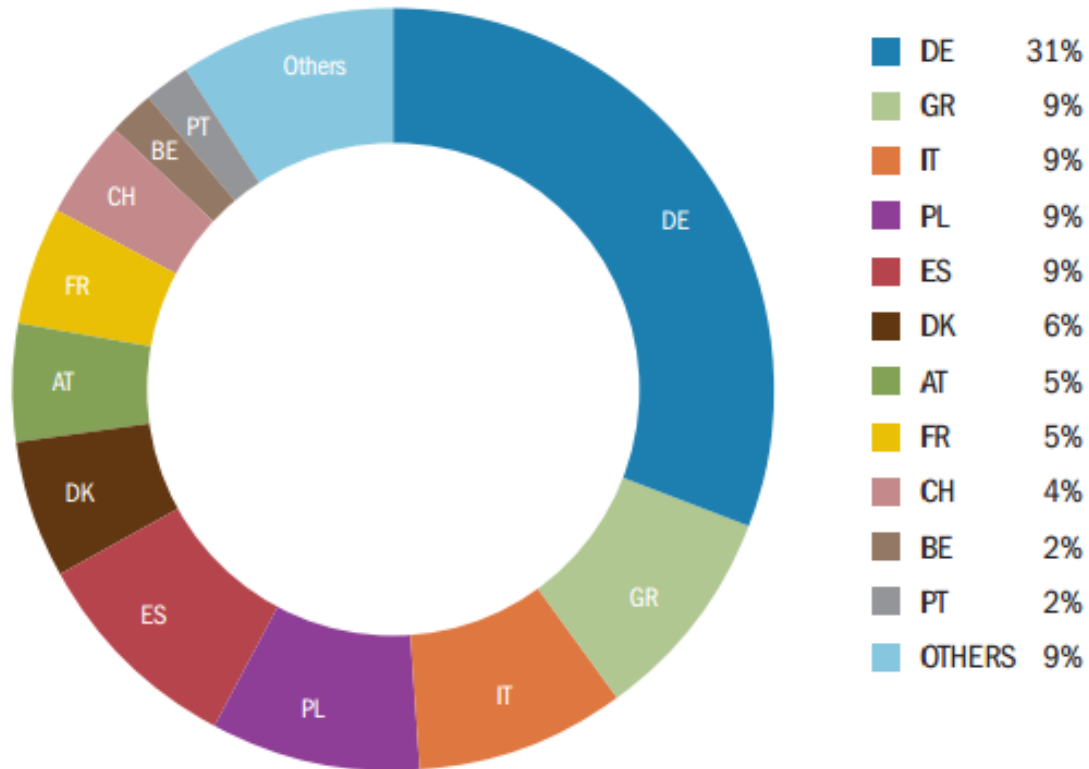


Gráfico 2. Desarrollo de la Energía Solar Térmica por países "Fuente: ESTIF"

En España, la implantación de energía solar térmica es un campo muy prometedor que todavía está en desarrollo, por lo que se espera que con el paso del tiempo más empresas decidan incorporarlo a su sistema productivo como han hecho otras potencias anteriormente.

## 2.2 Energía solar térmica a NIVEL NACIONAL

En cuanto a la implantación de energías renovables a nivel nacional, el sector más extendido y, por tanto, donde podemos obtener una información más detallada, es la producción de energía eléctrica.

España es un país que tradicionalmente se ha sustentado energéticamente de la quema de combustibles fósiles al igual que de energía nuclear, de modo que el porcentaje energético proporcionado por las energías renovables está en aumento, llegando en ocasiones a suministrar el 50% de la energía consumida en España.

Debido a que la demanda energética es muy variable diariamente, el porcentaje de energía suministrado varía notablemente. Tomando como ejemplo los datos de la Red Eléctrica Española para el día 11/4/2016 a las 14:00 (izquierda) y 21:30 (derecha) la demanda energética fue la siguiente:

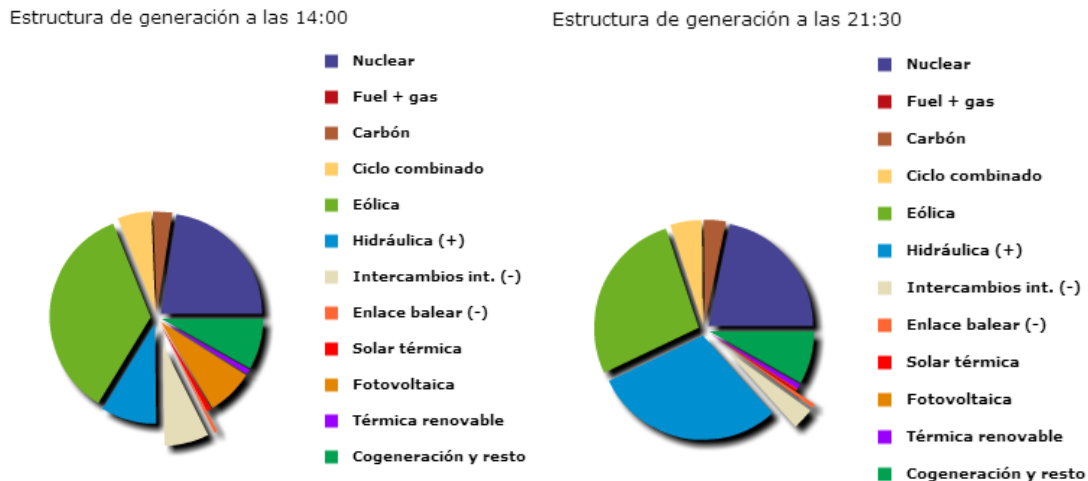


Gráfico 3. Producción eléctrica en España "Fuente: Red Eléctrica Española"

Queda visto que las energías renovables proporcionan un elevado porcentaje a la producción de energía eléctrica (llegando en ocasiones a superar el 50%) demostrando un alto nivel de implantación en este campo. Sin embargo, las principales fuentes de energía renovable son la eólica y la hidráulica. Para el caso de energía solar térmica, el porcentaje energético proporcionado es muy reducido, aunque en los meses de verano puede llegar al 5-10%. Por lo general, se trata de grandes centrales solares térmicas con una gran superficie de captación.

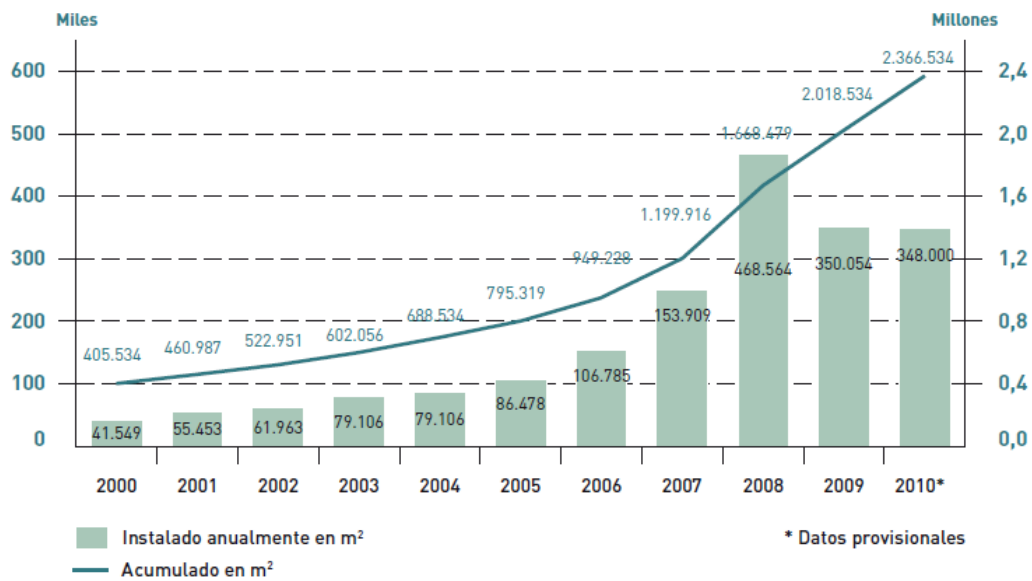
Si pasamos al Sector Industrial, también vemos que la implantación de energías renovables está centrada principalmente en la producción de energía eléctrica a través de la instalación de paneles solares fotovoltaicos en cubiertas o solares. También existe una tendencia al alza en la instalación de grandes calderas de biomasa para el abastecimiento de grandes consumidores de energía térmica o para la generación y venta de este tipo de energía por medio de Empresas de Servicios Energéticos (ESEs). En cuanto a la energía solar térmica, la aplicación a nivel industrial

se reduce a unos pocos casos en los que este tipo de instalaciones sirven de apoyo para el precalentamiento de un fluido para un proceso determinado.

Para este tipo de aplicaciones de energía solar térmica, el mayor nivel de implantación se registra en instalaciones de generación de ACS para edificación, principalmente a raíz de la publicación del Documento Básico HE4 del Código técnico de la edificación, relativo a ahorro de energía y que señala la obligatoriedad de disponer de un porcentaje mínimo de contribución solar en la generación de ACS en edificios destinados a viviendas, oficinas, etc.

Debido a la escasa implantación de instalaciones de energía solar térmica en el sector industrial, se tomarán como referencia los datos de implantación existentes en edificación y en generación de energía eléctrica para evaluar el potencial existente en el sector industrial.

Durante la última década se ha producido un aumento considerable en la implantación de instalaciones de energía solar térmica. En España, las instalaciones solares comenzaron a construirse en torno al año 2000 y su desarrollo hasta la actualidad ha crecido de manera muy rápida llegando a aumentar hasta seis veces su estado inicial.



*Gráfico 4. Evolución de la implantación de Energía Solar Térmica en España  
 "Plan de energías renovables 2010-2020, I.D.A.E."*

Pese a que cada vez más instalaciones solares están siendo construidas, dependiendo de la situación geográfica existirán diferentes valores de irradiación, y por lo tanto existen ciertas zonas en las que resulta más rentable el realizar una instalación solar.

Según el Código Técnico de la Edificación (CTE) en España hay cinco zonas climáticas diferentes. Para cada una de ellas la incidencia y la irradiación solar obtenidas son:

Zona climática	Irradiación global anual con colector	
	horizontal (kW/m <sup>2</sup> )	normal (kW/m <sup>2</sup> )
(Zona I)	1294	1092
(Zona II)	1445	1312
(Zona III)	1664	1784
(Zona IV)	1686	1751
(Zona V)	1872	2092

Tabla 1. Irradiación global anual según zona climática en España

Esta distinción por zonas se representa geográficamente de la siguiente manera:

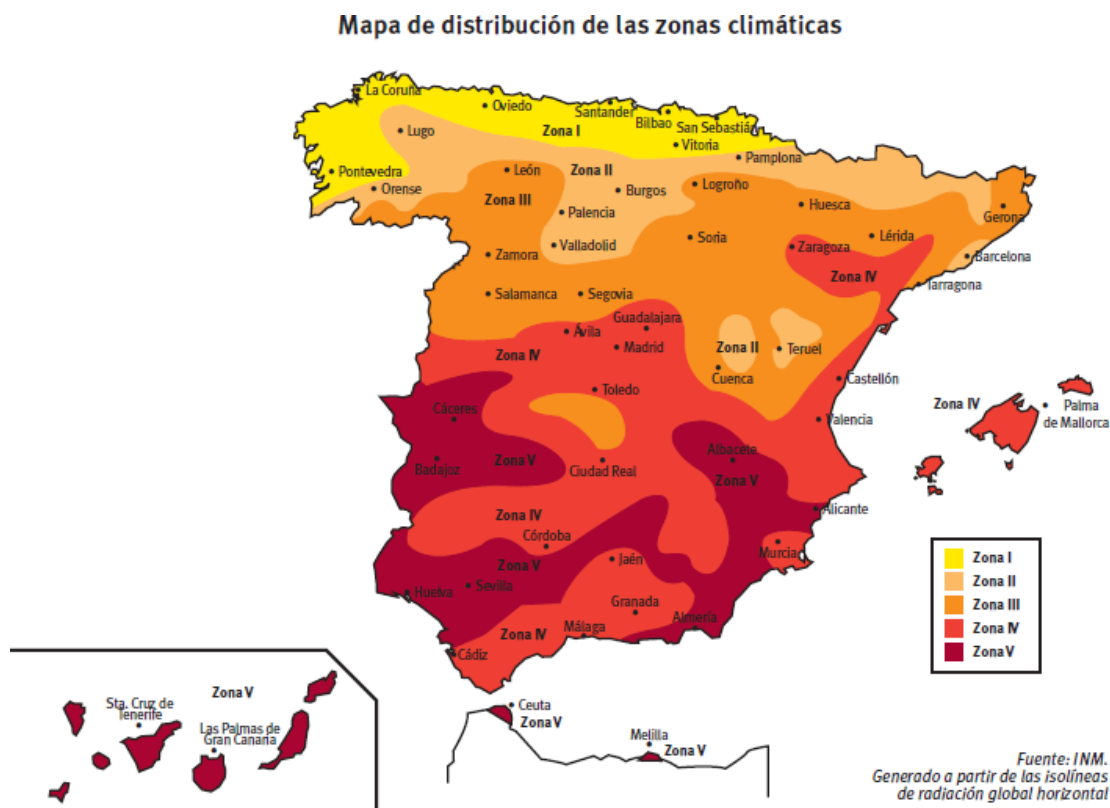


Ilustración 2. Mapa de distribución de zonas climáticas en España

Como vemos, la rentabilidad de las instalaciones solares térmicas situadas en las zonas III, IV y V será mayor que aquellas situadas en las zonas I y II. De este modo, la ubicación de una instalación solar térmica será un factor a tener en cuenta para evaluar la rentabilidad de la instalación. Además del emplazamiento, se deberá optimizar la orientación e inclinación de los colectores para obtener la máxima rentabilidad de la instalación durante todo el año.

Además del emplazamiento de la instalación, otro factor a tener en cuenta a la hora de implantar un sistema solar térmico es el tipo de colector utilizado. Más adelante se describirán los diferentes tipos de colectores, y según la temperatura a la que trabaje la instalación la eficiencia de los colectores cambia.



En función del tipo de colector, el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) ha realizado un estudio sobre los mejores tipos de colectores solares en cada zona de la península según la temperatura de trabajo, como se presenta en la siguiente tabla:

Colectores más eficientes		
Zona climática	$T^{\circ} < 100^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 200^{\circ}\text{C}$
(Zona I)	ETC / EFPC	CPC
(Zona II)	ETC / EFPC	CPC / PTC
(Zona III)	ETC / EFPC / PTC	CPC / PTC
(Zona IV)	ETC / EFPC / PTC	CPC / PTC
(Zona V)	PTC	PTC

Colectores Placa Plana (FPC)  
 Colector de Tubos de vacío (ETC)  
 Colector de Tubos de vacío con placa (EFPC)  
 Colector Parabólico Concéntrico (CPC)  
 Colector Solar parabólico con seguidor (PTC)

*Tabla 2. Irradiación global anual según zona climática en España*

A la hora de definir una solución óptima y diseñar la instalación acorde a ella se tendrán en cuenta los colectores más eficientes según la temperatura del proceso y la zona en la que se localiza la empresa.

Según los datos del estudio de IDAE, al realizar un análisis energético comparando la energía solar térmica con otras fuentes de energía en el que se han calculado los costes, tarifas y ahorros anuales se concluye con que:

- **Desde el punto de vista energético**
  - El sistema solar térmico permite un ahorro de 1,29 kWh de energía primaria por cada kWh de energía térmica suministrada, lo cual es aproximadamente el doble del ahorro de un buen sistema de cogeneración. La eficiencia óptima de produce cuando trabajan de manera complementaria.
  - El ahorro energético potencial es mayor en sistemas solares termoeléctricos operando en cogeneración (generación simultánea de electricidad y aprovechamiento del calor residual).
- **Desde el punto de vista económico**
  - Cabe destacar que el coste adicional por energía primaria ahorrada en sistemas solares térmicos a baja y media temperatura es de 2,2 a 3,9 veces inferior al coste equivalente de energía fotovoltaica.
  - El ahorro de energía primaria por unidad de superficie de tejado o terreno disponible es entre 2,4 y 3,1 veces mayor en sistemas solares térmicos si se compara con energía fotovoltaica.

Para una percepción más global del desarrollo de la energía solar térmica en España, según los datos proporcionados por el IDAE en el año 2010. España cuenta con 2.366.534 m<sup>2</sup> de captadores solares instalados, en un sector en el que participan más de 100 empresas, de las cuales 40 son empresas fabricantes de captadores y otros equipos. Se prevé una disminución en los costes debido a las constantes mejoras en los equipos y sistemas de captación.

En cuanto al uso de las instalaciones solares, se estima que su uso se distribuirá en distintos sectores como el sector industrial, el sector servicios o el ámbito residencial haciendo uso de instalaciones de mediano o gran tamaño que serán utilizadas en climatización o para el uso de ACS. Al ser el sector solar tan amplio, en función de la producción de calor y la demanda energética en el momento variarán los usos de este tipo de tecnología.

### 2.2.1 Ayudas y Subvenciones en España

Las iniciativas que promueven la implantación de energía solar térmica a nivel nacional, y que están vigentes en la fecha de ejecución de este estudio son las siguientes:

- **Programa PAREER-CRECE:** Programa que abarca un periodo de 2014-2020 en el que se intenta mejorar la eficiencia energética de la envolvente térmica y de las instalaciones térmicas y de iluminación, al igual que la implantación de energías geotérmicas y de biomasa en instalaciones térmicas.
- **Línea de ayudas para actuaciones de eficiencia energética en PYME y gran empresa del sector industrial.** Los beneficiarios son las pequeñas y medianas empresas cuyo CNAE 2009 se encuentre entre los códigos 7-18 y 20-33. El plazo de convocatoria acaba en mayo del 2016 y ofrece una ayuda del 30% de la inversión elegible, siempre que la inversión mínima en la mejora de la tecnología sea de 75.000€; la implantación de sistemas de gestión energética mínima sea 35.000€ y siempre que el importe máximo de la instalación no supere los 4.000.000€.
- **Financiación Por Terceros (FPT)** El I.D.A.E. aporta sus ideas en la definición del proyecto aportando soluciones técnicas adecuadas en caso de conflictos a la hora de diseño y financia total o parcialmente la inversión del proyecto. Esto supone para el industrial o destinatario final una alternativa más interesante respecto a las financiaciones convencionales. El I.D.A.E. recupera su inversión, incluyendo su beneficio, mediante los ahorros energéticos inducidos o por la energía generada.
- **Financiación de Proyecto y Arrendamiento de Servicios.** Se trata de un modelo de colaboración financiera por el que el I.D.A.E. financia y presta servicios de asesoramiento y coordinación en todas las fases de ejecución y explotación de un proyecto de inversión.
- **Fondo JESSICA - F.I.D.A.E.** El Fondo F.I.D.A.E. es un fondo puesto en marcha por I.D.A.E. y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, dotado con cerca de 123 millones € que tiene como propósito financiar proyectos de desarrollo urbano sostenible que mejoren la eficiencia energética y/o utilicen las energías renovables.
- **Implicación del I.D.A.E. en los Proyectos de Inversión.** Una vez identificado un proyecto, se realiza un análisis en el I.D.A.E. para determinar la viabilidad técnico-energética del mismo. Dependiendo de la naturaleza técnica de los proyectos y del alcance económico de la inversión, se formaliza un acuerdo entre el industrial o promotor del proyecto y el I.D.A.E. por el que se comprometen a desarrollar el proyecto en caso de que los resultados de dicho análisis sean favorables.
- **Proyecto EROSOLAR:** Galardones anuales que premian la implantación en territorio tanto nacional como europeo la implantación de tecnologías dentro del mercado de tecnologías renovables. Se imparten anualmente y desde el año 2002.

### 2.3 Energía solar térmica a NIVEL REGIONAL (CASTILLA Y LEÓN)

La Comunidad de Castilla y León se apoya en gran medida a las energías renovables, las cuales suministran la mayor parte de la energía producida.

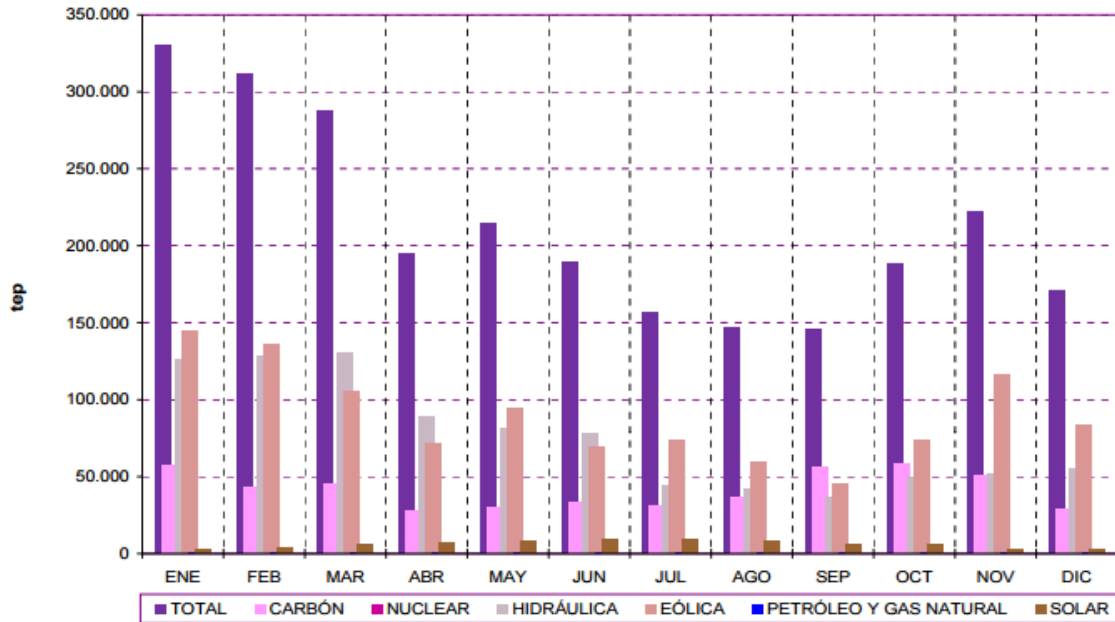


Gráfico 5. Evolución mensual de la Producción de Energía Primaria  
"Fuente: Junta de Castilla y León"

Como vemos en el gráfico anterior, publicado en el Boletín Estadístico de la Energía de Castilla y León (2014), las energías que producen una mayor cantidad de energía, y por tanto, con un mayor nivel de implantación son la hidráulica y la eólica. La tercera en orden de importancia sería el carbón. En el caso de la energía solar, ocupa el cuarto puesto en importancia, representando un porcentaje muy pequeño respecto a los tres primeros tipos, representado principalmente por instalaciones solares fotovoltaicas. Por último, otras fuentes de energía tales como petróleo, gas natural, nuclear ocupan un porcentaje nulo o residual en la distribución.

No se dispone de datos estadísticos acerca de la implantación de energía solar térmica en Castilla y León. Generalmente, la distribución de fuentes de energía para la generación de energía eléctrica proporciona una buena percepción de cómo se encuentra el nivel de implantación de una tecnología; para el caso de Castilla y León (al igual que a nivel nacional), vemos que la energía solar (fotovoltaica) representa un porcentaje muy pequeño.

Si a ello le sumamos que la energía solar térmica está mucho menos implantada que la energía solar fotovoltaica, podemos concluir que a nivel regional el nivel de penetración de la energía solar térmica será muy bajo; en la mayoría de casos se tratará de instalaciones para uso en edificación (ACS, climatización, etc.), siendo contados los casos en el sector industrial.

A pesar de ello, las condiciones climatológicas en esta comunidad autónoma son favorables para la implantación de sistemas de energía solar debido a su buena localización geográfica en la Península Ibérica, en que abarca las zonas climáticas II y III principalmente.

A continuación se muestra un gráfico de la radiación solar incidente, donde podemos ver los valores dados para Castilla y León:

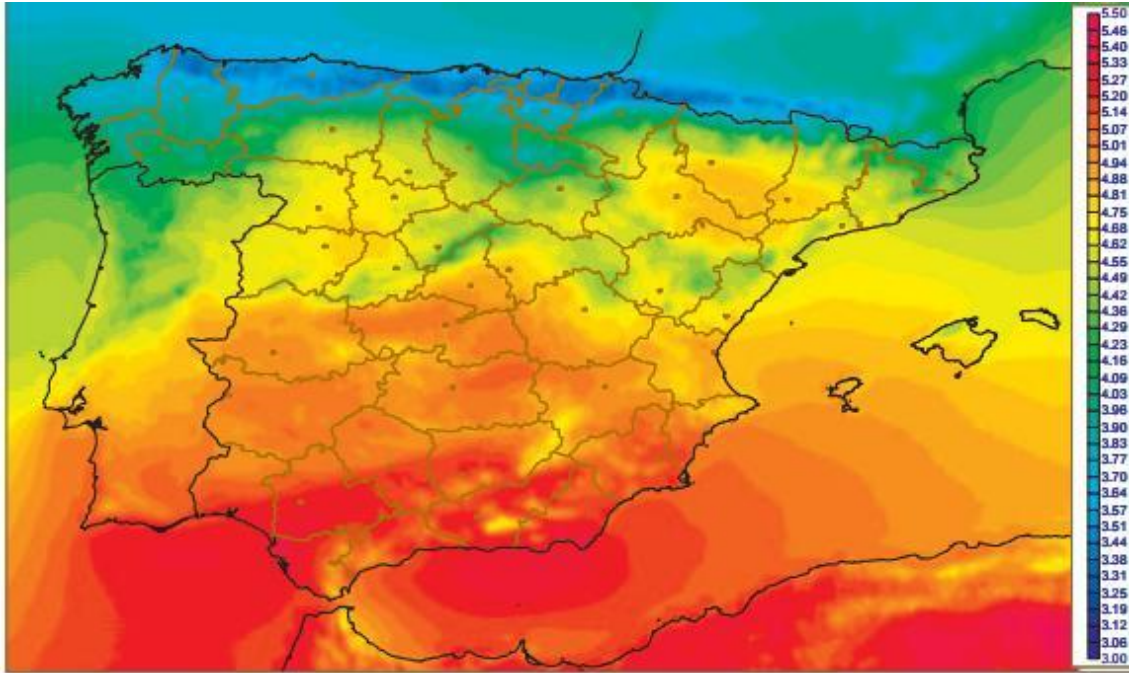


Ilustración 3. Irradiación global media (1983 – 2005) (kWh/m<sup>2</sup> día) “Fuente: AEMET”

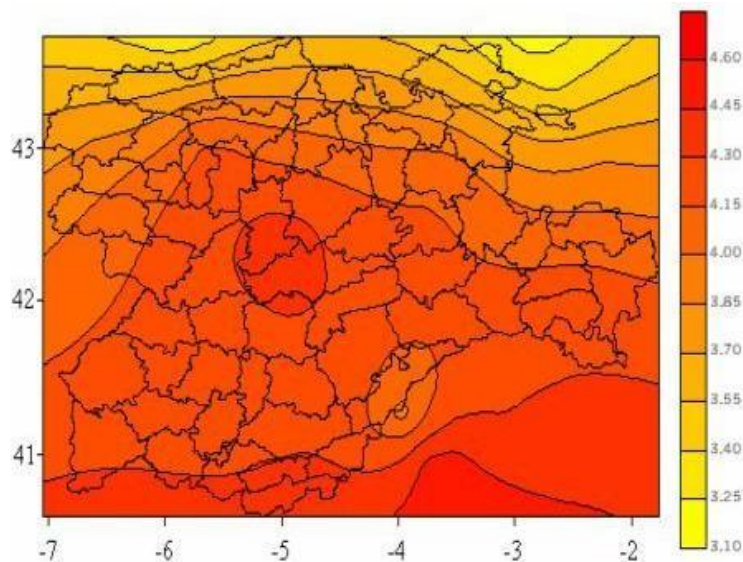


Ilustración 4. Isótopas de radiación solar media diaria sobre una superficie horizontal (kWh/m<sup>2</sup>)  
“Fuente: EREN”

En la primera ilustración podemos ver que en la mayoría de esta comunidad autónoma se encuentra en una zona de irradiación media-alta, en especial las localidades situadas en el sur de la región, mientras que en la zona norte la radiación es media-baja.

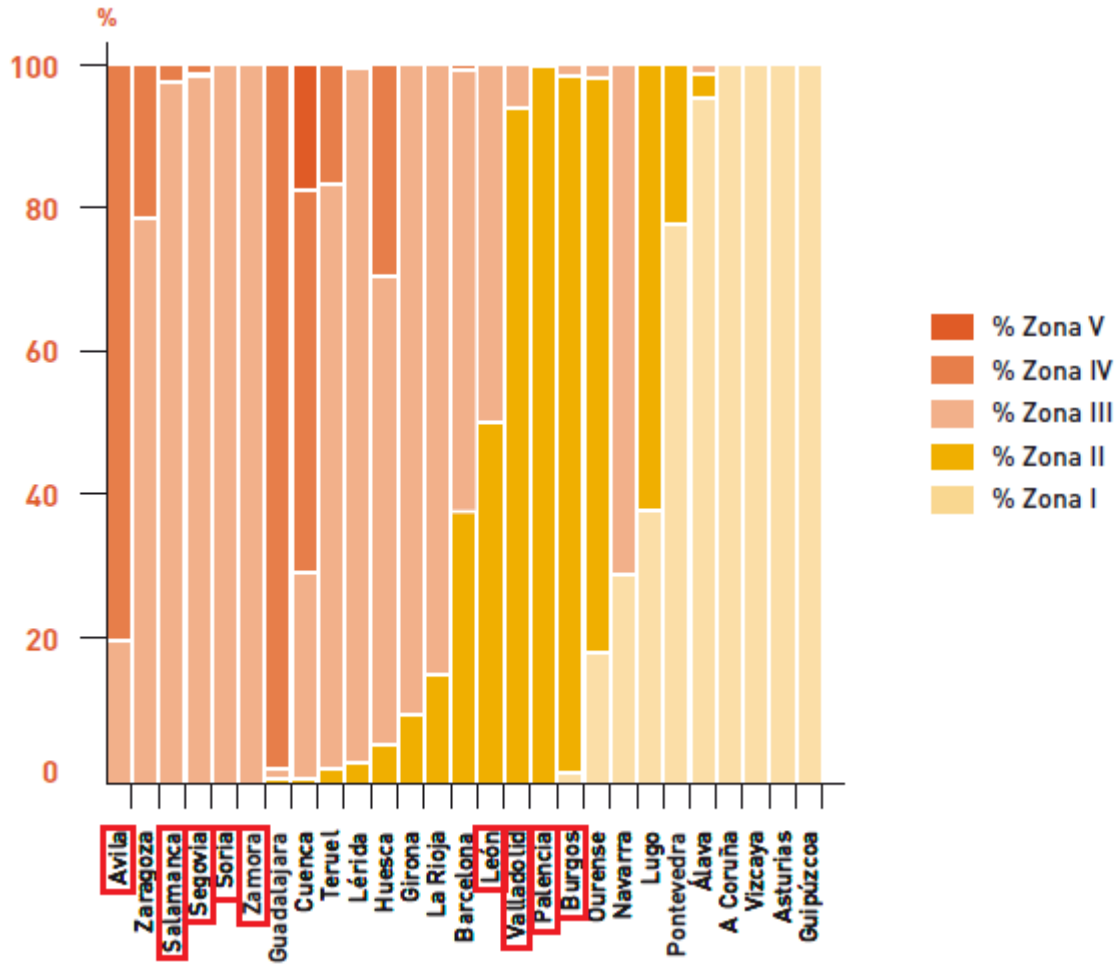


Gráfico 6. Provincias de Castilla y León y sus zonas climáticas "Fuente: I.D.A.E"

La Comunidad Autónoma de Castilla y León se encuentran entre las zonas II, III y IV. León, Valladolid, Palencia y Burgos pertenecen, en su mayoría, a la zona II y mientras que Segovia, Soria y Zamora pertenecen a la zona III. Finalmente Ávila y Salamanca, pertenecen a la zona IV y a la III.

A pesar de pertenecer a zonas climáticas muy distintas, podemos ver que la mayor parte de la región posee unos valores aceptables de radiación. Por ejemplo, para un valor de referencia de 4,3 kWh/m<sup>2</sup>, que es un valor que nos podemos encontrar en gran parte de la región, solamente nos encontramos una radiación un 20% inferior a los puntos con mayor radiación del territorio nacional.

En la siguiente gráfica podemos ver la distribución de la radiación solar para las diferentes zonas climáticas, así como las pérdidas en las tuberías que tiene el sistema:

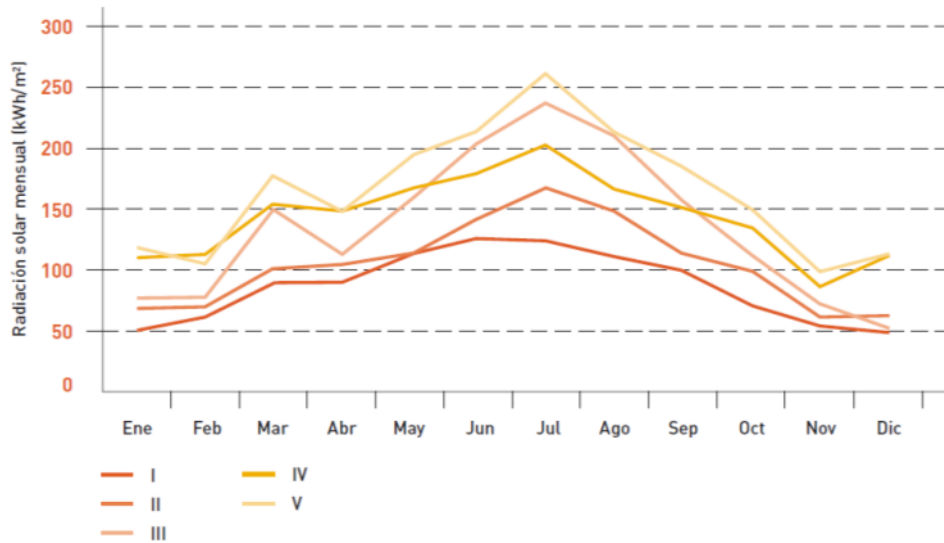


Gráfico 7. Radiación Directa Normal para las diferentes zonas climáticas "Fuente: I.D.A.E"

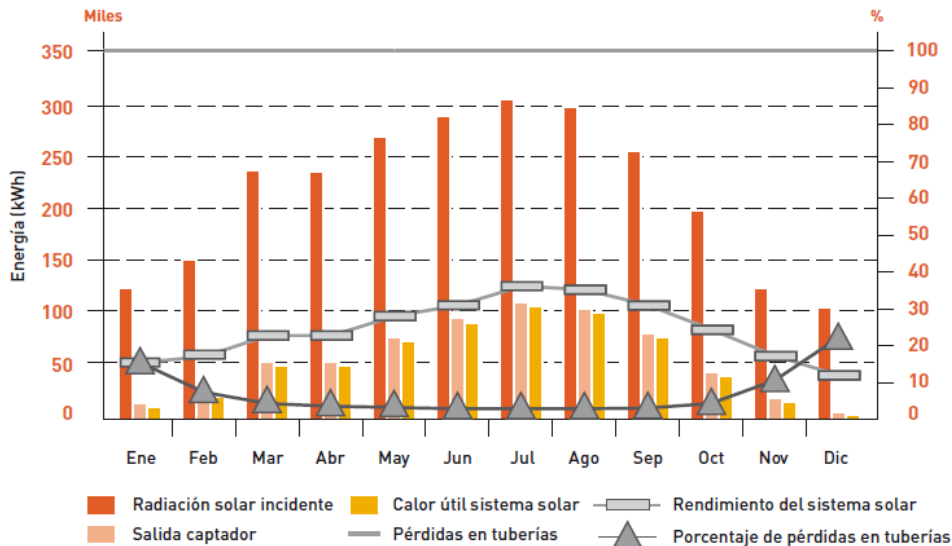


Gráfico 8. Distribución Mensual de la Radiación solar, calor útil generado y pérdidas  
 Estudio para un captador plano en la zona III "Fuente: I.D.A.E."

Si se analiza la radiación solar incidida por meses se observa que durante los meses de verano (Junio, Julio y Agosto) la radiación es máxima, lo cual maximiza el rendimiento de la instalación, mientras que en invierno (Diciembre, Enero y Febrero) son los periodos de mínima incidencia solar.

Se puede considerar que la radiación solar recibida en Castilla y León es de carácter medio en relación a España, variando desde 3,5 kWh/m<sup>2</sup>día, hasta un máximo de 6,5 kWh/m<sup>2</sup>día, suficiente para un aprovechamiento energético eficiente en sus diferentes usos.

Las pérdidas en los elementos de la instalación son relativamente pequeños en comparación con las ganancias energéticas obtenidas de la instalación. El rendimiento global del sistema está

próximo al 40% en los meses de mayor incidencia solar, disminuyendo levemente en primavera y otoño llegando a un mínimo en diciembre del 15%.

En comparación con otras comunidades autónomas en las que la irradiancia solar es mayor, el Ente Regional de la Energía de Castilla y León cita en una de sus guías informativas que la radiación solar media de Castilla y León es superada por Sevilla solamente en un 10%. Esto es debido a la altitud de esta Comunidad comparado con Sevilla cuya altitud no supera los 10m.

Tras analizar el gráfico anterior, y añadiendo la información proporcionada por el E.R.E.N., se puede apreciar que la instalación de captadores solares tanto térmicos o fotovoltaicos es una buena inversión porque se asegura una recepción elevada de radiación solar.



### 2.3.1 Estado de la Tecnología Solar en Castilla y León

Castilla y León es una comunidad autónoma con una geografía adecuada para la instalación de colectores solares y es la séptima comunidad autónoma con mayor área instalada en 2006 con un área superficie total de captación de 56.048 m<sup>2</sup> en continuo desarrollo.

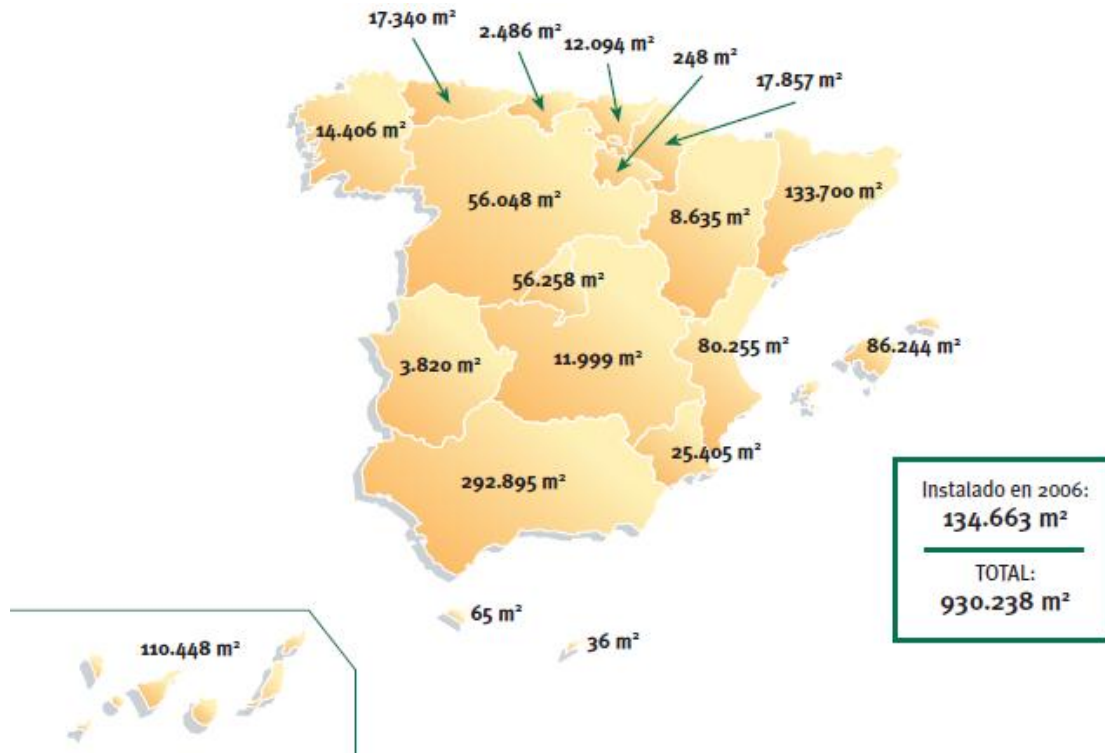


Ilustración 5. Superficie acumulada instalada en España (2006) "Fuente: IDAE"

Al hacer una evaluación histórica se observa que la superficie instalada con energía solar térmica en Castilla y León ha ido aumentando lentamente entre los años 1999 – 2001. Por ejemplo, en 1999 la superficie de captación total era de 9.295 m<sup>2</sup>, en el año 2000 de 10.318 m<sup>2</sup>, pasando a finales de 2001 a 13.128 m<sup>2</sup>. La previsión de la Junta de Castilla y León establecida en el Plan Solar para 2010 es impulsar el desarrollo de las instalaciones solares y multiplicar por más de 20 la superficie instalada en 2001.

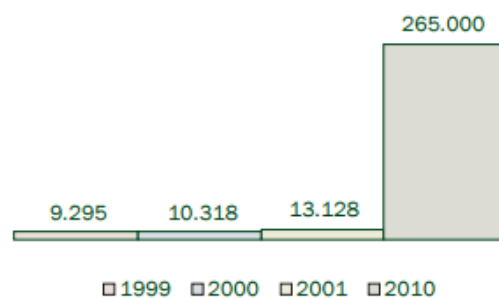


Ilustración 6. Evolución de la superficie instalada con energía solar térmica  
"Fuente: Junta de Castilla y León"

Habitualmente se acompaña a una instalación solar térmica otra fuente de energía complementaria para aquellas ocasiones en las que no se llegue a los requerimientos energéticos (especialmente en los meses de invierno). Habitualmente este apoyo se realiza tanto con instalaciones de combustibles fósiles como de biomasa.

Este sector industrial debido a la producción de colectores solares, tanto térmicos como fotovoltaicos se está ampliando y generando empleo debido a la previsión que en los siguientes años, más empresas decidan instalar estos sistemas.

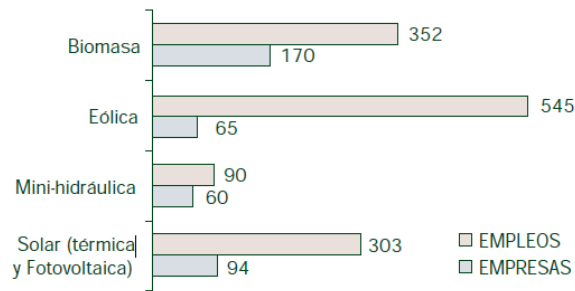


Gráfico 1. Número de empresas y empleabilidad en energías renovables  
 "Fuente: Junta de Castilla y León"

Vemos que la energía eólica es el tipo de energía más desarrollada por lo que existe un mayor número de empresas dedicadas a este sector mientras, pero dada la exclusividad de esta tecnología el número de empresas es de los menores. Por otro lado, en energía solar el nivel de empleabilidad es menor al estar menos implantada en la región, pero al ser una tecnología más accesible, existe un mayor número de empresas (94) dedicadas a la instalación de energía solar.

Según el Cuaderno de Medio Ambiente publicado por la Junta de Castilla y León (2008); al inicio del año 2008 la potencia instalada en Castilla y León era de 14,6 MW en instalaciones solares, mientras que tan solo cuatro años antes apenas existía algo menos de 1,1 MW.

En el siguiente gráfico podemos ver una evolución del incremento de potencia instalada en energía solar:

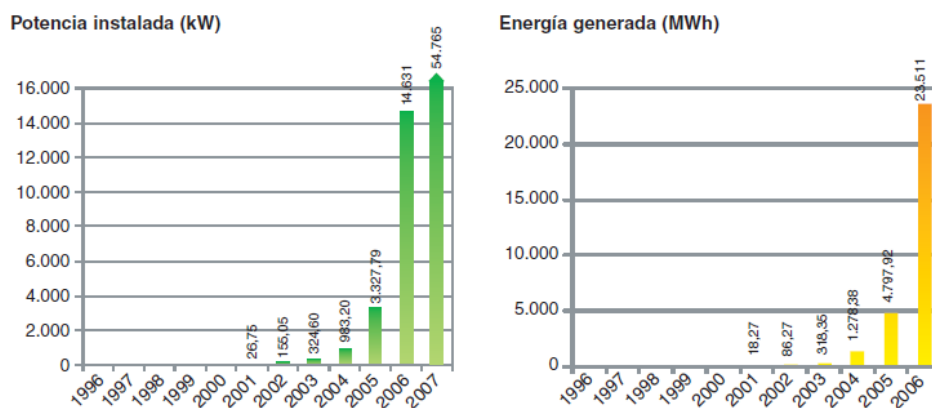
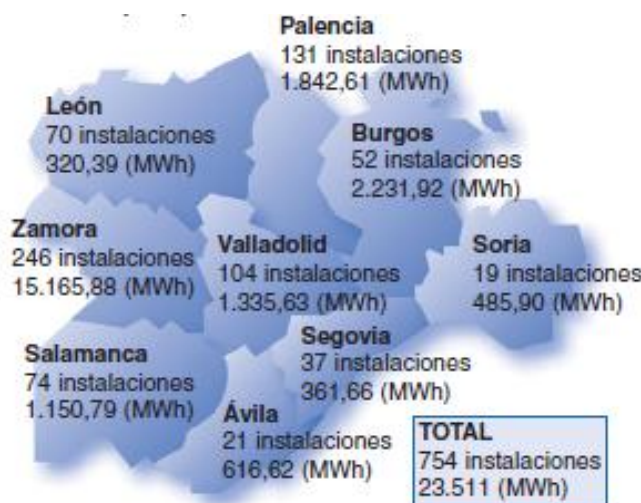


Gráfico 9. Potencia instalada y Energía generada en instalaciones solares de Castilla y León  
 "Fuente: Junta de Castilla y León"

En cuanto a energía solar térmica, en la Comunidad Autónoma de Castilla y León ha pasado de 10.223 m<sup>2</sup> en el año 2000 a 69.962 m<sup>2</sup> en el año 2006, disparándose de tal manera que a finales del año 2008 se alcanzó un ratio de superficie solar instalada de 23,3 m<sup>2</sup>/1.000 hab.

De manera más general, en la siguiente imagen se muestra la distribución por provincia de las instalaciones solares hasta el año 2006 en Castilla y León. Con el paso de los años el número de instalaciones habrá ido en aumento, pero es una imagen orientativa de cuan desarrollado está el sector solar térmica en Castilla y León.



*Ilustración 7. Producción de Energía Eléctrica en instalaciones Solares "Fuente: Junta de Castilla y León"*

Según el I.D.A.E., la demanda de calor según la temperatura en los procesos típicos del sector industrial es la mostrada en la siguiente tabla:

	Demanda térmica en procesos consumidores de calor (MWh)	Demanda térmica en procesos consumidores de frío (MWh)
<b>Global</b>	1.133	2.026
<b>Con Recuperación de Calor</b>	857	1.753
<b>Baja temperatura (&lt;60°C)</b>	486	482
<b>Media Temperatura 60 -120°C</b>	280	965
<b>Media Temperatura 120 -250°C</b>	84	83

*Tabla 3. Demanda típica de calor/frío para distintos tipos de procesos "Fuente: IDAE"*

Como vemos en la tabla, una gran parte de la demanda de calor se encuentra en los procesos de baja y media temperatura. Esto hace de Castilla y León un lugar idóneo para la instalación de colectores solares térmicos, puesto que existen un gran número de aplicaciones y procesos industriales dentro del rango de temperaturas ideal como veremos más adelante.

Con un rango bajo y medio de temperaturas se obtendría un funcionamiento óptimo y una eficiencia máxima de la instalación de energía solar térmica.

### 2.3.2 Ayudas y Subvenciones en Castilla y León

La Junta de Castilla y León, dentro de marco del **Plan Solar de Castilla y León (2001 - 2010)**, ha elaborado un completo un programa específico de subvenciones, normativa técnica, formación de empresas instaladoras e información a los usuarios, además de la incorporación progresiva de instalaciones solares en edificios públicos.

Ejemplos de estas iniciativas son:

- **ORDEN EYE/472/2012**, de 12 de junio, por la que se modifica la Orden EYE/1588/2011, de 23 de diciembre, por la que se convocan subvenciones cofinanciables con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional para actuaciones en materia de Energía Solar Térmica y/o Fotovoltaica en Castilla y León.
- **ORDEN EYE/1588/2011**, de 23 de diciembre, por la que se convocan subvenciones cofinanciables con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional para actuaciones en materia de Energía Solar Térmica y/o Fotovoltaica en Castilla y León.
- **ORDEN EYE/1761/2010**, de 21 de diciembre, por la que se convocan subvenciones cofinanciables con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional para actuaciones en materia de Energía Solar Térmica y/o Fotovoltaica en Castilla y León.
- **ORDEN EYE/1692/2010**, de 9 de diciembre, por la que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones a conceder para instalaciones de energía solar térmica y/o fotovoltaica en Castilla y León.
- **ORDEN EYE/2388/2009**, de 23 de diciembre, por la que se convocan subvenciones públicas cofinanciables por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), para actuaciones de energía solar térmica, energía solar fotovoltaica no conectada a red y energía eólico-fotovoltaica no conectada a red, en el marco del Plan Solar de Castilla y León.
- **ORDEN EYE/2281/2009**, de 7 de diciembre, por la que se modifica la Orden EYE/2194/2008, de 18 de diciembre, por la que se establecen las Bases Reguladoras de las subvenciones para actuaciones de energía solar térmica, energía solar fotovoltaica no conectada a red y energía eólico-fotovoltaica no conectada a red, en el marco del Plan Solar de Castilla y León.

Además, a nivel regional existen también otras iniciativas de apoyo a la energía solar térmica, tales como:

- **CASTILLA Y LEÓN ERDF 2014-20 OP.** Programa planteado desde la Unión Europea. Este programa promueve la innovación para cambiar los modelos de producción de Castilla y León, promueve innovar a las empresas en un marco más sostenible al igual que a creación de nuevas áreas de trabajo.  
En cuanto a temáticas medio ambientales, promueve el uso de energías renovables, mejorar la eficiencia energética, y optimizar el uso del agua para que de esta manera se puede contribuir a la protección del medio ambiente.  
Se esperan la cooperación de casi 800 empresas de la zona y una mejora en el tratamiento de los residuos de agua.
- **Subvenciones dirigidas a la mejora de la eficiencia energética en el sector empresarial de Castilla y León.** Creadas por la Agencia de Innovación, Financiación e Internacionalización Empresarial (ADE). Existen dos programas distintos dirigidos tanto al sector industrial como a edificios cuya titularidad corresponda a una empresa de Castilla y León. Podrán acceder a esta ayuda aquellas empresas que instalen equipos de mejora de eficiencia energética instalando sistemas de gestión basado en la norma UNE-EN-ISO 50001. Las subvenciones dependerán del grado de implantación y la cuantía económica no superará el 30% del coste elegible subvencionable, ni será inferior a un 15% sobre dicho coste
- **Subvenciones para proyectos empresariales dirigidos a fomentar la innovación en el ámbito tecnológico de Castilla y León:** Subvencionadas por el A.D.E. y dirigidas a PYMES con sede social o al menos un centro de trabajo en Castilla y León que realicen proyectos empresariales dirigidos a fomentar la innovación en el ámbito tecnológico, pertenecientes a sectores no excluidos por el reglamento de mínimos. La subvención engloba desde la asistencia técnica para la obtención de las patentes, asistencia técnica para facilitar el acceso a las deducciones fiscales, hasta la implantación de soluciones de computación en la nube en los procesos de gestión de las Pymes
- **Subvenciones para proyectos de I+D en Castilla y León.** Subvencionadas por el A.D.E. y dirigidas a empresas de cualquier tamaño con sede social o al menos un centro de trabajo, universidades públicas y privadas, centros tecnológicos inscritos en la Red de Centros Tecnológicos de Castilla y León y otras entidades privadas sin ánimo de lucro que realicen actividades de I+D+i.
- **Estrategia Regional contra el Cambio Climático en Castilla y León (2009-2020).** Programa que impulsa y evalúa los medios tomados por diferentes empresas en contra del cambio climático y las diferentes políticas autonómicas sobre este tema.

- Además, con el objetivo de contribuir al cumplimiento de los **objetivos del Horizonte 2020**, la Junta de Castilla y León tiene previsto destinar más de 59 millones de € para promover acciones de eficiencia energética en distintos ámbitos (District Heating, Energías Renovables, Rehabilitación de edificio...), para promover una energía limpia en todos los sectores de la región. Un ejemplo de esta iniciativa se muestra en 70 establecimientos hosteleros y albergues situados en el Camino de Santiago dentro de la comunidad que han optado por la implantación de estos sistemas con cuantías previstas cercanas a los 1,7 millones de euros de inversión, de los cuales el 80% irán destinados exclusivamente a instalaciones solares térmicas.

## **3 ESTUDIO DE LA TECNICA DE EE.RR. A NIVEL INDUSTRIAL**

### **3.1 Introducción**

La energía solar es una de las energías renovables que más se ha desarrollado en las últimas décadas. Su funcionamiento se basa en el aprovechamiento radiación solar incidente para producir electricidad o calor.

Los dos principales tipos de energía solar son la energía solar térmica y fotovoltaica; siendo la citada primeramente el objetivo de este estudio.

En el caso de la energía solar térmica, se hace uso de la energía proveniente del sol para la producción de calor y su posterior aprovechamiento en calefacción, consumo de agua caliente sanitaria y refrigeración entre otros.

Para el aprovechamiento de la radiación solar se dispone de captadores solares que constan de un vidrio que permite el paso de los rayos del sol que inciden sobre unos tubos metálicos que contienen agua calentándolo. Posteriormente el agua llega a un intercambiador de calor donde se calienta hasta la temperatura deseada para poder ser empleada por el consumidor o almacenada para futuras ocasiones.

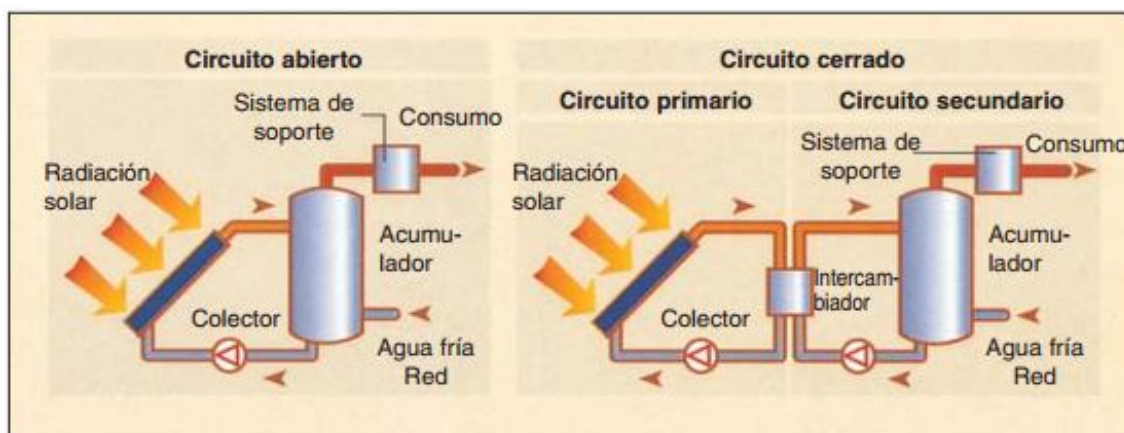
En el caso concreto de energía solar térmica, el principal uso no es la producción y venta de energía a la red eléctrica, sino el abastecimiento de las necesidades de energía térmica (principalmente agua caliente) del emplazamiento de la instalación.

Este aprovechamiento de la energía solar permite generar un ahorro energético y una disminución de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera al reducir el consumo de combustibles fósiles. Este es el motivo por el que cada vez un mayor número de empresas deciden incorporar colectores solares térmicos a sus instalaciones.

### 3.2 Elementos de una Instalación Solar Térmica

En este apartado se describirá el estado de la tecnología existente y los elementos principales de los que consta una instalación de energía solar térmica.

En primer lugar, en la siguiente imagen se muestra el esquema de principio básico de una instalación tipo de aprovechamiento de energía solar térmica:



*Ilustración 8. Típica instalación solar térmica*

El principio en el que se fundamenta cualquier instalación solar térmica es obtener la energía del sol mediante un conjunto de captadores y transferirla a un sistema de almacenamiento que la suministra cuando es necesario.

Los elementos principales de los que consta una instalación solar térmica son:

- Colectores solares
- Acumuladores
- Intercambiador de calor
- Bomba de circulación
- Tuberías

A continuación se realizará una breve descripción de cada uno de ellos.



### 3.2.1 Colectores solares

Los principales tipos de colectores solares son los siguientes:

#### Colectores solares planos.

Se trata del dispositivo más sencillo de absorción. El dispositivo de absorción de energía solar se encuentra protegido en el interior de una caja, con una cara de cristal expuesta al sol. El resto de sus caras son opacas y aislantes para que se absorba la mayor cantidad de radiación posible en el interior del colector y se reduzcan las pérdidas de calor. Su temperatura de funcionamiento óptima oscila entre los 60°C y los 90 °C.

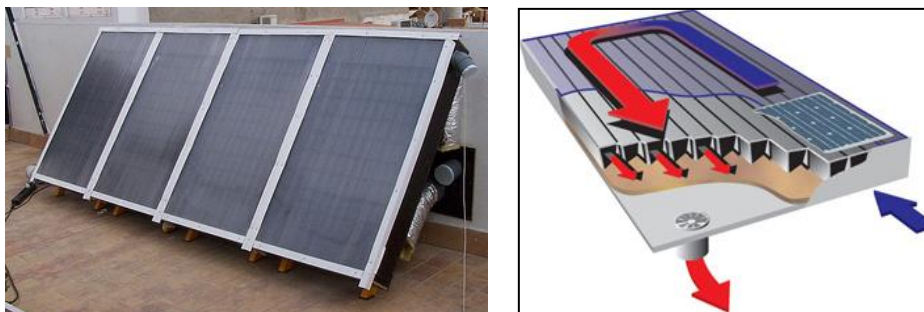
Existe una variante de estos colectores muy utilizada en la que se elimina el vidrio protector y la superficie de captación solar queda expuesta directamente a la radiación solar, aunque su rendimiento es menor que el de los colectores solares protegidos.



*Ilustración 9. Colector solar plano*

#### Colectores solares de aire.

Son una variante especial de los colectores solares planos, en los que el aire es el fluido caloportador en vez de ser agua. Este aire se destina directamente a la red de climatización sin que sea necesario su almacenamiento previo. Por otra parte, este aire también puede utilizarse para calentar agua si antes se instala un intercambiador de calor en el sistema.

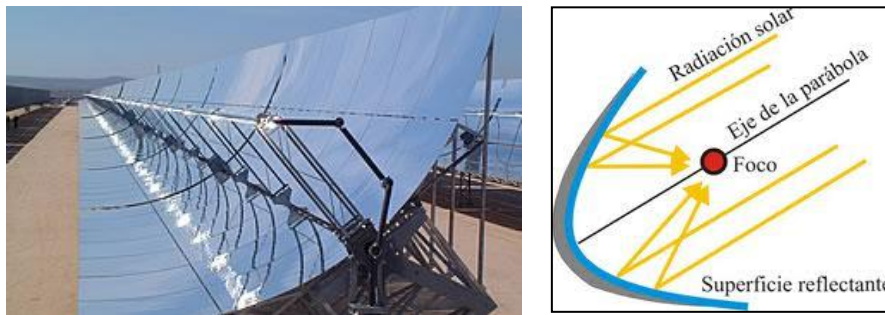


*Ilustración 10. Colector solar de aire*

### **Colectores solares parabólicos**

Los colectores solares parabólicos, también llamados concentradores solares, funcionan concentrando la energía solar en un punto concreto de una superficie colectora parabólica, concentrando la intensidad energética de la superficie del captador en punto concreto (foco de la parábola).

En este punto es donde se concentra toda la radiación solar, por lo que se hace pasar por él los conductos por donde circula fluido térmico que usa en la instalación. En este tipo de instalación se producen temperaturas mucho más elevadas (300 – 400 °C) que en los colectores solares planos.

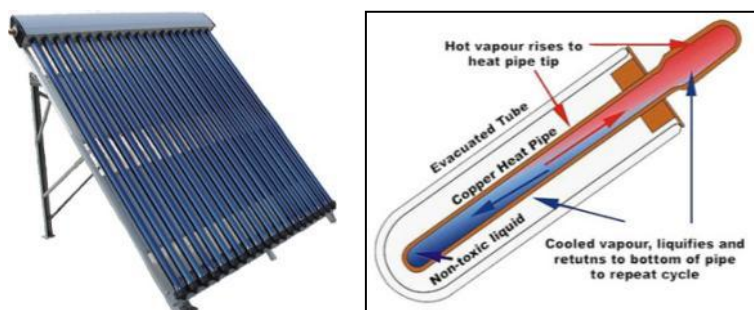


*Ilustración 11. Colector solar parabólico*

### **Colectores de tubo de vacío.**

Los colectores de tubo de vacío tienen la peculiaridad de estar formados por colectores alojados dentro de tubos de vidrio al vacío. Éstos alcanzan las mayores temperaturas y rendimientos energéticos, puesto que la pérdida de calor se reduce drásticamente debido a la presión negativa generada en el interior del tubo de vidrio.

A los tubos se les permite rotar de manera que siempre se absorba la mayor cantidad de energía solar posible. Cada tubo funciona como un circuito independiente que calienta un fluido y lo transporta hasta su posterior uso o almacenamiento.



*Ilustración 12. Colector solar de tubo de vacío*

### 3.2.1.1 Orientación e inclinación óptimas

La orientación e inclinación de los paneles son un aspecto fundamental para determinar la cantidad de energía que la instalación solar térmica será capaz de proporcionar.

Tomando como referencia el Código Técnico de la Edificación, en la siguiente imagen se representa el porcentaje de energía solar anual aprovechable respecto del máximo que entregaría la instalación solar con una orientación e inclinación óptimas.

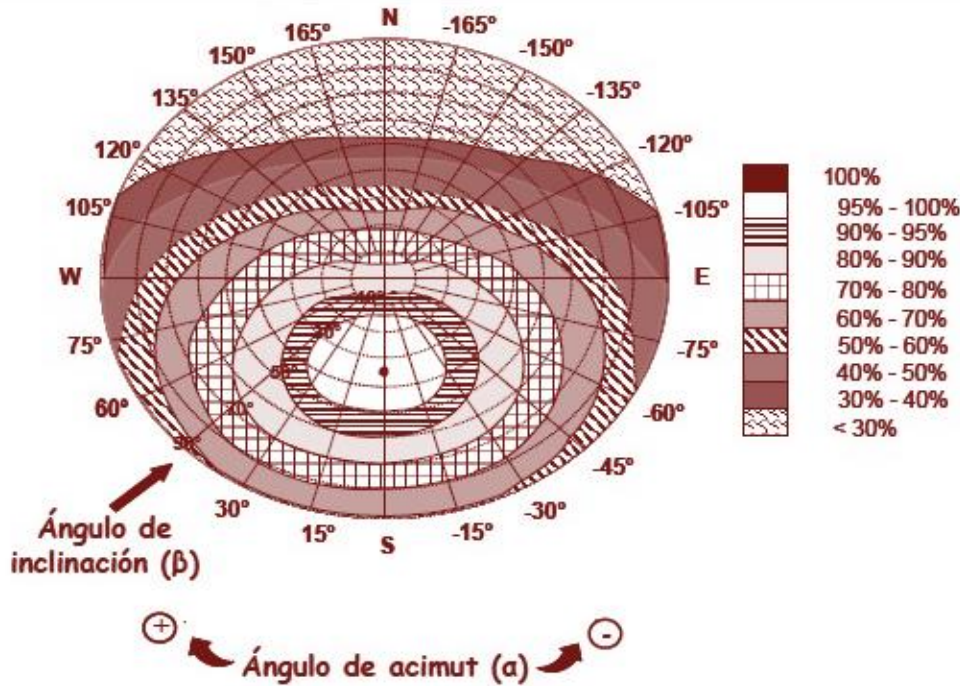


Ilustración 13. % energía respecto al máximo con una orientación e inclinación óptimas

En este gráfico por lo tanto podemos ver las pérdidas energéticas que tendremos en función de la inclinación y orientación de los paneles.

De manera general, vemos que la orientación óptima es en dirección SUR y la inclinación óptima es 34 grados respecto del plano horizontal. Estos parámetros admiten cierta desviación, por lo que nos podemos encontrar con instalaciones que se desvíen  $\pm 15$  grados en orientación y  $\pm 15$  grados en inclinación sin apenas sufrir pérdidas en la energía aprovechable.

Por ejemplo, aun instalación los paneles sobre una superficie plana horizontal seríamos capaces de aprovechar el 80-90% de la energía solar que recibe el terreno.

Dado que la inclinación de la Tierra respecto del Sol varía a lo largo del año, la inclinación óptima también lo será, de modo que para unas condiciones de invierno, el ángulo óptimo de inclinación estará en torno a 60.

Dado que la instalación de un campo de captación con paneles solares dotados de sistemas de seguimiento solar supondría un coste de inversión inicial demasiado elevado, supondremos que

las instalaciones propuestas estarán formadas por paneles solares instalados con un ángulo de inclinación fijo.

Debido a ello, existirán distintas estrategias a seguir para elegir el ángulo de inclinación óptimo de los paneles solares:

- **Máxima captación anual:** para conseguir la mayor cantidad de energía de manera anual, la inclinación óptima de los paneles estará en torno al valor de la latitud geográfica restándole 10°. Para Castilla y León, con una latitud media de unos 40°, la inclinación óptima sería 30° tal y como muestra la imagen anterior. Esta configuración es la más recomendable ya que permite extraer el mayor volumen de energía del sol.
- **Máxima captación en verano:** para obtener la máxima cantidad de energía en los meses de verano, el ángulo de inclinación de los paneles será el valor de la latitud geográfica restándole 20°, lo que significaría poner los paneles prácticamente horizontales. Se recomienda este tipo de configuración para aplicaciones donde la demanda energética se concentre en los meses de verano.
- **Máxima captación en invierno:** para obtener la máxima cantidad de energía en los meses de invierno, el ángulo de inclinación de los paneles será el valor de la latitud geográfica sumándole 10°, es decir, aumentar la inclinación para compensar la caída del sol respecto del horizonte en invierno. Será recomendable en los casos en los que la demanda de calor tenga una fuerte dependencia de las condiciones climáticas.

Además de estos factores, hay otros aspectos fuera de los criterios energéticos que también influyen en la elección de la inclinación de los paneles, estos son:

- En lugares con nevadas frecuentes, se recomiendan inclinaciones cercanas a los 90° para evitar acumulaciones de nieve.
- En zonas desérticas, para evitar la acumulación de arena sobre la superficie la inclinación mínima debe ser de 45°
- En regiones lluviosas se recomienda una inclinación mínima de 30°.

Por lo general se recomienda ajustar el sistema con la inclinación óptima anual, ya que permite aprovechar el máximo porcentaje posible de energía solar y conseguir un mayor ahorro de manera anual, siempre que se garantice un uso diario similar a lo largo de todo el año.

En caso de existir tendencias de consumo muy marcadas en ciertas épocas como verano o invierno, se podrán aplicar criterios basados en estos usos y ajustar el ángulo de inclinación en función del periodo de tiempo y el uso estimado

En cualquier caso, en ambos escenarios se deben tener siempre en cuenta los criterios técnicos y las buenas prácticas de instalación y uso.

### ***3.2.1.2 Comparativa entre los colectores solares***

Teniendo en cuenta los tipos de colectores de los apartados anteriores, a continuación se mostrarán distintos parámetros e indicadores que definen la eficiencia para cada uno de los tipos de colectores más utilizados.

Se realizará una comparativa de los distintos tipos de colectores solares a través de distintos criterios. Los tipos de colectores descritos son los siguientes:

- Flat-plate collector (FPC): Típico colector solar compuesto por una placa que recibe la radiación solar, tubos por los que discurre el fluido caloportador y una capa aislante posterior para minimizar las pérdidas de calor.
- Evacuated Tube collector (ETC): es este tipo de captadores se eliminan las pérdidas por conducción y convección creando un entorno sin aire alrededor del tubo por donde pasa el fluido caloportador.
- Evacuated Flat-plate collector (EFPC): similar a los ETC.
- Compound Parabollic Concentrator (CPC): en este tipo de captadores se reduce el área del absorbedor (tubo) a coste de aumentar el efecto de la indecencia solar a través reflectores parabólicos
- Parabollic trough collector (PTC): son colectores parabólicos con seguimiento solar, capaces de alcanzar temperaturas de trabajo muy elevadas.

### Rendimiento del colector

Una de las maneras más directas de comparar distintos tipo de colectores es a través de su eficiencia. Se define como el ratio entre la cantidad de calor que recibe el fluido caloportador y la radiación solar incidente en el área del colector. Su ecuación es:

$$\eta = c_0 - (c_1 + c_2 \cdot \Delta T) \cdot \frac{\Delta T}{G_T}$$

Donde  $c_0$  es la eficiencia óptica típica,  $c_1$  ( $W/K m^2$ ) y  $c_2$  ( $W/k^2m^2$ ) son dos coeficiencia de la ecuación cuadrática de pérdidas de calor que define la curva de eficiencia,  $\Delta T$  es la diferencia entre la temperatura del fluido y el ambiente y  $G_T$  es la radiación solar incidente sobre el colector ( $W/m^2$ ).

A continuación podemos ver el coeficiente R (Área de absorción/Área bruta del colector), el rendimiento óptico de los colectores al exponerse a una irradiación normal y los coeficientes de pérdidas  $c_1$  y  $c_2$ .

Tipos de Colectores	R (Área de absorción/ Área bruta del colector)	( $\eta_0$ ) Rendimiento Óptico	$c_1$ $W/m^2K$	$c_2$ $W/m^2K^2$
Colector de Placa Plana	0,89	0,71	3,52	0,0062
Colector tubos de vacío con placa plana	0,86	0,70	1,08	0,0074
Colector tubos de vacío	0,72	0,61	0,77	0,0036
Colector tubo vacío con reflectores parabólicos	0,96	0,62	0,87	0
Colector solar parabólico con seguimiento solar	0,071	0,69	0,48	0,0031

*Tabla 4. Parámetros de Colectores Solares térmicos expuestos a irradiación normal*

Como vemos en la tabla, obtenemos el mayor rendimiento con los colectores de placa plana. Dado este hecho y que actualmente son los más abundantes en las instalaciones realizadas en España, serán los seleccionados como primera opción para la implantación de instalaciones de energía solar en industria.

Sin embargo, viendo la ecuación de rendimiento y la influencia de los parámetros  $c_1$  y  $c_2$ , vemos que la radiación solar y sobre todo la diferencia de temperatura penalizará en gran medida al rendimiento.

En el siguiente gráfico vemos las curvas de rendimiento de distintos tipos de captadores en función de la diferencia de temperaturas entre los valores de trabajo del captador y el ambiente, para una radiación solar dada.

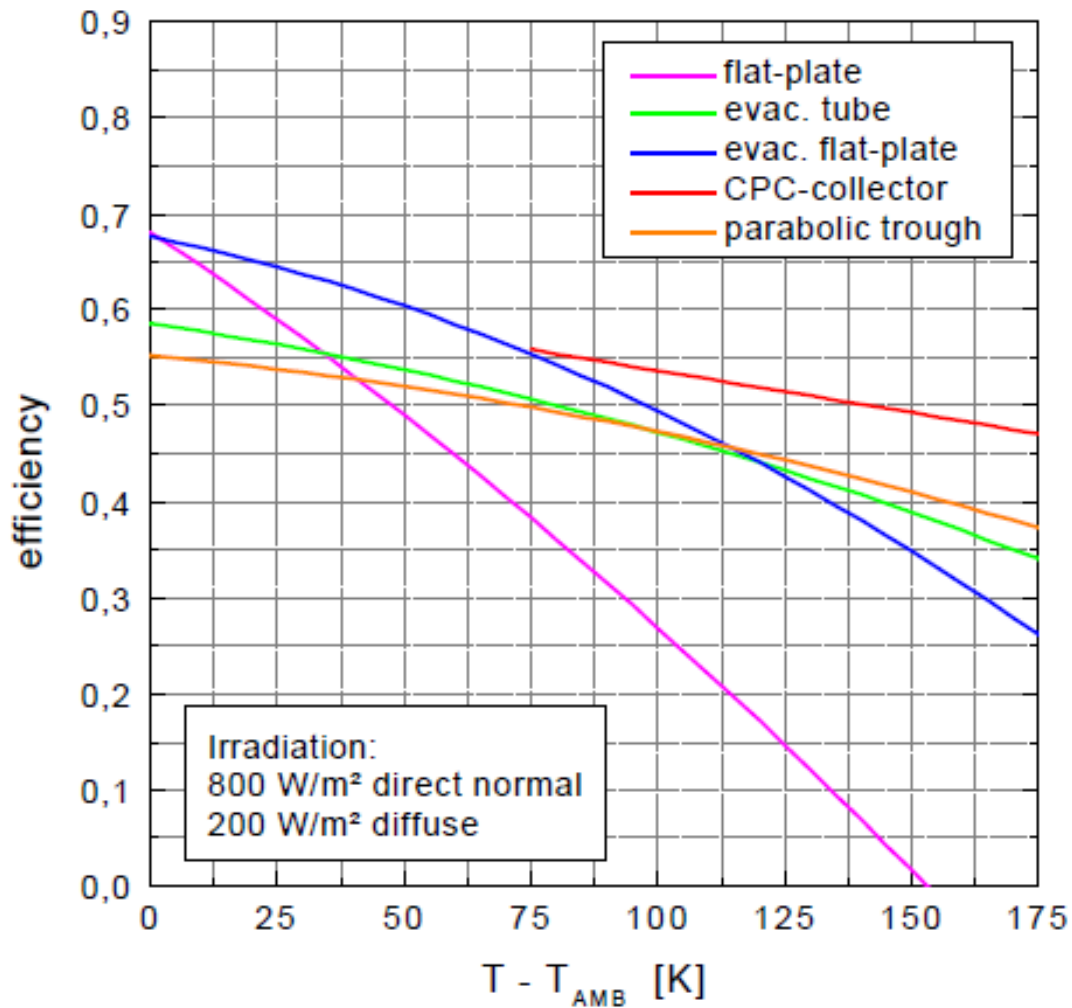


Gráfico 10. Eficiencia de los colectores en función de la temperatura "Fuente: Proyecto POSHIP"

Vemos que la eficiencia de los colectores tiene una gran dependencia de la temperatura, tendiendo a disminuir la temperatura conforme la diferencia entre la temperatura del captador y el ambiente aumenta.

Debido a esto, un factor clave a la hora de diseñar una instalación es determinar la temperatura de trabajo de los colectores. Ésta deberá alcanzar un compromiso entre mantener un buen nivel de eficiencia en el colector, proporcionar un ahorro energético relevante en el proceso y suponer un coste de inversión asequible.

De no tener en cuenta este aspecto, nos podemos encontrar con casos en los que un proceso demande una  $T^a$  muy elevada, y para conseguirla se esté disminuyendo tanto la eficiencia del captador que no proporcione apenas energía y otro sistema (combustibles fósiles) sea el que proporcione la energía demandada. En estos casos, si se consigue hacer trabajar a los colectores en un rango de temperaturas óptimo, proporcionará una mayor cantidad de energía, y aunque no alcancen la temperatura objetivo, ayudarán lo suficiente al sistema de calentamiento principal como para hacer rentable su inversión.

Se puede apreciar en el gráfico que los colectores con mayor eficiencia son los de placa plana, sin embargo, su eficiencia se ve reducida hasta un 40% cuando sobrepasa una diferencia de temperaturas de 75°C. Es por ello que este tipo de colectores se recomiendan para aplicaciones de baja temperatura. Como ventaja, tenemos que son de fácil instalación y mantenimiento, con unos costes bajos de implantación con respecto al resto de tipos de captadores.

Por otro lado, los colectores que integran tecnologías de tubos de vacío, y en especial los de placa plana, tienen por lo general un mejor comportamiento a temperaturas de trabajo más altas, aunque los costes de implantación son también más altos (alrededor de un 45% más caro).

En resumen, tenemos que la temperatura del proceso influirá directamente sobre el rendimiento y el tipo de captador a escoger, de modo que será necesario conocer en detalle el tipo de proceso, para escoger el mejor colector posible y optimizar con ello la relación inversión/ahorro en la instalación solar térmica.

La zona geográfica también influye en la elección del captador más eficiente. Al encontrarse Castilla y León en tres zonas climáticas distintas (III, IV y V), el captador adecuado para cada una de ellas puede variar.

En los siguientes gráficos se observa que la producción energética de los colectores planos con tubos de vacío es la más elevada a temperaturas bajas. Sin embargo, son los colectores parabólicos y los de tubos al vacío con reflectores aquellos con un valor más elevado de producción energética al aumentar la temperatura.

Las zonas climáticas están representadas por una capital de provincia, éstas son:

- Zona II: Barcelona
- Zona III: Madrid
- Zona IV: Lisboa

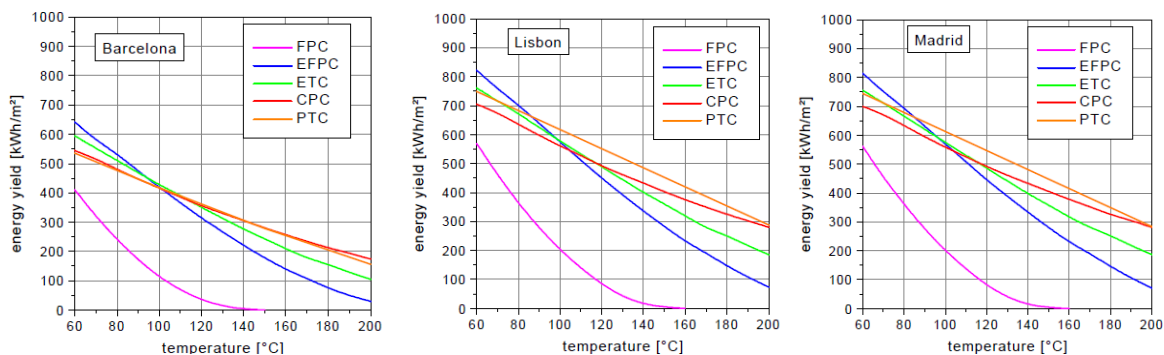


Ilustración 14. Producción energética de distintos captadores solares en función de la temperatura  
Zonas climáticas: II (izquierda), III (centro) y IV (derecha) "Fuente: Proyecto POSHIP"



En función del tipo de zona climática y las características de rendimiento de los captadores solares, los tipos más recomendados para las diferentes zonas son:

Zona climática	Colectores más eficientes		
	$T^{\circ} < 100^{\circ}\text{C}$	$100^{\circ}\text{C} < T^{\circ} < 200^{\circ}\text{C}$	
(Zona I)	ETC / EFPC	CPC	Colectores Placa Plana (FPC)
(Zona II)	ETC / EFPC	CPC / PTC	Colector de Tubos de vacío (ETC)
(Zona III)	ETC / EFPC / PTC	CPC / PTC	Colector de Tubos de vacío con placa (EFPC)
(Zona IV)	ETC / EFPC / PTC	CPC / PTC	Colector Parabólico Concéntrico (CPC)
(Zona V)	PTC	PTC	Colector Solar parabólico con seguidor (PTC)

*Tabla 5. Irradiación global anual según zona climática en España*

### **Colectores solares planos Vs colectores de tubos de vacío**

Para el caso de Castilla y León, las condiciones climáticas de la región hacen que merezca la pena valorar en profundidad cuál de estas dos tecnologías de colectores es la más adecuada.

Aunque los tubos de vacío dan mejor rendimiento y son más fiables y duraderos, la mayoría de los colectores instalados hasta ahora en Europa han sido colectores planos, y la razón está principalmente en los elevados precios que tenían hasta ahora los más sofisticados y eficaces colectores de tubo de vacío.

Sin embargo, a pesar del mayor costo de los colectores de tubo de vacío con respecto a los de placa plana, se debe estudiar si es rentable adquirir estos colectores con un precio superior, a costa de adquirir menos colectores debido a su mayor rendimiento por m<sup>2</sup>.

La creciente demanda, la experiencia y las nuevas tecnologías de fabricación de los tubos a nivel mundial han hecho que actualmente, los colectores de tubo de vacío puedan llegar a ser más económicos que los tradicionales colectores planos. Por ello, la tendencia lógica sería que los tradicionales colectores planos se vean desplazados por los tubos de vacío en los años venideros.

Otra ventaja de los tubos de vacío es su facilidad para integrarlo en cualquier superficie, ya que se pueden colocar en vertical cubriendo una fachada.

Por otro lado, en países donde la temperatura media es suave (como España donde el frío no suele ser extremo y que tienen zonas de clima cálido), la instalación de tubos de vacío puede no resultar una gran ventaja, ya que unos más económicos paneles de placa plana pueden cumplir con los objetivos normalmente deseados sin problemas, ya que la ventaja de los tubos de vacío es la ausencia de pérdidas por conducción y convección con temperaturas muy bajas.

Otro aspecto a tener en cuenta son las áreas con marcada diferencia de radiación y temperatura entre el invierno y el verano (como España excepto las Islas Canarias) donde un número de

paneles necesario para satisfacer las necesidades en invierno pueden suponer un problema de sobrecalentamiento en verano. Este factor de sobrecalentamiento ha de ser muy tenido en cuenta ya que puede suponer problemas graves para la instalación.

En estos casos, una instalación con colectores de tubo de vacío podría tener problemas en verano, ya que sería capaz de alcanzar temperaturas de más de 130 grados, lo que puede ser costoso de controlar si supera la demanda energética de los procesos. Mientras, en instalaciones de placa plana es más difícil tener este problema porque la temperatura que se alcanza es menor.

En definitiva para escoger el tipo adecuado de colector se deberá prestar atención, además de los criterios de eficiencia energética y ahorro, a otros factores tales como los requerimientos específicos de la instalación, la climatología del lugar en cada estación del año, la experiencia previa en situaciones similares y a la disponibilidad de presupuesto.

En la siguiente tabla podemos ver una comparativa más clara de ambos tipos de tecnología

COLECTORES DE TUBOS DE VACÍO	COLECTORES PLANOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- El vacío protege el colector de la corrosión y no presenta condensaciones, esto les hace duraderos y fiables, con mantenimientos mínimos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Este tipo de colector es más proclive a presentar condensaciones, especialmente cuando se deteriora la junta entre el cristal y la caja, lo que da lugar a corrosiones, afectando el rendimiento y la durabilidad</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Están herméticamente cerrados entre dos cristales altamente resistentes de borosilicato con una cámara de vacío entre ellos. El vacío elimina las pérdidas por conducción y convección, aísla del medio ambiente sin que el frío o el viento le afecten apenas el rendimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Están contruidos dentro de una sólida estructura de metal debidamente aislada y protegida por un cristal. Sin embargo, al contener aire en su interior, presentan pérdidas de calor por convección y conducción, especialmente los días de frío o viento. Por ello, tienen peor rendimiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- En los modelos "Heat Pipe", el agua no circula por el colector eliminando las corrosiones y las incrustaciones de las aguas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El agua circula por los tubos siendo más proclives a la corrosión interna y formación de incrustaciones, afectando el rendimiento y durabilidad.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por su ligero peso y estructura modula, son mucho más sencillos de instalar, especialmente en tejados inclinados. Se monta una estructura ligera y después los tubos; reemplazando solo el tubo estropeado en caso de rotura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deben ser elevados al tejado e instalados como una sola unidad, con los problemas de grandes pesos y dimensiones que conlleva. En caso de rotura, el colector entero debe ser reemplazado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a la forma circular, de los tubos, los rayos de sol son atrapados más eficazmente, especialmente al amanecer y al atardecer.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La inclinación del sol afecta negativamente al rendimiento.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a la forma redonda de los tubos y a la separación entre ellos, el viento puede circular libremente entre ellos haciendo estos colectores más resistentes a los vendavales, especialmente cuando se montan en azoteas planas. además, la nieve no se acumula tanto como en los colectores planos. Son más limpios ya que acumulan menos polvo y suciedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por su diseño plano, acumulan más nieve, polvo y suciedad, lo que implica más costes de mantenimiento. Por lo general, es necesario poner más anclajes de seguridad, en previsión de vendavales, especialmente si se montan en azoteas planas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al tener pérdidas mínimas por convección o conducción, alcanzan temperaturas elevadas y permiten su utilización eficiente en aplicaciones de media-alta temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Debido a las pérdidas por convección y conducción, estos colectores no alcanzan altas temperaturas, y no se recomienda su uso para procesos con altas temperaturas.</li> </ul>

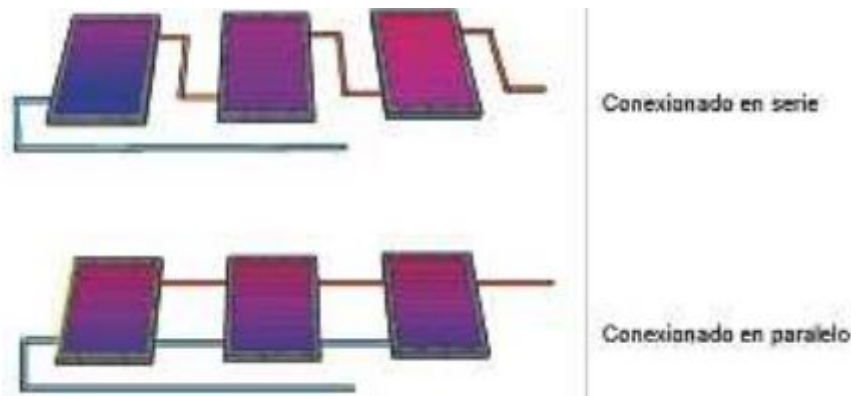
*Tabla 6. Comparativa entre tubos de vacío y colectores planos*

### Conexiones entre captadores

A la hora de realizar una instalación se colocarán un conjunto de colectores solares de manera que la suma de la radiación recibido por ellos se acerque a cubrir las necesidades térmicas de la instalación. Para saber la mejor forma de realizar dicha conexión, existen dos formas principales de realizar dichas conexiones:

En el **conexionado en serie** se consiguen mayores temperaturas de fluido a la salida de los colectores, debido a que es el mismo caudal de entrada inicial el que pasa a través de todos los colectores produciéndose un aumento paulatino de la temperatura. Sin embargo perdemos eficiencia energética en los colectores ya que los saltos térmicos son cada vez menores a medida que aumenta el número de colectores en serie.

En el **conexionado en paralelo** se hace circular el mismo caudal de fluido a través de cada captador siendo por tanto el caudal total la suma de los caudales individuales que circulan por cada uno de los captadores. De esta forma se consiguen **mayores caudales** de circulación que en el conexionado en serie.



*Ilustración 15. Diferentes tipos de conexión de colectores  
"Fuente: AVEN"*

### 3.2.2 Acumuladores

El acumulador es una parte indispensable en los sistemas de captación de energía solar térmica ya que su función principal es almacenar energía térmica en forma de agua caliente para el posterior consumo.

Este tipo de acumuladores se basan en la estratificación de temperaturas, de modo que la salida de agua caliente se encontrará en la parte superior y la entrada de agua fría en la parte inferior. Existen distintos tipos de acumuladores tales como:

- Acumuladores de acero vitrificado.
- Acumuladores de acero con tratamiento epoxídico.
- Acumuladores de acero inoxidable (adecuados al tipo de agua y temperatura de trabajo deseados).
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos (siempre que soporten la temperatura máxima del circuito y cumplan las normas UNE que le sean de aplicación)
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, sin agua de consumo).

Existe la opción en la que el acumulador cuenta además con un serpentín que caliente el propio depósito a modo de intercambiador de calor, estos acumuladores son más conocidos como “interacumuladores”, y otorgan la ventaja de que al estar embebido en el depósito, el intercambiador no tendrá pérdidas de calor y habrá que contabilizar sólo las de tuberías.

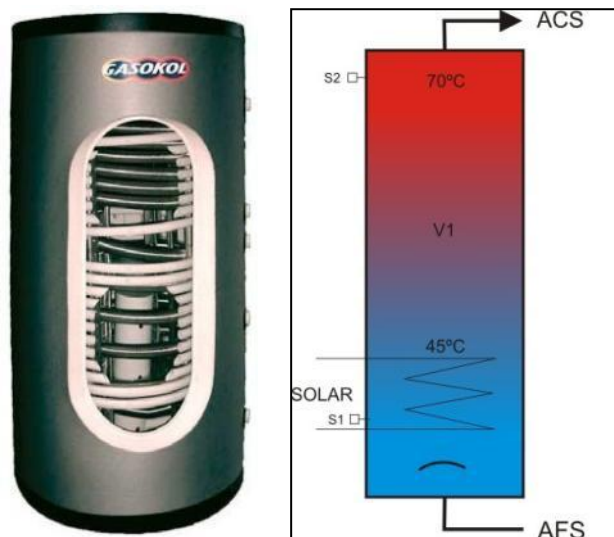


Ilustración 16. Acumulador

### 3.2.3 Intercambiadores de Calor

El intercambiador de calor se encarga de calentar el agua de consumo a partir del fluido caloportador (suele ser agua) que ha sido calentado en el campo de captación solar.

Dentro de la tipología de intercambiadores, se pueden escoger entre diversos tipos (placas, carcasa-tubo, etc.) dependiendo de la función, rango de temperaturas y otros parámetros de trabajo.

En los intercambiadores de placas, están formados por un conjunto de placas corrugadas de metal contenidas en un bastidor. El sellado de dichas placas se realiza mediante juntas o soldaduras. Se debe prestar especial atención a los ciclos de trabajo y temperaturas, que afectarán al desgaste de elementos por dilatación/contracción del material.

Los intercambiadores de carcasa-tubo tienen multitud de configuraciones y son una opción adecuada para aplicaciones de calentamiento de agua. Para aumentar la superficie de intercambio y maximizar la transferencia de calor, los tubos que contienen los fluidos se suelen disponer en forma de "S" haciendo múltiples pasos por el interior del propio intercambiador.

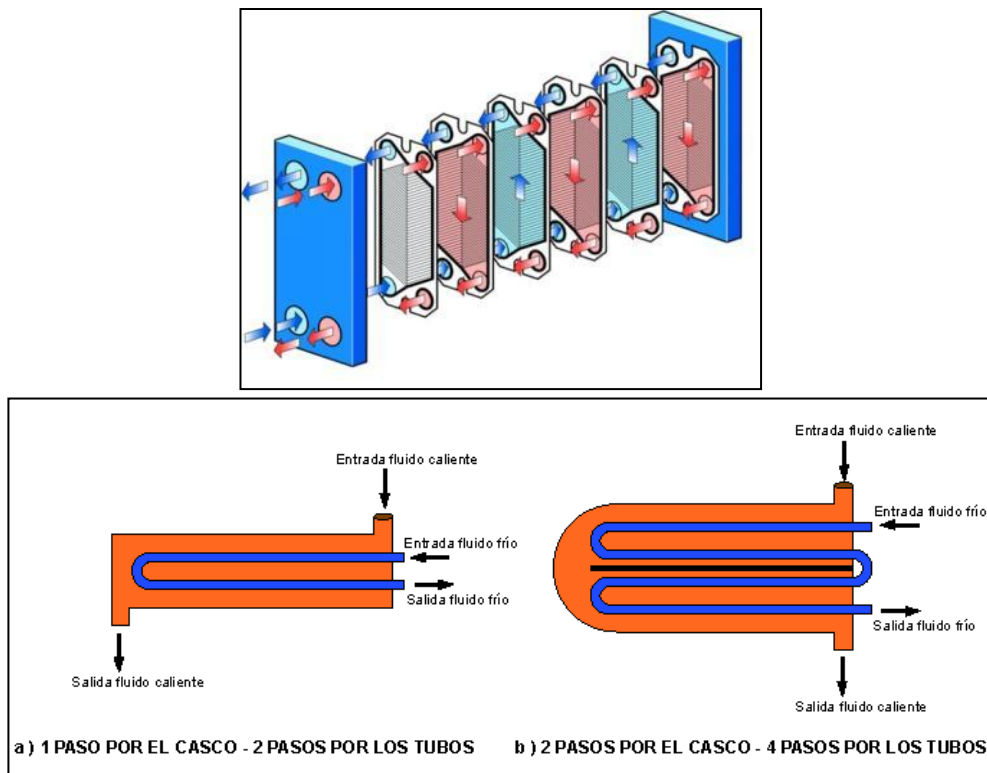


Ilustración 17. Intercambiador de calor de placas (arriba) y de carcasa-tubo (abajo)

### **3.2.4 Otros elementos**

#### **Bomba de circulación**

Sólo se utilizarán en el caso de que la instalación sea forzada y siempre que sea posible se utilizarán bombas del tipo de circulación en línea.

En circuitos de agua caliente para usos sanitarios, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión.

#### **Tuberías**

Deberán ir cubiertas de un aislante térmico en su totalidad para evitar la pérdida de calor en su recorrido. Inicialmente se usaban tuberías de cobre, pero se han ido sustituyendo por tuberías de acero inoxidable y aisladas con espuma elastomérica.

#### **Energía Auxiliar Convencional**

Cuando la radiación solar incidente no es capaz de abastecer la demanda térmica del proceso, bien por un descenso en el nivel de irradiación (invierno, día lluvioso...) o por un pico de demanda, será necesario abastecer la energía térmica restante con un sistema auxiliar.

Por lo general se trata de calderas o quemadores alimentados por combustibles fósiles, aunque también se pueden emplear energías renovables como la biomasa. El principal objetivo de este sistema será garantizar el abastecimiento de energía térmica al proceso independientemente de las condiciones ambientales exteriores a la fábrica.

#### **Control de los elementos de la instalación:**

Para que el sistema funcione de manera eficiente en todo momento, se debe disponer de un sistema de control automático, que podrá tener más o menos complejidad en función del tamaño de la instalación y el tipo de proceso a abastecer.

Dicho sistema de control deberá ser capaz de controlar todos los parámetros de la instalación (temperatura de colectores, temperatura de acumulación/proceso, bombas, elementos de seguridad, etc.) de manera que en todo momento haga que la instalación funcione con el mayor nivel de eficiencia posible para así maximizar el ahorro y con ello la rentabilidad de la inversión.

### **Elementos de seguridad**

Se requiere la presencia de elementos básicos de seguridad, sobre todo en el circuito primario (circuito que para por el campo de captación solar), para garantizar que el sistema trabaja dentro de las condiciones de diseño. Los elementos típicos para una instalación de baja-media temperatura son:

- Vasos de expansión: se encarga de absorber los cambios de volumen del fluido caloportador cuando éste pasa por diferentes calores de temperatura
- Válvulas de seguridad: se emplean para controlar la presión del circuito y no sobrepasar los límites de diseño, lo que podría dañar los elementos de la instalación
- Glicol: el líquido ideal para transportar calor en una instalación solar convencional debería ser anticongelante, no hervir, no ser corrosivo ni tóxico, tener una alta capacidad calorífica y un gran coeficiente de transmisión, no gastarse y ser económicamente accesible. Lo más parecido a este líquido que podemos encontrar en una mezcla del 60% de agua y el 40% de glicol.
- Disipadores de calor: para evitar un aumento excesivo de la temperatura en el circuito primario cuando éste no puede transferir su calor al proceso o al sistema de acumulación, es necesario disponer de un sistema de evacuación del excedente calor para evitar posibles daños en la instalación.
- Purgadores: se emplean para extraer el aire que se acumula en el interior de los circuitos, ya que de otra manera podría ocasionar graves problemas relacionados con el funcionamiento de bombas y la transferencia de calor.



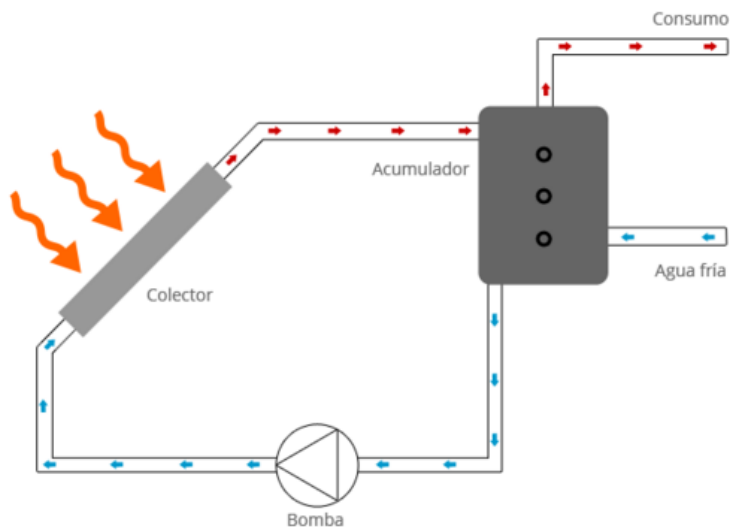
### 3.2.5 Tipología de instalaciones solares térmicas

Las instalaciones solares térmicas industriales están basadas en el calentamiento de vapor o agua caliente para sustituir la quema de combustible en una caldera, de manera que se ala primera la que proporcione la mayor cantidad posible de calor al proceso industrial, quedando la instalación de quema de combustible de reserva.

Dos de las principales restricciones en cuanto al diseño de una instalación solar térmica son; en primer lugar, la disponibilidad de una superficie idónea en la que la empresa ubique su campo de captación, lo cual definirá el número máximo de colectores solares que es posible instalar. En segundo lugar tenemos la demanda térmica que es necesario abastecer para con la energía térmica del campo de captación, que definirá el número de captadores que son necesarios.

Dentro de las tipologías de instalaciones, existen dos grandes grupos:

Las **instalaciones de circuito abierto**, son las menos comunes y en éstas, el agua calentada en el colector solar se deriva directamente hacia los procesos industriales. Son poco comunes debido a la posibilidad que el hecho de que sea el agua del propio proceso el que circula por el campo de captación puede provocar que dicho agua se hiela en invierno en zonas de muy bajas temperaturas.



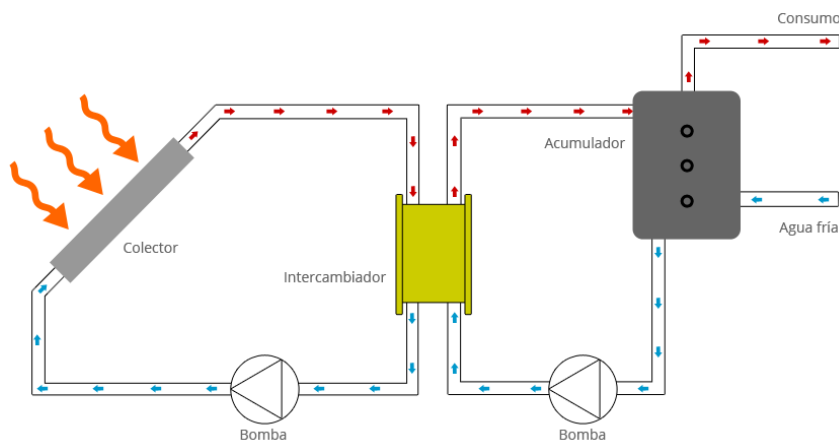
*Ilustración 18. Esquema de una instalación de circuito abierto "Fuente: ekidom.com"*

Además, al carecer de sistemas que aporten inercia a la instalación, la cantidad de energía a aportar al proceso depende de la radiación solar instantánea, no pudiendo almacenar dicha energía cuando el proceso necesite calor pero no haya luz solar, ni aprovechar un posible exceso de la misma en caso de que el proceso no necesite todo el calor que se está produciendo.

Por otro lado, las **instalaciones de circuito cerrado** son las más utilizadas y en ellas el fluido que se calienta en el colector solar (fluido caloportador) no es el mismo que se emplea en el proceso industrial.

La transferencia de calor entre ambos fluidos se produce en un intercambiador de calor en el que se diferencian dos circuitos; en circuito primario está formado por el fluido caloportador y absorbe calor en los colectores y lo cede en el intercambiador, mientras que el circuito secundario está formado por el fluido o agua de proceso, el cual se calienta en el intercambiador y se empleará directa o indirectamente en el proceso industrial.

Si que el aporte energético solar no es suficiente, existirá un generador complementario que ayuda a alcanzar el nivel de calor necesario



*Ilustración 19. Esquema de una instalación de circuito cerrado  
"Fuente: ekidom.com"*

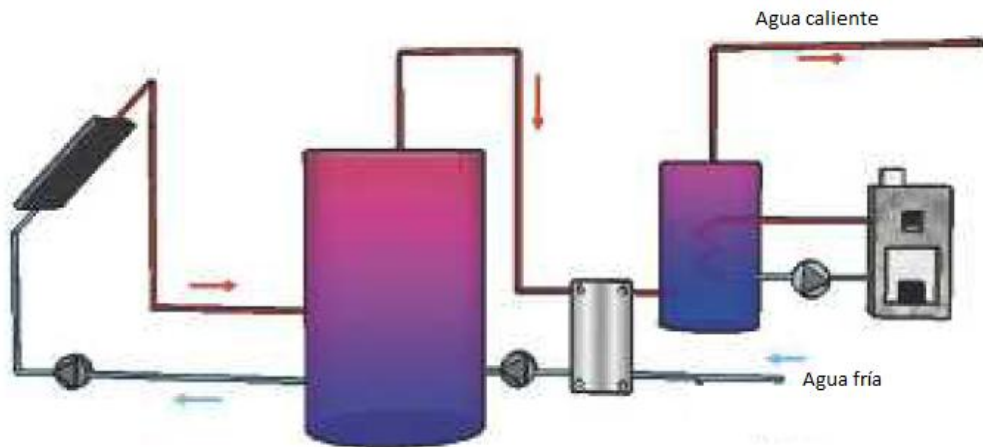
Al igual que el caso anterior, la ausencia de elementos como depósitos y demás solo permiten el aprovechamiento instantáneo de la radiación solar.

Independientemente del tipo de circuito (abierto / cerrado), existen muchas maneras de conexión de los elementos de la instalación dentro de los propios circuitos debido a los diferentes requerimientos térmicos.

Un elemento fundamental en este tipo de instalación es el sistema de acumulación de calor. Disponer de un sistema de acumulación permite disponer de la energía captada en por los colectores con una dependencia mucho menor de la radiación instantánea en las horas de sol. Con ello, podemos acumular energía en el caso de que el proceso no consuma toda la energía producida o disponer de energía que se ha almacenado previamente en caso de que el proceso necesite más energía de la que se está produciendo en ese momento.

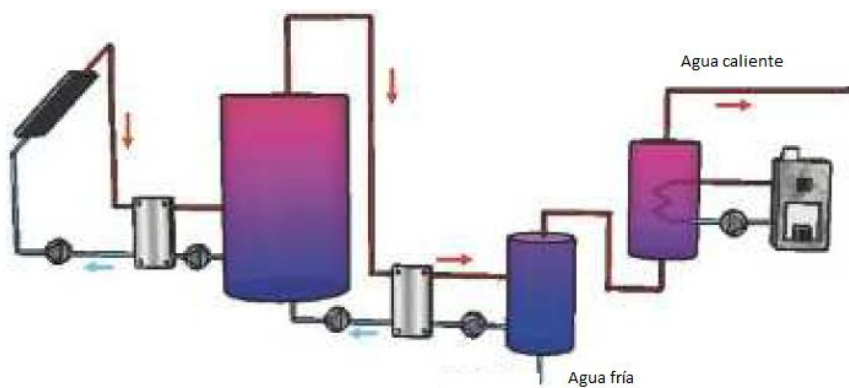
Por ejemplo, en la siguiente imagen se muestra la configuración de un sistema de acumulación con un depósito de inercia en el circuito primario que, a través del intercambiador de calor

calienta otro depósito en el en el circuito de consumo (donde está disponible el sistema de calentamiento auxiliar). Este sistema es también conocido como doble sistema de intercambio. Esto es ventajoso debido al menor coste del acumulador de inercia en comparación de los interacumuladores convencionales.



*Ilustración 20. Instalación con sistema de acumulación de inercia e intercambiador de consumo  
"Fuente: AVEN"*

En instalaciones solares con emplazamientos en locales públicos como polideportivos y hospitales, generalmente se realizan instalaciones con doble sistema de acumulación y doble sistema de intercambio para evitar la presencia de cal en el sistema de acumulación.



*Ilustración 21. Instalación con doble sistema de acumulación y doble sistema de intercambio  
"Fuente: AVEN"*

### 3.2.6 Desarrollo del sector de instalación de solares

La energía solar favorece también el desarrollo industrial, como ejemplo podemos ver, a partir de los datos de ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica), en su informe de 2010, los principales fabricantes de colectores solares:

Principales proveedores de sistemas de energía solar	
– 9REN (Soria)	– IPEguas (Navarra)
– ALTA EFICIENCIA SOLAR (Cantabria)	– ISOFOTÓN (Málaga)
– ALWEC (Valencia)	– LKN (Barcelona)
– ANDATER (Granada)	– NAGATERM (Cuenca)
– ASTERSA (Asturias)	– OCV (Pontevedra)
– ATHES (León)	– OLIVA TORRAS SOLAR ENERGY (Barcelona)
– ATRAPASAOL (Zamora)	– PASANQUI (Alicante)
– AVANT SOLAR (Castellón)	– ROTH ESPAÑA (Navarra)
– BAXI ROCA (Barcelona)	– PROMASOL (Málaga)
– CIDERSOL (Valladolid)	– SILVASOL (Alicante)
– CONSTANTE SOLAR (Canarias)	– SOLARIA (Ciudad Real)
– DIUNSOLAR (Navarra)	– SOLARIS (Almería)
– E.S.E. SOLAR (Canarias)	– SOLECO (Barcelona)
– SOLIKER – Grupo Unisolar (Salamanca)	– SRB-ENERGY (Valencia)
– HUCU SOLAR (Málaga)	– TERMICOL (Sevilla)
– IMS CALEFACCIÓN (Zaragoza)	– THERMOSLATE (Orense)
– INGESOL CANARIAS (Gran canaria)	

*Tabla 7. Proveedores de sistemas de energía solar*

Vemos que a nivel nacional existe un sector plenamente desarrollado dedicado a la fabricación e implantación de la tecnología solar térmica.

A nivel regional, y potenciado a través del Plan Solar de Castilla y León, se ha venido apreciando un número creciente de **fábricas** en la Comunidad Autónoma. Entre ellas destacan la planta de 9Ren en Almazán (Soria), los centros de Instalaciones Pevafersa en Toro (Zamora), Portillo y Boecillo (Valladolid), Yohkon en Valladolid, Quantum Solar en Villalvilla de Burgos (Burgos), Grupo Unisolar en Béjar (Salamanca), Climate Well Ibérica en Ólvega (Soria), DC Wafers en León y Atrapasol (Grupo Mañanes IPS) en Benavente (Zamora), que han supuesto la creación de un importante número de puestos de trabajo, lo que significa un avance en el sector estratégico de I+D+i.

Las **empresas instaladoras** también se benefician de este auge de las energías renovables, con más de 60 operando en el sector, y un empleo mantenido de 1.190 personas entre solar térmica y fotovoltaica. Entre ellas hay que destacar que alguna de ellas ya ha instalado sistemas de refrigeración solar y que otras poseen una importante red de franquicias a nivel nacional.

Otra figura que está surgiendo para convertirse en un actor importante en la implantación de cualquier tipo de tecnología industrial son las **Empresas de Servicios Energéticos (ESE)**, que proporcionan servicios relacionados con el abastecimiento de energía o de mejora de la eficiencia energética en instalaciones o locales de un usuario, afrontando cierto riesgo económico al hacerlo.

Estas empresas constituyen un nuevo modelo que permite al cliente no tener que contactar con el instalador, ya que lo hará directamente con una empresa proveedora de servicios energéticos, que será la encargada de contratar todo lo necesario para la ejecución de la obra y la posterior explotación y abastecimiento de energía.

De este modo, la empresa ESE facturará al cliente la energía consumida por el mismo de acuerdo a un contrato acordado entre ambos en el que el cliente obtiene un precio de la energía muy competitivo, lo que le dará independencia respecto de la situación del mercado energético y sus fluctuaciones.

De esta forma, la instalación solar se amortizará en un periodo que permita la venta de la energía producida por la instalación solar a un precio más económico para el usuario, y además con este precio de venta la ESE obtendrá la rentabilidad de su inversión, puesto que la instalación es de su propiedad.

## 3.3 Ventajas e inconvenientes de la energía solar

### 3.3.1 Ventajas

Las razones por las que cada vez más empresas están interesadas en adquirir este tipo de tecnología son las siguientes:

- **Económicas**
  - Al utilizar una fuente renovable de energía como el Sol, los gastos de dicha empresa destinados a la compra de combustible se reduce cuantitativamente resultando en un ahorro significativo a largo plazo.
  - La inversión inicial dedicada a la instalación de este sistema se recupera en un periodo corto o medio de tiempo dejando a la empresa con equipo de captación solar que funcionará durante décadas.
  
- **Competitivas**
  - Al disminuir los gastos derivados de la compra de combustibles, se consigue un producto final de un coste menor y con las mismas propiedades iniciales. Esto proporciona a la empresa un aumento de su competitividad en el mercado con respecto a otras empresas que no poseen este tipo de instalaciones.
  
- **Medioambientales**
  - Se reducen en gran medida las emisiones de dióxido de carbono y gases contaminantes a la atmósfera debido a la disminución en la quema de combustibles fósiles. Este hecho repercute directamente en la salud de los trabajadores de dichas industrias, puesto que muchos de los productos derivados de la quema de combustibles son perjudiciales para la salud.
  - La energía solar no emite contaminantes de ningún tipo a la atmósfera, por lo que se evitan tanto problemas sanitarios como económicos.
  - Lo mismo se aplica si esta energía se produce para venderla a la red eléctrica, puesto que se evitaría la quema de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo al igual que reacciones termonucleares

### **3.3.2 Inconvenientes**

A pesar de la gran utilidad de este sistema, cuenta con la gran desventaja de que la cantidad de energía que aporta no se mantiene constante a lo largo del año, sino que varía en función de parámetros de gran aleatoriedad tales como las condiciones climáticas diarias o la situación geográfica.

Además, de debe tener en cuenta los ciclos estacionales y las horas de los diarias para conocer la cantidad de energía disponible en el sistema, y esta cantidad debe ajustarse adecuadamente a la demanda térmica de la empresa, ya que las opciones de acumulación restan eficiencia y eficacia a los sistemas solares.

Dentro de este aspecto, cabe destacar que en muchos procesos las necesidades térmicas disminuyen en verano, donde la energía disponible en un sistema solar es máxima, por ello, debe existir un equilibrio que es difícil conseguir entre producción y demanda, intentando evitar en todo momento el sobredimensionamiento de las instalaciones.

Por estos motivos, el gran inconveniente de la energía solar es que una empresa no puede depender totalmente de este tipo de energía para su funcionamiento, y por ello deberá destinar una parte de su capital a la compra de combustible que suministre el calor necesario para que la empresa continúe con su funcionamiento normal en las condiciones en las que un sistema solar térmico no sea suficiente.

### 3.3.3 Otras Tecnologías

A parte de la energía solar térmica existen otras muchas tecnologías renovables las cuales tienen un elevado grado de implantación en el sector industrial en aplicaciones tales como calentamiento o enfriamiento de agua. Principalmente, estas tecnologías son la Aerotermia y Biomasa.

La Aerotermia se considera una energía renovable porque aprovecha la energía térmica del aire ambiente para producir un efecto útil (frio o calor) en un espacio interior a través de un consumo de energía eléctrica mucho menor a la cantidad de energía transferida en dicho efecto útil. Generalmente se trata de instalaciones industriales de climatización, aunque están destinadas principalmente a los espacios de oficinas.

La energía de la biomasa aprovecha la materia orgánica de procesos tanto biológicos como mecánicos. Para que esta tecnología sea rentable son necesarias cantidades muy elevadas de desechos orgánicos y lugares amplios y espaciosos dónde almacenar estos residuos mientras el proceso de aprovechamiento energético. Por lo general, a nivel industrial se implanta en grandes instalaciones que abastecen a empresas con un elevado consumo energético; en ocasiones se encuentran explotadas por Empresas de Servicios Energéticos (ESEs)

Por otro lado, existe otros tipos de tecnologías con gran potencial, pero con un bajo nivel de implantación; este es el caso, por ejemplo, de la Geotermia.

La energía geotérmica aprovecha la temperatura constante de las capas inferiores de la tierra para el aprovechamiento energético. Este sistema es muy utilizado en edificios de viviendas, para el uso de agua caliente sanitaria al igual que para calefacción. Sin embargo, los requerimientos de espacio libre y los altos costes de instalación hacen que no sea un sistema muy rentable al aplicarlo al sector industrial puesto que tanto la inversión necesaria como los requerimientos técnicos harían que el proyecto tuviese una rentabilidad muy baja.



## 4 CASOS DE ÉXITO EN ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

En este apartado se van a exponer ejemplos de empresas que han adoptado la energía solar térmica como alternativa para el apoyo en el consumo térmico de sus procesos industriales:

### 4.1 Instalaciones en España

En primer lugar se analizará el grado de implantación en un marco nacional.

#### 4.1.1 Castilla y León

- **FASA RENAULT, (Valladolid).** Para reducir el consumo energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, el Grupo Renault ha instalado 120 captadores cuya energía se utilizará para calentar el agua de un baño anticorrosión donde deben sumergirse las carrocerías antes de ser pintadas. La instalación también consta de un intercambiador de placas de acero inoxidable al igual que de varios depósitos acumuladores.
- **EMBUTIDOS RÍOS (Burgos).** En esta empresa ha sido una de las pioneras en la instalación de energía solar térmica en su sistema productivo. La instalación incluye 30 captadores solares térmicos de 2,02 m<sup>2</sup> cada captador.
- **EMINA RIBERA (Valladolid).** Se han instalado dos plantas, una de las plantas consta de 23 colectores (Bodega VALDELOSFRAILES) y la otra consta de 30 colectores (MATAMORRERA). Lo que supone una producción máxima de energía entre todas las fuentes de producción renovables de 1.272,5 MWh.
- **FONTEDOSO, S.L. (Ávila)** Se trata de una empresa embotelladora de agua mineral natural en la que se ha realizado una instalación de energía solar térmica para la producción de ACS y su posterior uso.
- **NISSAN (Ávila):** Empresa dedicada al sector automovilístico que ha instalado 530 m<sup>2</sup> de colectores solares GAMESA para calentar agua que posteriormente se utilizará en el pretratado de ciertas piezas al igual que para la eliminación de las grasas incrustadas.
- **SOCIEDAD DEPORTIVA CASA LEÓN (León).** Esta sociedad hace uso de la energía térmica solar tanto para el calentamiento de piscinas interiores y exteriores como para el uso de ACS. Para ello ha instalado 14 colectores en 33 m<sup>2</sup> de terreno.
- **El Programa HOSPISOL** ha sido desarrollado conjuntamente por el EREN y la Consejería de Sanidad. Dicho programa prevé la instalación de la energía solar térmica en los hospitales de la Comunidad Autónoma dependientes del SACyL bajo la modalidad de prestación de servicios energéticos. El programa engloba de 15-23 hospitales de la comunidad autónoma.

### 4.1.2 Resto del territorio nacional

A continuación se presentan otro casos de empresas que han implementado sistemas de energía solar en sus instalaciones, la mayoría de los cuales serán solares térmicos.

#### ANDALUCIA

- **ACUINOVA, ANDALUCÍA S.A. (Huelva)**, es una empresa de la industria de la piscifactoría cuyos procesos tienen una temperatura de funcionamiento entre los (23-26°C). Cuenta con un área de colectores de **1316 m<sup>2</sup>**.
- **FASA RENAULT (Sevilla)**, tras el mecanizado de pequeñas piezas de acero, éstas se deben lavar para poder ser útiles para el proceso productivo. Para que esto sea posible los elementos se introducirán en dos lavadoras con un líquido de lavado que trabaja a temperaturas entre 30-35°C. Esta temperatura se alcanzará con un sistema de captación de **370 m<sup>2</sup>** donde estarán instalados 160 captadores solares.

#### ASTURIAS

- **HOTEL PALACIO DE LA LLOREA (Gijón)**. Se trata de una instalación de energía solar térmica para producción de agua caliente sanitaria y apoyo a las piscinas terapéuticas de 195 m<sup>2</sup> totales del SPA de dicho hotel. Se puso en funcionamiento en el año 2002.
- **PISCINAS MUNICIPALES (Llanes)**. En las piscinas municipales de este concejo asturiano se han instalado colectores solares térmicos en un área de 200 m<sup>2</sup>

#### ARAGON

- **HOSPEDERÍA (comunidad Monacal del Monasterio de Santa. M<sup>a</sup> de Poblet)** Se trata de un monasterio en una comunidad monacal alimentada por energías renovables. Consta de 36 m<sup>2</sup> que proporcionan 25 kW al año por medio de 18 colectores. La energía es aprovechada en forma de agua caliente.
- **BOPEDOR. (Zaragoza)** ha logrado ahorrar un 38% de energía en las instalaciones del matadero de cerdos gracias a una instalación para precalentar el agua que exige el proceso. La instalación permite precalentar unos 30.000 litros diarios de agua. Consta de 17 paneles, que conforman un campo de captación de 200 m<sup>2</sup> de carácter modular.

#### CATALUÑA

- **CONTANK. (Tarragona).** Es una empresa destinada a la limpieza en contenedores para mercancías líquidas, por lo que sus picos de mayor actividad son durante el lavado de vehículos. Como la temperatura del agua dedicada al lavado debe ser elevada (50-90°C), se ha optado por la instalación de 360 colectores solares en dos campos que se distribuyen en una superficie total de 150 m<sup>2</sup>.
- **VEGETALIA SL (Castellcir, Barcelona)** Empresa de nutrición y productos ecológicos que ha optado por cubrir sus necesidades energéticas a partir de sistemas solares térmicos en una superficie de 20 m<sup>2</sup> proporcionando 14 kW. También posee paneles fotovoltaicos y una caldera de biomasa.
- **PABELLÓN MUNICIPAL DE DEPORTES (Sant Antoni de Vilamajor, Barcelona).** Es el primer pabellón español alimentado al 100% con energías renovables. Se trata de una instalación solar térmica que con el soporte de una caldera de biomasa suministra toda el agua caliente sanitaria y la calefacción que hacen falta para cubrir las necesidades del pabellón. Para ello se utilizan 15 captadores solares que proporcionan una superficie de captación de 38,1 m<sup>2</sup>.
- **Comunidades de propietarios del CONJUNTO INMOBILIARIO DE GUILLEM Tell (Barcelona).** Instalación de energía solar térmica en bloque de 95 viviendas habitadas. Se renovó totalmente el edificio realizando una instalación de energía solar térmica con 116 m<sup>2</sup> de superficie de captación solar.
- **SEAT (Martorell, Barcelona).** Empresa de sector automovilístico española que en 2013 realizó la mayor instalación solar fotovoltaica dentro del sector automoción, con una superficie de 276.000 m<sup>2</sup> y una capacidad de producción de 15 millones de kWh anuales. Al ser una energía limpia se evitará la emisión de 7000 toneladas de CO2 anuales.  
Este ejemplo no es representativo para la energía solar térmica, pero representa un ejemplo del gran potencial existente en España para la implantación de grandes instalaciones solares en industrias.

#### GALICIA

- **ALVARELLA ECOTURISMO S.L. (A Coruña):** Albergue dónde se realizan talleres de educación ambiental que ha empezado a sustentarse a partir de diversas energías renovables como la eólica, la solar fotovoltaica y la solar térmica. Para las necesidades de agua caliente y calefacción dispone de una instalación solar térmica de 105 m<sup>2</sup>.
- **RESIDENCIA GERIÁTRICA (Cangas do Morrazo, Pontevedra).** Instalación realizada en 2010 que cuenta con 48 colectores solares para generar 67,2 kW de la demanda de Agua Caliente Sanitaria para la residencia.

#### MADRID

- **VIVIENDA UNIFAMILIAR (Valdetorres del Jarama, Madrid).** El objetivo de esta instalación es abastecer a la vivienda con energía proveniente de captadores solares con objeto de satisfacer las necesidades humanas. , Para ello se dedicará a ACL un 35%, para el suministros de ACS y el 25% para la climatización del a pisciana.
- **Instalación solar en Sede Central del MINISTERIO DE DEFENSA (Madrid).** Se trata de una nueva instalación de energía solar térmica, realizada entre 2005 y 2006, que cubre el 71% de las necesidades diarias de agua caliente sanitaria (ACS) y han conseguido un ahorro anual del 22,8%.

#### NAVARRA

- **PRIMER EDIFICIO DE OFICINAS CERO-EMISIONES (Pamplona, Navarra).** Primer edificio abastecido por energías renovables y que cubre todas sus necesidades energéticas sin emitir ningún tipo de gas de efecto invernadero. Para que este proyecto sea viable no solo es necesario energía solar térmica, sino que también han sido necesarias más de un tipo diferente de energías.  
En el caso de la energía solar térmica cabe destacar que dispone de 170 m<sup>2</sup> de captadores solares.
- **ESCUELA INFANTIL DE NOAÍN (Navarra)** Permite a esta escuela ser autosuficiente a partir de energía solar y biomasa mediante la instalación de 16 captadores solares térmicos de 1,7 m2 cada uno y dos calderas de pellets con modulación de potencia (de 8,6 a 35 kW).
- **QUESOS LARRA (Navarra).** Empresa del sector Quesero que al ampliar sus instalaciones también introdujo mejoras en ámbitos energéticos instalando 30 captadores solares para la elaboración de la cuajada, calentamiento de la misma, requesón y limpieza; puesto que estos procesos oscilan entre temperaturas de trabajo de 30-45°C.

## 4.2 Instalaciones a nivel Internacional

A continuación se analizarán las instalaciones realizadas a nivel internacional

EUROPA
<p>– <b>HUSTERT GALVANIK (Rahden, Alemania).</b> Empresa metalúrgica que ha instalado colectores de tubos en un área de <b>221 m<sup>2</sup></b> para calentar el agua utilizado en los baños galvanicos a los que se somete a las piezas. El rango de temperaturas de trabajo es de 80-90°C</p>
<p>– <b>HOFMÜHL (Eichstätt, Alemania).</b> Esta empresa cervecera consta de una instalación de colectores de tubos de vacío en un área de <b>735 m<sup>2</sup></b> para calentar agua a una temperatura de 100°C. Dado que durante la fabricación de cerveza no es necesario un aporte constante de agua, la empresa ha adaptado su proceso productivo con las horas de sol.</p>
<p>– <b>HÜTT (Baunatal, Alemania).</b> Empresa cervecera que ha optimizado su producción de calor gracias a la instalación de <b>155 m<sup>2</sup></b> de colectores solares planos con un coste de 300€/m<sup>2</sup>.</p>
<p>– <b>MATADERO (Rimavská Sobota, Eslovaquia).</b> La instalación consta de 60 colectores solares térmicos que usan para calentar agua a 72°C para la limpieza dentro del propio matadero. Se ahorra aproximadamente el 70% del coste del gas natural. El periodo de amortización son 17 años y al oscilar la vida de los colectores entre 25-30 años, durante la mitad de su vida los colectores producirán energía sin costes.</p>
<p>– <b>BOURDOIL (Rivesaltes, Francia).</b> Compañía vinícola situada al sur de Francia que ha decidido aprovechar la energía solar para calentar agua a 70°C para el proceso de limpieza de botellas a partir de <b>105 m<sup>2</sup></b> de captadores solares planos de la marca Viessmann.</p>
<p>– <b>MEVGAL S.A. (Salónica, Grecia).</b> Se trata de una empresa de productos lácteos que ha implantado la energía solar térmica para calentar el agua del lavado de los equipos y para los procesos de fermentación y pasteurización del queso y la leche. El sistema implantado calienta <b>724 m<sup>3</sup></b> de agua y produce una potencia de <b>600 kWh/m<sup>2</sup></b> el cual será amortizado en 6 años.</p>
<p>– <b>TYRAS S.A (Trikala, Grecia).</b> La instalación de esta industria alimentaria está formada por <b>1000 m<sup>2</sup></b> de colectores solares planos para el uso de ACS en la empresa. Está diseñada para cubrir un 80% de las necesidades durante los periodos de verano y para maximizar el ahorro durante los periodos de invierno.</p>
<p>– <b>KASTRINOIANNIS S.A. (Creta, Grecia).</b> Empresa del sector textil la cual ha instalado colectores solares planos en un superficie de <b>174 m<sup>2</sup></b> de manera que sea capaz de proporcionar agua caliente en un rango de temperaturas de 40-90°C para los procesos de teñido.</p>
<p>– <b>KEMINOVA ITALIANA S.R.L. (Brescia, Italia).</b> Empresa del sector cosmético que instaló en 2008 un huerto solar con capacidad para calentar <b>5 m<sup>3</sup></b> de agua. Esta agua es necesario para la producción de cosméticos y la calefacción de la fábrica durante los meses de invierno. La temperatura de trabajo de esta empresa es de 80°C y en verano es capaz de abastecer energéticamente a la totalidad del sistema.</p>
<p>– <b>KNORR BEST FOODS S.A. (Carregado, Portugal).</b> Con una superficie de <b>440 m<sup>2</sup></b> de colectores solares planos, esta empresa alimentaria es capaz de alcanzar de manera sostenible los 40-45°C necesarios para el secado de los utensilios necesarios para la limpieza de los productos y de la propia planta.</p>
<p>– <b>COLAS (Yverdon-les-Bains, Suiza).</b> Empresa de construcción que ha instalado <b>197 m<sup>2</sup></b> de colectores SRB para mantener los materiales propios de la construcción a una temperatura mayor de 160°C, al igual que para mantener la calefacción en la fábrica y los requerimientos de ACS.</p>

#### ASIA - AFRICA

- **UNIVERSIDAD PRINCESS NOURA BINT ABDULRAHMAN (Riyadh, Arabia Saudí):** Se trata de la mayor instalación solar térmica del mundo con un área de 36,305m<sup>2</sup> para abastecer de agua caliente sanitaria al campus de dicha universidad, que consta de 15 edificios académicos e incluso un hospital de 700 camas.
- **COCA-COLA (Shanghai, China).** Empresa productora de bebidas que ha decidido implementar su sistema productivo instalando 995 m<sup>2</sup> de colectores de tubos para mejorar el rendimiento energético de la planta.
- **JIANGSU IMPRESIÓN Y TEÑIDO (China).** Se trata de una instalación de colectores de tubos de 9000 m<sup>2</sup> de área. Usa la energía solar térmica para precalentar agua necesaria en los procesos industriales para la impresión y el secado de papeles con unas temperaturas que rondan los 50°C.
- **MAAMOUN BROTHERS (Egipto).** Empresa del sector alimentario que ha incorporado 350 m<sup>2</sup> de colectores solares para calentar 26 m<sup>3</sup>/día agua entre 50-60°C
- **L'OREAL (Pune, India).** Empresa química que usa colectores solares planos que ocupan un área de 640 m<sup>2</sup> para calentar el agua a 55°C de los procesos de limpieza internos de la fábrica.

#### AMERICA

- **BIMBO (Hermosillo, Méjico):** Empresa alimentaria cuya instalación consta de 40 colectores solares térmicos cuya energía es utilizada para elevar la temperatura de 10.000 m<sup>3</sup> de agua hasta 70°C.
- **GATORADE (Arizona, EEUU).** Instalación que consta de 85 colectores solares planos que cubren una superficie de 893 m<sup>2</sup> desde el año 2008. La función de la instalación es el calentamiento de agua a temperaturas que rondan los 35°C.
- **STEINWAY AND SONS (Nueva York, EEUU).** La instalación solar térmica realizada por la empresa española Abgenoa consta de 38 captadores solares parabólicos capaces de alcanzar 200°C. El propósito de la instalación es el uso de agua caliente para la fabricación de pianos puesto que para ello se necesita un aporte constante de humedad y vapor.
- **KEYAWA ORCHARDS (California, EEUU).** Empresa alimentaria con colectores de aire en un área de 864 m<sup>2</sup> para el secado de nueces. La temperatura máxima del proceso está en torno a los 43°C.

### 4.3 Conclusiones

De los ejemplos anteriores podemos destacar que a nivel nacional el campo donde más extendida está la implantación de energía solar térmica es la generación de ACS para uso doméstico y sector servicios, bien en viviendas o en instalaciones terciarias como pabellones, hospitales, escuelas, residencias de ancianos, etc.

Dentro del sector industrial, destaca por encima del resto la implantación en los sectores de **alimentación y automoción**. El ellos, la aplicación principal es la generación de agua caliente para proceso.

Dentro del sector automoción, la aplicación principal es servir de apoyo para el calentamiento de agua en procesos de baños térmicos de piezas y limpieza de componentes. Predominan las instalaciones en grandes fábricas de componentes de automoción.

En el sector alimentario, las aplicaciones más comunes son procesos de limpieza, aunque también se emplea la energía solar para calentar agua y servir de apoyo a procesos con una temperatura de trabajo media-baja. (Similar a ACS). En este caso, predominan más las pequeñas y medianas empresas.

También vemos que a nivel doméstico, existe la tendencia a que la instalación solar sea capaz de abastecer de manera completa la demanda de energía; sin embargo en industria, dada la imprevisibilidad de radiación solar y las exigencias de los procesos industriales, se tiende a que la instalación solar actúa como un apoyo de una instalación convencional alimentada con combustibles fósiles.

A nivel internacional, también predomina el sector alimentación como es más extendido en la implantación de energía solar térmica, aunque también vemos casos de éxito en otros sectores como el textil, metalúrgico o químico.

Por lo general, se trata de grandes empresas que instalan grandes superficies de captación, lo que contrasta con la situación de España, donde la mayoría de instalaciones tienen superficies reducidas.

## 5 BUENAS PRÁCTICAS IDENTIFICADAS

El estudio de los casos de buenas prácticas tiene como objetivo la buena utilización de los sistemas energéticos al igual que regulación en su uso asegurando un aprovechamiento máximo de dichos sistemas para proporcionar un rendimiento óptimo de la instalación.

Como una guía de buenas prácticas se encuentra el proyecto OPTIMAGRID realizado conjuntamente por organismos nacionales e internacionales en el que se ha estudiado el potencial de las energías renovables y cómo obtener una mayor eficiencia de ellas.

El seguimiento de estas iniciativas a nivel nacional y europeo aceleraría el crecimiento industrial y ayudaría a alcanzar los objetivos europeos planteados en el HORIZON 2020. Además no sólo se obtienen mejoras ambientales sino también beneficios económicos debido a la optimización en el uso de los elementos de la instalación.

Los aspectos principales a tener en cuenta para mejorar las instalaciones solares térmicas son:

- Normativas de construcción
- Utilización del sistema
- Mantenimiento de la instalación.

### 5.1 Normativas de construcción

En cuanto a la construcción de la instalación: A nivel nacional y según la IDAE existen ciertas normativas que deben cumplirse en función de si la instalación está destinada para una comunidad de vecinos o si se va a realizar a nivel industrial.

- A la hora de realizar una instalación de energía solar de debe elegir a un instalador cualificado para el trabajo y exigir un contrato con el instalador que especifique el precio total y los trabajos y materiales que se incluyen en el mismo. El contrato debe incluir la obligación por parte del instalador de proporcionar al cliente una memoria técnica, un manual de operación y mantenimiento y una garantía de la instalación y de sus componentes. Es muy recomendable firmar un contrato de mantenimiento de la instalación, una vez finalizada la obra
- Desde 1998, toda nueva construcción debe incluir contadores individualizados para los sistemas centralizados de calefacción y agua caliente sanitaria. Esto permite un mejor reparto del gasto de energía de la Comunidad y un ahorro en su consumo. Esta medida se puede hacer extensible a nivel industrial, donde la instalación de equipos de medida en los puntos de consumo permitirá tener un mayor conocimiento de la demanda de la instalación y permitirá optimizar el abastecimiento de la demanda.
- Existe un conjunto de disposiciones legales, instrucciones técnicas y manuales de buenas prácticas que conviene conocer y que serán de gran ayuda a la hora de tomar decisiones.



## 5.2 Utilización del sistema

En cuanto al uso la instalación, dado que las instalaciones solares térmicas pueden ser destinadas a distintos procesos, se debe analizar en detalle el proceso al que se va a destinar y las características del mismo (temperatura, tiempo de aporte de calor, fluido caloportador, etc.)

Se recomienda tener en cuenta los siguientes factores:

- La aportación de los sistemas de energía solar térmica es un buen complemento como apoyo a sistemas que empleen agua caliente a una temperatura en torno a los 60°C (sistemas de calefacción, agua de limpieza, procesos de calentamiento, etc.). Estos sistemas requieren una mayor superficie captadora que los sistemas convencionales para generar ACS.
- Es conveniente caracterizar de manera adecuada la demanda de calor necesaria en los procesos para así definir la temperatura necesaria de acumulación y con ello los principales parámetros de la instalación (volumen de acumulación, superficie de captación, tamaño del intercambiador de calor, etc.). Un correcto dimensionamiento conforme a la demanda evitará el sobredimensionamiento de la instalación y los sobrecostes que ello conlleva.
- Se debe tener en cuenta la diferencia del potencial energético solar entre invierno y verano para calcular el porcentaje de obertura sobre la demanda que es capaz de aportar la instalación solar. Para ello es conveniente ajustar de manera adecuada la inclinación de los paneles para tener en cuenta las necesidades térmicas tanto en invierno como en verano.
- En procesos industriales en los que la temporalidad no es un factor determinante (limpieza por ejemplo), se puede ajustar el horario para hacerlo coincidir con las horas de máxima radiación solar y así aprovechar al máximo el potencial de calentamiento de la instalación.
- Se recomienda asimismo que la demanda térmica a abastecer sea la mínima posible, para ello se deberá asegurar que los parámetros de funcionamiento no están provocando consumos innecesarios ( $T^{\text{a}}$  excesiva, tiempos de funcionamiento sin carga de trabajo, etc.) y que los elementos de la instalación están en condiciones óptimas de trabajo (aislamiento térmico, fugas, etc.)
- El calor residual en los efluentes de los procesos industriales supone una importante pérdida de energía térmica en la industria. El aprovechamiento de este calor aumenta significativamente la eficiencia energética de los equipos y la eficiencia global de la planta.

### **5.3 Mantenimiento de la instalación.**

Todas las instalaciones necesitan un mantenimiento continuo y realizar estas labores de la manera adecuada alargará tanto la vida útil del sistema como también evitará pérdidas térmicas, que de otro modo producirían un sobrecoste energético innecesario.

- Es importante que los depósitos acumuladores, tuberías de distribución de agua caliente y demás elementos estén bien aislados y en buenas condiciones de funcionamiento.
- Las operaciones de mantenimiento preventivo son fundamentales para el correcto funcionamiento de la instalación, por lo que un buen plan de mantenimiento garantiza en muchas ocasiones un buen nivel de eficiencia en el sistema.
- Todas las operaciones de mantenimiento serán extensibles al resto de instalaciones térmicas, ya que generalmente el sistema solar térmico servirá de apoyo a un sistema principal. Por ello disponer de una sala de calderas o equivalente con unas condiciones óptimas de trabajo (parámetros de combustión adecuados, asilamientos, etc.) garantizará que se aprovecha todo el potencial de eficiencia existente.

## 6 CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas a partir del estudio de los distintos apartados de este documento:

### 6.1 Estrategias y políticas analizadas.

Tras el estudio de las políticas e iniciativas que promueven la implantación de energías renovables y el estudio la metodología de implantación de proyectos basados en la tecnología solar térmica y las energías renovables en general, se han obtenido las siguientes conclusiones:

- En España, y sobre todo en Castilla y León, existen numerosos programas, incentivos y normativas que en conjunto fomentan el uso de energías renovables, si bien su eficacia actualmente parece limitada por varias razones:
  - Las principales líneas de apoyo y normativas son relativamente poco conocidas por los potenciales usuarios, proveedores de tecnologías e instaladores.
  - Las ayudas e incentivos son de tramitación a veces complicada.
  - Existe cierta dispersión informativa respecto a la aplicación de las políticas públicas en cada zona y respecto a los aspectos prácticos de la gestión de los proyectos.
- En la práctica, esto supone que las organizaciones y personas interesadas en evaluar la posibilidad de implementar proyectos que supongan el uso de energías renovables en una aplicación industrial se encuentren con una multitud de fuentes de información poco estructuradas.
- En términos generales, la ejecución de un proyecto de esta naturaleza hasta ahora surgía a raíz de dos tipos de iniciativas:
  - Por impulso de un proveedor/instalador/organización de apoyo, quien anima al interesado.
  - Por iniciativa del propio interesado, quien, a la vista de instalaciones que ya han sido realizadas por otros, por una alta sensibilización o por un afán lucrativo (en el caso de por ejemplo, huertos solares), promueve o participa en la iniciativa de un proyecto de estas características.
- Es fundamental enfocar el uso de las energías renovables como un herramienta de autoconsumo basada en la mejora de la eficiencia energética a través de la obtención de un ahorro energético que proporciona una ventaja competitiva a las empresas, en lugar de como una mera inversión económica de la que se espera cierto nivel de rentabilidad a través de la venta de la energía producida.

## 6.2 Estudio de la técnica

En cuanto al estado de la tecnología solar térmica, se han identificado los siguientes factores que afectarán al éxito en la implantación de energías renovables a nivel industrial:

- La implantación de energías renovables en industria supone un gran paso hacia la reducción de consumo de combustibles fósiles y mejora del medio ambiente, con lo que se consigue acercar a un modelo energético más sostenible y a cumplir los objetivos del Horizonte 2020 propuestos por la Comisión Europea.
- En la actualidad, se dispone de componentes suficientemente eficientes como para satisfacer un porcentaje considerable de la demanda energética de una industria a través de una instalación solar térmica, cuyo coste de implantación y ahorro generado arrojarían un valor de rentabilidad (viabilidad económica) adecuado.
- La energía solar térmica es una energía poco utilizada en la industria en comparación con otras energías renovables como la solar fotovoltaica o la eólica. No obstante, cada vez más empresas ven rentable la instalación de colectores solares térmicos para el calentamiento de fluidos entre medias y bajas temperaturas.
- La probabilidad de que una industria dependa totalmente de este tipo de energía y abandone el uso de los combustibles fósiles está en función de las horas de sol del emplazamiento de la empresa y del tipo de proceso. Si el proceso es continuo necesitará de otro aporte de energía en las horas de menos intensidad. Si el proceso industrial no es continuo la integración de la energía solar térmica podría llegar a ser total y abastecer completamente a la empresa o proceso implicado.
- Los procesos industriales más favorables para la introducción de energía solar térmica son aquellos relacionados con el calentamiento de un fluido a media-baja temperatura (30 – 80°C), ya que es donde se puede obtener la máxima eficiencia de transferencia de calor de un sistema solar.
- La elección del tipo de colector solar adecuado es un factor fundamental para la rentabilidad de la instalación. Dicha decisión debe basarse en criterios tales como eficiencia del colector, requisitos del proceso industrial (Tº, caudal, horas de uso...), precio y disponibilidad en el mercado...
- Es imprescindible establecer una estrategia eficiente para la cobertura de la demanda térmica de la industria con instalaciones solares a través del correcto dimensionamiento del campo de captación, intercambiadores y volumen de acumulación y el establecimiento de métodos de control eficiente del conjunto.

### 6.3 Casos de éxito y buenas prácticas

En relación a los casos de éxito en la implantación de sistemas de energía solar a nivel tanto nacional como internacional, hemos visto que:

- España es un país cuya situación favorece la implantación de la energía solar térmica debido a sus buenas cifras de irradiancia solar. En concreto, la zona geográfica de Castilla y León tiene buenos niveles de radiación solar debido a que su localización más al Norte se compensa con la altitud de la región.
- A nivel nacional, lo cual también es extensible a Castilla y León, la tecnología solar térmica es una aplicación poco extendida en industria en comparación con otras energías renovables como la solar fotovoltaica o biomasa.
- Actualmente, el mayor nivel de implantación de energía solar térmica se encuentra en viviendas y sector servicios, en instalaciones de generación de ACS.
- La mayoría de ejemplos de instalaciones solares térmicas industriales están formadas por una pequeña superficie de captación que genera energía para servir de apoyo a un proceso productivo de media-baja temperatura.
- A nivel internacional, se aprecia un mayor nivel de implantación de solar térmica en la industria, con grandes superficies de captación que abastecen a grandes consumidores de energía (grandes empresas); mientras, en España la mayoría de instalaciones están ejecutadas para empresas de tamaño medio.