

Capítulo 7 Sistemas de bomba de calor

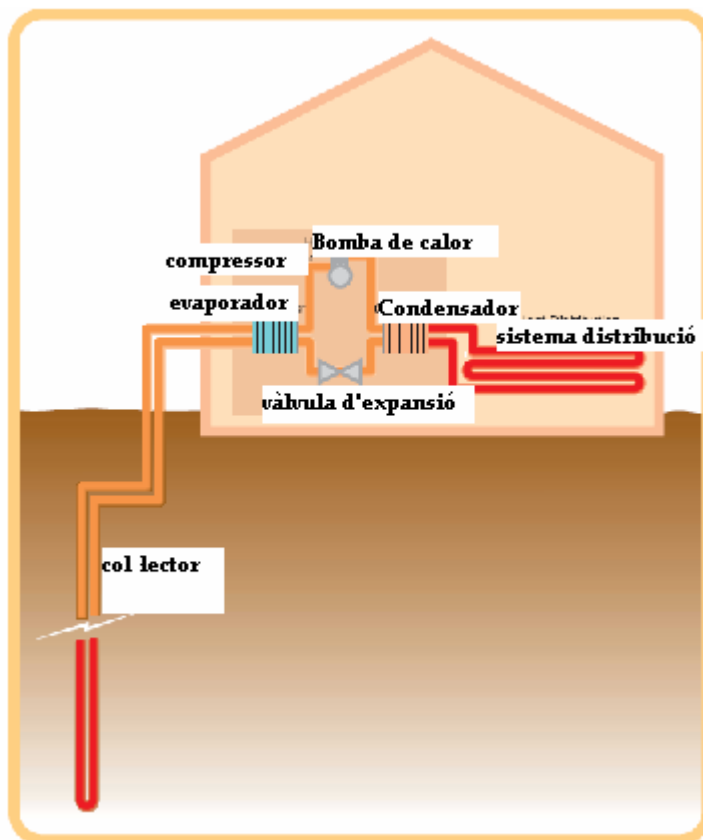
Durante los meses de verano, la tierra se calienta y es capaz de almacenar el calor debido a su baja conductividad térmica y elevada masa térmica. Calor que se puede aprovechar en invierno. Una bomba de calor es un sistema capaz de extraer el calor de baja temperatura del aire, el subsuelo o el agua y concentrarlo para proporcionar calor útil para calentar aire y agua. Solo se necesita energía para concentrar este calor, de manera que puede generar una producción de calor de hasta cuatro veces superior a la energía aportada.

Las bombas de calor, también pueden refrescar espacios cerrados en verano. En este proceso, el calor de alta temperatura se extrae de un edificio y se convierte en calor de baja temperatura que entonces se puede dispersar de nuevo al subsuelo o en la atmósfera. Lo que significa que un mismo sistema puede calentar o refrescar un espacio, y puede producir agua caliente.

El primer sistema de bomba de calor se instaló en 1862 para extraer calor de un lago austriaco. Des de entonces, la tecnología ha madurado aunque aún quedan posibilidades para mejorar su alta eficiencia con el uso de nuevos diseños de componentes.

Una bomba de calor contiene: dos intercambiadores de calor (el evaporador y el condensador) un compresor, una válvula de expansión y refrigerante que es bombeado por el sistema. Para completar el sistema, hace falta un captador para extraer el calor de baja temperatura de la fuente y un sistema de distribución para repartir y almacenar el calor de alta temperatura (Figura 7.1). La función de cada componente se describe por orden.

Figura 7.1: Componentes de un sistema de bomba de calor geotérmica



- INTERCAMBIADORES:
 - evaporador
 - condensador
- COMPRESOR
- VÁLV. EXPANSIÓN
- REFRIGERANTE
- COLECTOR o CAPTADOR
- SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

7.1 El captador o colector

El diseño del sistema captador dependerá de la naturaleza de la fuente. Durante el verano, el aire, el subsuelo y el agua de los lagos y ríos se calientan; este calor se conserva y se almacena. A medida que la temperatura ambiente disminuye durante los meses de invierno, el calor almacenado se emite gradualmente:

- por aire mediante convección.
- por agua mediante conducción.
- del subsuelo por conducción y después por radiación desde la superficie. Este, se enfría más lentamente a uno o más metros de profundidad. Esto contrasta con la temperatura del aire que puede bajar bajo cero durante una noche clara de los meses más fríos de invierno.

La longitud de la tubería del captador dependerá de la capacidad calorífica del sistema, de la temperatura ambiente de la fuente y del índice de transmisión de calor hacia el líquido del captador. La tubería se puede instalar horizontalmente o verticalmente dependiendo del espacio disponible.

A medida que el calor se extrae durante los meses de invierno, la fuente de calor se enfría y el subsuelo puede quedar, incluso, congelado. No obstante, durante el siguiente verano el Sol ‘renovará’ la fuente de calor calentándola de nuevo. De manera que la provisión de calor es ‘renovable’.

Si la fuente es el aire ambiente, el calor puede ser trasladado directamente a través de un lado del intercambiador de calor del evaporador. Si la fuente es el subsuelo, el calor se puede transferir al líquido dentro de la tubería del captador (este líquido puede ser salmuera - una mezcla de agua y sal- o el propio refrigerante); si la fuente es agua de un río, lago o, incluso del mar, el calor puede circular a través de la propia tubería del captador o, puede ser transmitido al líquido de la tubería del captador.

Actividad 7.1: Temperaturas de la tierra y del aire

Actividad 7.1: Temperaturas de la tierra y del aire

Las fuentes de energía renovable utilizan el calor del Sol. Con esta actividad compararemos la diferencia entre obtener calor directa e indirectamente del Sol.

Tareas

Encuentra 4 lugares adecuados:

- un lugar soleado durante todo el día.
- una sombra fuera de clase.
- un pequeño agujero de unos 0,3 metros de profundidad. Introduce en el subsuelo un tubo corto con un tapón aislante.
- un cubo de agua.

Usa un termómetro para medir las temperaturas de cada lugar en tres momentos distintos del día y anota los datos en la hoja de ejercicios.

Explica las diferencias entre las diferentes lecturas de las temperaturas.

¿Qué fuente de calor (tierra, aire o agua) será la más adecuada durante los meses de invierno para ser concentrada y proporcionar calor útil? ¿Por qué?

¿Qué fuente será más útil para la casa de cada miembro de tu grupo?

Apuntes para el profesor

Antecedentes: Esta actividad sirve para estudiar las diferencias térmicas de diferentes fuentes de energía renovable.

Objetivo:

- Identifica las características térmicas del aire, el subsuelo y el agua cuando son calentados por el Sol.

- Averigua las ventajas e inconvenientes de cada fuente de calor cuando se usa para una bomba de calor como depósito de calor.
- Compara las opciones para diferentes tipos de casas.

Material: 30 cm de tubo con un tapón aislante, pala, cubo, termómetro.

Palabras clave: fuentes calentadas por el Sol, diferencias de temperatura, agua caliente, calefacción, tipo de hogares, potencial de contribución a la calefacción del hogar.

Habilidades: Trabajo en grupo, observación, debate, interpretación y análisis de datos.

Asignaturas del currículum educativo: naturales.

Rango de edad: 7-10, 1º y 2º ciclo

7.2 Transmisión de calor al refrigerante

El *refrigerante* es una sustancia que existe en estado gaseoso a temperatura ambiente y se convierte en líquido a una temperatura inferior a 0°C, entorno a -5 ó -10°C.

El calor extraído de la fuente se transfiere al refrigerante en un dispositivo que se llama 'intercambiador de calor' por evaporación, el cual consiste en una serie de placas paralelas. El aire conducido o bien el líquido bombeado del colector pasa a través de un juego de placas. El refrigerante, generalmente en forma de gas, pasa a través de un juego adyacente de placas. Como el calor siempre va de un medio más cálido a uno de menos, se transfiere de la fuente al refrigerante, que está a una temperatura inferior.

Para las bombas de calor que también refrigeran, el flujo de calor se invertirá en el intercambiador con calor que vaya del refrigerante a la fuente.

Actividad 7.2: Transmisión de calor:

Actividad 7.2: Transmisión de calor

La capacidad del subsuelo, el aire y el agua para recoger y radiar calor es muy diferente y se describe como la capacidad de transmitir calor de una fuente como el Sol, que radia calor a un depósito que puede absorberla.

Este proceso es reversible de manera que en invierno el depósito es la fuente con un calor de baja temperatura que puede ser concentrada para una bomba de calor.

En esta actividad compararemos la diferencia entre la habilidad de los depósitos para absorber y desprender calor.

Tareas

Coloca la caja de almacenaje de manera que la fuente de calor brille a través de los costados transparentes de la caja y sobre un termómetro colocado en el centro de la caja y en la mitad inferior de esta:

- Enciende la luz y anota la temperatura por un periodo de 5 minutos y entonces apágala y anota la bajada de la temperatura.
- Llena la caja con agua y anota la temperatura y haz lo mismo que has hecho en el punto 1.
- Llena la caja con tierra y repite la secuencia y repite lo que has hecho en el punto 1.

¿Qué características del aire, del agua y la tierra crees que influyen en su capacidad para captar, almacenar y desprender calor?

Analiza tus ideas pensando en estas características.

¿Qué fuente de calor crees que sería más adecuada durante el invierno y porqué?

Apuntes para el profesor

Antecedentes: Esta actividad sirve para estudiar la capacidad de las fuentes de energía para transferir el calor de baja temperatura para que la utilicen las bombas de calor.

Objetivo:

- Identificar las características térmicas del aire, el subsuelo y el agua cuando se calienta con el

Sol.

- Comprender las ventajas e inconvenientes de cada fuente de calor cuando se utilizan como reserva de calor para una bomba de calor.

Material: bombilla infrarroja, un termómetro, una caja con laterales transparentes a unos 150 cm de distancia y de 30 cm de largo, tierra y agua suficiente para llenar la caja.

Palabras clave: fuentes calentadas por el Sol, transmisión de calor entre sustancias, agua caliente, calefacción, tipo de vivienda, contribución potencial a la calefacción del hogar.

Habilidades: trabajo en grupos, observación, debate, interpretación y análisis.

Asignaturas del currículum educativo: naturales.

Rango de edad: 7-10, 1o y 2o ciclo.

7.3 Calentar más y mejor

Después de que el refrigerante salga del evaporador, el *compresor* lo comprime y se transforma en líquido. Mientras se comprime, su temperatura se eleva porque la temperatura de un líquido aumenta cuando también lo hace la presión.

Entonces, el refrigerante pasa a través del *condensador* donde el calor de alta temperatura del refrigerante se transfiere al *sistema de distribución*. Si se trata de aire, puede circular directamente a través de la vivienda por conductos. Si es agua, entonces el agua caliente se puede distribuir por los radiadores con un sistema convencional para suministrar calefacción o bien se puede almacenar en un depósito para proporcionar agua caliente sanitaria.

Una vez fuera del condensador, el refrigerante se ha enfriado y pasa a través de una *válvula de expansión* que retorna el refrigerante a un estado gaseoso antes de que entre de nuevo en el evaporador y empieza otra vez el ciclo.

7.4 Refrigeración del espacio

El proceso de una bomba de calor es reversible de manera que puede extraer calor útil de una habitación y difundir calor de baja temperatura en el ambiente. El aire (o agua) caliente se extrae de una habitación y pasa a través del condensador para transferir su calor al gas refrigerante. Entonces, el gas refrigerante se comprime a alta presión por el compresor para transformarlo en líquido y desprender su calor desde el evaporador hacia el colector de líquido o el ambiente. El líquido del colector entonces transfiere el calor de nuevo al subsuelo o agua, que están a una temperatura más baja.

Una nevera trabaja de la misma manera que una bomba de calor. La comida y la bebida se guardan en la nevera y el calor de baja temperatura que llevan (suelen estar más calientes que el interior de la nevera) se transfiere al refrigerante. Entonces, el refrigerante se comprime y se expande para aumentar el calor; este calor de alta temperatura se expulsa por la parte posterior de la nevera. Esta es la razón por la cual el interior de la nevera siempre está frío y la parte posterior se calienta.

Las bombas de calor geotérmicas tienen la posibilidad de enfriar 'gratuitamente' durante el verano sin utilizar el compresor. En este caso, el calor extraído de la habitación pasa a través del condensador y del refrigerante hacia el evaporador, de manera que este calor puede ser transferido alrededor de la zona de la tubería colectora (de la que se extrae el calor durante los meses de invierno) produciendo así un enfriamiento del espacio.

7.5 Instalación en casa

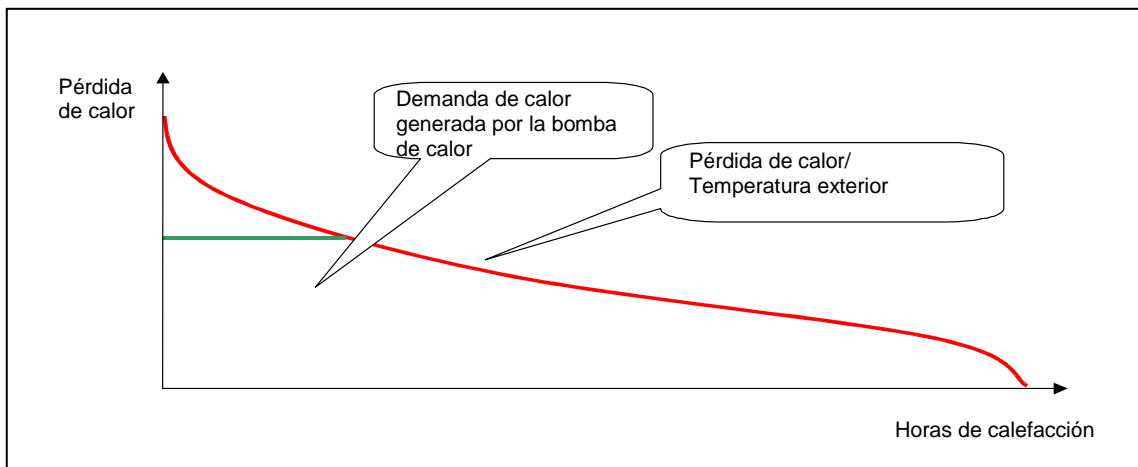
Los sistemas de bomba de calor pueden sustituir fácilmente las calderas que funcionan con combustibles fósiles, como el carbón o el gasóleo, o las eléctricas. Si el calor se distribuye a través de radiadores, entonces la salida de agua caliente se puede introducir directamente dentro de los radiadores.

Como es habitual en todos los productos energéticamente eficientes, las bombas de calor se caracterizan por tener un coste inicial que se relaciona directamente con la producción de

calor del sistema. Por lo tanto, es importante escoger el tamaño de la bomba de calor en función de la pérdida de calor de la vivienda. Si la casa tiene más de veinte años, entonces siempre es más rentable añadir aislante en la vivienda para reducir la pérdida de calor (ver el capítulo 4). El tamaño de la bomba de calor dependerá, entonces, de las pérdidas de calor del edificio. Como la temperatura del agua caliente será más baja que la del agua de las calderas que funcionan con combustibles fósiles, es importante mejorar el grado de aislamiento de la casa para mantener el mismo número de radiadores.

Por lo tanto es fundamental escoger el tamaño de la bomba de calor de manera que proporcione un 90% del calor necesario y durante los meses fríos utilizar una fuente de calor adicional como un radiador eléctrico o una hoguera (Figura 7.2)

Figura 7.2: Medir el sistema de bomba de calor

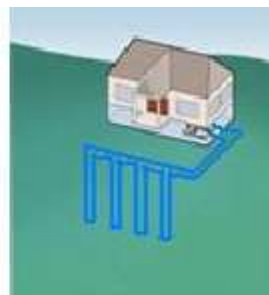


En condiciones normales de terreno y en hogares de familias estándar, la longitud de la tubería del colector para las bombas de calor geotérmicas puede ser desde 30 metros para una producción de calor de 3 kW, hasta 100 metros para 10 kW. La tubería del colector se puede colocar horizontalmente en una zanja o verticalmente dentro de una perforación especial (Figura 7.3). La perforación de un agujero de estas características requiere un acceso a una plataforma de perforación mientras que una zanja horizontal solo necesita un acceso a un jardín o espacio abierto.

Figura 7.3: Captador geotérmico típico horizontal y vertical



captador horizontal



captador vertical

La zanja horizontal debe ser suficientemente profunda como para que la temperatura del subsuelo no se vea influenciada por la temperatura ambiente. En el centro de Europa, 0,9 metros serán suficientes mientras que al norte serán necesarios 1,2 metros o, incluso 1,5.

Las bombas de calor con fuente de aire, el ventilador se ubica en una instalación compacta adyacente a una pared exterior. Las bombas de calor que utilizan agua como fuente o las bombas geotérmicas también se pueden acoplar a un muro exterior.

En viviendas nuevas que tienen un alto grado de aislamiento, las bombas de calor serán rentables desde el principio porque las pérdidas de calor de estas viviendas son muy pequeñas.

7.6 Eficiencia del sistema

Las bombas de calor son muy eficientes porque concentran el calor de baja temperatura en lugar de producirla como hacen otras fuentes. La relación entre el calor producido y la electricidad consumida se llama *coeficiente de eficiencia* y oscila entre valores de 3,0 a 5,0 dependiendo de:

- el tipo de bomba de calor.
- la diferencia de temperatura entre la fuente de calor y la temperatura deseada (*aumento de temperatura*)

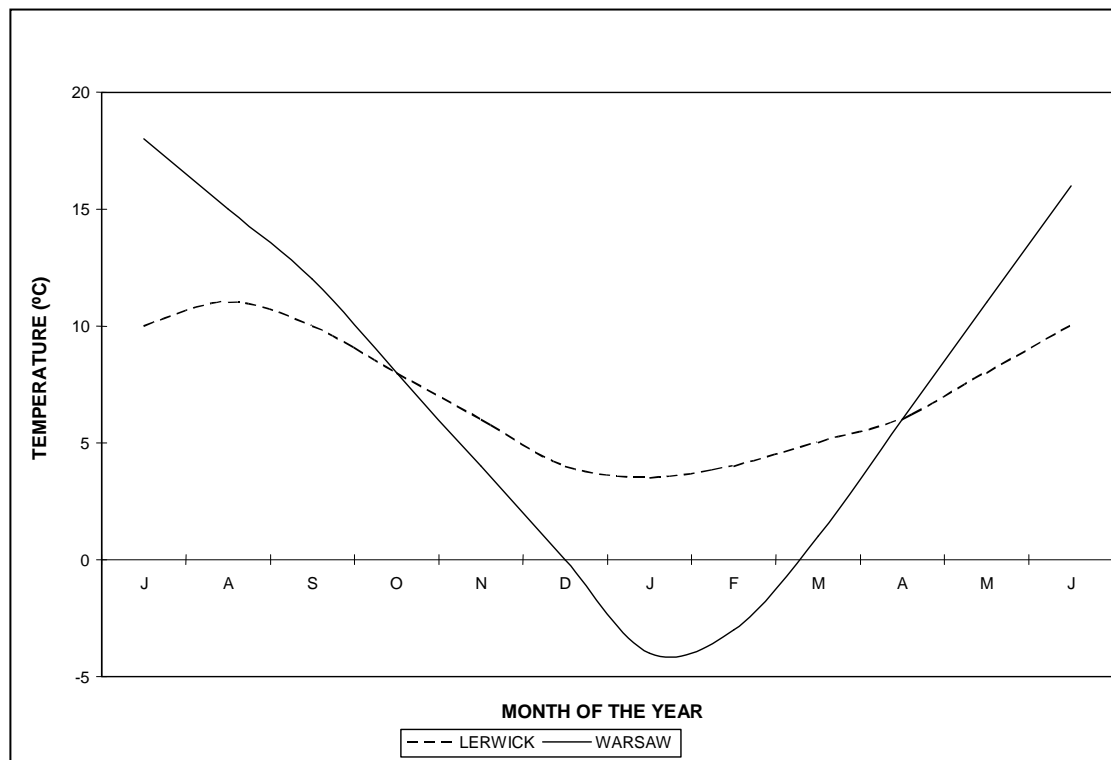
Esto contrasta con las calderas de combustibles fósiles que tienen una eficiencia de entre un 0,8 y un 0,9.

Cuesta menos conseguir los 22°C de temperatura de confort si se empieza desde los 17°C (que es la temperatura del subsuelo a una cierta profundidad) que si se tiene que calentar el aire que está a 8°C o por debajo durante el invierno.

7.7 Influencia del clima

La cantidad de calor renovable que puede proporcionar un sistema de bomba de calor de una determinada medida depende de la ubicación geográfica de la vivienda y de sus pérdidas de calor.

Figura 7.4: Media mensual de temperaturas en un clima marítimo (Lerwick -Escocia-) y en uno continental (Varsovia)



Como más cálido sea el clima, mayor será la temperatura de la fuente y, por lo tanto, más eficiente será la bomba de calor.

La cantidad de calor que se necesita se puede saber a partir de tablas de grado-día que se publican regularmente proporcionando las medias mensuales de las temperaturas (como se puede ver en la Figura 7.4). Se considera que se necesita calefacción cuando la temperatura es inferior a 15,5°C.

Si se conoce la pérdida de calor del edificio se puede calcular la necesidad de calefacción anual.

Actividad 7.3: Relacionar la demanda de calor

Actividad 7.3: Relacionar la demanda de calor

A diferencia de las calderas de combustibles fósiles que normalmente son más grandes de lo necesario, las bombas de calor tienen una medida de acuerdo con el cálculo de la pérdida de calor y de la eficiencia del sistema. Esto requiere el cálculo de la necesidad de calor en función del aislamiento del edificio y de las condiciones climáticas. En todos los hogares hay ganancia solar y ganancia interna debido a las pérdidas de calor que tienen las neveras, las bombillas, la cocina y las personas. Así, la calefacción solo se necesita cuando la temperatura exterior cae por debajo de los 15,5°C. Un grado-día se define como la diferencia entre la temperatura diaria y 15,5°C. Se utiliza para calcular la demanda energética.

Tareas

- a partir de la hoja de ejercicios, dibuja un gráfico de la temperatura mensual de tu región
- dibuja una línea a los 15,5°C y documenta durante cuánto tiempo se necesitaría calefacción a lo largo del año (cuando la temperatura sea inferior a 15,5°C)
- establece la antigüedad del hogar de cada miembro del grupo.
- utilizando la tabla de la hoja de ejercicios y la fórmula, calcula la demanda de calor.
- calcula la cantidad de electricidad que se necesita para producir esta cantidad de calor con una bomba de calor.
- compara lo con la cantidad de energía que aparece en la factura de la calefacción.
- debate tus observaciones con los otros grupos.

Apuntes para el profesor

Antecedentes: Este método permite calcular la cantidad de calor necesaria para un edificio mediano en función de su antigüedad. Se supone que el grado de aislamiento es el de cuando se construyó el edificio pero si posteriormente se ha incrementado, entonces la demanda energética se reducirá. La comparación con las facturas de calefacción tendría que llevar a realizar observaciones interesantes sobre la contribución que las fuentes de energía renovable pueden hacer de cara a reducir el impacto medioambiental de la calefacción.

Objetivo: relacionar las condiciones climáticas con las pérdidas de calor y al mismo tiempo relacionar esto con el grado de aislamiento de un hogar

Material: datos de temperaturas mensuales medias y grado-días, papel, lápiz y/o un ordenador.

Palabras clave: calefacción, confort, temperatura ambiente, inercia térmica.

Habilidades: obtener datos de la región, hacer un gráfico con datos mensuales, analizar gráficos.

Asignaturas del currículum educativo: sociales.

Rango de edad: 11-16, 3o y 4o ciclo.

Hoja de ejercicios 7.3

Los datos estándares se proporcionan más abajo

	Temperatura mensual (°C)												media
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	año
Media mensual de la temperatura del aire													
grado-días													

- elabora un gráfico con estos datos de tu región.
- a partir de una línea horizontal a los 15,5°C, determina la duración de la época de calefacción.

A continuación se proporcionan los datos aproximados que caracterizan el grado de aislamiento de las viviendas.

Año de construcción	Antes de 1945	1960	1970	1980	1990	2000
Pérdida de calor (W/°C)	700	600	470	390	310	240

- elabora un gráfico con esta información.
- a partir de la antigüedad de la casa de cada miembro del grupo, determinar las pérdidas de calor.
- calcula la demanda de calor utilizando la fórmula de abajo.
- demanda de calor = pérdida de calor X grado-día X 24 (kWh)
- calcula la cantidad de energía que actualmente utilizas para calentar a partir de la factura de la calefacción.
- completa la tabla siguiente

Nombre	Año de construcción de la vivienda	Demanda de calor (kWh)	Energía de la factura de calefacción (kWh)
xxx	1960	12.000	25.000

7.8 Ventajas e inconvenientes

Las ventajas de las bombas de calor son:

- La electricidad y la calor de baja temperatura se pueden obtener de diferentes fuentes
- Los sistemas están disponibles en todos los tamaños para calentar des de una habitación a un vivienda o ambos.
- Algunos sistemas son reversibles de manera que pueden calentar y enfriar.

- La electricidad para hacer funcionar la bomba de calor puede ser a partir de fuentes renovables.
- Se empiezan a usar los refrigerantes naturales, que tienen un impacto medioambiental muy bajo o nulo.
- El sistema tiene en conjunto una alta eficiencia y, por lo tanto, un coste de funcionamiento bajo.

Los inconvenientes son:

- El espacio, si se utiliza un colector geotérmico.
- Baja eficiencia cuando disminuye la temperatura ambiente en los sistemas con el aire como fuente.
- Los elevados costes iniciales.
- El refrigerante se tiene que recuperar al final de la vida del sistema.

7.9 Impacte medioambiental

Uno de los impactos medioambientales más importantes actualmente es el asociado con la producción de electricidad a partir de combustibles fósiles (si se generase con fuentes renovables no habría ningún impacto). La producción de electricidad a partir de combustibles fósiles tiene como resultado la emisión de dióxido de carbono. La media en Cataluña es de 0,421 Kg/kWh de electricidad. En la tabla siguiente se proporciona una comparación de la producción de CO₂ para kWh de calor. Se puede ver como las bombas de calor producen menos CO₂ que otras fuentes de calor debido a su alta eficiencia.

Fuente de calor	Kg de CO ₂ para kWh de calor
Caldera de gasóleo	0,27
Caldera de gas	0,19
Bomba de calor	0,12

Actividad 7.4: Pedir consejo

Actividad 7.4: Pedir consejo

No es fácil aconsejar sobre los sistemas de bomba de calor en un país como el nuestro donde su potencial aún está por cubrir. No obstante, hay varias fuentes de información disponible con las que no habrás pensado.

Tareas

- 1 Piensa donde irías a pedir consejo sobre los sistemas de bomba de calor para tu hogar.
- 2 Rellena la hoja de ejercicios 7.4 que muestra las fuentes de información y consejo que usarías (Si/No) y las que prefieres utilizar (Pr.).

Apuntes para el profesor

Antecedentes: Existe información sobre los sistemas de bomba de calor para el hogar. Esta actividad ofrece la oportunidad de identificar las preferencias de los alumnos a la hora de buscar información y pedir consejo.

Objetivo: 1) ilustrar el potencial de fuentes de consejo a los alumnos, y
2) informar a los profesores sobre las fuentes preferidas por sus estudiantes.

Material: Internet, guía telefónica.

Palabras clave: consejo energético, suministradores de información.

Habilidades: buscar información, hacer preguntas pertinentes.

Asignaturas del currículum educativo: sociales.

Rango de edad: 11-16, 3o y 4o ciclo.

Hoja de ejercicios 7.4

	Pr.	Si	No		Pr.	Si	No
asociación de consumidores				pares			
agencias de la energía				centros de atención telefónica			
día/semana de la energía				lampista			
feria municipal de la energía				biblioteca pública			
seminario/curso sobre la energía				parientes			
Amigos				biblioteca de la escuela			
instaladores				grupo de amigos de la escuela			
Internet				profesores de la escuela			
revistas				museo de la ciencia/técnica			
fabricantes				comercios			
vecinos				programas de TV			
ONG's				compañías de servicios			

Otras fuentes de información para aconsejarte que te gustaría usar:

7.10 Conclusiones

La bomba de calor es un equipo utilizado en climatización porque es un sistema de calefacción muy eficiente, ya que parte de la energía la extrae del entorno (aire, agua y tierra). Con el encarecimiento de las facturas de calefacción por el aumento del precio de los combustibles fósiles, las bombas de calor se convierten en una opción más atractiva. No solo usan energía renovable, sino que también reducen el impacto medioambiental de la calefacción (menos emisiones de CO₂).

Las bombas de calor son reversibles y se pueden utilizar para calentar en invierno y para refrigerar en verano. Motivos las hace muy interesantes para climas como el nuestro.