

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**ALTERNATIVAS ENERGÉTICAS EN LA CLIMATIZACIÓN**



MARC DE VAL MARÍN

MÁSTER EN EDIFICACIÓN: TECNOLOGÍA

TUTOR: FCO. JAVIER CÁRCEL CARRASCO

Septiembre 2014



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
INGENIERÍA DE  
EDIFICACIÓN

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo es el estudio comparativo de las diferentes alternativas energéticas para su uso en climatización de edificios en el sector residencial y terciario. Dicho estudio se realiza desde diversos puntos de vista con el fin de poder determinar qué tecnologías para climatizar son las más adecuadas según el tipo de situación que se produzca.

Las tecnologías tratadas en el estudio están basadas en la energía solar térmica y fotovoltaica, geotermia, biomasa y cogeneración. Se realiza un análisis descriptivo de las alternativas escogidas, determinando sus ventajas e inconvenientes y sus aplicaciones, además de otros aspectos.

Posteriormente se realiza un estudio de caso, donde se exponen ejemplos de instalaciones reales con las características anteriormente tratadas, para poder evaluar los resultados, rendimiento energético y ambiental.

**Palabras clave:** climatización, eficiencia, calefacción, refrigeración, solar, geotermia, biomasa, cogeneración.

## ABSTRACT

The objective of this project is the comparative study of different energy alternatives for use in air conditioning buildings on residential and tertiary sector. This study is carried out from various viewpoints to can determine which technologies are the most suitable to air condition according that situation occurs.

The technologies covered in this study are based on thermal and photovoltaic solar energy, geothermal, biomass and cogeneration. A descriptive analysis of the chosen alternatives is performed to determine their advantages and disadvantages, their applications and other characteristics.

Later a case study is done to show various examples of real installations with the features discussed above. So the results can be evaluated, its energetic and environment environmental efficiency.

**Keywords:** air conditioning, efficiency, heating, cooling, solar, geothermal, biomass, cogeneration.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>3. SISTEMAS RADIANTES.....</b>	<b>12</b>
3.1. TIPOS DE SISTEMAS RADIANTES.....	13
3.1.1. Suelo radiante .....	13
3.1.2. Techo radiante .....	14
3.1.3. Muro radiante .....	15
3.1.4. Zócalo radiante.....	16
<b>4. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN A PARTIR DE CALOR.....</b>	<b>17</b>
4.1. SISTEMAS DE ABSORCIÓN .....	17
4.1.1. Máquina de absorción de simple efecto .....	17
4.1.2. Máquina de absorción de doble efecto .....	18
4.2. SISTEMAS DE ADSORCIÓN.....	20
4.3. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DESECANTES Y ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO.....	21
<b>5. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....</b>	<b>22</b>
5.1. DESCRIPCIÓN.....	22
5.1.1. RADIACIÓN SOLAR.....	22
5.1.2. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR.....	22
5.1.2. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS .....	24
5.1.3. FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CAPTADORES SOLARES .....	25
5.1.3.1. Conversión fototérmica.....	25
5.1.3.2. Proceso de conversión .....	26
5.1.3.3. Efecto invernadero.....	26
5.1.4. TIPOS DE CAPTADORES .....	27
5.1.4.1. Captador de placa plana.....	27
5.1.4.2. Captador sin cubierta .....	28
5.1.4.3. Captador de aire.....	28
5.1.4.4. Captador de tubo de vacío .....	29
5.1.4.5. Captador de vacío .....	29
5.1.4.6. Captador parabólico compuesto.....	29

5.1.5. FLUIDOS CALOPORTADORES .....	30
5.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	31
5.3. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA: .....	32
5.3.1. CALEFACCIÓN .....	32
5.3.2. REFRIGERACIÓN .....	34
5.3.3. CLIMATIZACIÓN DE PISCINAS.....	35
5.3.3.1. Piscinas descubiertas.....	35
5.3.3.2. Piscinas cubiertas .....	36
5.4. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN ESPAÑA.....	37
5.5. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA A NIVEL EUROPEO .....	41
5.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA .....	43
<b>6. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....</b>	<b>45</b>
6.1. DESCRIPCIÓN.....	45
6.1.1. TIPOS .....	45
6.1.2. COMPONENTES .....	46
6.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	47
6.3. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	48
6.4. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA .....	49
6.5. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A NIVEL EUROPEO .....	51
6.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	52
<b>7. GEOTERMIA.....</b>	<b>53</b>
7.1. DESCRIPCIÓN.....	53
7.1.1. LA TIERRA COMO FUENTE DE ENERGÍA .....	53
7.1.3. GEOTERMIA DE MUY BAJA ENTALPÍA .....	55
7.1.4. TIPOS DE INSTALACIONES .....	56
7.1.4.1. Colectores horizontales enterrados.....	56
7.1.4.2. Sondas geotérmicas .....	58
7.1.4.3. Sondas de captación de agua someros.....	60
7.1.4.4. Cimientos geotérmicos.....	61
7.1.5. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA .....	64
7.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GEOTERMIA .....	65
7.3. APLICACIONES DE LA GEOTERMIA .....	66
7.3.1. CALEFACCIÓN .....	66
7.3.2. REFRIGERACIÓN .....	66

7.4. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA GEOTERMIA EN ESPAÑA .....	68
7.5. SITUACIÓN DE LA GEOTERMIA A NIVEL EUROPEO .....	70
7.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA GEOTERMIA .....	71
<b>8. BIOMASA.....</b>	<b>72</b>
8.1. DESCRIPCIÓN.....	72
8.1.1. MATERIAS PRIMAS .....	73
8.1.1.1. Pellets.....	73
8.1.1.2. Briquetas: .....	74
8.1.1.3. Astillas: .....	75
8.1.2. ALMACENAMIENTO DE LA BIOMASA.....	75
8.1.3. SISTEMAS DE TRANSPORTE INTERNO .....	76
8.1.4. CALDERAS DE BIOMASA .....	77
8.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA BIOMASA .....	78
8.3. APLICACIONES DE LA BIOMASA .....	79
8.3.1. CALEFACCIÓN .....	79
8.3.2. REFRIGERACIÓN .....	80
8.4. ENERGÍA SOLAR Y BIOMASA .....	81
8.5. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA BIOMASA EN ESPAÑA.....	82
8.6. SITUACIÓN DE LA BIOMASA A NIVEL EUROPEO.....	83
8.7. ASPECTO ECONÓMICO DE LA BIOMASA .....	84
<b>9. COGENERACIÓN.....</b>	<b>86</b>
9.1. DESCRIPCIÓN.....	86
9.1.1. COMPONENTES .....	86
9.1.2. TIPOS DE COGENERACIÓN.....	87
9.1.3. SISTEMAS DE MICRO-COGENERACIÓN .....	87
9.1.3.1. Motores alternativos de combustión interna de gas natural o gasóleo .....	87
9.1.3.2. Motores alternativos de combustión externa .....	88
9.1.3.3. Micro-turbinas.....	88
9.1.4. TRIGENERACIÓN .....	89
9.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA COGENERACIÓN .....	90
9.3. APLICACIONES DE LA COGENERACIÓN.....	91
9.3.1. CALEFACCIÓN .....	92
9.3.2. REFRIGERACIÓN .....	92
9.4. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA COGENERACIÓN EN ESPAÑA.....	93

9.5. SITUACIÓN DE LA COGENERACIÓN A NIVEL EUROPEO .....	95
9.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA COGENERACIÓN .....	96
<b>10. ESTUDIO DE CASO .....</b>	<b>97</b>
10.1. ENERGIA SOLAR TÉRMICA .....	97
10.3. BIOMASA .....	104
10.4. COGENERACIÓN .....	106
<b>11. CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>12. BIBIOGRAFÍA.....</b>	<b>117</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Gran cantidad de la energía que se consume en los edificios es para usos térmicos, como la calefacción en invierno y la refrigeración en verano, tanto en el sector residencial como el terciario. Esta energía se produce a partir de combustibles fósiles, como los derivados del petróleo, que tiene repercusiones negativas sobre el medio ambiente así como emisiones de gases efecto invernadero. Esto despierta una motivación para la realización del trabajo sobre las posibles alternativas energéticas que pueden emplearse en la climatización de edificios. Para ello resulta necesario el estudio y aplicación de otro tipo de energías capaces de satisfacer las necesidades de los usuarios, que al mismo tiempo puedan reducir el deterioro del medio ambiente y en muchos casos incluso el gasto económico derivado de los sistemas convencionales.

Las diferentes opciones energéticas que se estudiarán en este proyecto se obtienen a partir de energías de tipo renovable, serán la solar térmica y fotovoltaica, la energía geotérmica y la biomasa. Y a partir de energías no renovables como es el caso de la cogeneración, con la cual se puede obtener unos rendimientos muy elevados. También se contemplará la combinación de alguna de ellas como puede ser la energía solar térmica y la biomasa.

En el presente trabajo se pretende realizar un análisis de las diferentes alternativas energéticas que se pueden aplicar principalmente en el sector residencial y también en el terciario. Dicho análisis se realizará describiendo cada una de estas alternativas, sus fundamentos, que tipo de instalaciones existen y su funcionamiento, así como los elementos que las componen. Posteriormente se estudiarán las aplicaciones para la climatización que puede ofrecer cada tendencia energética, estableciendo sus ventajas e inconvenientes. El tercer paso será analizar la situación y potencial de las opciones estudiadas en el territorio nacional, saber en qué punto se encuentran y que posibilidades de aprovechamiento existen. De la misma manera se investigará a nivel europeo con el fin de saber dónde se aplica más cada solución y poder comparar. Por último se analizarán desde el punto de vista económico, los costes que puede suponer el uso de estas instalaciones, su mantenimiento, coste del combustible y las posibilidades de amortización.

El siguiente paso después de haber efectuado el análisis de las propuestas energéticas es realizar una recopilación de estudios de caso de las diferentes opciones, los cuales pertenecen a varias zonas geográficas y climas. Así pues se podrán ver y evaluar los resultados de la

aplicación real de estas tecnologías, tanto desde el punto de vista energético, el impacto sobre el medio ambiente y en algunos casos también el aspecto económico.

Una vez adquirido el conocimiento y realizados los diferentes análisis, se elaborarán tablas comparativas acompañadas de una explicación con el objetivo de determinar diversos aspectos sobre las alternativas energéticas estudiadas. Estos aspectos serán: según zonas geográficas qué métodos disponen de mayor potencial, cuáles son más adecuados según la climatología, cuáles se pueden aplicar en el sector residencial (vivienda unifamiliar y en bloque) y terciario, qué opciones son convenientes para edificios de nueva construcción y cuáles para rehabilitación y por último, según la demanda sea frío, calor o ambas, qué tecnologías son más indicadas.



## 2. ANTECEDENTES

En la actualidad, más del 80% del abastecimiento energético para todos los usos en España proviene de energías fósiles, un 13% de nuclear y entorno a un 6% de energías renovables (IDAE, 2012b). Este 94% no renovable conlleva una gran repercusión sobre el medioambiente y una dependencia del abastecimiento exterior importante.

Analizando en el sector residencial se dispone la siguiente gráfica.

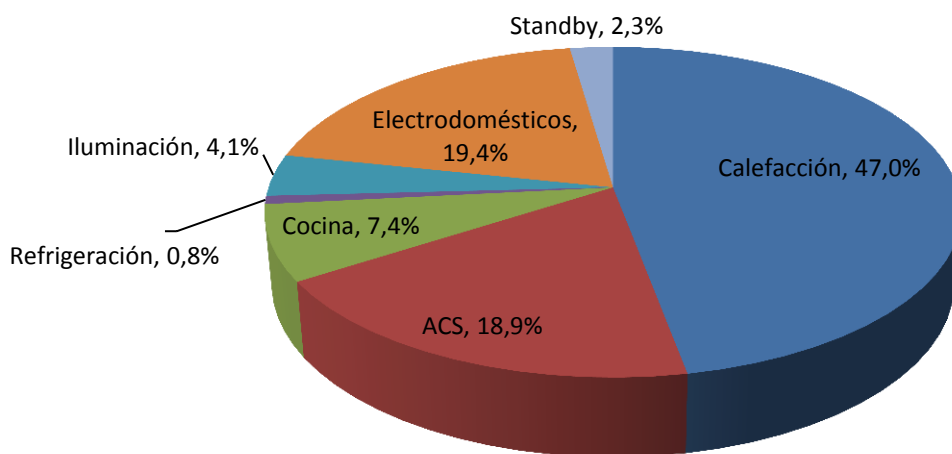


Figura 2.1. Consumos según servicios en el sector residencial en España en el año 2011. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2011b.

De la gráfica se extrae que casi la mitad del consumo de las viviendas se produce en climatización. Además casi un 20% de esta pertenece al consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS), y generalmente cuando se mejora la eficiencia de los sistemas de climatización de igual manera resulta para el abastecimiento de ACS.

Continuando con el sector residencial resulta interesante saber cuáles son las fuentes de energía que se consumen para satisfacer las diferentes necesidades antes mencionadas.

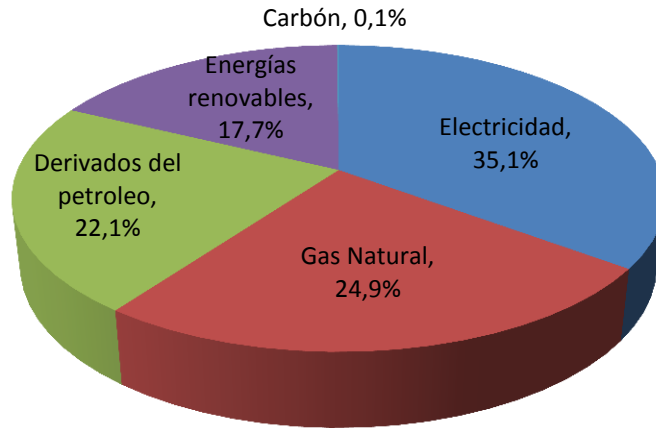


Figura 2.2. Consumos según fuente de energía en sector residencial en España en el año 2011. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2011b.

La energía más empleada para satisfacer la demanda en los hogares de España es la electricidad con un 35% y por el contrario, el uso de energías renovables se encuentra en penúltimo lugar con un 17,7 %. El consumo de energías no renovables asciende a más de un 82%, quedando clara la dependencia que se tiene de este tipo de energías.

Dentro del consumo general se puede puntualizar en el de calefacción y refrigeración en las siguientes gráficas.

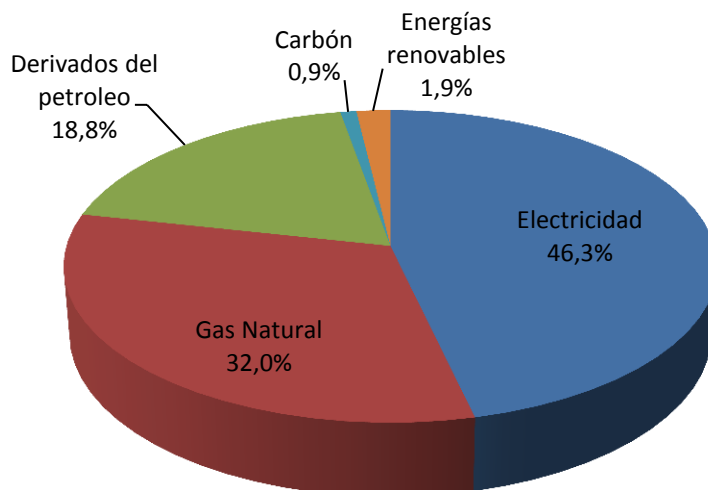


Figura 2.3. Consumos según fuente de energía para calefacción en sector residencial en España. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2011b.

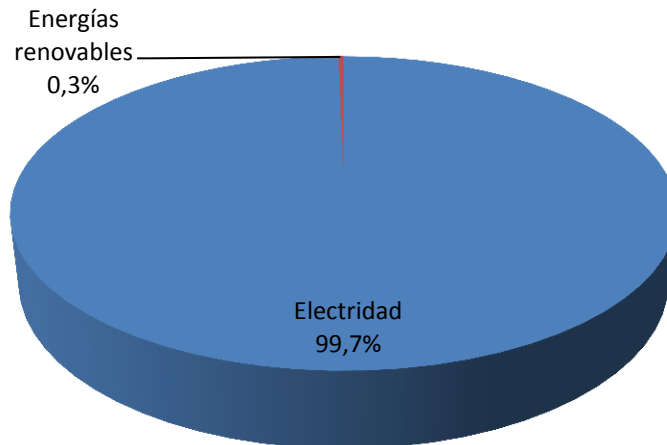


Figura 2.4. Consumos según fuente de energía para refrigeración en sector residencial en España. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2011b.

La energía más empleada para climatizar las viviendas es la electricidad, en el caso de refrigeración ocupa prácticamente el 100% del consumo y en el caso de calefacción casi la mitad, seguido por el gas natural que también se utiliza en gran medida en este aspecto. Las energías renovables no alcanzan el 2% de uso, algo mínimo en comparación con el resto.

Los datos anteriormente expuestos pertenecen al año 2011, lo que indica que en años anteriores el uso de energías renovables no era superior, a eso se le suman los problemas ambientales derivados del uso excesivo de este tipo de energías no renovables, haciendo que surja la necesidad de desarrollar otro tipo de tecnologías que sean más eficientes energéticamente y con respecto a su impacto sobre el medio ambiente.

Debido a los elevados niveles de emisiones de GEI (Gases Efecto Invernadero) que hay actualmente en la atmósfera por la quema de combustibles fósiles, de los cuales como se puede comprobar contribuyen también las instalaciones de climatización entre otras muchas, nació el Protocolo de Kioto. Dicho protocolo compromete a los países industrializados a reducir las emisiones de GEI en un periodo de tiempo determinado.

Para obtener esa reducción de las emisiones de GEI en el campo de la climatización se han estado desarrollando durante las últimas décadas tecnologías que permitan calefactar o refrigerar un espacio a partir de energías renovables o no renovables con un rendimiento muy elevado.

Hoy en día a partir de energías renovables como la solar, geotermia o biomasa se pueden satisfacer las necesidades de climatización, de igual manera a través de la cogeneración se puede obtener unos rendimientos muy altos.

### 3. SISTEMAS RADIANTES

Los sistemas radiantes son sistemas para climatizar basándose principalmente en la transmisión de calor por radiación, de manera que no calientan el aire como los sistemas convencionales sino que calientan los cuerpos, paredes, suelos y demás elementos. También trabajan mínimamente por convección (web23). Aunque este método evite que las masas de aire caliente fluyan hacia arriba se debe tener en cuenta que la intensidad de la radiación emitida por una superficie es menor cuanto más alejada está de la misma (Escuain, 2005). Por lo tanto también habrá una variación de temperaturas, aunque sea menor, entre la superficie emisora y las distintas partes de la estancia.

<b>SISTEMA RADIANTE</b>
<b>Características</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se basan en la transmisión de calor por radiación, las ondas infrarrojas se convierten en calor cuando chocan con un cuerpo sólido.</li> <li>○ Puede producir tanto calefacción como refrigeración con el mismo sistema.</li> <li>○ Temperaturas de trabajo para calefacción oscilan entre 35-45 °C.</li> <li>○ Temperatura de trabajo para refrigeración alrededor de 16-18 °C.</li> <li>○ Ahorro de energía y menor consumo de combustible que otros sistemas.</li> <li>○ Disponen de una elevada superficie y emisión más homogénea del calor.</li> <li>○ Requiere de cierto tiempo para calentar o enfriar un espacio.</li> <li>○ Gran inercia térmica.</li> <li>○ No ocupa demasiado espacio, dejando las estancias libres.</li> <li>○ Saludable, evitando polvo y ennegrecimiento de las paredes.</li> </ul>

Tabla 3.1. Características del suelo radiante. Fuente: elaboración propia a partir de, Perales 2008; web3; web16c; web21.

### 3.1. TIPOS DE SISTEMAS RADIANTES

#### 3.1.1. Suelo radiante

Se trata de un sistema formado por una red de tubos colocado de manera uniforme bajo el pavimento. El montaje de un suelo radiante habitualmente se ejecuta de la siguiente manera (web16c):

- Colocación de capa de aislante para que no se pierda el calor.
- Colocación de los tubos del circuito por donde circula el agua.
- Se cubre el circuito con una capa de mortero.
- Colocación de pavimento.

SUELO RADIANTE	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayor rendimiento en calefacción, perfil de temperatura más adecuado para el cuerpo humano y aprovechamiento del pequeño porcentaje de convección.</li> <li>○ Proximidad a la fuente emisora.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menor rendimiento en refrigeración.</li> <li>○ Solo compensa económicamente cuando se trata de obra nueva o una reforma total, ya que conlleva el levantamiento del suelo.</li> <li>○ Limita el tipo de pavimento, ya que parquet o moqueta funcionan como aislante, es recomendable tipo cerámico o similar por su mayor conductividad.</li> </ul>

Tabla 3.2. Ventajas y desventajas del suelo radiante. Fuente: elaboración propia a partir de web23; Escuin, 2005.

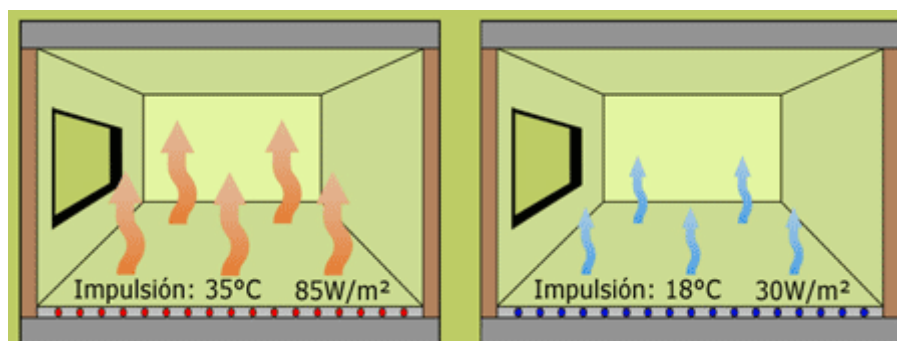


Figura 3.1. Calefacción y refrigeración por suelo radiante. Fuente: web9.

COMPARATIVA	
Suelo radiante	Radiadores
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trabaja por radiación.</li> <li>○ Temperatura 35-45 °C.</li> <li>○ Menor consumo energético.</li> <li>○ Elevada superficie y distribución uniforme de la energía.</li> <li>○ Requiere de cierto tiempo para calentar es espacio.</li> <li>○ Gran inercia térmica.</li> <li>○ Permite espacio libre.</li> <li>○ Limita el tipo de pavimento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Trabaja por convección.</li> <li>○ Temperatura de trabajo 70-80 °C.</li> <li>○ Mayor consumo energético.</li> <li>○ Poca superficie y distribución irregular de la energía.</li> <li>○ Calientan el recinto en poco tiempo.</li> <li>○ Poca inercia térmica.</li> <li>○ Ocupa espacio en las paredes.</li> </ul>

Tabla 3.3. Comparativa de las características de suelo radiante y radiadores. Fuente: elaboración propia a partir de web21; web3; web23.

### 3.1.2. Techo radiante

Se trata de una serie de tuberías por las que circula el agua que están colocadas sobre el falso techo. Estos sistemas están cubiertos por encima con aislante térmico y por debajo sobre las placas de yeso laminado que forman el falso techo.

TECHO RADIANTE CON RESPECTO A SUELO RADIANTE	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Mayor conductividad.</li> <li>○ Más fácil de instalar y de reparación de posibles averías.</li> <li>○ No es un problema para la elección del pavimento.</li> <li>○ No requiere de albañilería.</li> <li>○ Mayor rendimiento en refrigeración.</li> <li>○ Puede instalarse en cualquier momento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menor rendimiento en calefacción.</li> <li>○ Más alejado de la fuente emisora.</li> <li>○ Posible disconfort al calentar desde arriba, sobre la cabeza.</li> </ul>

Tabla 3.4. Ventajas y desventajas del techo radiante respecto suelo radiante. Fuente: elaboración propia a partir de web16d, web22a.

### 3.1.3. Muro radiante

Consiste en una serie de tubos que están colocados en el interior de las paredes. Estos sistemas funcionan mejor cuando están aplicados sobre particiones interiores y no en cerramientos. Es recomendable que los tubos sean de cobre por su conductividad térmica y bajo nivel de pérdidas de energía (web10b).

Diversos estudios demuestran que generalmente para climatizar un espacio la superficie de instalación es entorno a un 30% de la superficie del recinto.

MURO RADIANTE	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Rendimiento similar en calefacción y refrigeración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las paredes donde esté colocada la instalación deben estar libres de cualquier elemento.</li> <li>○ Energía no distribuida de manera tan uniforme como en techo o suelo. Aun dejando desnudas las paredes donde esté colocado el sistema de radiación pueden existir otros elementos o personas que interfieran en la transmisión de energía.</li> </ul>

Tabla 3.5. Ventajas y desventajas del muro radiante. Fuente: elaboración propia a partir de web10b y web9.

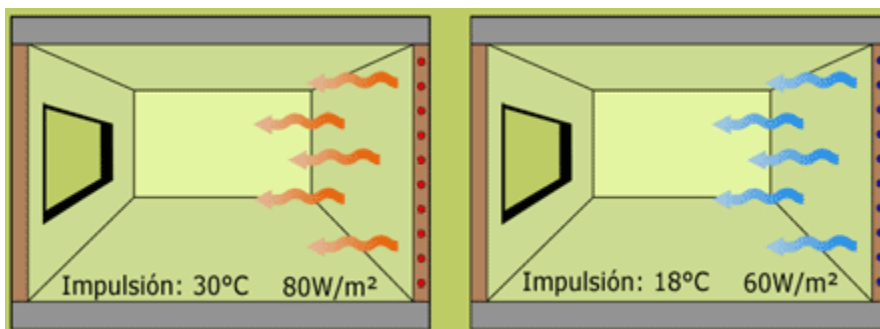


Figura 3.2. Calefacción y refrigeración por muro radiante. Fuente: web9.



### 3.1.4. Zócalo radiante

Se trata de circuitos de tuberías pegados a la parte baja de la pared y cubiertos por una pieza habitualmente de un material metálico. Funcionan principalmente mediante la transmisión por radiación, calentando las paredes contiguas y parte del suelo, y en menor medida por convección en la parte más próxima al zócalo. Estos elementos sustituyen al propio zócalo convencional.

<b>Zócalo radiante</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Integración arquitectónica.</li> <li>○ Puede instalarse en obra nueva o pequeña y gran reforma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ La colocación de objetos delante del zócalo puede disminuir el rendimiento del mismo.</li> </ul>

Tabla 3.6. Ventajas y desventajas del zócalo radiante. Fuente: elaboración propia.

## 4. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN A PARTIR DE CALOR

### 4.1. SISTEMAS DE ABSORCIÓN

El proceso físico consiste como mínimo en dos componentes químicos, de los cuales uno actuará como refrigerante y el otro como absorbente o adsorbente (Sedigas, 2013).

Las máquinas de absorción son como bombas de calor, ya que permiten traspasar energía de una fuente a baja temperatura a otra a alta temperatura con un consumo de energía adicional, en este caso es térmica (web24). Según las etapas del proceso las máquinas serán de simple efecto o doble efecto.

#### 4.1.1. Máquina de absorción de simple efecto

La mayoría de las máquinas de absorción utilizan agua como refrigerante y bromuro de litio como absorbente. Existen otras combinaciones como agua con cloruro de litio y amoníaco con agua (IDAE, 2012a).

Comparadas con las máquinas convencionales de refrigeración por compresión, la unidad de compresión mecánica es sustituida por una unidad de compresión térmica con un absorbedor y un generador. Con la evaporación del refrigerante (agua o amoníaco) en el evaporador a baja presión se consigue el efecto enfriador (IDAE, 2012a).

Funcionamiento máquina de absorción de simple efecto (IDAE, 2012a):

1. El refrigerante se evapora en el evaporador a baja temperatura y presión, extrayendo así el calor del fluido que se quiere enfriar.
2. El vapor de refrigerante llega a al absorbedor donde es absorbido por la solución concentrada.
3. Se bombea la solución producida por el absorbedor hasta el generador por se calienta por encima de su punto de ebullición mediante energía solar.
4. A una elevada presión y temperatura el refrigerante se separa de la solución y vuelve al absorbedor. Y el vapor de refrigerante a alta presión circula hasta el condensador. En este proceso se debe disipar el calor del vapor para obtener la fase líquida.

5. Mediante una válvula de expansión se reduce la presión del líquido refrigerante y este fluye hacia el evaporador.

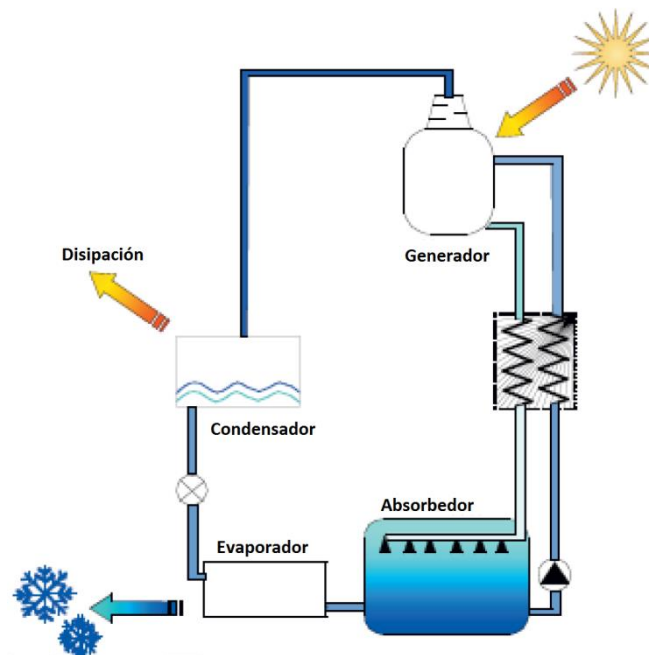


Figura 4.1. Proceso máquina de simple efecto. Fuente: Lavandeira, 2011.

#### 4.1.2. Máquina de absorción de doble efecto

Normalmente están compuestas por dos generadores y dos condensadores que trabajan para una única combinación de absorbedor-evaporador. El proceso de funcionamiento es similar a los anteriormente explicados, consta de los siguientes pasos (IDAE, 2012a):

1. La solución pobre sale del absorbedor y llega a los dos generadores que se encuentran conectados en serie, esta solución se regenera en dos fases por ambos generadores.
2. El calor absorbido por los captadores se aplica sobre el generador de alta temperatura y mientras el generador de baja temperatura recibe el calor expulsado por el condensador de alta temperatura.
3. Los condensados procedentes de ambos condensadores se expanden en el evaporador.

Estos sistemas no es conveniente utilizarlos con captadores solares comunes ya que emplean temperaturas de trabajo elevadas, más adecuado sería emplear con algún tipo de captador parabólico.

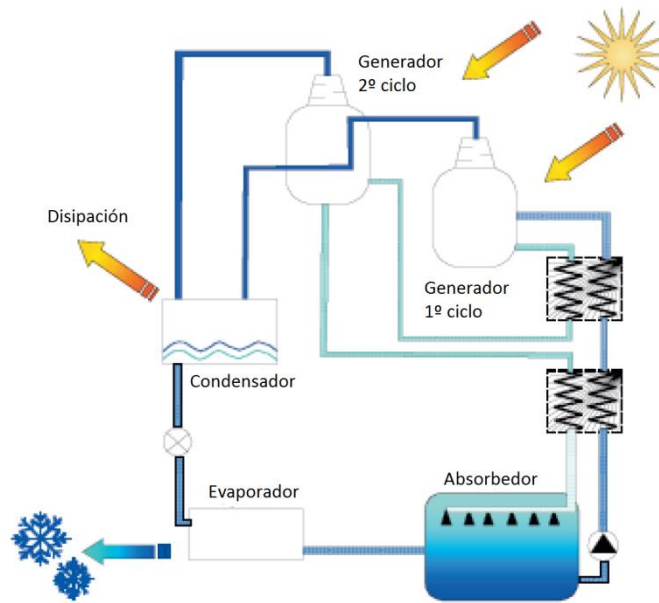


Figura 4.2. Proceso máquina de doble efecto. Fuente: Lavandeira, 2011.

Un inconveniente importante de los sistemas de absorción frente a los convencionales de aire acondicionado es su rendimiento. En el caso de máquinas de absorción se obtienen 0,8 unidades de frío por cada unidad de calor entrante y en los equipos de refrigeración convencional se pueden obtener hasta 2 unidades de frío por cada unidad de electricidad entrante.

<b>Sistemas de absorción frente sistemas convencionales de refrigeración</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> ya que no se utilizan compresores mecánicos.</li> <li>○ Menor demanda de electricidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Menor rendimiento.</li> <li>○ Mayor coste.</li> <li>○ Mantenimiento más complejo.</li> </ul>

Tabla 4.1. Ventajas y desventajas de los sistemas de absorción frente sistemas convencionales de refrigeración. Fuente: elaboración propia a partir de web22b; Dynamo, 2010.

Estos sistemas pueden ser adecuados cuando obtenemos la energía térmica de una fuente que es rentable, como podría ser el caso de energía solar.

## 4.2. SISTEMAS DE ADSORCIÓN

Se entiende por adsorción el proceso físico consistente en la selección preferencial de los elementos de una solución en fase líquida o gaseosa que quedan atraídos por un sustrato sólido adsorbente, que normalmente tiene un grado de porosidad alto (IDAE, 2012a). Por lo tanto en lugar de utilizar un absorbente líquido emplean un adsorbente sólido.

Este tipo de sistemas cuentan con dos fases en la etapa de refrigeración, una de refrigeración-adsorción y otra de regeneración-desorción. En el generador se evapora el refrigerante y es adsorbido por una sustancia de alta porosidad. En el proceso de regeneración el adsorbedor se calienta hasta que el refrigerante se separe volviendo al evaporador, que actúa como condensador (IDAE, 2012a).

Los sistemas normalmente utilizan agua como refrigerante y gel de sílice como adsorbente. Se está estudiando el uso de zeolitas como material de adsorción, son mineras con gran capacidad para hidratarse y deshidratarse reversiblemente (IDAE, 2012a).

<b>Sistemas de adsorción frente sistemas de absorción</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Las temperaturas de trabajo del generador son más bajas en adsorción que en la máquina de simple efecto de absorción.</li> <li>○ No hay riesgo de cristalización por lo que no hay límite inferior de temperatura del agua de refrigeración.</li> <li>○ Normalmente no se necesita bombeo en estos sistemas, lo que hace que sea mínimamente ruidoso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Volumen y peso alto en comparación con los sistemas de absorción.</li> <li>○ Alto precio.</li> </ul>

Tabla 4.2. Ventajas y desventajas de los sistemas de adsorción frente sistemas de absorción Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2012a.

### 4.3. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN DESECANTES Y ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO

Estos sistemas absorben aire y lo deshumidifican con un desecante sólido o líquido, lo enfrían quitándole el calor sensible y posteriormente se pone en contacto con agua para re-humidificarlo. De esta manera se puede alcanzar el grado de humedad y temperatura adecuadas para climatizar (IDAE, 2012a).

El funcionamiento de las máquinas desecantes consta de los siguientes pasos (IDAE, 2012a):

1. Se extrae la humedad del aire en la rueda deshumidificadora mediante un material desecante. El aire se calienta por acción del calor de la adsorción.
2. Pasa por la rueda recuperadora de calor donde se produce un pre-enfriamiento del aire que entra, con el flujo del aire que sale del edificio.
3. Se produce la refrigeración evaporativa del aire hasta la humedad y temperatura necesarias a través del humidificador.

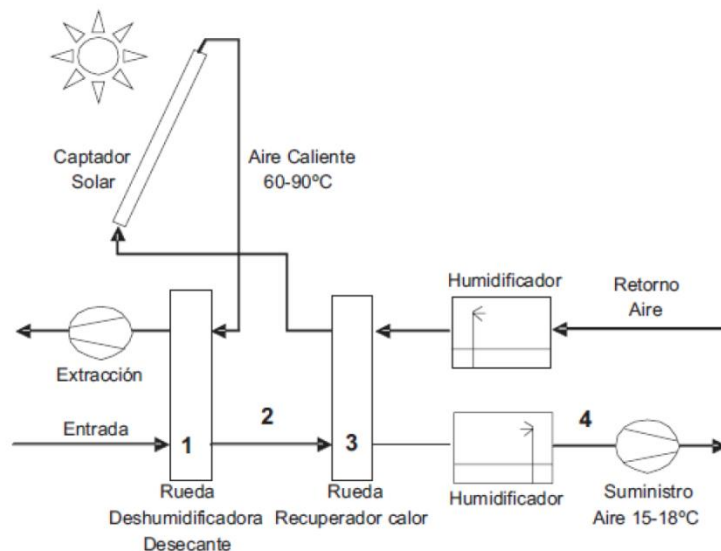


Figura 4.3. Esquema de sistema de enfriamiento evaporativo con deshumidificación. Fuente: Lavandeira, 2011.

## 5. ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

### 5.1. DESCRIPCIÓN

#### 5.1.1. RADIACIÓN SOLAR

El sol es una estrella que se encuentra a unos 5500 °C, en la cual se desarrollan unas reacciones que producen una pérdida de masa que se transforma en energía. Esta energía es la que se transmite y se conoce como radiación solar (Méndez y Cuervo, 2008).

De la energía solar que es captada por la atmosfera terrestre, tan solo alrededor de un tercio es la que llega a la Tierra, pero de cualquier manera sigue siendo muy superior al consumo energético mundial (Méndez y Cuervo,2008).

#### 5.1.2. TIPOS DE RADIACIÓN SOLAR

Existen tres tipos de radiación según como inciden los rayos sobre la tierra (Méndez y Cuervo, 2008):

- Directa: es la que se recibe desde el sol sin producirse ningún tipo de desviación en su dirección a través de su paso por la atmosfera. Esta es la más importante para ser utilizada en aplicaciones de energía solar.
- Difusa: su dirección está sometida a cambios normalmente por la reflexión y difusión en la atmosfera.
- Reflejada: es la radiación directa y difusa que recibe por reflexión en superficies próximas, como puede ser el suelo.

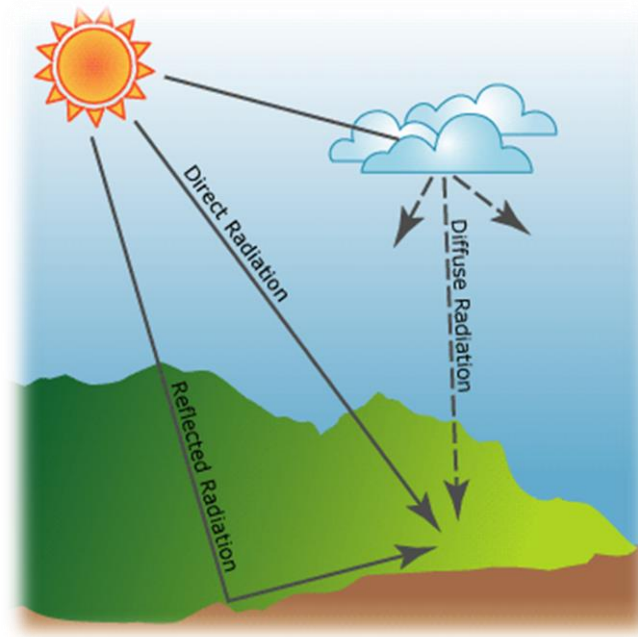


Figura 5.1. Esquema tipos de radiación. Fuente: web30.

La cantidad de radiación de cualquier tipo que se puede captar depende de varios factores (Méndez y Cuervo, 2008):

- Condiciones meteorológicas: en días soleados la radiación será directa y el aprovechamiento mayor, en cambio en días nublados la radiación será difusa.
- Inclinación de la superficie respecto al plano horizontal: las superficies horizontales reciben más radiación difusa y menos reflejada.
- Presencia de superficies reflectantes: las superficies claras son más reflectantes que las oscuras, que son más absorbentes.

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina.

La radiación solar se puede aprovechar de distintas maneras para la climatización de un recinto (Méndez y Cuervo, 2008):

- Empleo directo de la radiación solar: se puede definir como energía solar térmica pasiva. Es la que se aprovecha mediante la colocación de acristalamientos y elementos con gran masa y alta capacidad de absorción de energía térmica.



- Transformación de la radiación solar en calor: se trata de calentar los fluidos que circulan por el interior de los elementos de captación solar, este sistema se define como energía solar térmica.

### 5.1.2. DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS

Un sistema solar térmico está compuesto por elementos diferentes que son capaces de captar la energía solar y convertirla en calor para su posterior utilización.

Los elementos que forman un sistema solar térmico son (Méndez y Cuervo, 2008):

- Sistema de captación: tiene la misión de captar y transformar la radiación solar en energía térmica del fluido.
- Intercambiador de calor: es el encargado de transferir el calor del fluido de trabajo que circula por un circuito al agua que hay en el circuito secundario.
- Sistema de acumulación: es el elemento que almacena la energía térmica producida en forma de agua para poder emplearla cuando la demanda sea superior a la capacidad de producción.
- Sistema de control: su cometido es asegurar el buen funcionamiento de la instalación y la optimización del mismo.
- Sistema hidráulico: encargado de que los fluidos puedan circular a través de los diferentes circuitos de la instalación.
- Sistema de energía convencional: normalmente el sistema solar térmico servirá para reducir el uso de la energía convencional, pero no será un sustituto total de este, por lo tanto es habitual que exista un sistema de energía convencional.

### 5.1.3. FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CAPTADORES SOLARES

#### 5.1.3.1. Conversión fototérmica

Una de las características más importantes de la radiación solar es la longitud de onda. Esta radiación está compuesta por diferentes longitudes de onda de la cual la mayoría se corresponden con el espectro visible, por lo tanto puede verse.

La radiación puede clasificarse en (Méndez y Cuervo, 2008):

- Visible: es la que el ojo humano es capaz de captar, como rayos del sol.
- Parte visible y parte no visible: pueden ser las brasas de un fuego, se puede ver la parte de radiación roja y la otra parte que no se ve pero sí se siente en forma de calor.
- No visible: fuentes que emiten calor pero no radiación visible, por ejemplo un radiador de calefacción.

Cuando la radiación solar incide sobre un cuerpo pueden ocurrir varios fenómenos:

- Absorción: cuando el cuerpo absorbe parte o toda la radiación que llega sobre él, la radiación absorbida se convierte en calor.
- Reflexión: cuando la radiación llega al cuerpo y es reflejada en parte o en su totalidad.
- Transmisión: resulta cuando la radiación atraviesa el cuerpo.

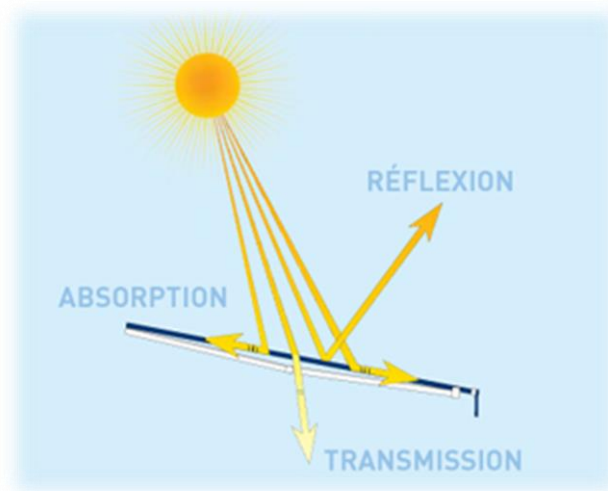


Figura 5.2. Esquema de fenómenos cuando la radiación solar incide sobre un cuerpo. Fuente: web31.

### 5.1.3.2. Proceso de conversión

Para lograr la transformación de la energía solar en térmica, esta se realiza mediante una placa de material absorbente expuesta a la radiación solar y colocado sobre un material aislante.

Es importante la elección de un material adecuado para la placa ya que cuanto mayor sea su capacidad de absorción más energía podrá captar. Esta placa conforme capte radiación solar aumentara su temperatura hasta llegar a la conocida como “temperatura de equilibrio”, que suele ser alrededor de 150 °C en los materiales empleados en placas solares (Méndez y Cuervo, 2008).

La transmisión de calor de la placa al fluido se realiza por intercambio de calor, por lo tanto no se conseguirán temperaturas más elevadas que las de equilibrio. Se debe intentar que la placa trabaje a una temperatura baja para evitar pérdidas y conseguir un mayor rendimiento, siendo estas no superiores a los 70 °C. Para evitar pérdidas de calor se coloca un material aislante en la parte inferior. También puede colocarse un vidrio en la parte superior formando una cámara de aire consiguiendo así que se produzca un efecto invernadero (Méndez y Cuervo, 2008).

### 5.1.3.3. Efecto invernadero

Debido a que un cuerpo puede ser transparente a unas longitudes de onda y a otras no, como es el caso del vidrio, se da el fenómeno conocido como “efecto invernadero”. El efecto invernadero en los captadores solares consiste en que la radiación solar atraviesa el vidrio e incide sobre la placa absorbente, posteriormente la placa emite radiación pero con una longitud de onda superior (4,5 - 4,7  $\mu\text{m}$ ) a la del vidrio que es transparente (0,3 – 3  $\mu\text{m}$ ), por lo que se comporta como un material opaco y refleja esa radiación manteniéndola en el interior del captador (Méndez y Cuervo, 2008).

Los materiales más adecuados para utilizar como cubierta transparente del captador son el vidrio y el plástico. Estos materiales deben tener una buena resistencia mecánica para que no se deterioren debido a los fenómenos meteorológicos, como la lluvia o el granizo, y además tener un coeficiente de dilatación pequeño. Estas cubiertas se colocarán de manera adecuada para asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, reducir las pérdidas térmicas por convección y provocar el efecto invernadero (Méndez y Cuervo, 2008).

#### 5.1.4. TIPOS DE CAPTADORES

##### 5.1.4.1. Captador de placa plana

Son los captadores más utilizados en instalaciones para la producción de ACS. El fluido que circula por el interior es habitualmente agua (IDAE, 2012a).

Este tipo de captadores están formados por los siguientes elementos (Méndez y Cuervo, 2008):

- Absorbedor: recibe la radiación solar, la convierte en calor y la transmite al fluido portador. Son placas metálicas normalmente realizadas en cobre o aluminio, excepto en los casos que los captadores son sin efecto invernadero, como las de plástico.
- Aislamiento: es el elemento encargado de proteger de las pérdidas térmicas del absorbedor en su parte posterior, así como las posibles condensaciones en el captador.
- Cubierta transparente: a través de este elemento pasa la radiación solar y se encarga de asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, reducir pérdidas térmicas por convección y provocar el efecto invernadero en el interior del captador. Debe estar realizado con un material que tenga un coeficiente de dilatación bajo y una resistencia mecánica buena, normalmente plástico o vidrio.
- Carcasa: su cometido es adaptarse al edificio o soporte que sostenga la instalación y soportar así como proteger todos los elementos del captador. Debe estar realizado en un material resistente a la corrosión y a los cambios de temperatura.
- Tuberías: son los tubos que pasan por el interior de los captadores y pueden estar formados por un serpentín o por una parrilla de tubos y dos colectores que constituyen los conductores de distribución. Suelen ser de cobre.

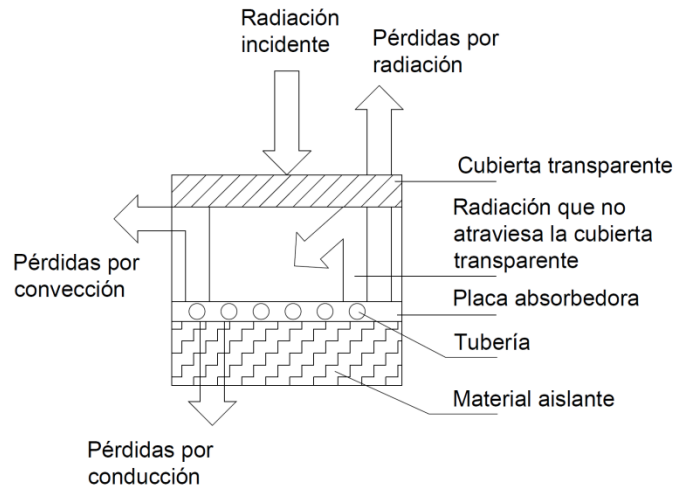


Figura 5.3. Sección captador de placa plana. Fuente: elaboración propia a partir de Méndez y Cuervo, 2008.

#### 5.1.4.2. Captador sin cubierta

Son el modelo más sencillo de captador y el incremento de temperatura no es elevada, normalmente no superando los 30 °C. Están recomendados principalmente para la climatización de piscinas (IDAE, 2012a).

#### 5.1.4.3. Captador de aire

Este tipo de captadores tienen un funcionamiento similar a los captadores de placa plana, pero no se emplea agua como fluido caloportador, sino aire, y se utilizan ventiladores para forzar la circulación por el circuito (IDAE, 2012a).

Con respecto a los captadores planos	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No presentan problemas de congelación.</li> <li>○ Sistema más simple que el hidráulico.</li> <li>○ No hay riesgo de fugas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No existe sistema de acumulación estándar en el mercado.</li> <li>○ El consumo eléctrico de los ventiladores es mayor que el que el de las bombas en un sistema solar convencional equivalente.</li> <li>○ El rendimiento es menor.</li> </ul>

Tabla 5.1. Ventajas y desventajas de captadores al aire respecto captador plano. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2012a.

#### **5.1.4.4. Captador de tubo de vacío**

Este tipo de captadores están formados por hileras de tubos de cristal conectados en paralelo a una tubería de cabecera y en cada tubo se ha realizado el vacío. Se emplean con el objetivo de reducir las pérdidas y aumentar el rendimiento (IDAE, 2012a). Son idóneos para emplearse en zonas frías con diferencias de temperatura elevadas entre el colector y el ambiente. Debido al bajo coeficiente de pérdidas aprovechan la radiación difusa y mantienen un rendimiento aceptable incluso cuando el sol está bajo o parcialmente nublado (Méndez y Cuervo, 2008).

Además de la reducción de pérdidas, este tipo de captadores soportan mejor las condiciones climáticas, como la condensación o humedad, pudiendo así alargar su vida útil y el rendimiento del sistema. Se puede afirmar que son más eficientes que los captadores planos (Méndez y Cuervo, 2008).

#### **5.1.4.5. Captador de vacío**

Son captadores similares a los de tubo de vacío, pero en este caso el vacío se producen el espacio que queda entre el absorbedor y la cubierta. Existen diferentes tipos según las presiones y reducción de las pérdidas que se consiguen con el vacío que se realiza en su interior (IDAE, 2012a).

#### **5.1.4.6. Captador parabólico compuesto**

Basándose en que las pérdidas de calor son proporcionales al área del absorbedor y no a la de captación, lo que pretenden estos sistemas es reducir esas pérdidas disminuyendo el área del absorbedor con respecto a la de captación. La concentración de la radiación solar se realiza mediante el uso de reflectores, con una o varias reflexiones y posteriormente forzando la radiación incidente dentro de un ángulo en dirección del absorbedor, este ángulo se conoce como ángulo de aceptación (IDAE, 2012a). El ángulo de aceptación es grande en estos captadores y permite aprovechar la radiación directa y difusa (Méndez y Cuervo, 2008).

### **5.1.5. FLUIDOS CALOPORTADORES**

Son fluidos que circulan por el circuito primario y están formados por una mezcla de agua y anticongelante. Se podrá emplear solamente agua cuando se utilicen otras medidas para evitar la posible congelación.

## 5.2. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Energía solar	
Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Recurso totalmente renovable.</li> <li>○ Escaso impacto ambiental.</li> <li>○ No produce residuos perjudiciales para el medio ambiente.</li> <li>○ Distribuida por todo el mundo.</li> <li>○ Costes de operación y mantenimiento bajos.</li> <li>○ No hay dependencia de las compañías suministradoras.</li> <li>○ Captadores solares son silenciosos.</li> <li>○ Fácil instalación.</li> <li>○ Larga vida útil (20-30 años según el tipo).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Se precisan sistema de acumulación que contienen agentes químicos peligrosos. Los depósitos de agua caliente deben protegerse contra la legionela.</li> <li>○ Puede afectar a los ecosistemas por la extensión ocupada por los paneles en caso de grandes instalaciones.</li> <li>○ Impacto visual negativo si no se cuida la integración de los módulos solares en el entorno.</li> <li>○ Inversión económica inicial elevada.</li> <li>○ Dependencia del clima.</li> </ul>

Tabla 5.2. Ventajas e inconvenientes de la energía solar. Fuente: elaboración propia a partir de Méndez y Cuervo, 2008; IDAE, 2012a; web32.



### 5.3. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA:

Las posibles aplicaciones a partir de la energía solar térmica son:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Climatización de piscinas.

#### 5.3.1. CALEFACCIÓN

Aunque no resulta obligatorio por normativa ni está regulado por el CTE (Código Técnico de la Edificación), pueden aplicarse estos sistemas en calefacción, pero resulta menos provechosa que en ACS (Agua Caliente Sanitaria). La demanda de este tipo de energía para calefacción es variable durante el año y en periodos como verano se tendría una producción de energía que no se podría utilizar. También se debe tener en cuenta que los sistemas de calefacción por radiadores requieren de una temperatura más elevada (70-80 °C), lo que hace que disminuya el rendimiento de los sistemas solares térmicos.

El funcionamiento consiste en el aprovechamiento de la energía solar mediante captadores para utilizarse de apoyo en calefacción, ya que no es habitual que los sistemas estén optimizados para cubrir el 100% de las necesidades energéticas a lo largo del año por diversos motivos (web3):

- Peligro de sobrecalentamiento en verano.
- No es eficiente optimizar una instalación para un periodo tan corto del año y desperdiciar la energía el resto del tiempo.

Por estas razones se emplean junto con un elemento de generación auxiliar, normalmente una caldera o bomba de calor encargada de elevar la temperatura hasta la necesaria. Además debido a las altas temperaturas que se requieren es conveniente utilizar captadores de tubo de vacío en este tipo de instalaciones (web3).

Estos sistemas se componen de un conjunto de captación, de intercambio y acumulación, y del equipo convencional que proporciona la energía necesaria, todo ello con sus correspondientes elementos de control y regulación. (Sedigas 2013)

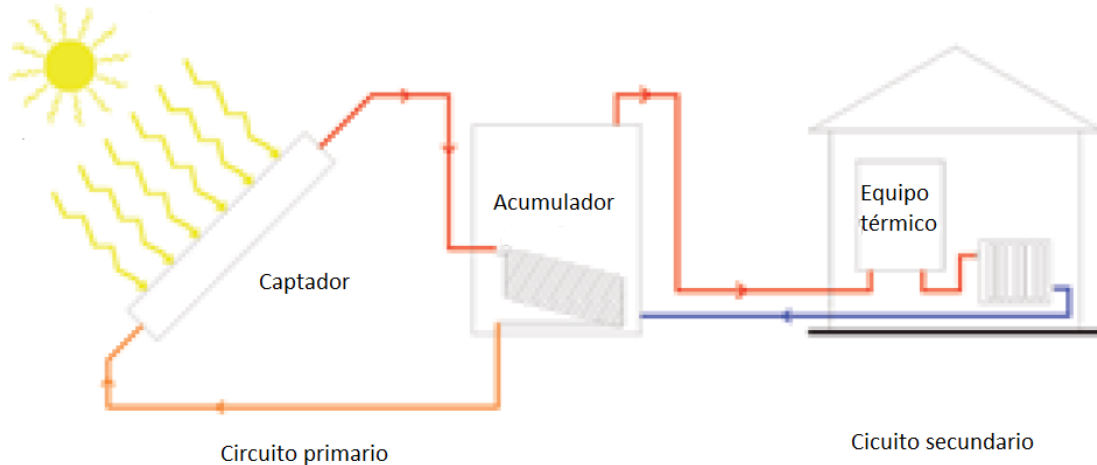


Figura 5.4. Esquema básico de una instalación solar térmica para calefacción. Fuente: Sedigas 2013.

La calefacción mediante energía térmica se puede adoptar a los principales sistemas de calefacción (Perales, 2008):

- Rejillas de difusión.
- Radiadores.
- Suelo radiante.

La instalación idónea para trabajar con energía solar es principalmente el sistema de suelo radiante, debido a que sus temperaturas de trabajo son bastante inferiores a los sistemas convencionales como son los radiadores (Perales 2008; web3).

Se implementará según sea el caso (web2):

- Instalación existente de radiadores: trabajan a temperaturas entre 70-80 °C, muy aconsejable el uso de colectores de tubo de vacío por su mayor rendimiento, lo que encarecería el coste de la instalación.
- Nueva instalación: la más recomendable y beneficiosa para trabajar con energía solar es el sistema de calefacción de suelo radiante u otro sistema similar.

### 5.3.2. REFRIGERACIÓN

La energía solar aplicada para la refrigeración es muy ventajosa en el sentido de que coincide el periodo de mayor demanda de este tipo de uso con el periodo de mayor radiación solar, normalmente en la estación de verano.

La demanda de refrigeración es igual o más importante según zonas que la demanda de calefacción. Esta demanda está vinculada a la radiación solar, ya que cuanto mayor radiación solar, normalmente mayor demanda de refrigeración se necesita para satisfacer las necesidades del usuario.

Los sistemas de climatización solar ofrecen diversas ventajas con respecto a los sistemas convencionales:

Refrigeración Solar	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ El periodo de mayor demanda coincide con el de mayor radiación.</li> <li>○ Empleo de refrigerantes sin daños al medio ambiente.</li> <li>○ Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> ya que no se utilizan compresores mecánicos.</li> <li>○ Baja demanda de electricidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Elevada inversión inicial.</li> <li>○ Mantenimiento complejo.</li> </ul>

Tabla 5.3. Ventajas e inconvenientes de los sistemas de refrigeración solar. Fuente: elaboración propia a partir de Sedigas 2013 y Dynamo, 2010.

La mayoría de estos sistemas de “enfriamiento térmico” que emplean la energía solar se basan en sistemas de absorción y adsorción.

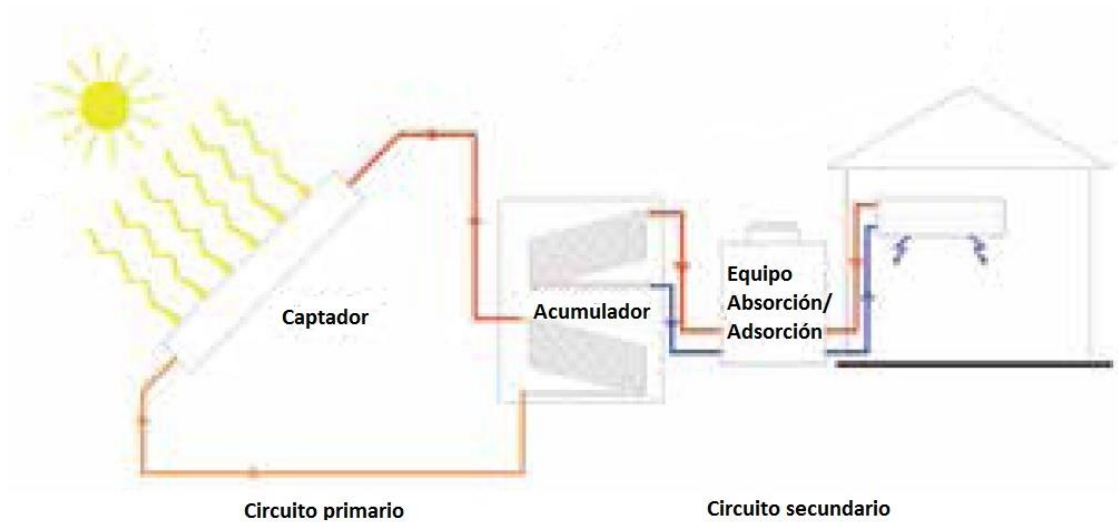


Figura 5.5. Esquema básico de una instalación solar térmica para refrigeración. Fuente: Sedigas 2013.

También pueden emplearse tecnologías mediante procesos de desecación con enfriamiento evaporativo.

### 5.3.3. CLIMATIZACIÓN DE PISCINAS

Se debe diferenciar entre piscinas cubiertas y descubiertas (Méndez y Cuervo, 2008):

#### 5.3.3.1. Piscinas descubiertas

El empleo de captadores solares es muy adecuado ya que se consigue un buen rendimiento debido a que la demanda de energía coincide con el periodo de mayor radiación solar, periodos de primavera, verano y otoño, y además no requieren temperaturas elevadas de uso (25-30 °C). El tipo de captadores recomendables para este uso exclusivamente son los captadores sin cubierta, ya que tienen un rendimiento óptimo para esta aplicación dado que la temperatura requerida no superará los 30 °C. La inversión es inferior con respecto a otros captadores convencionales, estos captadores no requieren de intercambiadores ya que pueden hacer un calentamiento directo del agua de la piscina.

### **5.3.3.2. Piscinas cubiertas**

Al funcionar a lo largo de todo el año se deben emplear captadores planos o de tubos de vacío. El uso de mantas térmicas durante la noche es una práctica muy efectiva para reducir pérdidas.

Es de las aplicaciones donde el costo de la instalación es similar a los sistemas tradicionales (Fernández y Gallardo, 2004).

## 5.4. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA EN ESPAÑA

España es uno de los países más desarrollados en el uso de la energía solar térmica dentro del marco europeo, experimentando un gran crecimiento en el año 2008 y 2009 (IDAE, 2012a).

El mayor uso de la energía solar térmica se realiza en el sector de la construcción, en parte motivado por las exigencias en el Documento Básico HE, Ahorro de energía, del CTE (Código Técnico de la Edificación), que obliga a instalar sistemas solares térmicos para cubrir entre el 30% y el 70% de la demanda de agua caliente en edificios nuevos y rehabilitaciones. La mayor aplicación es la producción de Agua Caliente Sanitaria y el captador más utilizado es el plano con recubrimiento (IDAE, 2012a).

España tiene una gran cantidad de recurso solar, mediante los mapas de la Irradiancia Global se puede determinar las zonas donde mayor aprovechamiento de la energía solar se puede obtener.

En las siguientes imágenes se muestran los campos medios de Irradiancia Global para la península e Islas Baleares. La primera imagen muestra los valores medios totales en todo el periodo de 1983-2005, y posteriormente por estaciones.

Las unidades de medida están expresadas en  $kWh \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$ .

Por lo tanto si se requiere determinar la energía incidente durante un periodo de tiempo habría que multiplicar el valor indicado por el número de días de dicho periodo.

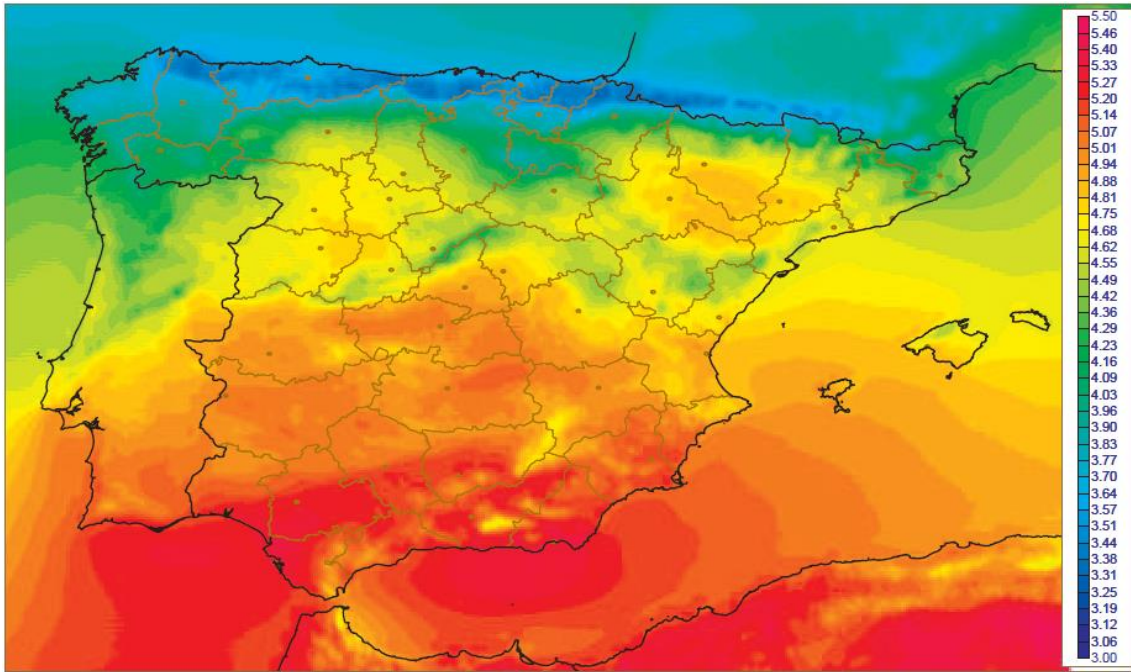


Figura 5.6. Irradiancia Global media (1983-2005) Fuente: Aemet (s.f.).

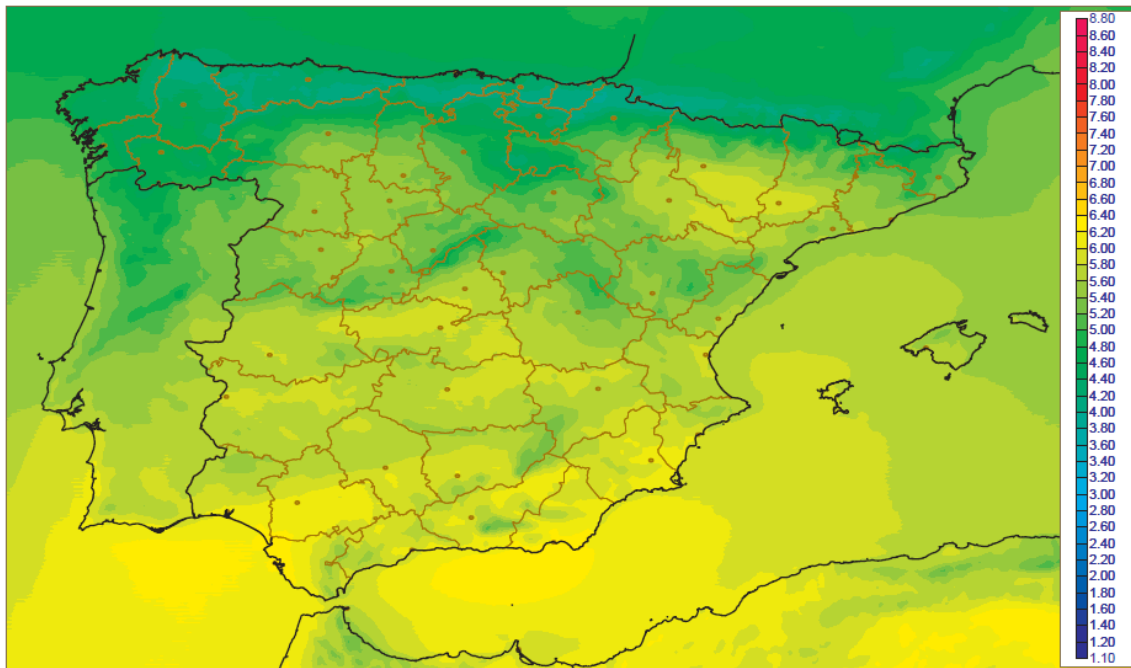


Figura 5.7. Irradiancia Global media en primavera (Marzo, Abril, Mayo). Fuente: Aemet (s.f.).

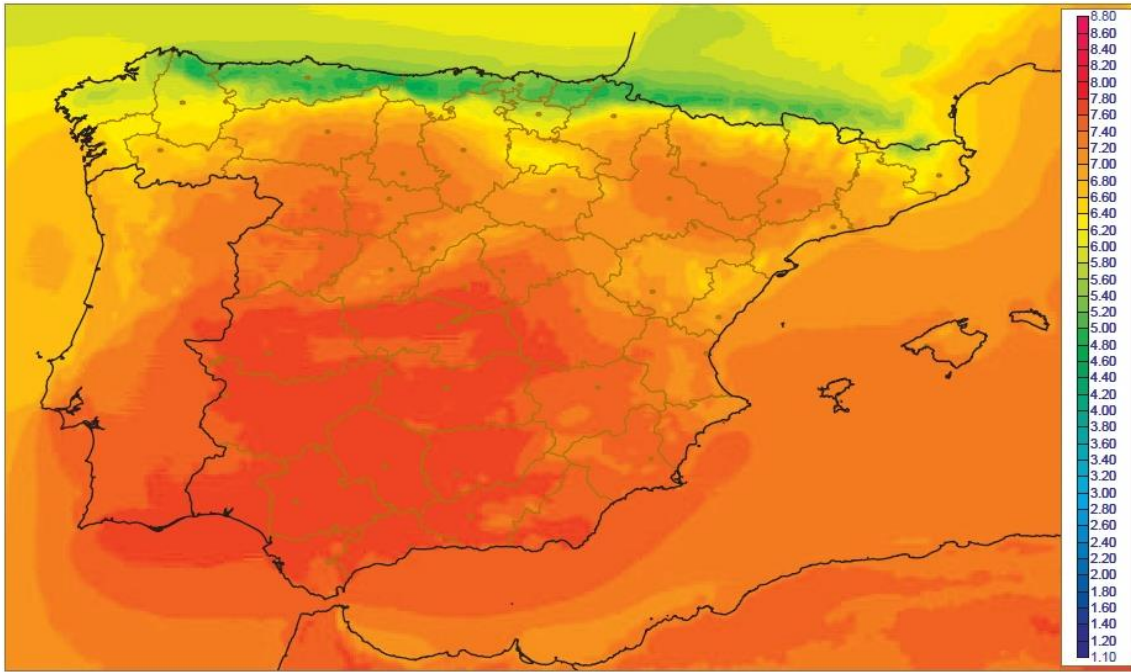


Figura 5.8. Irradiancia Global media en verano (Junio, Julio, Agosto). Fuente: Aemet (s.f.).

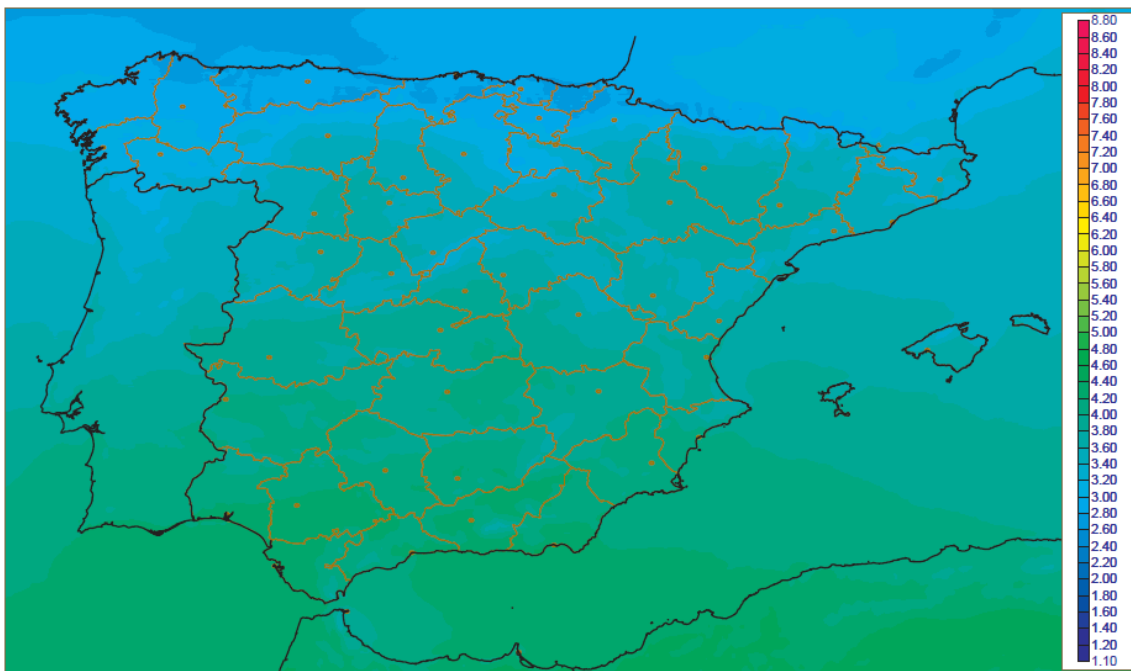


Figura 5.9. Irradiancia Global media en otoño (Septiembre, Octubre, Noviembre). Fuente: Aemet (s.f.).



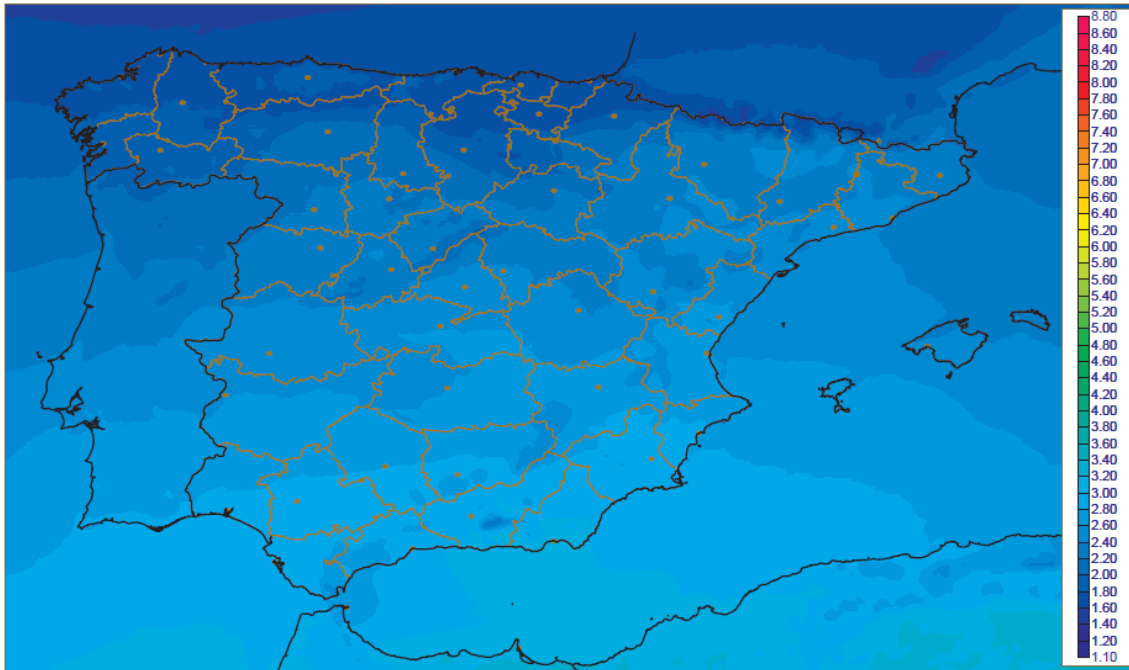


Figura 5.10. Irradiancia Global media en invierno (Diciembre, Enero, Febrero). Fuente: Aemet (s.f.).

A partir de los mapas de irradiancia podemos obtener algunas conclusiones sobre qué zonas pueden ser más adecuadas para aprovechar la energía solar.

- Los valores más altos de irradiancia se encuentran en Andalucía y Murcia, los intermedios en el centro peninsular y los valores mínimos en la zona norte de la península, País Vasco, La Rioja y Galicia.
- De manera general la meseta Sur recibe mayor radiación que la meseta norte.
- En la costa mediterránea puede apreciarse un contraste norte-sur más pronunciado en la Comunidad Valenciana y el norte de Cataluña.

## 5.5. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA A NIVEL EUROPEO

Tanto en España como en Europa se ha producido una recesión en el desarrollo de las instalaciones de sistemas de energía solar en los últimos años, posiblemente debido a la crisis económica que sufre especialmente el sector de la construcción. A continuación se expone una tabla donde aparecen los países con mayor capacidad instalada de energía solar térmica en la Unión Europea.

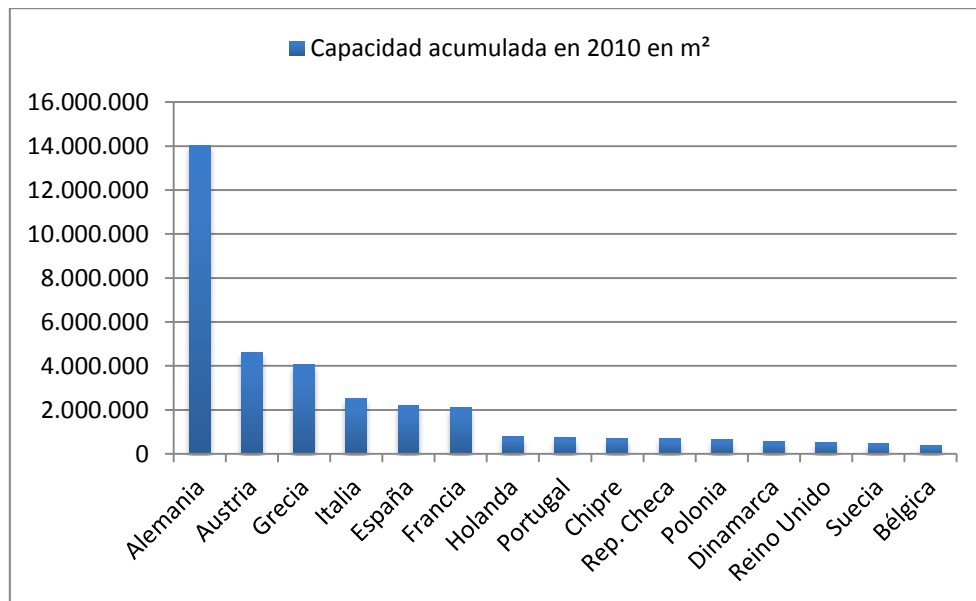


Figura 5.11. Capacidad acumulada de colectores solares térmicos instalados en los primeros 15 países en la UE en 2010. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Euro, 2011.

Como se observa, Alemania es con diferencia el país que más capacidad instalada en m<sup>2</sup> tiene, duplicando varias veces al resto de países. España se encuentra en quinto lugar, justo detrás de Italia y por delante de Francia. Como ya se ha comentado España posee un potencial enorme en cuanto a energía solar se refiere, claramente superior al de países como Alemania o Austria pero tiene menos cantidad de m<sup>2</sup> instalado. Posiblemente debido a que en España no se haya dado el mismo apoyo económico para su desarrollo y considerando además que el sector de la edificación, donde gran porcentaje de estas instalaciones se emplean, ha caído estrepitosamente en los últimos años.

En la siguiente imagen se muestra la irradiancia global media en Europa expresada en  $kWh \cdot m^{-2} \cdot dia^{-1}$

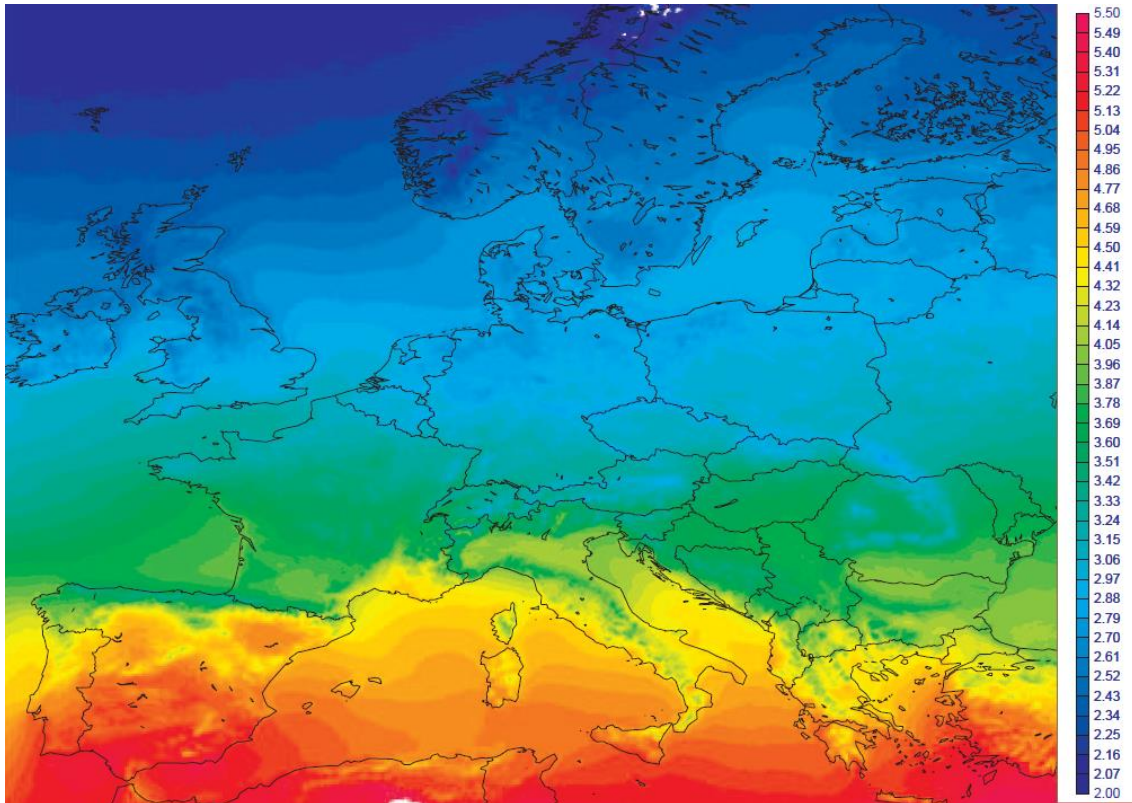


Figura 5.12. Irradiancia global media en Europa (1983-2005). Fuente: Aemet (s.f.).

Como se puede comprobar la radiación en los países del sur de Europa donde se encuentra España es superior al resto de la parte media y al norte del continente. Por lo tanto si países que no disponen de tanto recurso solar tienen mayor cantidad de m<sup>2</sup> instalados debe de ser porque a pesar de todo obtienen beneficio, por lo menos en cuanto a emisiones contaminantes se refiere. En España deberían desarrollarse en mayor medida este tipo de instalaciones y aprovechar el clima del que se dispone.

## 5.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

La inversión inicial de un sistema solar térmico es mayor que la de un sistema convencional, pero su coste de funcionamiento durante la vida útil de la instalación es mucho menor en comparación con la energía eléctrica, combustible, mantenimiento, reparaciones... que conllevan los sistemas convencionales (web1).

Los costes resultantes del mantenimiento de estas instalaciones oscila entre 20€ y 30€ por kW instalado al año dependiendo de la potencia instalada (IDAE, 2012a).

La instalación solar térmica se rentabiliza a lo largo de los años ya que toda la energía que se obtiene del sol supone un ahorro de combustible o electricidad. Los años de amortización de una instalación pueden variar de 5 a 12 años según (web1):

- Tamaño de la instalación.
- Cantidad de radiación que recibe dependiendo del lugar donde esté ubicado.
- Ayudas obtenidas a fondo perdido.
- Mayores o menores necesidades del usuario.
- Tipo de energía convencional a la que sustituye: gas (10-12 años) y eléctrica (5-6 años).

El coste por metro cuadrado de superficie de captador oscila entre 600 y 900 euros, y en los edificios de viviendas se instalan entre 1,5 y 2 m<sup>2</sup> dependiendo de la zona geográfica y algún otro factor. Cuando se coloquen estas instalaciones en edificios de nueva construcción o rehabilitación podría considerarse que están inmediatamente amortizadas, ya que el coste adicional que representa frente al total es muy pequeño (web1).

En el caso de máquinas de absorción para refrigeración, en la universidad de Perugia se han realizado estudios sobre las características y costes de diferentes máquinas de absorción que determinan algunas conclusiones (IDAE, 2012a):

- El coste de un sistema completo de refrigeración solar puede variar entre 5.000€ y 10.000€ por kW de potencia instalado.
- Los costes de una instalación se reparten por costes similares entre los captadores, la máquina de absorción y el equipo auxiliar.

- Una instalación de refrigeración supone un coste adicional de unos 25000€ con respecto a una instalación convencional de similares características.
- El ahorro económico se produce en la energía eléctrica que no se consume.

## 6. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

En este punto se trata de manera superficial el tema de la energía solar fotovoltaica ya que no es uno de los métodos más determinantes como alternativa energética en la climatización, pero puede emplearse en algún caso como apoyo a otras tecnologías.

### 6.1. DESCRIPCIÓN

La energía solar fotovoltaica es energía eléctrica que se obtiene del sol mediante paneles solares formados por células fotovoltaicas encargadas de transformar la energía solar en eléctrica. Esta electricidad puede consumirse instantáneamente o puede conservarse en baterías para su posterior uso (web16b).

Los paneles solares reciben la radiación que posteriormente transforman en electricidad continua, será necesario un aparato denominado “inversor” para convertirla en electricidad alterna. También dispondrá de un generador eléctrico a gasóleo que cargara la batería cuando se consuma la electricidad.

Cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmósfera de aproximadamente 1 kg de CO<sub>2</sub> comparado con la generación eléctrica o el carbón y en torno a 0,4 kg de CO<sub>2</sub> en el caso de la producción de electricidad con gas natural. Por lo tanto una vivienda con una instalación de 5 kW evitaría anualmente 1,9 t de CO<sub>2</sub> comparado con la generación eléctrica con central de ciclo combinado de gas natural (IDAE, 2008).

Los sistemas fotovoltaicos tienen una buena fiabilidad y durabilidad, una instalación típica puede durar 30 años con un mantenimiento mínimo (web19).

#### 6.1.1. TIPOS

Las instalaciones de energía fotovoltaica se pueden dividir en dos grupos (web20):

- Instalaciones aisladas de la red eléctrica: la energía generada se utiliza para cubrir consumos eléctricos en el mismo lugar.
- Instalaciones conectadas a la red eléctrica: para el caso de edificios puede ser que parte de la energía obtenida se utilice para autoconsumo del mismo y la sobrante sea

entregada a la red eléctrica. La otra opción sería entregar toda la energía a la red eléctrica.

### 6.1.2. COMPONENTES

Los elementos que forman los sistemas fotovoltaicos son (IDAE, 2011c):

- Célula solar: se usan células multiunión, con eficiencias de hasta el 40%.
- Sistema óptico: son los mecanismos de concentración solar que están realizados mediante lentes o espejos.
- Seguidor solar: elemento que permite mantener a la célula enfocada al sol.

## 6.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica en general tiene las mismas ventajas e inconvenientes que la energía solar térmica. Pero se puede concretar las ventajas frente a otros métodos de producción de electricidad.

<b>SOLAR FOTOVOLTAICA RESPECTO OTROS METODOS DE PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD</b>	
<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Es una fuente inagotable.</li> <li>○ No emite CO<sub>2</sub>.</li> <li>○ Menor dependencia energética.</li> <li>○ No precisa ningún combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Resulta más cara su instalación.</li> <li>○ Depende del clima.</li> <li>○ Disponibilidad de espacio.</li> <li>○ Integración arquitectónica.</li> </ul>

Tabla 6.1. Ventajas y desventajas de la energía solar fotovoltaica respecto a otros métodos de producción de electricidad. Fuente: elaboración propia a partir de web16b; web20.



### **6.3. APLICACIONES DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

La principal aplicación de la energía solar fotovoltaica en el campo de la climatización es la de proporcionar energía eléctrica a los equipos que requieren de ella en una instalación de este tipo, por ejemplo, la bomba de calor.

## 6.4. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN ESPAÑA

En el año 2010 España es el segundo país con mayor potencia instalada en todo el mundo en el sector fotovoltaico gracias al gran desarrollo experimentado en el año 2008.

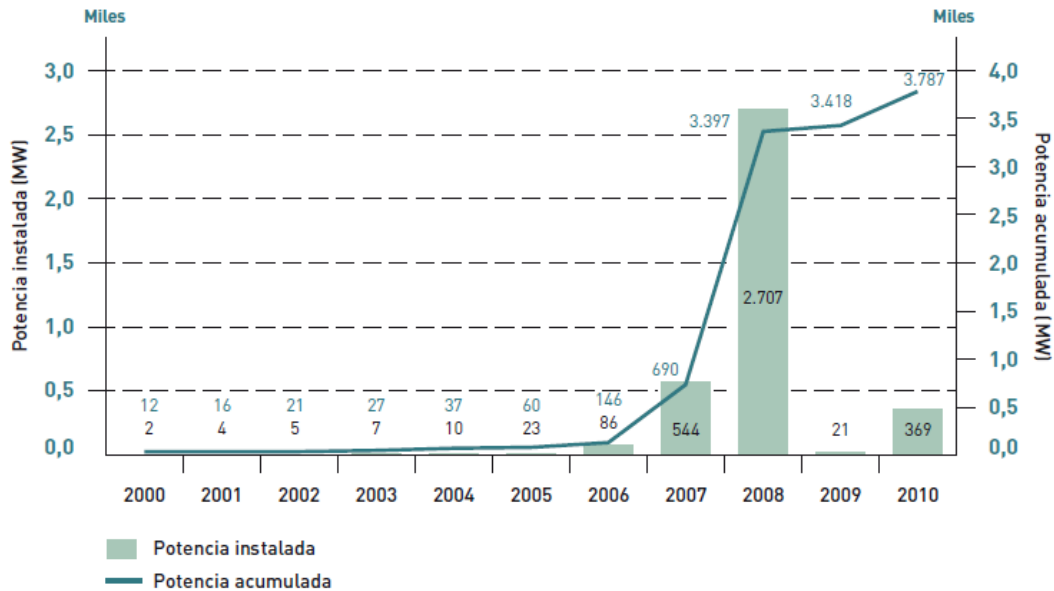


Figura 6.1. Potencia instalada y acumulada por año en España. Fuente: IDAE, 2011c.

De la misma manera que en el caso de la energía solar térmica en España se dispone de gran potencial para la energía fotovoltaica debido al alto nivel de irradiación solar.

Algunas causas que puede impedir el mayor desarrollo de esta tecnología según IDAE, 2011c:

- Se experimenta una ralentización del avance tecnológico en la industria fotovoltaica Española.
- Escasa adecuación administrativa para el establecimiento de sistemas de generación distribuida en redes sociales.
- Complejidad de los procedimientos administrativos.
- Dificultad para el desarrollo del autoconsumo de energía.
- Elevados costes normalizados de la energía, en instalaciones aisladas como las conectadas a la red.

- Desconocimiento social de las ventajas socio-económicas del desarrollo de la energía solar fotovoltaica.

## **6.5. SITUACIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A NIVEL EUROPEO**

El potencial instalado en la Unión Europea en 2010 de este tipo de energía suponía el 79% la totalidad del potencial mundial. En el ámbito de la Unión Europea, Alemania es el país que más potencia instalada tiene, siendo el 52% del potencial de toda la UE. En un segundo lugar se encuentra España, seguido con prácticamente la misma cantidad por Italia (IDAE, 2011c).

## **6.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA**

El coste que puede suponer el uso de energía fotovoltaica dependerá del tipo de instalación, las aisladas pueden oscilar entre 12.000 y 14.000€ por KW instalado, ya que requieren también de baterías, y las conectadas a la red entre 5.500 y 7.500€ el KW. Todo ello dependerá del tamaño, los equipos y demás factores (web36).

## 7. GEOTERMIA

### 7.1. DESCRIPCIÓN

La energía geotérmica es la que se almacena en forma de calor debajo de la superficie sólida de la Tierra. Ese calor se encuentra en el interior de la tierra y se origina por diferentes motivos (IDAE, 2012b):

- Desintegración de isótopos radiactivos presentes en la corteza y el manto.
- Calor inicial que se liberó en la formación del planeta.
- Movimientos diferenciales entre las capas que forman la tierra, principalmente el manto y el núcleo.
- Cristalización del núcleo. El núcleo externo (líquido) está cristalizado continuamente, y en la zona de transición con el núcleo interno (sólido) se libera calor.

Al existir grandes diferencias de temperaturas entre la capa superficial de la Tierra y sus interiores, se produce un flujo continuo de calor hacia la superficie. Así pues se puede estimar que la energía que llega cada segundo a la superficie en forma de calor, por radiación, convección y conducción es de  $42 \times 10^{12}$  J (IDAE, 2012b).

#### 7.1.1. LA TIERRA COMO FUENTE DE ENERGÍA

El calor terrestre es una fuente de energía duradera para la producción de calor que no depende de la climatología, de la estación anual, del viento o del momento del día. Es una energía continua y regular para su utilización, disponible todos los días del año (Llopis y Rodrigo, 2008).

El calor que contiene la tierra para poder ser extraído se debe realizar mediante un fluido, normalmente agua, que transporta el calor hasta la superficie (Llopis y Rodrigo, 2008).

El calor de la tierra es ilimitado a escala humana y estará disponible muchos años siempre que se haga una explotación del recurso racional (Llopis y Rodrigo, 2008).

Si el medio de extracción es el agua subterránea, esta se renueva de forma natural por las aguas superficiales o por inyección artificial. En el caso de extracción de calor mediante la

circulación de un fluido, el terreno pierde algunos grados que se compensan en el periodo de reposo estival o en el proceso de refrigeración, ya que se transmite calor al terreno (Llopis y Rodrigo, 2008).

En invierno, el terreno transfiere calor que almacena al agua y se utiliza para calefacción con una bomba geotérmica que eleva su temperatura. En verano, el agua del circuito cerrado transfiere al terreno el exceso de calor del edificio, obteniendo así refrigeración (Llopis y Rodrigo, 2008).

Dependiendo del gradiente geotérmico y de la formación de las rocas la energía tendrá una temperatura y un nivel de dificultad en su extracción, pero en la actualidad las técnicas existentes permiten un desarrollo planetario de la geotermia (Llopis y Rodrigo, 2008).

### **7.1.2. TIPOS DE ENERGÍA GEOTÉRMICA**

Se establece una clasificación de la energía geotérmica según su entalpía (IDAE, 2012b):

- Alta entalpía: más de 150 °C
- Media entalpía: entre 90 y 150 °C
- Baja entalpía: entre 30 y 90 °C
- Muy baja entalpía: menos de 30 °C

Por su facilidad de extracción y posibilidades de aplicación en el campo de la climatización la geotermia de muy baja entalpía, es la que se estudiará en este trabajo.

Estas temperaturas dependen del yacimiento geotérmico del cual es extraído. Un yacimiento geotérmico es cuando en un área geográfica se dan las condiciones geológicas y geotérmicas adecuadas para que se pueda explotar de forma económica el recurso geotérmico del subsuelo. Los tipos de yacimientos pueden clasificarse de diversas maneras pero la más común es según su temperatura (Llopis y Rodrigo, 2008).

### 7.1.3. GEOTERMIA DE MUY BAJA ENTALPÍA

El calor almacenado a poca profundidad de la superficie que se encuentra a baja temperatura en suelos, rocas y aguas subterráneas puede recibir el nombre de energía geotérmica somera o a poca profundidad, energía de baja entalpía o geotermia solar (Llopis y Rodrigo, 2008).

Casi el 100% de la superficie del planeta forma un yacimiento de recurso geotérmico de muy baja entalpía. En cualquier lugar de la tierra se puede extraer y aprovechar el calor almacenado a poca profundidad de la superficie para emplearlo en climatización de uso residencial mediante bombas geotérmicas (Llopis y Rodrigo, 2008).

A partir de 1 metro de profundidad empieza a percibirse la diferencia de temperatura entre el aire y la tierra y según Uribe, 2013 y Llopis y Rodrigo, 2008. A partir de 10 metros de profundidad, la temperatura se estabiliza y se vuelve constante, y el terreno es capaz de almacenar el calor y mantenerlo incluso durante todo año a una temperatura prácticamente constante. Según Escuer, 2005, a partir de los 5 metros de profundidad el terreno se mantiene prácticamente a temperatura constante durante todo el año, concretamente en el caso de España, independientemente de la estación y climatología la temperatura se mantiene constante a unos 15 °C. A partir de una profundidad de 15 – 20 m de profundidad la temperatura sería entorno a unos 17 °C durante todo el año, como también se afirma en Llopis y Rodrigo, 2008.

La investigación en este tipo de recurso está enfocada a como explotarlo sin llegar a agotarlo y cubriendo la demanda energética necesaria. Estos estudios dependerán de la potencia que se quiera suministrar, tipo de instalación que tenga que extraerlo, horas anuales de funcionamiento y modalidad de demanda (IDAE, 2012b).

El recurso más adecuado para satisfacer las necesidades de climatización para uso residencial es el de muy baja temperatura, ya que se encuentra debajo de cualquier terreno y está vinculado al uso de bomba de calor geotérmica (Llopis y Rodrigo, 2008). Existen diferentes sistemas para extraer la energía del terreno mediante intercambiadores de calor que se conectan a una bomba de calor geotérmica encargada de solucionar el salto térmico entre el terreno y la temperatura necesaria.

El punto fuerte del buen rendimiento de los sistemas geotérmicos reside en la diferencia entre la temperatura que se quiere conseguir y la temperatura que se encuentra el elemento. En las instalaciones convencionales durante el verano el aire exterior se encuentra a unos 30-35 °C y se debe llegar a una temperatura de unos 23-24 °C, por el contrario en invierno el aire exterior



se halla a menos de 10 °C, por lo que se están manejando unos saltos térmicos importantes que requieren de un gasto energético elevado. En el caso de las bombas de calor geotérmicas, como se ha comentado, la temperatura del subsuelo se encuentra entre 15 y 17 °C obteniendo unos saltos térmicos moderados y consiguiendo el mismo nivel de confort térmico pero con un consumo menor energía.

#### **7.1.4. TIPOS DE INSTALACIONES**

Existen los siguientes tipos de instalaciones para el aprovechamiento del recurso de muy baja entalpía.

##### **7.1.4.1. Colectores horizontales enterrados**

Requieren al menos de un espesor de 0,8m de capa superficial para poder enterrar los colectores, estarán formados por tubos de polietileno con un diámetro entre 25 y 40mm por donde circula agua con anticongelante o sustancias que mejoren su conductividad. Estos colectores estarán conectados a una bomba de calor geotérmica (IDAE, 2012b).

El terreno hace la función de acumulador de energía solar, la energía geotérmica como tal es secundaria. De esta manera es muy importante el clima de la zona en este tipo de instalaciones porque se encuentran a una escasa profundidad (IDAE, 2012b).

Este sistema permite obtener entre 20 y 30 W de energía térmica por m<sup>2</sup> ocupado por las capas de tubos que forman el serpentín geotérmico. Pueden satisfacer las necesidades energéticas de calefacción de una vivienda media. Solo se requiere que la parcela disponga de un espacio que sea 1,5 veces la superficie habitable a calentar y hasta 3 veces para construcciones antiguas con malos aislamientos térmicos. Su uso más extendido es de servir de soporte para la climatización de viviendas unifamiliares (Llopis y Rodrigo, 2008)

En estos sistemas la red de tubos se coloca a poca profundidad y el tendido de la misma es bastante sencillo, por lo que la ejecución no es complicada.

<b>Colectores horizontales enterrados</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Coste de la instalación bajo.</li> <li>○ No requiere permisos especiales, solo permiso de obra.</li> <li>○ Limpio y ecológico, las tierras que se extraen se vuelven a colocar en su lugar.</li> <li>○ Mantenimiento de la red de captadores prácticamente nulo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Requiere de una superficie de terreno.</li> <li>○ No admite plantaciones de raíces profundas donde se encuentra la instalación.</li> <li>○ Dificultad para otras instalaciones que requieran atravesar el subsuelo (telefónicas o desagües).</li> <li>○ Influida por el clima.</li> </ul>

Tabla 7.1. Ventajas y desventajas de los colectores horizontales enterrados. Fuente: elaboración propia a partir de Llopis y Rodrigo, 2008.

Si se realizan estas instalaciones en un proyecto nuevo, la excavación para la red de tubos se integra en el proyecto general y supone un sobrecoste prácticamente nulo (Llopis y Rodrigo, 2008).



Figura 7.1. Red de captadores horizontales. Fuente: web4.

#### 7.1.4.2. Sondas geotérmicas

Se trata de colectores en posición vertical, colocados en el interior de uno o varios sondeos. Las profundidades de este sistema pueden variar desde 20 m hasta más de 100 m, con diámetros que oscilan entre 10 - 15 cm (Llopis y Rodrigo, 2008).

Pueden existir diferentes razones para el uso de las sondas geotérmicas (Llopis y Rodrigo, 2008):

- La capa del suelo no tenga espesor suficiente.
- La superficie disponible para enterrar los colectores horizontales es insuficiente.
- Existencia de canalizaciones en el subsuelo.
- Se requiere mayor demanda de la que pueden asumir los colectores horizontales.

Estos sistemas ocupan un espacio reducido y se pueden colocar muy próximos a la vivienda. Se requerirá de entubado en los primeros metros para garantizar la estabilidad y según el tipo de terreno se emplearán lodos de perforación (Llopis y Rodrigo, 2008).

El sondeo se rellena de manera que permita la adecuada transmisión de calor a los tubos captadores que se encuentran en su interior. Si existe circulación de agua en el terreno debido a la existencia de un nivel freático a poca profundidad o por la presencia de aguas someras procedentes de filtraciones pluviométricas, esta agua embebiendo a los materiales aumenta la capacidad de transmitir calor geotérmico y aumenta el rendimiento de la bomba de calor. Si no hay presencia de agua en el sonda, el empleo de gravas o arenas permeables es lo más indicado para incrementar la conductividad térmica, también es apto el uso de hormigón con bentonita (Llopis y Rodrigo, 2008).

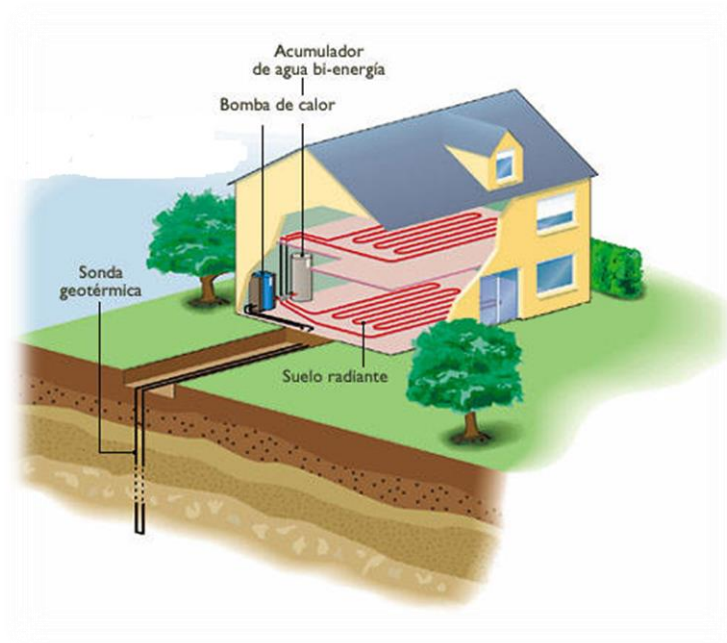


Figura 7.2. Sonda geotérmica vertical. Fuente: web35.

Las sondas geotérmicas son en líneas generales más costosas que los colectores horizontales enterrados, principalmente debido a su ejecución. Por otro lado, las sondas tienen mejores niveles de conductividad térmica por lo que necesitan menos longitud de captador para cubrir las mismas necesidades energéticas. El rendimiento en el uso para refrigeración es superior en las sondas que en los colectores enterrados (Llopis y Rodrigo, 2008).

Estas instalaciones están indicadas para edificios existentes y para construcciones que no disponen de suficiente superficie (web5). De cualquier manera también pueden emplearse en nuevas construcciones.

Sondas geotérmicas	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ocupan un espacio reducido.</li> <li>○ No influido por el clima.</li> <li>○ Mayor rendimiento en calefacción y refrigeración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Coste de la instalación elevado debido a su ejecución.</li> <li>○ Requieren de un conocimiento preciso de las características del suelo.</li> </ul>

Tabla 7.2. Ventajas y desventajas sondas geotérmicas. Fuente: elaboración propia a partir de Llopis y Rodrigo, 2008 y web5.

Cuando se requiera más potencia una solución es la utilización de campos de sondas geotérmicas que estarán ubicados próximos a la construcción o bajo la misma (Llopis y Rodrigo, 2008).

#### 7.1.4.3. Sondeos de captación de agua someros

Esta instalación explota la capa freática donde se encuentran las aguas subterráneas. Se realiza mediante dos sondeos, uno de producción a través de una bomba sumergida que conduce el agua hasta la bomba de calor para que sea extraída su energía, y que una vez enfriada se devuelve a la capa freática por un pozo de reinyección o se vierte al cauce fluvial. Se deben colocar los sondeos de tomas aguas arriba y la restitución aguas abajo para evitar el enfriamiento continuo del agua subterránea (IDAE, 2012b).

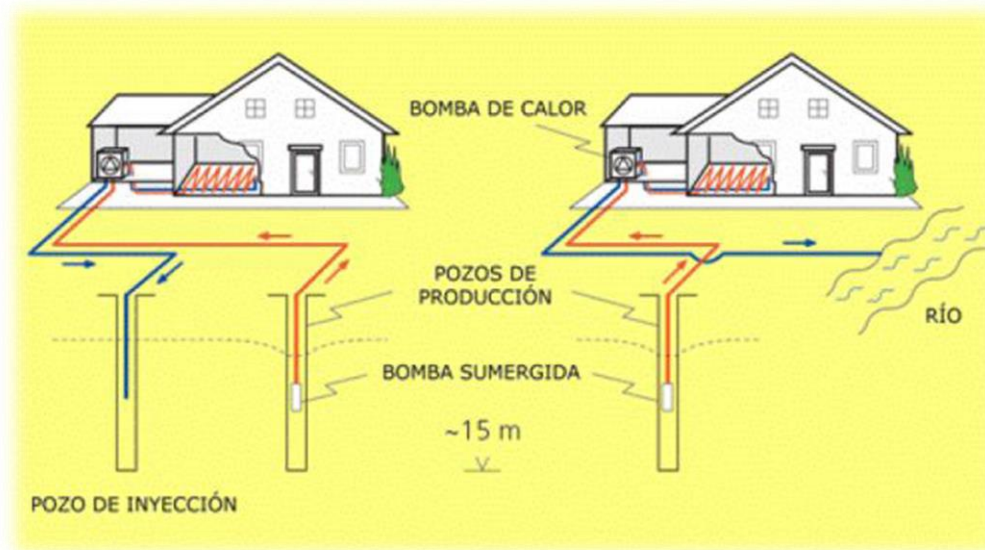


Figura 7.3. Esquema para calefacción de una casa familiar utilizando sondeos de captación de agua en la capa freática. Fuente: IDAE, 2012b.

#### 7.1.4.4. Cimientos geotérmicos

Consiste en introducir en el interior de cimentaciones profundas, como pueden ser pilotes o muros pantalla, una red de tubos de polietileno por donde circula agua con anticongelante. Esta red estará conectada a una bomba de calor geotérmica (IDAE, 2012b).

En la actualidad se utiliza este método para climatizar edificios de grandes dimensiones, calentándolos en invierno y enfriándolos en verano, mediante el almacenamiento subterráneo estacional de calor y de frío (IDAE, 2012b).

Antes de ejecutar este tipo de instalaciones es recomendable conocer (IDAE, 2012b):

- Características geotécnicas de los estratos del subsuelo.
- Nivel de la capa freática, oscilaciones anuales, velocidad y dirección del flujo.
- Definir el potencial geotérmico del terreno: capacidad térmica volumétrica, conductividad térmica y permeabilidad.
- Rango de temperaturas del subsuelo.
- Distribución semanal y mensual del consumo de energía en calefacción y refrigeración.

Todo el sistema de intercambio está situado debajo del edificio ya que forma parte de la propia cimentación lo que produce un ahorro sustancial de espacio.

Uno de los problemas que tienen estos sistemas es que no se podrían reparar en caso de que algún tubo captador resulte dañado, ya que no se puede acceder hasta el elemento una vez se encuentra colocado y hormigonado. Se suelen sobredimensionar la cantidad de tubos captadores por si alguno se daña y no cumple correctamente su función (Llopis y Rodrigo, 2008).

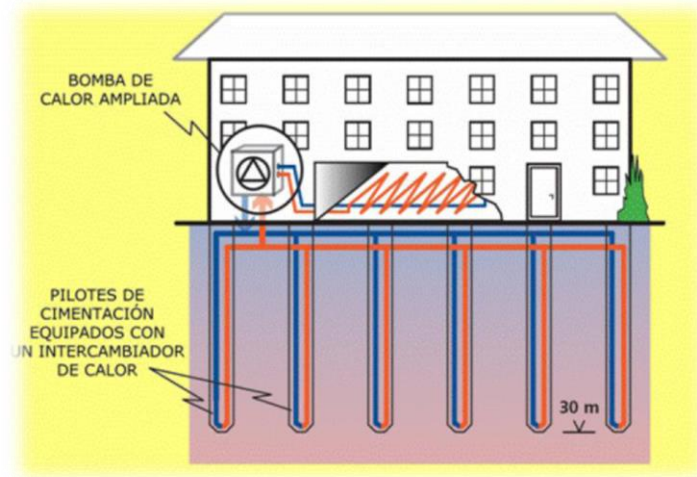


Figura 7.4. Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización. Fuente: IDAE, 2012b.

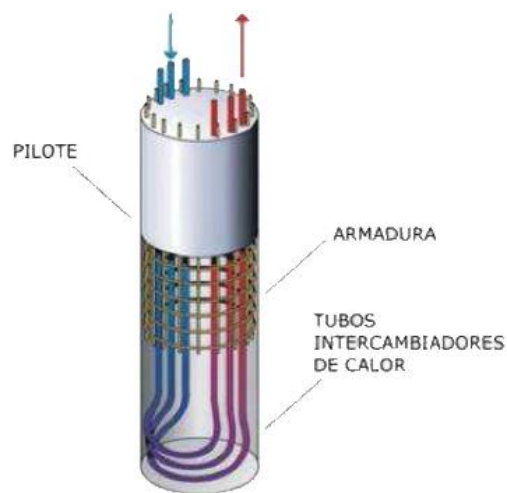


Figura 7.5. Sistema de pilotes energéticos para calefacción y climatización. Fuente: web33.



Figura 7.6. Pilote con colocación de conductos. Fuente: web34.

<b>Cimientos geotérmicos</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No ocupan espacio.</li> <li>○ No supone un sobrecoste elevado en el proyecto.</li> <li>○ Ahorro de trabajo al realizarse junto con la cimentación.</li> <li>○ No influido por el clima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Solo apto para nuevas construcciones.</li> <li>○ Imposibilidad de reparación de daños en tubos de captación.</li> </ul>

Tabla 7.3. Ventajas y desventajas cimientos geotérmicos. Fuente: elaboración propia a partir de Llopis y Rodrigo, 2008.



### **7.1.5. BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA**

En las bombas de calor geotérmicas, a diferencia de las bombas convencionales, se evitan los problemas de generación de escarcha en el condensador y aumentan el rendimiento al obtener la energía térmica de una fuente menos fría, como es el terreno (IDAE, 2012b).

Debido a la estabilidad de la temperatura del subsuelo las bombas de calor podrán ser de menor potencia ya que el salto térmico es menor que cuando se utiliza la temperatura del ambiente exterior. Sobre todo en climas de temperaturas extremas, las bombas geotérmicas obtienen mayor rendimiento debido a este factor (Llopis y Rodrigo, 2008).

Existe una gran cantidad de modelos de bombas de calor y además su instalación no requiere de personal altamente cualificado.

Según el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE), las bombas geotérmicas utilizan entre un 25% y 50% menos de electricidad que los sistemas convencionales para calefacción y refrigeración, reduciendo el consumo energético y las emisiones de un 45% a un 70%. Y según Escuer, 2005 los sistemas de bombas de calor geotérmicas, en comparación con los tradicionales, producen ahorros energéticos de 40-60% comparado con sistemas de bomba de calor agua-agua o aire-agua, un 75% con sistemas de radiadores eléctricos, un 60% con sistemas de gas natural y hasta un 70% con sistemas que utilicen otros combustibles.

Las bombas de calor geotérmicas maximizan la vida útil de la instalación, reducen los costes de mantenimiento, operación y potencia contratada, además de aportar mayor fiabilidad a la misma (Escuer, 2005).

## 7.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GEOTERMIA

Energía Geotérmica	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Energía siempre disponible.</li> <li>○ No emite CO<sub>2</sub> al medio ambiente.</li> <li>○ Constancia de temperaturas en el subsuelo.</li> <li>○ Costes de explotación más bajos que los de una instalación convencional.</li> <li>○ Existen subvenciones gestionadas para Comunidades Autónomas en España.</li> <li>○ Tiempo de puesta en servicio de la instalación menor que en otro tipo de energías.</li> <li>○ Permite ahorros de energía del 30% al 70% en calefacción y del 20% al 50% en refrigeración.</li> <li>○ No depende del clima.</li> <li>○ Reducción de dependencia de compañías suministradoras.</li> <li>○ Mayor durabilidad de las instalaciones, vida útil entre 25 y 50 años.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Costes de inversión inicial elevados.</li> <li>○ Falta de espacio para realizar las perforaciones pertinentes o para la entrada de las máquinas especiales de sondeo energético.</li> <li>○ Puede producirse emisión de ácido sulfúrico en algunos casos.</li> <li>○ Puede producirse contaminación de aguas con sustancias como arsénico, amoníaco, etc.</li> <li>○ Posible contaminación térmica en el entorno del lugar de donde se extrae la energía.</li> <li>○ No se puede transportar como energía primaria.</li> <li>○ Deterioro del paisaje.</li> </ul>

Tabla 7.4. Ventajas y desventajas de la energía geotérmica. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2012b; Llopis y Rodrigo, 2008; Rodríguez 2012; web8.

### 7.3. APLICACIONES DE LA GEOTERMIA

Las posibles aplicaciones de la geotermia dependen de la entalpía del fluido geotermal, es decir, el contenido de calor. Normalmente se emplean sondas térmicas para determinar la temperatura de dichos fluidos, ya que con la temperatura se puede prever su futura aplicación (IDAE, 2012b).

La temperatura correspondiente a aplicaciones residenciales es la de muy baja entalpía (menos de 30°C), pueden ser:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Climatización de piscinas.

Mediante bomba de calor, como se ha explicado anteriormente, podemos conseguir las diferentes aplicaciones según las necesidades del edificio.

#### 7.3.1. CALEFACCIÓN

Los sistemas adecuados para proporcionar calefacción en una vivienda pueden ser varios, como más recomendables, según web10a y web9, son el suelo radiante, zócalo radiante o muro radiante. También existe la posibilidad de utilización de radiadores, pero como ya se comentó anteriormente en el apartado de “Energía Solar” no son buena solución porque requieren de temperaturas bastante más elevadas que los otros sistemas.

#### 7.3.2. REFRIGERACIÓN

Cuando la instalación tiene como objetivo la refrigeración el sistema más recomendable es el techo frío o el muro radiante (web9).

Existen dos métodos para refrigerar a partir de geotermia (web9):

- Refrigeración pasiva: sin hacer uso de la bomba de calor geotérmica, se emplea directamente la temperatura del subsuelo para enfriar el sistema.

- Refrigeración activa: se emplea para potencias de refrigeración elevadas y se consigue mediante una bomba de calor geotérmica reversible.

En el caso de que el objetivo sea satisfacer las necesidades de calefacción y refrigeración se pueden combinar los sistemas anteriormente mencionados, por ejemplo, suelo radiante con techo frío. Pero se pueden aplicar soluciones como un muro radiante, que sirve de manera adecuada para proporcionar calor y frío.

Estas aplicaciones son posibles de realizar mediante los diferentes tipos de instalaciones geotérmicas anteriormente descritas, según las condiciones y necesidades de cada caso.

## 7.4. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA GEOTERMIA EN ESPAÑA

A pesar del gran potencial a nivel nacional que presenta la geografía de España, el desarrollo que existe es escaso en usos térmicos (IDAE, 2012b).

Comparado con el aprovechamiento de otras energías, como puede ser la energía solar que ha experimentado un desarrollo importante en la última época, la geotérmica se queda muy atrás.

En cuanto al aprovechamiento de la energía geotérmica de muy baja temperatura se está desarrollando para usos de calefacción, refrigeración y ACS a través de la bomba de calor con notables ahorros energéticos. Se suelen aplicar en instalaciones domésticas y comerciales de pequeña y mediana potencia (IDAE, 2012b). En los últimos años se ha experimentado un notable desarrollo en geotermia superficial para climatización en edificios terciarios, en su mayoría se tratan de redes sencillas de intercambiadores de agua cerrados y conectados a una bomba de calor para salvar el salto térmico (Pereda, 2012).

El potencial de recursos geotérmicos de baja para este tipo de aplicaciones térmicas es elevado ya que existen numerosas zonas utilizables (IDAE, 2012b). En cuanto al de muy baja temperatura está disponible en la totalidad del territorio.

Según el IDAE, 2011c, España es uno de los países europeos que más ha incrementado la capacidad instalada de energía geotérmica, pero por el contrario no es uno de los países con incremento en energía utilizada.

Existe en España una escasa implantación de bombas de calor geotérmicas, comparado tanto con países fríos del norte de Europa como con países más próximos como Francia, donde las unidades instaladas de bomba geotérmica son muy superiores. (Llopis y Rodrigo, 2008)

Posibles motivos de este escaso desarrollo según IDAE, 2011c y Llopis y Rodrigo 2008:

- Falta de promoción: la gran demanda de bombas de calor geotérmicas en países del centro y norte de Europa ha hecho que los principales fabricantes no hayan tenido capacidad de exportación a España que hasta 2001 no empezaron a instalarse.
- Falta de oferta: bajo nivel de formación y cualificación de instaladores, junto con pocas empresas especializadas en el sector.

- Falta de interés: tanto por parte de los promotores inmobiliarios como de los compradores de viviendas nuevas, en muchos casos provocado por el desconocimiento de esta tecnología.
- Falta de apoyo institucional: a diferencia que la energía solar que se incluye como obligatoria en el Documento Básico HE, Ahorro de Energía, del CTE (Código Técnico de la Edificación) para edificaciones, la geotermia no se ha tenido en cuenta. Esta tecnología no está integrada en programas de calificación energética ni códigos de construcción. Por otro lado en una buena cantidad de comunidades autónomas se subvenciona parte de los costes de la instalación en bombas geotérmicas.
- Ausencia de reglamentación específica: no existe un marco normativo claro sobre las instalaciones geotérmicas para climatización.
- Económico: requieren de una inversión inicial importante.

## 7.5. SITUACIÓN DE LA GEOTERMIA A NIVEL EUROPEO

Entre los países europeos, Suecia ha sido el principal promotor de la geotermia y en las últimas décadas Suiza, Austria y Alemania han experimentado el mayor crecimiento (Rodríguez, 2012). La mayoría de las instalaciones geotérmicas en Suecia son casas normales en un clima frío (Madero, 2011a).

Países como los mencionados disponen de temperaturas más frías tanto en el ambiente como en el subsuelo hasta cierta profundidad, según Llopis y Rodrigo, 2008, oscilan entre los 10-12 °C, incluso hasta los 8 °C y se hace gran uso de esta tecnología obteniendo un rendimiento aceptable. Por lo tanto si en España, como se ha comentado, las temperaturas a partir de los 5-10 metros están alrededor de los 15 °C, el salto térmico es menor y el rendimiento que se puede obtener sería mayor.

## 7.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA GEOTERMIA

Un sistema de bomba de calor geotérmica para una casa individual requiere de coste inicial elevado, del orden del doble que una instalación convencional de calefacción y refrigeración. Por otro lado, los costes de mantenimiento y explotación son muy reducidos, y principalmente su rendimiento energético reduce el consumo de la energía de pago. Parte importante de la inversión resulta de las fases de exploración del terreno y la realización de sondeos de investigación, cuanta mayor área tenga mayor será la inversión (Llopis y Rodrigo, 2008).

Los costes de inversión de una instalación geotérmica dependen de (IDAE, 2011c):

- Tamaño de la instalación.
- Coste de la perforación: es la partida que requiere mayor parte de la inversión, entorno al 50% y con variabilidades muy grandes.

El coste normalizado de producción de calor mediante bomba de calor geotérmica oscila entre 5 y 22 €/kWh según las aplicaciones. Y el coste de inversión de una instalación de red de climatización varía entre 1400 y 1900 €/kW (IDAE, 2011c). Y según Escuer, 2005 estos sistemas puede amortizarse en un plazo de 4 a 8 años.



## 8. BIOMASA

### 8.1. DESCRIPCIÓN

Se puede definir biomasa como el uso de productos obtenidos a partir de materia orgánica para producir energía. Dichos productos proceden de diferentes orígenes y tienen distintas características, como pueden ser residuos de podas de jardines, residuos de industrias agroforestales, residuos de origen animal o humano... (IDAE, 2012c)

Las instalaciones de producción energética con biomasa se abastecen de un gran abanico de biocombustibles, los principales en España son los orujillos (de aceite y de uva), huesos de aceituna, cascaras de frutos secos y residuos de montes y de industrias forestales. La biomasa empleada para usos térmicos procede de las industrias agrícolas (huesos de aceituna y cascaras de frutos secos), de las industrias forestales (astillas, virutas...) y de actividades silvícolas y de cultivos leñosos (podas, leñas...). Estos productos se pueden transformar en pellets y briquetas, astillas molturadas y compactadas que facilitan su transporte, almacenamiento y manipulación (IDAE, 2012c).

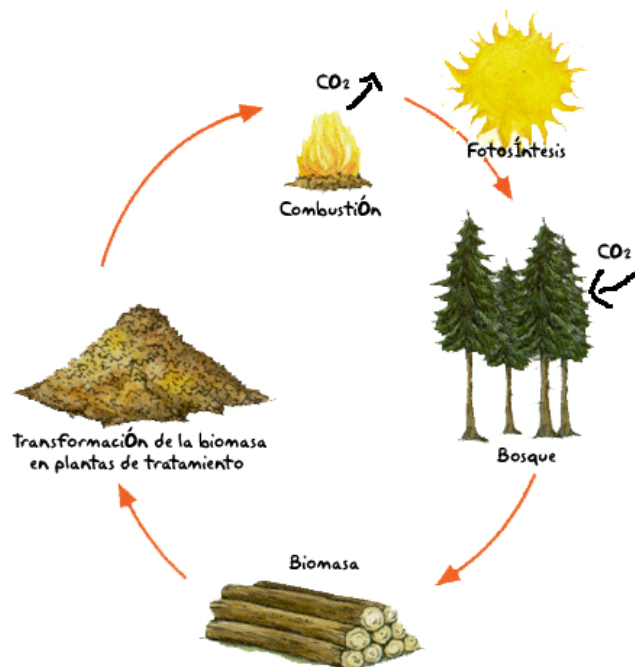


Figura 8.1. Ciclo de la biomasa. Fuente: web26

### 8.1.1. MATERIAS PRIMAS

Los productos empleados como biomasa tienen una baja densidad física y energética por lo que deben pasar un proceso de densificación. Este proceso se trata de una compactación para disminuir el espacio entre y dentro de las partículas. Los productos compactados pueden ser (IDAE, 2012c):

#### 8.1.1.1. Pellets

Productos compactados con un diámetro menor de 30 mm, se trata de pequeños cilindros de serrín comprimido, proveniente de astillas de madera y serrín seco. 2 kg de pellets equivalen a 1 l de gasoil. Son adecuados para usos domésticos.



Figura 8.2. Pellets para biomasa. Fuente: web6.

#### Aplicaciones:

- *Instalaciones de calderas domésticas:* sirven para abastecer el servicio de calefacción en pisos, viviendas unifamiliares, chalets, etc.
- *Instalaciones de calderas de mediana potencia:* proporcionan servicio de calefacción a bloques de viviendas, edificios de oficinas, etc.

### Ventajas del Pellet

- Más barato que los combustibles fósiles
- Menor dependencia de los cambios de precios de otros combustibles
- No presenta riesgo de explosión, no es volátil ni produce olores.
- Combustible no tóxico e inocuo para la salud en caso de fuga.
- Ocupa menos que la leña maciza y apenas produce humo.
- Reducción importante de las emisiones de efecto invernadero.
- No contienen azufre.
- Se fomenta la limpieza de montes ya que los residuos de podas o limpieas se usan para fabricar pellets.
- Ceniza mínima y totalmente biodegradable.

#### **8.1.1.2. Briquetas:**

Productos compactados en forma de cilindro con un diámetro mayor de 30 mm, procedentes de residuos forestales y desechos de origen vegetal. Algunos de los productos que se emplean para su fabricación pueden ser: fragmentos de madera, serrín, hojas de maíz, cascara de algodón y de café, etc. Una tonelada de briquetas equivale a 6 m<sup>3</sup> de leña con humedad entre 35 y 45%.



Figura 8.3. Briquetas para biomasa. Fuente: web7.

Las aplicaciones y por lo general las ventajas que presentan son las mismas que los pellets pero tienen la desventaja de que grandes inversiones de capital en la planta de tratamiento y sus costes de funcionamiento solo son interesantes económicamente si la distancia desde donde se obtiene la materia prima no es superior a 250 km.

También existen otros productos no compactados que se emplean como biomasa, pueden ser las astillas (CGC, 2009):

#### **8.1.1.3. Astillas:**

Son elementos de madera con menor densidad que los pellets, por lo que necesitan un mayor espacio para su almacenaje, también requieren de mayor trabajo de operación y mantenimiento. Como ventaja su coste de producción es menor.



Figura 8.4. Astillas para biomasa. Fuente: web29.

#### **8.1.2. ALMACENAMIENTO DE LA BIOMASA**

La biomasa puede almacenarse de diversas maneras, que se clasifican en las siguientes (IDAE, 2012d; web 37)

- Contenedor de almacenamiento: opción adecuada para usuarios que no dispongan de demasiado espacio. Pueden ser hasta de 300 kg y asumir periodos considerables de autonomía para la caldera.

- Silo textil: buena solución cuando se dispone de espacio, se puede instalar en el interior o exterior y tiene una capacidad de entre 2 y 5 toneladas. Se carga de biomasa por la parte superior y alimenta a la caldera por la parte inferior.
- Silo de obra: pueden disponer de suelo inclinado con un tornillo sinfín que transporta la biomasa hasta la caldera o puede estar dotado de un sistema neumático que permitiría que el silo estuviera hasta a 30 m de distancia de la caldera.
- Depósito subterráneo: situado en el exterior de la vivienda transporta la biomasa hasta la caldera mediante un sistema neumático.
- Almacenamiento integrado: ocupa un espacio reducido y está unido a la caldera, dispone de una capacidad menor que el resto de opciones.

### 8.1.3. SISTEMAS DE TRANSPORTE INTERNO

El transporte desde el lugar de almacenamiento de la biomasa hasta la caldera puede realizarse de varias maneras según IDAE, 2012d:

- Suelo con rascadores horizontales hidráulicos: cuando se dispone de poco espacio o el combustible tiene poca densidad. Es un sistema con un precio más elevado.
- Rascadores giratorios: el almacenamiento debe ser en silo cuadrado o redondo y pueden utilizarse con gran variedad de combustibles. Son más baratos.
- Combinación de suelo inclinado y tornillo sin fin: muy importante la inclinación y altura de las rampas en este sistema para que la biomasa no quede atascada.
- Combinación suelo inclinado y sistema neumático: solo admite pellets o combustibles de tamaño y forma muy homogénea, permite mayor distancia entre la zona de almacenaje y la caldera. Es el sistema más barato.

#### 8.1.4. CALDERAS DE BIOMASA

Este tipo de calderas son consideradas de energía renovable, ya que el CO<sub>2</sub> emitido por el combustible es el mismo que ha consumido la planta en su ciclo de funcionamiento. Existen diferentes tipos de calderas según sus características (IDAE, 2012c1):

- Calderas específicas de pellets.
- Calderas multicomcombustibles.
- Calderas de leña.
- Calderas TDS powerfire.

Este tipo de calderas pueden alcanzar rendimientos similares a las calderas de gasóleo o gas, pero normalmente son algo menores. Las calderas más empleadas son las de pellets, son calderas muy eficientes y más compactas que el resto de las calderas de biomasa (IDAE, 2012d). Funcionan introduciendo la biomasa en el quemador por el orificio central, el encendido se produce mediante una inyección de aire caliente a 600 °C, posteriormente se aporta aire primario y secundario para mantener la combustión.

Según la potencia que deba suministrar el sistema se puede dividir las calderas en 2 tipos (Fenercom, 2006):

- Calderas de tamaño medio: entre 50 y 500 kW, están destinadas a cubrir el suministro de un edificio de viviendas, hotel, etc. La gestión de estas es sencilla pero es necesario que una empresa especializada realice la instalación, operación y mantenimiento. También se requiere de un suministrador de biomasa que entregue el combustible regularmente.
- Calderas para viviendas unifamiliares: potencias hasta de 50 kW, cubren las necesidades de una vivienda unifamiliar. Pueden tener una alimentación manual o una automática, como las de mayor tamaño.

## 8.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA BIOMASA

Biomasa	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Disminución de las emisiones de azufre, partículas y contaminantes como CO.</li> <li>○ Las emisiones de la biomasa no son contaminantes, su composición es parte del CO<sub>2</sub> captado por la planta origen de la biomasa, y vapor de agua.</li> <li>○ Contribuye a la disminución de residuos y el reciclaje.</li> <li>○ Ayuda a la limpieza de los montes y al uso de los residuos de las industrias.</li> <li>○ Menor coste del combustible.</li> <li>○ Independencia de las fluctuaciones de los precios de los combustibles.</li> <li>○ No se pueden producir escapes peligrosos, como en el gas.</li> <li>○ Operación y mantenimiento sencillos.</li> <li>○ Larga vida útil y prácticamente silenciosas. Su limpieza es automática y la retirada de las cenizas poco frecuente.</li> <li>○ Se pueden combinar con sistemas de energía solar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Necesidad de espacio para almacenar el combustible. Posible problema para edificios existentes.</li> <li>○ Disponibilidad de suministro de la biomasa. Aun no existe una red de distribuidores demasiado extensa.</li> <li>○ Mayor coste inicial de la instalación.</li> <li>○ Rendimientos algo menores en las calderas de biomasa con respecto a calderas de combustible fósil.</li> <li>○ Se necesita mayor cantidad de biomasa para conseguir la misma cantidad de energía.</li> </ul>

Figura 8.1. Ventajas y desventajas de la Biomasa. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2012c; IDAE, 2012d; web12; web15; web27.

### 8.3. APLICACIONES DE LA BIOMASA

Las posibles aplicaciones de tipo térmico que se pueden dar con la energía obtenida mediante biomasa son:

- Calefacción
- Refrigeración

#### 8.3.1. CALEFACCIÓN

Para poder proporcionar calefacción a través de la biomasa se requiere de una caldera de biomasa, el resto de la instalación puede ser la habitual. Estas calderas son compatibles con los sistemas habituales de calefacción, como los radiadores o el suelo radiante. Según web13, basta con cambiar la caldera para aprovechar los beneficios de la biomasa.

Calefacción de biomasa	
Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sistema ecológico, por detrás de la energía solar.</li> <li>○ Se puede acceder a ayudas gubernamentales.</li> <li>○ Combustible barato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Precio de la caldera alto, de los más altos del mercado.</li> <li>○ Encontrar pellets o biomasa similar puede resultar complicado según en qué zonas.</li> <li>○ Necesidad de disponer de espacio para almacenar la biomasa.</li> <li>○ Rendimiento de las calderas algo inferiores a las calderas de combustible fósil.</li> </ul>

Tabla 8.2. Ventajas y desventajas de la calefacción de biomasa. Fuente: web13

También existen como fuente de calor a partir de la biomasa las estufas, pero se necesitará algún otro sistema de calefacción para la vivienda. Existen los siguientes tipos estufas según web14:

- Estufas de aire de pellets: disponen de potencias entre 5 y 15 kW, calientan con aire y son buena solución para estancias diáfanas.



- Estufas de agua de pellets: varían en potencias entre 18 y 29 kW y son para el agua caliente.

Mediante el sistema de calefacción de biomasa se puede satisfacer las necesidades tanto a pequeña escala, como puede ser una vivienda unifamiliar, a mediana escala como un bloque de viviendas o gran escala (IDAE, 2011c). Dependiendo de la finalidad habrá que estudiar qué caldera y potencia se requiere en cada caso.

### **8.3.2. REFRIGERACIÓN**

Para conseguir refrigeración mediante biomasa se realiza de la misma manera que con los captadores solares, requieren de máquinas de absorción/adsorción para transformar el calor que proporcionan en refrigeración.

## 8.4. ENERGÍA SOLAR Y BIOMASA

La combinación de una instalación de energía solar térmica con una caldera de biomasa puede satisfacer completamente las necesidades de calefacción, así como de ACS. Es una opción bastante interesante ya que las instalaciones de energía solar siempre deben disponer de un sistema de apoyo por ser una energía que no es siempre constante. La sustitución de una caldera convencional por una de biomasa permite reducir el impacto en el medio ambiente cuando se necesite de su uso para satisfacer las necesidades energéticas que no pudiera aportar el sistema de energía solar térmica.

Con esta combinación durante el periodo de invierno el sistema de biomasa cubrirá las necesidades que no se puedan satisfacer mediante la energía solar. Y en verano mediante energía solar y disponiendo de una máquina de absorción/adsorción se puede cubrir la demanda de refrigeración.

Según un ensayo y simulación de Sonnenkraft, 2010, realizado para las condiciones climáticas de Suiza, se deduce que:

- La reducción del consumo de Pellets con un sistema solar es considerable.
- Con el sistema solar se evitan los intervalos de arranque de la caldera desde primavera hasta otoño.
- El sistema solar de apoyo a la calefacción reduce el consumo eléctrico de las calderas de pellets.

## 8.5. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA BIOMASA EN ESPAÑA

Entre los años 2005 y 2009 se intentó impulsar el despegue de este sector sin embargo fueron mayores las expectativas de desarrollo que los resultados alcanzados. El uso de calderas de biomasa se ha extendido levemente en los últimos años y las calderas de pellets han empezado a comercializarse recientemente en España (IDAE, 2012c).

En algunas comunidades autónomas existen programas y ayudas para la promoción de las instalaciones alimentadas con biomasa y en la renovación de una caldera tradicional por una alimentada con combustibles limpios (IDAE, 2012c).

El territorio Español está dotado de un amplio potencial disponible de biomasa total estimado en 88.677.193 t/año, que se divide en las Comunidades Autónomas de la siguiente manera según IDAE, 2011a.

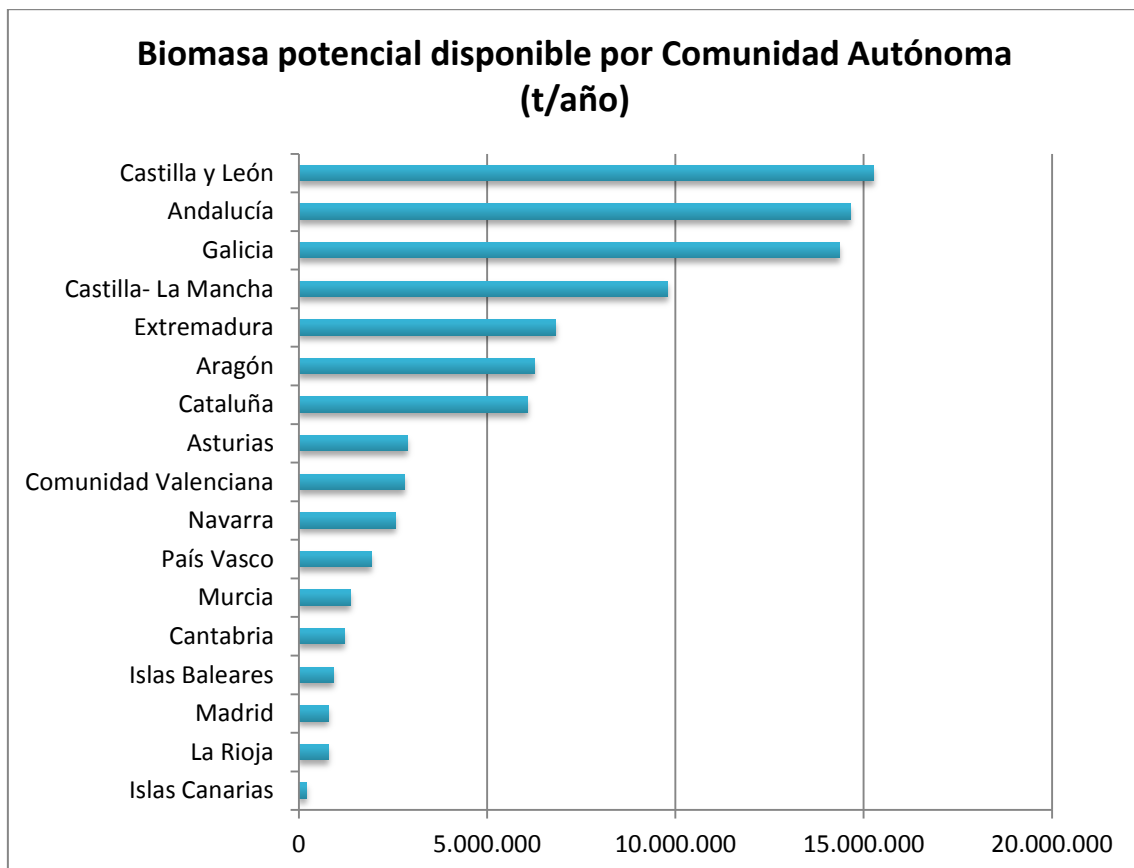


Figura 8.5. Biomasa potencial disponible por Comunidad Autónoma en t/año. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE, 2011a.

Según IDAE, 2011c el uso de biomasa para fines térmicos en 2010 se situó en 3.655 ktep, confirmando que el total de usos térmicos de energías renovables se sitúa en 3.876 ktep. Así pues la biomasa supone el porcentaje más alto con diferencia dentro del uso de energías renovables en España.

## **8.6. SITUACIÓN DE LA BIOMASA A NIVEL EUROPEO**

En muchos países europeos son práctica habitual las aplicaciones para calefacción abastecidas con pellets. En algunos países como puede ser Austria, el crecimiento de calderas de biomasa ha aumentado significativamente desde el año 2004. Son los países nórdicos y bálticos los principales consumidores de biomasa (IDAE, 2012c).

El uso de calderas de biomasa está muy extendido en países como Alemania o Austria, que han desarrollado nuevas tecnologías para este tipo de calderas (IDAE, 2012c).

## 8.7. ASPECTO ECONÓMICO DE LA BIOMASA

Las instalaciones de calderas de biomasa suelen resultar más costosas que las de combustibles tradicionales, pero por otro lado el precio del combustible que utilizan es reducido, sobre todo en los pellets, y además no se encuentra ligado a tantas fluctuaciones como en otros combustibles. En el caso de una instalación de pellets podría amortizarse en un plazo de 4 o 5 años (IDAE, 2012c1).

Los precios de las calderas de biomasa son elevados, su potencia puede variar entre 10 y 100kW, las de gama media-baja puede oscilar entre los 7.000 y los 15.000€ según sea para una vivienda unifamiliar o para un bloque de viviendas, las de gama media-alta son completamente automáticas en cuanto a su encendido, combustión y limpieza, y el precio puede variar entre los 10.000€ y los 30.000€ (web14)

Según IDAE, 2012d en un estudio comparativo de biomasa con gas natural y gasóleo, el primer año el sistema menos rentable es la biomasa, pero luego empieza a ser muy rentable respecto al gasóleo y a partir del cuarto año empieza a ponerse a la altura del gas natural hasta el séptimo año, cuando se invierte la situación y la biomasa se hace más barata.

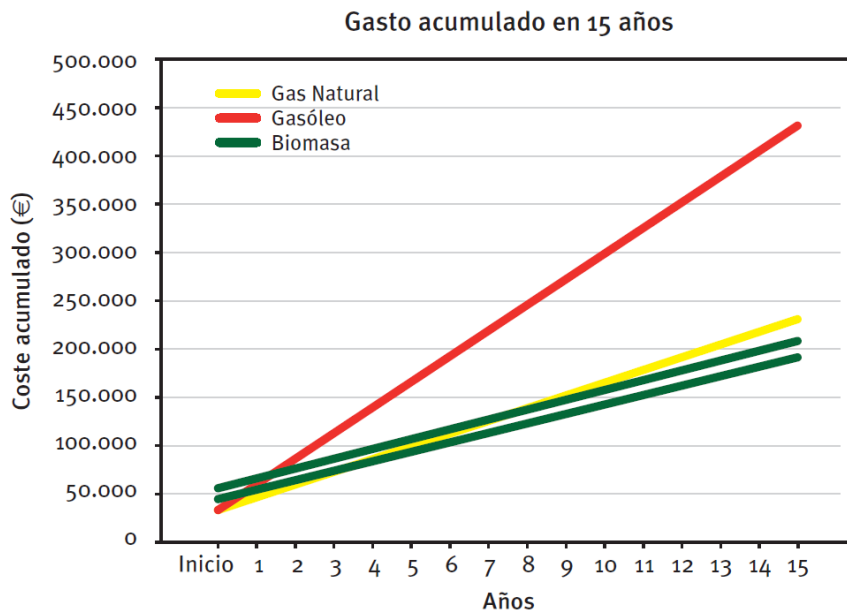


Figura 8.6. Gasto acumulado en 15 años dependiendo del tipo de combustible. Fuente: IDAE,2012c2

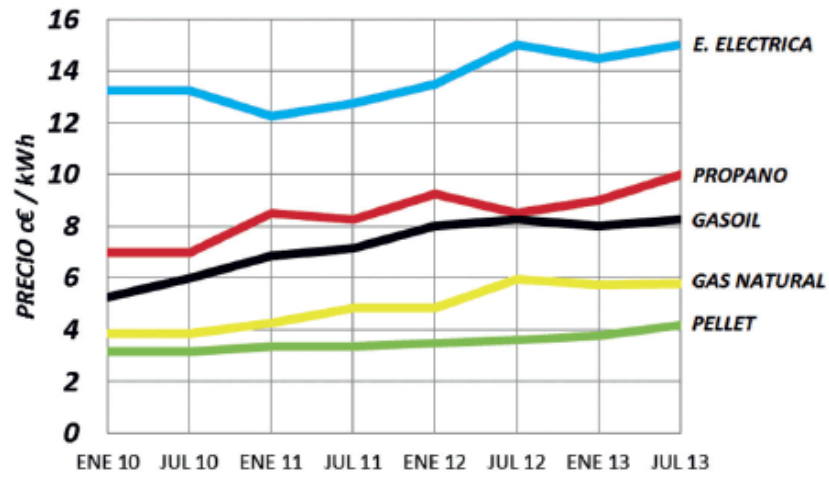


Figura 8.7. Evolución de los precios de combustibles. Fuente: tkinka.net.

Como se puede comprobar en la gráfica el precio del pellet también ha aumentado en los últimos años pero se sigue manteniendo por debajo de los principales combustibles empleados para usos térmicos.

## 9. COGENERACIÓN

### 9.1. DESCRIPCIÓN

La cogeneración es un procedimiento de generación de energía en el que se obtiene simultáneamente electricidad y calor a partir de una energía primaria. Es un sistema altamente eficiente debido a que el calor se produce durante el proceso de generación de electricidad, por lo que se trata del aprovechamiento de un calor residual (web18a).

La energía térmica obtenida se destina a la satisfacción de las necesidades del edificio en cuestión, en cuanto a la energía eléctrica puede ser consumida de la misma manera o venderse a la compañía eléctrica.

Los combustibles empleados para la cogeneración normalmente son de tipo fósiles: gas natural, gas propano, gasóleo... pero también puede emplearse la biomasa o biogás como combustibles.

#### 9.1.1. COMPONENTES

La instalación más elemental para construir un sistema de cogeneración debe estar compuesta por los siguientes elementos según web17:

- Una máquina matriz encargada de generar energía eléctrica a partir del consumo de una energía primaria como puede ser el gas natural o gasóleo.
- Un equipo de recuperación de calor contenido en:
  - Los gases de escape de la combustión en el motor.
  - En el agua de refrigeración del motor.

Cuando se aplica a un edificio, la instalación además deberá tener (Atecos, 2012b):

- Contador y red eléctrica.
- Depósito de almacenamiento donde se acumula el calor generado por el equipo, para su posterior aprovechamiento.

- Caldera convencional: para apoyar al sistema y cubrir la demanda en picos que se pueda producir.

### 9.1.2. TIPOS DE COGENERACIÓN

Según la Directiva 2004/8/CE, se definen los siguientes términos:

- Micro-cogeneración: dispositivo de cogeneración con una potencia máxima inferior a 50kW.
- Cogeneración a pequeña escala: dispositivo de cogeneración con una potencia máxima inferior a 1MW.

Se considerará cogeneración a los dispositivos con una potencia superior a 1MW.

### 9.1.3. SISTEMAS DE MICRO-COGENERACIÓN

Los sistemas de micro-cogeneración sirven de apoyo a los sistemas convencionales, habitualmente proporcionando parte de la demanda energética del edificio ya que no es recomendable que una instalación esté preparada para cubrir la totalidad de la demanda porque esta es muy variable y el equipo trabajaría a cargas bajas la mayor parte del tiempo, así lo indica web18c. De esta manera no se conseguiría un sistema eficiente, además es necesario cubrir las necesidades por la posibilidad de averías.

Existen los siguientes sistemas de micro-cogeneración con diferentes combustibles según Atecos, 2012a y web18b:

#### 9.1.3.1. Motores alternativos de combustión interna de gas natural o gasóleo

Preparados para trabajar un gran número de horas en continuo con la máxima eficiencia. Se suelen utilizar cuando la demanda es principalmente eléctrica y su eficiencia eléctrica es superior a la de las turbinas. Producen energía térmica válida para su uso en edificios a partir de la recuperación del calor que disipan los gases de escape y circuitos de agua de refrigeración.



### **9.1.3.2. Motores alternativos de combustión externa**

Son motores tipo Stirling y están alimentados por un gas, helio o hidrógeno, su mantenimiento es menor y su emisión de contaminantes es más baja con respecto a los motores alternativos de combustión interna. Disponen de una gama de potencias bajas, entre 0,2 y 9kW, adecuados para uso doméstico.

### **9.1.3.3. Micro-turbinas**

Se trata de motores más duraderos, requieren de menor espacio que los motores convencionales, menor coste de mantenimiento y mayor fiabilidad, además de reducir las contaminaciones, pero exigen una mayor inversión inicial. La eficiencia eléctrica es inferior a la de los motores de combustión interna, pero se compensa con una recuperación térmica mayor, a partir de los gases de escape.

- Micro-turbina de gas: son eficaces para la producción de electricidad y calor, se emplean en edificios con climatización centralizada como hoteles, hospitales, etc.
- Micro-turbina de vapor: se usan para sistemas de cogeneración a mayor escala con una eficiencia total muy alta, existen unidades a partir de 200kW. Funcionan con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

Cada proyecto se deberá analizar para conocer cuáles son las mejores soluciones técnicas y económicas. En el caso de climatización para edificios se debe estudiar opción de modular los equipos, disponiendo varios módulos de menor potencia que se puedan regular y ajustar mejor a las necesidades en función del periodo del año en que se encuentre. Así los equipos podrían trabajar a su máximo rendimiento (Alonso, 2010).

#### **9.1.4. TRIGENERACIÓN**

Este procedimiento consiste en la generación de manera simultánea, además de calor y electricidad como en la cogeneración, de energía térmica en forma de frío mediante el uso de equipos de absorción o adsorción (Atecos, 2012a).

Como en el caso de la cogeneración, con la trigeneración a pequeña escala, se conoce como micro-trigeneración. Con esta tecnología se permite alargar el periodo de uso ya que la demanda de frío y calor no son coincidentes. Los sistemas son similares a los de cogeneración pero llevan incorporada una máquina de absorción para convertir el agua caliente en refrigeración (Atecos, 2012a).

## 9.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA COGENERACIÓN

Cogeneración	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Obtención de dos tipos de energía simultáneamente.</li> <li>○ Disminución de consumo de energía primaria, alrededor del 30-40%.</li> <li>○ Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>.</li> <li>○ Alta eficiencia energética. Se aprovecha el 90% del combustible, frente al 60-70% de la mejor generación separada de electricidad y calor.</li> <li>○ Al generar la electricidad localmente, se evitan pérdidas de transporte y distribución hasta los consumidores.</li> <li>○ Menor dependencia de la red eléctrica.</li> <li>○ Reducción de costes energéticos para el usuario.</li> <li>○ Posible beneficio económico por la venta de los excedentes de electricidad.</li> <li>○ No depende del clima.</li> <li>○ Ocupa poco espacio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ No es una energía renovable.</li> <li>○ Se sigue dependiendo, aunque en menor medida, de una energía primaria como el gas.</li> <li>○ Coste de la instalación más elevado que las convencionales.</li> <li>○ Coste del combustible elevado.</li> <li>○ Coste de mantenimiento más alto que en otras alternativas energéticas.</li> <li>○ Normalmente requieren de ayudas y subvenciones para que el proyecto sea rentable.</li> <li>○ No ahorra dinero si no funciona como mínimo 4500 horas al año.</li> <li>○ Falta de regulación para los procedimientos de interconexión a la red eléctrica y trámites administrativos complejos: Es necesario exportar la energía para que funcionen bien las instalaciones ya que en el sector residencial la demanda eléctrica es un 22% de la energía final consumida.</li> </ul>

Tabla 9.1. Ventajas y desventajas de la cogeneración. Fuente: elaboración propia a partir de: web16a; web17; Atecos, 2012a; Ecotelia, 2010; Arzoz, 2010; web18a.

### 9.3. APLICACIONES DE LA COGENERACIÓN

Para cubrir las necesidades de edificios que pertenecen al sector residencial; como unifamiliares o bloques de viviendas, o al sector terciario; como pueden ser hospitales, hoteles, comercios, oficinas... normalmente se empleará la micro-cogeneración o cogeneración a pequeña escala, así como la micro-trigeneración. Las razones son las siguientes según Atecos, 2012a:

- Tienen una demanda constante de electricidad y energía térmica.
- Su factor de utilización es elevado (más de 4500 horas).
- Puede alimentarse de distintos tipos de combustibles (gas natural, biomasa, gasoil, etc).

Según afirma Brotto, 2011, esta tecnología se puede integrar perfectamente tanto en nuevas instalaciones como en rehabilitación.

Es importante para este tipo de sistemas apuntar lo que se menciona en el CTE (Código Técnico de la Edificación), donde se expresa que la contribución solar mínima en el aporte energético de agua caliente sanitaria de toda vivienda nueva puede ser sustituida por otros sistemas que usen fuentes renovables o cogeneración. Por lo tanto se debe contemplar como una posible solución más a la hora de proyectar nuevos edificios, ya que puede ser igual o más válida que otras tecnologías que se usan actualmente.

Las aplicaciones que pueden proporcionar en el sector residencial, además de electricidad y ACS, son:

- Calefacción.
- Refrigeración.
- Climatización de piscinas.

### **9.3.1. CALEFACCIÓN**

Es conveniente el empleo de emisores de tipo radiante porque requieren de temperaturas menos elevadas para su buen funcionamiento.

### **9.3.2. REFRIGERACIÓN**

Como antes se ha descrito, se puede obtener refrigeración a partir de los sistemas de micro-cogeneración, incluyendo en ellos una máquina de absorción para realizar el proceso. De esta manera se tiene todo incluido en un mismo tipo de instalación para satisfacer las necesidades térmicas del edificio.

## 9.4. SITUACIÓN Y POTENCIAL DE LA COGENERACIÓN EN ESPAÑA

La cogeneración se encuentra bastante implantada en el país pero especialmente en el sector industrial, donde se emplean potencias elevadas y es más eficiente (Cogen, 2010). Por el contrario en el sector residencial y terciario es muy reducido su uso hasta el momento, se trata de una solución compleja que no es bien entendida por los usuarios ni las autoridades energéticas, aunque puede llegar a ser igual o más eficiente que otras soluciones según Ecotelia, 2010.

En el año 2011 contaba con una potencia instalada de 6.095 MW, de los cuales 200 MW corresponden a potencias  $\leq 1$  MW (Higueras, 2011). En la siguiente imagen se aprecia la distribución de la potencia de las instalaciones en España.

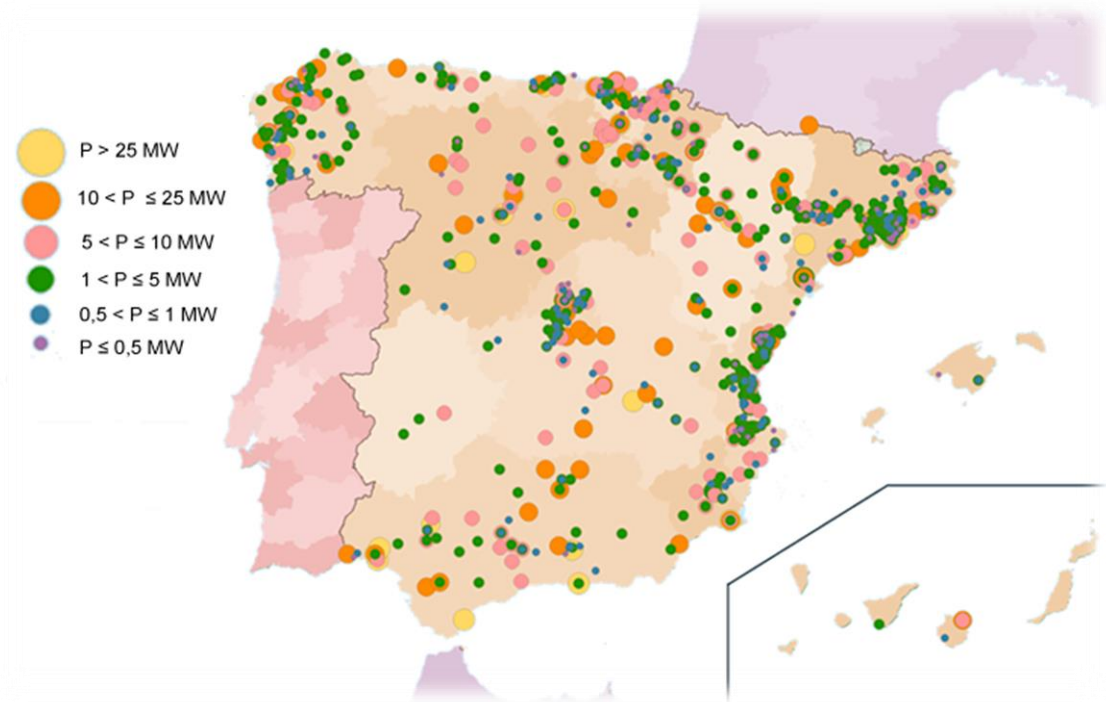


Imagen 9.1. Distribución de la cogeneración según potencias en España. Fuente: web28.

El combustible más utilizado por la cogeneración es el gas natural con un 90%, siendo el 20% del consumo de gas natural total en España (Acogen, 2012). La electricidad producida por la cogeneración supone el 12% de total eléctrica producida en el país, y el 7% de la energía final consumida (web29).

Las posibles causas del poco desarrollo de este tipo de tecnología en España está directamente relacionado con los costes asociados, según Higuera, 2011:

- Costes de inversión de los equipos.
- Costes de estudio y viabilidad de la conexión.
- Costes en legalizaciones: solicitud de permisos, autorización administrativa, permisos locales, licencia de actividad y ambiental, etc.

Por estos motivos el proceso resulta lento y costoso, además la normativa al respecto es compleja y en ocasiones se mezcla y comparte con la de las energías renovables.

## 9.5. SITUACIÓN DE LA COGENERACIÓN A NIVEL EUROPEO

En varios países europeos se emplea en gran medida la cogeneración para fines industriales, domésticos y comerciales. El país que mayor potencia instalada de cogeneración posee es Alemania con diferencia del resto, seguida de Italia, Finlandia y Polonia. Por otro lado, el país que mayor producción eléctrica de cogeneración tiene sobre el total de energía demandada es Dinamarca, estando alrededor del 50%, por detrás se encuentra Finlandia con 38% y Países Bajos con un 30% (Acogen, 2012).



## 9.6. ASPECTO ECONÓMICO DE LA COGENERACIÓN

Según Ecotelia, 2010, la instalación de un sistema de micro-cogeneración no resulta caro si se compara con otras soluciones. Además dispone de un periodo de amortización entre 3 y 8 años dependiendo del tamaño de la instalación, entre 5 y 50 kW. En cualquier caso el edificio debe tener unas necesidades térmicas razonables para que salga rentable este tipo de tecnología y la amortización siempre dependerá del número de horas de funcionamiento al año, cuanto mayor cantidad de trabajo, menor tiempo de amortización.

Así pues desde el punto de vista económico, se requiere de un dimensionamiento adecuado de los equipos para aprovechar al máximo su potencia, junto con una cantidad importante de horas de uso al año, cuanto mayor mejor, para conseguir una rentabilidad. Como indica Alonso, 2010, si no se emplea la recuperación de calor para usos térmicos, no será económicamente beneficiosa.

## 10. ESTUDIO DE CASO

En este punto se van a exponer una serie de casos reales, divididos por apartados según las tecnologías anteriormente analizadas. A partir de ellos se podrá ver qué resultados desprenden los diferentes estudios, según cual podrá ser el ahorro energético, ahorro de emisiones efecto invernadero, ahorro económico, etc. De esta manera se comprobará cómo de beneficiosos resultan las instalaciones realizadas en estos edificios. Los casos corresponden a diferentes tipologías tanto del sector terciario como del residencial.

### 10.1. ENERGIA SOLAR TÉRMICA

<b>HOTEL EN LUGROS, GRANADA</b>	
<b>Ubicación</b>	Granada.
<b>Sector</b>	Terciario.
<b>Capacidad</b>	20 personas
<b>Superficie instalada</b>	200 m <sup>2</sup> .
<b>Aplicación</b>	ACS, calefacción por suelo radiante y climatización de piscina.
<b>Fuente auxiliar</b>	Gasóleo.
<b>Ahorro energético</b>	59.568 kWh/año, 33% (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	21 t/año (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Ahorro económico</b>	4.108 €/año (frente a gasóleo).

Tabla 10.1. Ejemplo energía solar térmica en Hotel en Lugros. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE\_APIA, 2006.

Se trata de un hotel situado en Granada, con una superficie importante de captadores solares y un clima bastante caluroso, suponen más del 30% de ahorro energético respecto a la instalación solo de gasóleo, una cantidad aceptable pero no excesivamente elevada. También supone un ahorro económico y de emisiones de CO<sub>2</sub> considerable.

<b>EDIFICIO FUNDACIÓN METRÓPOLI</b>	
<b>Ubicación</b>	Madrid.
<b>Sector</b>	Terciario, oficinas.
<b>Superficie instalada</b>	72 m <sup>2</sup> .
<b>Aplicación</b>	ACS, calefacción y refrigeración.
<b>Acumulación</b>	6.000 l para calefacción y 5.000 l para refrigeración.
<b>Fuente auxiliar</b>	Gas natural.
<b>Ahorro energético</b>	57.481 kWh/año, 44% (frente instalación solo de gas natural).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	15 t/año (frente instalación solo de gas natural).
<b>Ahorro económico</b>	2.967 €/año (frente a gas natural).

Tabla 10.2. Ejemplo energía solar térmica en edificio Metrópoli. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE\_APIA, 2006.

Este caso corresponde a un edificio de oficinas situado en Madrid, con una superficie de instalada menor de la mitad que el caso anterior se consigue un ahorro energético prácticamente igual, junto con un ahorro económico y de emisiones CO<sub>2</sub> bueno comparado con que la instalación de gas natural cubriese el 100% de la demanda . Por lo tanto esta instalación obtiene un rendimiento y unos beneficios superiores a los del primer caso.

<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR EN ARANGUREN</b>	
<b>Ubicación</b>	Aranguren (Navarra).
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Capacidad</b>	4 personas.
<b>Superficie instalada</b>	29,4 m <sup>2</sup> .
<b>Aplicación</b>	ACS, apoyo a calefacción y climatización de piscina.
<b>Fuente auxiliar</b>	Gasóleo.
<b>Ahorro energético</b>	21.804 kWh/año, 68,6% (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	8 t/año (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Ahorro económico</b>	1.504 €/año (frente a gasóleo).

Tabla 10.3. Ejemplo energía solar térmica en vivienda unifamiliar en Aranguren. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE\_APIA, 2006.

Una vivienda unifamiliar situada en Navarra, una zona donde los niveles de radiación solar no son elevados obtiene un ahorro energético casi del 70% frente a la instalación solo de gasóleo. En este caso se consiguen unos beneficios muy buenos y más teniendo en cuenta que no es una zona climática privilegiada para este tipo de instalación.

<b>COMPLEJO DE EDIFICIOS EN LA ROCHELLE</b>	
<b>Ubicación</b>	La Rochelle (Francia).
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Capacidad</b>	12 edificios, 941 viviendas.
<b>Superficie instalada</b>	1164 m <sup>2</sup> .
<b>Aplicación</b>	ACS y apoyo a calefacción.
<b>Fuente auxiliar</b>	Diversas, calefacción urbana.
<b>Ahorro energético</b>	894.000 kWh/año, 43% (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	210 t/año (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Coste total del proyecto</b>	1.371.000 € (1.537€ por apartamento).

Tabla 10.4. Ejemplo energía solar térmica en complejo edificios en La Rochelle. Fuente: elaboración propia a partir de Solarge, 2010.

Este ejemplo se trata de una gran instalación de más de 1000 m<sup>2</sup> de superficie de captadores para un complejo de varios edificios con casi 1000 apartamentos situados en Francia. Supone un ahorro energético mayor del 40% frente a la instalación solo de gasóleo, algo más que aceptable teniendo en cuenta el clima de la zona. La instalación conlleva un coste económico por vivienda asequible y un ahorro importante en emisiones de CO<sub>2</sub>.

<b>HOTEL EN KIRCHZARTEN</b>	
<b>Ubicación</b>	Kirchzarten (Alemania).
<b>Sector</b>	Terciario.
<b>Capacidad</b>	70 camas.
<b>Superficie instalada</b>	53 m <sup>2</sup> .
<b>Aplicación</b>	ACS y apoyo a calefacción.
<b>Fuente auxiliar</b>	Gasóleo.
<b>Ahorro energético</b>	34.000 kWh/año, 43% (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	7,5 t/año (frente instalación solo de gasóleo).
<b>Coste total del proyecto</b>	55.000 €.

Tabla 10.5. Ejemplo energía solar térmica en hotel en Kirchzarten. Fuente: elaboración propia a partir de Solarge, 2010.

Otro ejemplo situado fuera del territorio nacional, en este caso un hotel en Alemania con una superficie de captadores moderada llega a conseguir un ahorro mayor del 40% frente a la instalación solo de gasóleo. De la misma manera que el ejemplo anterior, se consigue un beneficio razonable en climas que no son tan favorecedores para las instalaciones solares.

Como se observa en los ejemplos mostrados se pueden obtener unos rendimientos aceptables en diversas zonas de la geografía europea, cubriendo una demanda media entorno al 40% de las necesidades energéticas, con su correspondiente ahorros de emisiones de CO<sub>2</sub>. Se demuestra así que este tipo de instalaciones son buena opción para usarse en lugares con diferentes climatologías aporta unos beneficios suficientes.

## 10.2. GEOTERMIA

<b>VIVIENDA UNIFAMILIAR EN VALLADOLID</b>	
<b>Ubicación</b>	Valladolid.
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Superficie a climatizar</b>	225 m <sup>2</sup> .
<b>Instalación</b>	Bomba de calor geotérmica TERRA 15 HGL trifásica. Tres perforaciones de 80 m donde están insertadas sondas PE 32 x 2,9 Doble U.
<b>Aplicación</b>	ACS y apoyo a calefacción por suelo radiante.
<b>Instalación anterior</b>	Caldera gasóleo C.
<b>Ahorro energético</b>	Hasta el 72% (frente instalación anterior de gasóleo C).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	10,9 t/año (frente instalación anterior de gasóleo C).
<b>Amortización</b>	5 años.

Tabla 10.6. Ejemplo geotermia en vivienda unifamiliar en Valladolid. Fuente: elaboración propia a partir de web25.

<b>ESCUELA INFANTIL EN NIGRAN</b>	
<b>Ubicación</b>	Nigran (Vigo).
<b>Sector</b>	Terciario, escuela infantil.
<b>Superficie a climatizar</b>	1.000 m <sup>2</sup> .
<b>Instalación</b>	Bomba de calor geotérmica de 75 kW. 10 perforaciones de 100 m para colocación de sondas.
<b>Aplicación</b>	ACS y apoyo a calefacción.
<b>Instalación anterior</b>	Caldera gasóleo C.
<b>Ahorro energético</b>	Hasta el 66% (frente instalación anterior de gasóleo C).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	78% (frente instalación anterior de gasóleo C).

Tabla 10.7. Ejemplo geotermia en escuela infantil en Nigran. Fuente: elaboración propia a partir de Rodríguez, 2012.

<b>ESCUELA INFANTIL EN BAIONA</b>	
<b>Ubicación</b>	Baiona (Vigo).
<b>Sector</b>	Terciario, escuela infantil.
<b>Superficie a climatizar</b>	800 m <sup>2</sup> .
<b>Instalación</b>	Bomba de calor geotérmica de 52 kW. 5 perforaciones de 120 m para colocación de sondas.
<b>Aplicación</b>	ACS y apoyo a calefacción.
<b>Instalación anterior</b>	Caldera gasóleo C.
<b>Ahorro energético</b>	Hasta el 68% (frente instalación anterior de gasóleo C).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	79% (frente instalación anterior de gasóleo C).

Tabla 10.8. Ejemplo geotermia en escuela infantil en Baiona. Fuente: elaboración propia a partir de Rodríguez, 2012.

Los tres primeros casos constan de una instalación de bomba de calor geotérmica con captación mediante sondas geotérmicas en edificios de sector residencial y terciario. Alcanzan ahorros energéticos sobre el 70% para cubrir la demanda de calefacción y agua caliente sanitaria frente a la instalación anterior de gasóleo C. De igual manera los ahorros de emisiones de CO<sub>2</sub> llegan casi al 80%. Los resultados obtenidos en estos ejemplos son altamente beneficiosos.

<b>CENTRO DE DÍA Y ESCUELA INFANTIL EN AS NEVES</b>	
<b>Ubicación</b>	As Neves (Pontevedra).
<b>Sector</b>	Terciario.
<b>Superficie a climatizar</b>	800 m <sup>2</sup> ( 700 m <sup>2</sup> correspondientes a Centro de Día y 100 m <sup>2</sup> a Escuela Infantil).
<b>Instalación</b>	Bomba de calor geotérmica de 40 kW. 6 perforaciones de 100 m para colocación de sondas.
<b>Aplicación</b>	Calefacción y refrigeración.
<b>Instalación anterior</b>	Bomba de calor aire-agua.
<b>Ahorro energético</b>	51% (frente bomba de calor aire-agua).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	51% (frente bomba de calor aire-agua).

Tabla 10.9. Ejemplo geotermia en centro de día en Baiona. Fuente: elaboración propia a partir de Rodríguez, 2012.

Este caso está situado en Pontevedra, un edificio del sector terciario con una superficie amplia. Una instalación mediante sondas geotérmicas, como en los casos anteriores, que consigue un ahorro del 50% tanto energético como de emisiones frente a la instalación

anterior de bomba de calor aire-agua. Lo que indica que sigue ofreciendo ahorros importantes aun frente a instalaciones más eficientes que en los anteriores casos.

<b>PISO PILOTO GIROD EN POZUELO DE ALARCÓN</b>	
<b>Ubicación</b>	Pozuelo de Alarcón (Madrid).
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Superficie a climatizar</b>	350 m <sup>2</sup> .
<b>Instalación</b>	Bomba de calor geotérmica de 16 kW. 1 perforación de 200 m para colocación de sonda.
<b>Aplicación</b>	Calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y alargar temporada de piscina.
<b>Ahorro energético</b>	35.790 kWh/año, 72% (frente gas natural + panel solar).
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	4,7 t/año 50% (frente gas natural + panel solar).
<b>Coste instalación</b>	28.660 €.

Tabla 10.10. Ejemplo geotermia en piso piloto Girod en Pozuelo de Alarcón. Fuente: elaboración propia a partir de Madero, 2011b.

Este caso corresponde a un piso piloto que compara una instalación compuesta de bomba de calor geotérmica y sondas geotérmicas con una de gas natural con apoyo de captadores solares. Según los resultados se alcanza un ahorro energético mayor del 70% y de emisiones del 50% en favor de la geotermia, lo que supone una diferencia sustancial entre ambas instalaciones.

En los ejemplos de instalaciones geotérmicas se observan unos rendimientos muy elevados, se alcanzan ahorros energéticos de más del 70% en algunos casos dependiendo con que sistema se esté comparando. De igual manera su ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> se mantiene en los mismos niveles que los energéticos. Su ejecución puede resultar más complicada en algunos casos pero se trata de una energía constante que arroja unos resultados muy buenos según lo expuesto anteriormente.



### 10.3. BIOMASA

<b>CHALET EN POZUELO</b>	
<b>Ubicación</b>	Pozuelo de Alarcón (Madrid).
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Superficie a climatizar</b>	800 m <sup>2</sup> .
<b>Instalación</b>	Caldera de biomasa mixta 93 kW, accionamiento manual mediante tolva.
<b>Combustible</b>	Hueso de aceituna (puede sustituirse por otro tipo de biomasa).
<b>Aplicación</b>	ACS y calefacción.
<b>Instalación anterior</b>	Caldera de gas propano.
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	Las emisiones de CO <sub>2</sub> quedan equilibradas ya que la biomasa de origen vegetal libera en su transformación energética la misma cantidad de CO <sub>2</sub> que el absorbido de la atmosfera en su crecimiento.
<b>Ahorro económico</b>	3.530 €/año (frente a la caldera de gas propano).
<b>Coste instalación</b>	12.000 €.
<b>Amortización</b>	3-4 años.

Tabla 10.11. Ejemplo biomasa en piso chalet en Pozuelo. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE\_APIA, 2007.

<b>EDIFICIO DE VIVIENDAS EN ZARAGOZA</b>	
<b>Ubicación</b>	Zaragoza.
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Superficie a climatizar</b>	88 viviendas.
<b>Instalación</b>	Caldera de biomasa 400 kW para utilización de biomasa sólida. Entrada de combustible a través de una trampilla de descarga hasta el silo herméticamente cerrado con una capacidad de 45,6 m <sup>3</sup> . A través de bajantes metálicas se facilita el arrastre del combustible mediante tornillos sinfín hasta la caldera. El proceso de alimentación es completamente automático.
<b>Combustible</b>	Biomasa solida de volatilidad media y peso específico inferior a 300kg/m <sup>3</sup> , formado principalmente por cascara de almendra.
<b>Aplicación</b>	ACS y calefacción.
<b>Instalación anterior</b>	Caldera de carbón.
<b>Reducción cantidad de residuos</b>	3% de la combustión de carbón a un 0,2% de la biomasa.
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	Las emisiones de CO <sub>2</sub> quedan equilibradas ya que la biomasa de origen vegetal libera en su transformación energética la misma cantidad de CO <sub>2</sub> que el absorbido de la atmosfera en su crecimiento.
<b>Ahorro económico</b>	30% (respecto a caldera de carbón), debido al bajo precio del combustible.
<b>Amortización</b>	3-4 años.

Tabla 10.12. Ejemplo biomasa en edificio de viviendas en Zaragoza. Fuente: elaboración propia a partir de IDAE\_APIA, 2007.

El uso de biomasa supone ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> ya que en teoría estas quedan equilibradas ya que se libera la misma cantidad de CO<sub>2</sub> que el absorbido en la atmósfera en su crecimiento. Además, aunque no se dispone de datos energéticos como tal, a partir de los datos económicos se puede determinar que suponen un ahorro también de este tipo y que gozan de una amortización bastante rápida. Por lo tanto pueden ser una buena solución siempre que se disponga de un suministro de la biomasa constante a un precio razonable.

## 10.4. COGENERACIÓN

<b>EDIFICIO DE VIVIENDAS EN COLMENAR VIEJO</b>	
<b>Ubicación</b>	Colmenar Viejo (Madrid).
<b>Sector</b>	Residencial.
<b>Superficie a climatizar</b>	94 viviendas
<b>Instalación</b>	Micro-turbina 65 kW eléctricos y 120 kW térmicos. Calderas 980 W térmicos.
<b>Tiempo de funcionamiento</b>	7200 h/año.
<b>Aplicación</b>	ACS y calefacción.
<b>Fuente de energía</b>	Gas natural.
<b>Ahorro energético</b>	143.000 kWh/año (frente instalación sin cogeneración)..
<b>Ahorro emisiones CO<sub>2</sub></b>	29 t/año (frente instalación sin cogeneración).
<b>Ahorro económico</b>	30.900 €/año (frente instalación sin cogeneración).
<b>Coste instalación</b>	191.300 €.
<b>Amortización</b>	6 años.

Tabla 10.13. Ejemplo cogeneración en edificio de viviendas en Colmenar Viejo. Fuente: elaboración propia a partir de Alonso, 2010.

Este caso de micro-cogeneración alimentado por gas natural para un edificio de viviendas en Madrid supone un ahorro energético y de emisiones sustancial frente a la misma instalación sin cogeneración. Además de tener la ventaja frente a los otras tecnologías de que también proporciona electricidad. El coste de la instalación oscila los 2.000€ por vivienda y se amortiza en un periodo de tiempo moderado.

## 11. CONCLUSIONES

Habiendo analizado las diferentes alternativas energéticas anteriormente propuestas se han realizado una serie de tablas comparativas entre ellas para determinar varios aspectos sobre las mismas. Estas tablas están acompañadas de una explicación para su mayor comprensión y detalle sobre los aspectos a tratar. Dichos aspectos son:

- Tendencias según disponibilidad geográfica: comparativa de las alternativas por su disponibilidad en el territorio Español, cuales tienen mayor o menor disponibilidad.
- Tendencias según el clima: comparativa según como afectan sobre la alternativas energéticas los diferentes climas, mediterráneo, continental, oceánico y subtropical.
- Tendencias según el sector: comparativa diferenciando entre sector residencial (vivienda unifamiliar y bloque de viviendas) y sector terciario. Qué alternativas son adecuadas para cada sector.
- Tendencias según el estado del edificio: comparativa según se trate de un edificio de obra nueva o una rehabilitación, se indicaran qué métodos pueden emplearse en cada caso y cuales suponen mayores dificultades para ello.
- Tendencias según el tipo de demanda: comparativa entre las alternativas según la capacidad para cubrir necesidades de calefacción y refrigeración, definiendo si requiere de equipos adicionales para ello.

**TENDENCIAS SEGÚN DISPONIBILIDAD GEOGRÁFICA**

<b>GEOTERMIA DE MUY BAJA ENTALPÍA</b>	Disponible en todo el territorio
<b>ENERGÍA SOLAR</b>	Disponible en todo el territorio, irradiancia de mayor a menor desde el sur hacia el norte.
<b>COGENERACIÓN</b>	Disponible en todo el territorio mediante gas natural, gasoil o similar.
<b>BIOMASA</b>	Disponible en mayor o menor medida en todo el territorio.

Tabla 11.1. Tendencias según disponibilidad por zonas geográficas. Fuente: elaboración propia.

En primer lugar se sitúa la geotermia de muy baja entalpia, podría ser tanto en sondas geotérmicas, sondeos de captación de agua someros y cimientos geotérmicos. También se podrían incluir los colectores horizontales enterrados pero estos están influidos por el clima ya que se encuentran muy cerca de la superficie, por lo tanto no se dispone de una temperatura constante en todo momento.

La cogeneración es una fuente de energía constante pero depende de un combustible primario, como es el gas natural o gasóleo.

La energía solar tanto para fines térmicos o eléctricos no es un recurso con una disponibilidad constante pero si abundante en gran parte de la península ibérica, en mayor o menor medida se puede obtener aprovechamiento de tecnologías que emplean esta energía. La zona sur, como Andalucía o Murcia son de las Comunidades Autónomas que disponen de mayor irradiancia a lo largo del año. En la zona norte, como P. Vasco o La Rioja, presentan los valores más bajos y por último en la zona centro de la península también se puede obtener un rendimiento elevado de energía solar.

La biomasa disponible para este tipo de instalaciones es un recurso que se extiende por todo el territorio español pero de manera irregular, es un factor importante la ubicación de la biomasa que abastecerá el sistema. Las Comunidades Autónomas con mayor disponibilidad son Castilla y León, Andalucía y Galicia.

Como se puede comprobar disponemos en buena medida de todas estas tecnologías en el territorio Español, dependiente de la ubicación puede resultar más factible emplear un tipo u otro de energía a la hora de seleccionar el tipo de instalación para un edificio en concreto.

## TENDENCIAS SEGÚN CLIMA

		MEDITERRANEO	CONTINENTAL	OCEÁNICO	SUBTROPICAL
<b>SOLAR</b>		✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓	✓ ✓
<b>GEOTERMIA</b>	<i>Colectores horizontales enterrados</i>	✓ ✓ ✓	✓ ✓	✓	✓ ✓
	<i>Resto sistemas</i>				
<b>BIOMASA</b>					
<b>COGENERACIÓN</b>					

Tabla 11.2. Tendencias según el clima. Fuente: elaboración propia.

Las tecnologías que más dependen del clima son las que están alimentadas con energía solar, tanto para usos térmicos como eléctricos. El clima mediterráneo es muy adecuado para este tipo de instalaciones, se caracteriza por sus temperaturas suaves en invierno y muy elevadas en verano. Las zonas con este clima coinciden con los niveles de irradiación global más elevados de la península.

Cuando se trata de clima continental las instalaciones solares resultan recomendables ya que se podrá obtener un buen rendimiento, disponen de temperaturas bajas en invierno y muy altas en verano, con unos índices de irradiación bastante elevados según qué zonas.

En cuanto al clima oceánico, las tendencias que emplean energía solar no son tan recomendables como en los casos anteriores ya que disponen de temperaturas suaves todo el año y precipitaciones frecuentes, acompañado de unos niveles de irradiación poco elevados.

Un clima subtropical puede ser adecuado ya que tiene unas temperaturas suaves durante todo el año con escasas precipitaciones y una irradiación aceptable en muchos casos.

Para el caso de las instalaciones mediante colectores horizontales enterrados, procedentes del campo de energía geotérmica, se aplican los mismos criterios explicados para energía solar ya que estos sistemas se encuentran muy cerca de la superficie y están bastante influidos por la climatología de la zona donde se instalan.

El resto de los sistemas geotérmicos, así como de biomasa y cogeneración no están influidos por el clima para poder obtener un rendimiento adecuado.

Según se acaba de explicar, unos climas obtienen mejor rendimiento que otros con este tipo de tecnologías pero como se ha podido comprobar en los ejemplos de edificios reales con apoyo de energía solar en el apartado “Estudio de caso”, se obtienen beneficios aceptables aun en climas que disponen de menor cantidad de radiación solar, tanto en España como en otros países.

## TENDENCIAS SEGÚN SECTOR

		RESIDENCIAL		TERCIARIO
		UNIFAMILIAR	BLOQUE VIVIENDAS	
SOLAR	<i>Térmica</i>	✓	✓	✓
	<i>Fotovoltaica</i>	✓	✓	✓
GEOTERMIA	<i>Colectores horizontales enterrados</i>	✓	✗	✗
	<i>Sondas geotérmicas</i>	✓	✓	✓
	<i>Sondeos de captación de agua someros</i>	✓	✓	✓
	<i>Cimientos geotérmicos</i>	✓	✓	✓
BIOMASA	<i>Estufas</i>	✓	✗	✗
	<i>Calderas</i>	✓	✓	✓
COGENERACIÓN	<i>Micro-cogeneración</i>	✓	✓	✓
	<i>Cogeneración a pequeña escala</i>	✗	✓	✓
	<i>Cogeneración</i>	✗	✗	✓

Tabla 11.3. Tendencias según el sector, residencial y terciario. Fuente: elaboración propia.

Los sistemas que emplean energía solar para fines térmicos y fotovoltaicos pueden adaptarse a las instalaciones en el sector residencial, tanto vivienda unifamiliar como bloque viviendas, y en el sector terciario. Un aspecto importante de este tipo de tecnología es que para poder abastecer las diferentes necesidades según el edificio se requerirá de mayor o menor espacio para la colocación de los captadores solares. Este espacio en muchos casos deberá ser amplio, por ejemplo en el sector terciario hoteles, hospitales o en residencial bloques con gran cantidad de viviendas.

En el caso de los métodos que emplean energía geotérmica se debe distinguir entre el sistema de colectores horizontales enterrados y el resto. Los colectores enterrados son más indicados para el uso en viviendas unifamiliares ya que requieren de una gran superficie según las necesidades, no sería adecuado para bloques de viviendas o edificios del sector terciario y además se obtiene menor rendimiento, especialmente en refrigeración. El resto de sistemas como sondas geotérmicas, sondeos de captación de aguas y cimientos geotérmicos son aptos para las diferentes tipologías. En el caso de sondas geotérmicas no requieren de grandes



superficies pero dependerá de la demanda que se le exija para la cantidad de perforaciones necesarias. Y los cimientos geotérmicos aunque es posible instalarlos en cualquier caso suelen emplearse en edificios de grandes dimensiones.

En el campo de la biomasa se puede diferenciar entre las estufas, que podrán usarse en viviendas unifamiliares y normalmente requerirán de otro sistema de calefacción en la vivienda, y calderas de biomasa. Las calderas son capaces de cubrir las necesidades en ambos sectores, tanto residencial como terciario. En cada caso se requerirá de una potencia y una cantidad de calderas determinada.

Las diferentes ramificaciones de la cogeneración pueden cubrir cualquier tipo de demanda. La micro-cogeneración puede emplearse para viviendas unifamiliares, bloque de viviendas y algunos edificios del sector terciario cuando no excedan potencias mayores de 50 kW. La cogeneración a pequeña escala se emplea para potencias mayores, bloques con gran número de viviendas o edificios del sector terciario de un tamaño considerable, no superando 1 MW de potencia. Para el resto de edificios del sector terciario con requerimientos mayores, como puede ser un hospital de grandes dimensiones, se cubriría la demanda mediante cogeneración.

En el caso de la combinación energía solar térmica y caldera de biomasa se puede emplear en ambos sectores y en todos los casos.

En este punto se concluye que ya sea energía solar, geotermia, biomasa o cogeneración, todas ellas pueden emplearse en ambos sectores a excepción de algunas puntualizaciones que se han comentado. Pero con la instalación adecuada se podrán utilizar en cualquier edificio del sector terciario y residencial.

## TENDENCIAS SEGÚN ESTADO DEL EDIFICIO

		NUEVA CONSTRUCCIÓN	REHABILITACIÓN
<b>SOLAR</b>	<i>Térmica</i>	✓	✓
	<i>Fotovoltaica</i>	✓	✓
<b>GEOTERMIA</b>	<i>Colectores horizontales enterrados</i>	✓	✓
	<i>Sondas geotérmicas</i>	✓	✓
	<i>Sondeos de captación de agua someros</i>	✓	✓
	<i>Cimientos geotérmicos</i>	✓	✗
<b>BIOMASA</b>	<i>Estufas</i>	✓	✓
	<i>Calderas</i>	✓	✓
<b>COGENERACIÓN</b>	<i>Micro-cogeneración</i>	✓	✓
	<i>Cogeneración a pequeña escala</i>	✓	✓
	<i>Cogeneración</i>	✓	✓

Tabla 11.4. Tendencias según estado del edificio, nueva construcción y rehabilitación. Fuente: elaboración propia.

Prácticamente la totalidad de las tecnologías analizadas en este proyecto pueden ser adaptadas tanto en nueva construcción como en rehabilitación, aunque no todas con la misma facilidad.

Los sistemas solares térmicos y fotovoltaicos pueden emplearse en nuevas construcciones y rehabilitaciones, en ambos casos se deberá prever de un espacio para la colocación de los captadores solares, algo que se puede antojar más complicado cuando se trate de una rehabilitación. Estos captadores podrán instalarse en las cubiertas de los edificios u otro lugar adecuado para ello.

Dentro de las diferentes tecnologías que se basan en la geotermia se debe diferenciar empezando por los colectores horizontales enterrados, este sistema se puede emplear tanto en obra nueva como en rehabilitaciones pero se deberá tener una cantidad considerable de espacio disponible en el terreno para la disposición de dichos colectores, este espacio podrá oscilar entre 1,5 a 3 veces la superficie a climatizar según las condiciones del edificio. Las sondas geotérmicas y los sondeos de captación de agua someros pueden adaptarse en caso de rehabilitación sin necesidad de grandes espacios, variara la cantidad de perforaciones según la

potencia necesaria. Por último, los cimientos geotérmicos no serán aptos para el caso de rehabilitaciones ya que la instalación debe introducirse en el interior de las cimentaciones y en ese caso ya están ejecutadas.

Las alternativas que emplean la biomasa son aptas para obra nueva y rehabilitación, las estufas no suponen ningún problema y las calderas basta con la sustitución de la antigua por la nueva sin necesidad de cambiar el resto de los componentes de la instalación. En cualquier caso sí que habrá que prever un espacio para el almacenaje y gestión de la biomasa que alimenta el sistema.

En el caso de la micro-cogeneración, cogeneración a pequeña escala y cogeneración pueden ser instalados tanto en nueva construcción como rehabilitación, no requieren de un gran espacio y solo necesitará de un suministro de combustible de manera continua.

Para la combinación de energía solar térmica y caldera de biomasa instalarse en ambos casos, siempre teniendo en cuenta la necesidad de espacio para los captadores como ya se ha comentado en este mismo punto.

Se puede determinar que las más viables en caso de rehabilitación podrían ser las calderas de biomasa y la cogeneración, por su moderada necesidad de espacio. Las instalaciones solares o a partir de geotermia pueden resultar más dificultosas por su necesidad de espacio de ocupación o por la maquinaria necesaria para su ejecución.

Para nueva construcción todas las tendencias pueden ser aplicadas, según el edificio se deberán hacer las previsiones necesarias para ello.

## TENDENCIAS SEGÚN TIPO DE DEMANDA

		CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	AMBAS
<b>SOLAR</b>	<i>Térmica</i>	✓	✓	✓
	<i>Fotovoltaica</i>	✓	✓	✓
<b>GEOTERMIA</b>	<i>Colectores horizontales enterrados</i>	✓	✓	✓
	<i>Sondas geotérmicas</i>	✓	✓	✓
	<i>Sondeos de captación de agua someros</i>	✓	✓	✓
	<i>Cimientos geotérmicos</i>	✓	✓	✓
<b>BIOMASA</b>	<i>Estufas</i>	✓	✗	✗
	<i>Calderas</i>	✓	✓	✓
<b>COGENERACIÓN</b>	<i>Micro-cogeneración</i>	✓	✓	✓
	<i>Cogeneración a pequeña escala</i>	✓	✓	✓
	<i>Cogeneración</i>	✓	✓	✓

Tabla 11.5. Tendencias según el tipo de demanda, calefacción, refrigeración o ambas. Fuente: elaboración propia.

Casi la totalidad de las tecnologías estudiadas en este trabajo pueden cubrir las necesidades tanto de calefacción como de refrigeración, pero algunas requerirán de un sistema adicional. Estos sistemas que se requieren son los ya mencionados al inicio de este proyecto, los que se encargan de generar frío a partir de calor, como las máquinas de absorción y adsorción.

Las instalaciones solares térmicas son capaces de servir de apoyo para calefacción y también para refrigeración. Para cubrir las necesidades de refrigeración será necesario un sistema de absorción/adsorción.

Los diferentes métodos que se basan en la geotermia para satisfacer las necesidades de climatización serán capaces de funcionar como calefacción y refrigeración a través de la bomba de calor geotérmica.

De las tecnologías que emplean la biomasa habrá que diferenciar entre las estufas, que solo son capaces de generar calor y proporcionar calefacción, y las calderas de biomasa que pueden también proporcionar refrigeración mediante el apoyo de una máquina de absorción/adsorción como en el caso de solar térmica.

De la misma manera los sistemas de cogeneración son capaces de aportar calor para la calefacción y para la refrigeración requieren de máquinas de absorción/adsorción.

Para el caso de combinar energía solar térmica con caldera de biomasa es igual que ambas por separado, puede cubrir las demandas de calefacción y refrigeración mediante el uso de una máquina de absorción/adsorción.

En todas las tendencias estudiadas hay instalaciones que pueden proporcionar calefacción, refrigeración y ambas. Muchas de estas requieren de un sistema de apoyo para refrigerar, algo a tener en cuenta ya que este tipo de máquinas tienen un coste elevado.

De esta manera se concluye lo que pretende ser una guía útil a la hora de elegir un sistema de climatización eficiente para un edificio en concreto. Mediante el amplio análisis realizado a lo largo del proyecto se consiguen ofrecer diversas alternativas para climatizar según las características de la construcción que se vaya a realizar, indicando cuales pueden resultar más adecuadas según el caso.

## 12. BIBIOGRAFÍA

ACOGEN (Asociación Española de la Cogeneración) (2012). Cogeneración con biomasa en España. Informe ACOGEN.

Alonso González, Juan Antonio (2010). Micro-cogeneración: La solución más eficiente de generación de energía eléctrica y térmica en edificios, capítulo 5. Guía de la cogeneración, FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

Arzoz Del Val, David (2011). Micro y mini-cogeneración: Ejemplos de aplicación en los sectores terciario y residencial. Jornada instalaciones de cogeneración. Altare Energía.

Atecos (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2012a). Cogeneración: micro-cogeneración y micro-trigeneración.

Atecos (Asistente Técnico para la Construcción Sostenible) (2012b). Instalación de micro-cogeneración en edificios.

Brotto, Massimo (2011). Micro-cogeneración: eficiencia energética al servicio residencial, *Energética XXI*, 106, 74-75.

CGC (Compañía General de Carbones) (2009). La biomasa y la calificación energética en los edificios. Jornadas Técnicas CAT.

Cogen (Asociación Española para la promoción de la cogeneración) (2010). La cogeneración en el mundo y en España, capítulo 1. Guía de la cogeneración, FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

Departamento de medio ambiente del Gobierno de Aragón, Fundación Ecología y Desarrollo y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (2004). Catálogo aragonés de buenas prácticas ambientales.

Diario Oficial de la Unión Europea (2004). Directiva 2004/8/CE del Parlamento Europeo y del Consejo.

Dynamo effect (the network transmitting a new energy) (2010). Refrigeración en verano.

Ecotelia (2012). Aplicación de la Micro-Cogeneración en el sector residencial.

Escuain Sanz, Jordi (2005). Calefacción por suelo radiante: aspectos innovadores. Departamento técnico de ALB, S.A.

Escuer, Joan (2005). Geotermia solar: Una realidad presente como apuesta de futuro. Tierra y Tecnología, 28, 31-33.

EurObserv'ER (2011). Barómetro solar térmico 2010. Era Solar, 164, 30-46.

FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid 2006). Sistemas automáticos de calefacción con biomasa en edificios y viviendas.

Fernández Salgado, José María y Gallardo Rodríguez, Vicente (2004). Energía solar térmica en la edificación. AMV Ediciones.

González Miranda, Gerardo (2008). Análisis técnico-económico de la cogeneración en el sector residencial. ICAI – Universidad Pontificia de Colomillas.

Higueras, Anna (2011). Situación y marco regulatorio de la micro-cogeneración y cogeneración de pequeña escala en España. COGEN España (Asociación española para la promoción de la cogeneración).

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2008). El sol puede ser tuyo: respuestas a todas las preguntas clave sobre energía solar fotovoltaica.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2011a). Evaluación del potencial de energía de la biomasa.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2011b). Análisis del consumo energético del sector residencial en España.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2011c). Plan de energías renovables 2011-2020. IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía).

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012a). Área tecnológica: Energía Solar Térmica.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012b). Área tecnológica: Geotermia.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012c). Área tecnológica: biomasa y residuos.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) (2012d). Biomasa edificios.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) y APIA (Asociación de Periodistas de Información Ambiental) (2006). Manuales de energías renovables: Energía solar térmica.

IDAE (Instituto para la diversificación y el ahorro de energía) y APIA (Asociación de Periodistas de Información Ambiental) (2007). Manuales de energías renovables: Biomasa.

Lavandeira, Juan Carlos (2011). Consideraciones sobre tecnologías de frío solar, capítulo 1. Guía del frío solar: ahorro y eficiencia energética con refrigeración solar, FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

Llopis Trillo, Guillermo y Rodrigo Angulo, Vicente (2008). Guía de la energía geotérmica. FENERCOM (Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid).

Madero W, Miguel (2011a). La geotermia en Europa. GIROD Geotermia.

Madero W, Miguel (2011b). Ejemplo instalaciones. GIROD Geotermia.

Méndez Muñiz, Javier y Cuervo García, Rafael (2008). Energía solar térmica. ECA, Instituto de Tecnología y Formación.

Perales Benito, Tomás (2008). Instalaciones de paneles solares térmicos. Creaciones Copyright.



Pereda Fernández, Luis (2012). Contribución a la eficiencia de los recursos geotérmicos integrados en edificios concebidos para muy bajo consumo. 3º Congreso de Energía Geotérmica en la Edificación y la Industria.

Rodríguez, Juan (2012). Sistemas de climatización mediante tecnología geotérmica. Taller "Biomasa y Geotermia".

Sedigas (Asociación Española del Gas) (2013). Guía sobre aplicaciones de la energía solar térmica.

Solarge (2010). Energía solar térmica para edificios, SOLARGE.

Sonnenkraft, (2010). Sistemas de energía solar térmica y biomasa. Congreso Energía Solar León.

Uribe Angarita, Natalia Andrea (2013). El calor de la tierra: Solución energética al servicio de una arquitectura sostenible. Universitas Científica, 22-25.

VV.AA. Atlas de la radiación solar en España utilizando dato del SAF de clima EUMETSAT. Aemet (Agencia Estatal de Meteorología).

VV.AA. BOE (2013). Documento Básico HE: Ahorro de Energía. CTE (Código Técnico de la Edificación).

	WEB	REFERENCIA WEB
web1	solar-energia.net	Energía solar térmica. Energía solar. <a href="http://www.solar-energia.net/energia-solar">http://www.solar-energia.net/energia-solar</a>
web2	suelosolar.es	Calefacción, aire acondicionado y refrigeración solar. SueloSolar. <a href="http://www.suelosolar.es/guiasolares/calefaccion.asp">http://www.suelosolar.es/guiasolares/calefaccion.asp</a>
web3	lacasasostenible.com	Calefacción solar. La casa sostenible. <a href="http://www.lacasasostenible.com/calefaccion-solar.html">http://www.lacasasostenible.com/calefaccion-solar.html</a>
web4	blogs.nebrija.es	Vivienda unifamiliar en bodegas Valderiz-Roa (2013). Blogs Universidad Nebrija. <a href="http://blogs.nebrija.es/mundosostenible/2013/04/page/2/">http://blogs.nebrija.es/mundosostenible/2013/04/page/2/</a>
web5	waterkotte.es/	Sondas geotérmicas verticales. WATERKOTTE Iberia. <a href="http://www.waterkotte.es/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=17&amp;Itemid=15">http://www.waterkotte.es/index.php?option=com_content&amp;view=article&amp;id=17&amp;Itemid=15</a>
web6	ecosectores.com	Biomasa (2013). Ecosectores. <a href="https://ecosectores.com/DetalleArticulo/tabid/64/ArticleId/874/Biopalas-proyecta-construir-una-planta-de-pellets-de-biomasa-en-Galicia.aspx">https://ecosectores.com/DetalleArticulo/tabid/64/ArticleId/874/Biopalas-proyecta-construir-una-planta-de-pellets-de-biomasa-en-Galicia.aspx</a>
web7	madera.fordaq.com	Briquetas de madera. FORDAQ. <a href="http://madera.fordaq.com/fordaq/srvAuctionView.html?AucTlid=17865165">http://madera.fordaq.com/fordaq/srvAuctionView.html?AucTlid=17865165</a>
web8	slideshare.net	Instalaciones geotérmicas. Slideshare. <a href="http://www.slideshare.net/frjbotella/geotermia-aplicaciones">http://www.slideshare.net/frjbotella/geotermia-aplicaciones</a>
web9	terraterm.es	Características geotermia. TerraTerm. <a href="http://www.terraterm.es/como.html">http://www.terraterm.es/como.html</a>
web10a	ecohabitar.org	Liebar, Igor (2012). Climatización geotérmica. EcoHabitar. <a href="http://www.ecohabitar.org/climatizacion-geotermica/">http://www.ecohabitar.org/climatizacion-geotermica/</a>
web10b	ecohabitar.org	Muro radiante (2011). EcoHabitar. <a href="http://www.ecohabitar.org/muro-radiante/">http://www.ecohabitar.org/muro-radiante/</a>
web11	sergicaballero.com	Caballero, Sergi (2012). Suelos y muros radiantes. Sergi Caballero. <a href="http://www.sergicaballero.com/suelos-y-muros-radiantes/">http://www.sergicaballero.com/suelos-y-muros-radiantes/</a>
web12	tknika.net	Lertxundi Terradillos, Ander. Las calderas de biomasa en la climatización de edificios. Tknika. <a href="http://www.tknika.net/liferay/web/aldizkaria/15-zenbakia/las-calderas-de-biomasa-en-la-climatizacion-de-edificios">http://www.tknika.net/liferay/web/aldizkaria/15-zenbakia/las-calderas-de-biomasa-en-la-climatizacion-de-edificios</a>
web13	calefaccionbiomasa.com/	Calefacción de biomasa. <a href="http://www.calefaccionbiomasa.com/">http://www.calefaccionbiomasa.com/</a>
web14	ocu.org	Calderas de biomasa: el retorno a la leña (2013). Ocu. <a href="http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/calderas-biomasa">http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/informe/calderas-biomasa</a>
web15	gasnaturalfenosa.es	Caldera de biomasa. Gas Natural Fenosa. <a href="http://www.gasnaturalfenosa.es/es/hogar/eficiencia+energetica/climatizacion+eficiente/caldera+de+biomasa/1297089859172/caldera+de+biomasa.html">http://www.gasnaturalfenosa.es/es/hogar/eficiencia+energetica/climatizacion+eficiente/caldera+de+biomasa/1297089859172/caldera+de+biomasa.html</a>
web16a	soliclima.es	Cogeneración. SoliClima. <a href="http://www.soliclima.es/cogeneracion">http://www.soliclima.es/cogeneracion</a>

<b>web16b</b>	soliclima.es	Fotovoltaica. SoliClima. <a href="http://www.soliclima.es/fotovoltaica">http://www.soliclima.es/fotovoltaica</a>
<b>web16c</b>	soliclima.es	Climatización mediante suelo radiante. SoliClima. <a href="http://www.soliclima.es/climatizacion-suelo-radiante">http://www.soliclima.es/climatizacion-suelo-radiante</a>
<b>web16d</b>	soliclima.es	Techo radiante. SoliClima. <a href="http://www.soliclima.es/techo-radiante">http://www.soliclima.es/techo-radiante</a>
<b>web17</b>	argingenieros.com	Cogeneración. ARGingenieros. <a href="http://www.argingenieros.com/ingenieriacogeneracion.html">http://www.argingenieros.com/ingenieriacogeneracion.html</a>
<b>web18a</b>	cogenspain.org	Que es la cogeneración. COGEN España. <a href="http://www.cogenspain.org/index.php/Que-es/que-es-cogeneracion.html">http://www.cogenspain.org/index.php/Que-es/que-es-cogeneracion.html</a>
<b>web18b</b>	cogenspain.org	Microcogeneración. COGEN España. <a href="http://www.cogenspain.org/index.php/Microcogeneracion/microcogeneracion.html">http://www.cogenspain.org/index.php/Microcogeneracion/microcogeneracion.html</a>
<b>web18c</b>	cogenspain.org	Preguntas sobre cogeneración. COGEN España. <a href="http://www.cogenspain.org/index.php/Preguntas-Frecuentes/preguntas-frecuentes.html">http://www.cogenspain.org/index.php/Preguntas-Frecuentes/preguntas-frecuentes.html</a>
<b>web19</b>	energy-spain.com	Energía solar fotovoltaica o electricidad solar. EnergySPAIN. <a href="http://www.energy-spain.com/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica#is">http://www.energy-spain.com/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica#is</a>
<b>web20</b>	energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.es	Energía solar fotovoltaica aplicaciones. Energía Solar Fotovoltaica. <a href="http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.es/2006/01/energia-solar-fotovoltaica.html">http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com.es/2006/01/energia-solar-fotovoltaica.html</a>
<b>web21</b>	eficienciaenergeticauponor.com	Refrigeración en instalaciones de Climatización Invisible por suelo radiante (2013). Uponor. <a href="http://www.eficienciaenergeticauponor.com/refrigeracion-en-instalaciones-de-climatizacion-invisible-por-suelo-radiante-uponor/">http://www.eficienciaenergeticauponor.com/refrigeracion-en-instalaciones-de-climatizacion-invisible-por-suelo-radiante-uponor/</a>
<b>web22a</b>	twenergy.com	Techo radiante vs suelo radiante (2014). Twenergy. <a href="http://twenergy.com/ahorrar-energia-en-el-hogar/techo-radiante-vs-suelo-radiante-1104">http://twenergy.com/ahorrar-energia-en-el-hogar/techo-radiante-vs-suelo-radiante-1104</a>
<b>web22b</b>	twenergy.com	Climatiza tu casa mediante la refrigeración por absorción (2011). Twenergy. <a href="http://twenergy.com/productos-para-ahorrar-energia/climatiza-tu-casa-mediante-la-refrigeracion-por-absorcion-154">http://twenergy.com/productos-para-ahorrar-energia/climatiza-tu-casa-mediante-la-refrigeracion-por-absorcion-154</a>
<b>web23</b>	eficienciaenergetica.com	Techo radiante. SoliClima. <a href="http://www.eficienciaenergetica.com/climatizacion/techo-radiante.html">http://www.eficienciaenergetica.com/climatizacion/techo-radiante.html</a>
<b>web24</b>	faen.es	Absorción y adsorción. FAEN (Fundación Asturiana de la Energía). <a href="http://www.faen.es/nueva/controler.php?id=81&amp;ididioma=ES">http://www.faen.es/nueva/controler.php?id=81&amp;ididioma=ES</a>
<b>web25</b>	enertres.com	Instalación geotérmica en vivienda unifamiliar en Valladolid (2009). Enertres. <a href="http://www.enertres.com/es/referencias/25/instalacion-geotermica-en-vivienda-unifamiliar-en-valladolid.html#.U6C6CPI_sZJ">http://www.enertres.com/es/referencias/25/instalacion-geotermica-en-vivienda-unifamiliar-en-valladolid.html#.U6C6CPI_sZJ</a>
<b>web26</b>	eco-sostenible.com	Instalaciones biomasa. Eco-sostenible. <a href="http://www.eco-sostenible.com/es/eco-servicios/instalaciones-energias-renovables-y-ahorro-energtico_instalaciones-biomasa_p64.html">http://www.eco-sostenible.com/es/eco-servicios/instalaciones-energias-renovables-y-ahorro-energtico_instalaciones-biomasa_p64.html</a>

<b>web27</b>	todosbiomasa.com	Ventajas e inconvenientes del uso de biomasa. Todosbiomasa. <a href="http://www.todosbiomasa.com/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=20637742&amp;refcompra=">http://www.todosbiomasa.com/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=20637742&amp;refcompra=</a>
<b>web28</b>	globenergy.es	Mapa de cogeneración. Globenergy Soluciones S.L. <a href="http://www.globenergy.es/pages/cogeneracion/cogeneracion-en-espana.php">http://www.globenergy.es/pages/cogeneracion/cogeneracion-en-espana.php</a>
<b>web29</b>	tecniber.es	Astillas biomasa. Tecniber. <a href="http://www.tecniber.es/pages/biomassa.php">http://www.tecniber.es/pages/biomassa.php</a>
<b>web30</b>	communities.bentley.com	Tipos de radiación solar. Communities. <a href="http://communities.bentley.com/products/microstation/f/19565/t/83556.aspx">http://communities.bentley.com/products/microstation/f/19565/t/83556.aspx</a>
<b>web31</b>	toldoscampos.blogspot.com.es	Protección solar. Toldos Campos. <a href="http://toldoscampos.blogspot.com.es/2012/04/proteccion-solar.html">http://toldoscampos.blogspot.com.es/2012/04/proteccion-solar.html</a>
<b>web32</b>	infoenergiasolar.com	Ventajas y desventajas energía solar. Energía Solar. <a href="http://infoenergiasolar.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar">http://infoenergiasolar.com/ventajas-y-desventajas-de-la-energia-solar</a>
<b>web33</b>	veranoinstalaciones.com	Sistemas de captación geotérmica. Verano instalaciones. <a href="http://www.veranoinstalaciones.com/sistemas-de-captacion">http://www.veranoinstalaciones.com/sistemas-de-captacion</a>
<b>web34</b>	ofigeo.wordpress.com	Captadores o intercambiadores geotérmicos (2013). OfiGeo. <a href="https://ofigeo.wordpress.com/category/divulgacion/">https://ofigeo.wordpress.com/category/divulgacion/</a>
<b>web35</b>	perforacionesjortiz.es	Geotermia. Sondeos y Perforaciones J.Ortiz. <a href="http://perforacionesjortiz.es/?page_id=415">http://perforacionesjortiz.es/?page_id=415</a>
<b>web36</b>	inega.es (Instituto Energético de Galicia)	Preguntas sobre energía solar fotovoltaica. Inega (Instituto Enerxético de Galicia). <a href="http://www.inega.es/informacion/preguntas_frecuentes/enerxia_solar_fotovoltaica.html?idioma=es">http://www.inega.es/informacion/preguntas_frecuentes/enerxia_solar_fotovoltaica.html?idioma=es</a>

El presente Estudio se ha realizado respetando siempre la autoría de las entidades y autores que se han consultado para su redacción. En caso de existir por error alguna ausencia en las referencias o falta de crédito en algún punto, ponerse en contacto para corregir el fallo.