

---

# **DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN: DTIE**

---

**DTIE 8.02  
BOMBAS DE CALOR PARA CALEFACCIÓN**

**Autores:****Francisco Gómez Marqués,**

Ingeniero Industrial. Consultor y proyectista en la empresa SFVAL INGENIEROS, S.C.P. Profesor asociado del Departamento de Termodinámica Aplicada en la Universidad Politécnica de Valencia. Vocal de la junta de ATECYR en Comunidad Valenciana.

**Revisor:****José Manuel Cejudo López,**

Catedrático del área de máquinas y motores térmicos de la Universidad de Málaga. Miembro del Comité Técnico de Atecyr.

**Arcadio García Lastra,**

Doctor Ingeniero Industrial, Secretario Técnico de Atecyr y miembro del Comité Técnico de Atecyr.

**Conoce al Comité Técnico de Atecyr:****Presidente:** Pedro G. Vicente Quiles**Presidente de honor:** José Manuel Pinazo Ojer**Vicepresidente:** Ricardo García San José**Secretario técnico:** Arcadio García Lastra**Miembros honoríficos:**

Rafael Úrculo Aramburu, Ramón Velázquez Vila, José María Cano Marcos, Antonio Vegas Casado, Enrique Torrella Alcaraz y Juan José Quixano Burgos

**Vocales:**

Francisco Javier Rey Martínez

José Manuel Cejudo López

José Fernández Seara

Juan Travesí Cabetas

Víctor Manuel Soto Francés

Miguel Ángel Navas Martín

José Luis Barrientos Moreno

Adrián Gomila Vinent

Paulino Pastor Pérez

Manuel Sánchez Marín Flores

Justo García Sanz-Calcedo

Ignacio Leiva Pozo

Gorka Goiri Celaya

Nicolás Bermejo Presa

Vidal Díaz Martínez

Angel Barragán Cervera

Alberto Jiménez Martín

César Martín Gómez

Marta San Román Cruz

Paloma Virseda Chamorro

Ramón Cabello López

Pedro Romero Jiménez

Pedro Coya Alonso

Ramón Puente Varela

José Antonio Fernández Benítez

Manuel Gallardo Salazar

Manuel Ruiz de Adana Santiago

Emilio José Sarabia Escrivá

Simón Aledo Vives

Francisco Javier Aguilar Valero

**Depósito Legal:** M-24495-2020**ISBN:** 978-84-95010-72-8

©ATECYR

**Edita:** ATECYR**Agastia 112 A - 28043 Madrid****Producción y Realización:** ATECYR

*Queda prohibida la total o parcial reproducción del contenido de este documento salvo expresa autorización de Atecyr.*

## PRESENTACIÓN DTIE

La Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), entidad sin ánimo de lucro fundada en 1974, agrupa a más de 1.500 ingenieros y profesionales relacionados con los sectores de calefacción, refrigeración, ventilación y aire acondicionado.

ATECYR cumple al pie de la letra con su carácter asociativo y transforma, fielmente, los fines que figuran en sus estatutos en objetivos a cumplir y en forma de trabajar.

Los Estatutos que rigen nuestra Asociación definen como fines de ATECYR:

- El estudio, en todas sus vertientes y manifestaciones, de la problemática, la ordenación, la reglamentación, y la protección y desarrollo de las técnicas de climatización, en su más amplio sentido, comprendiendo en tales, y sin carácter limitativo, la calefacción refrigeración, ventilación y acondicionamiento de aire en cualquiera de sus manifestaciones técnicas, así como en todo lo relacionado con el frío industrial, fontanería, uso racional de la energía, gestión de la energía, eficiencia energética, energías renovables, y, en particular la energía solar, térmica, eólica y biomasa, cogeneración, ingeniería del medio ambiente, y de cualesquiera otras actividades directa o indirectamente relacionadas con las mismas.
- La creación, recopilación y divulgación de información científica relacionada con estas tecnologías en España respecto a estas técnicas, cuyo objeto es el entorno ambiental del hombre, la sostenibilidad y el desarrollo de la misma, así como el fomento y desarrollo del interés por el diseño y equipamiento de este entorno, a fin de mejor cumplir su función social.
- La investigación, realización de estudios y análisis relativos a esta temática, así como la recomendación de planes de actuación y Transferencia de Tecnología.
- La organización de Cursos, Seminarios, Simposios, Conferencias y, en general, de cuantas actividades vayan encaminadas a la formación y divulgación, en su más amplio sentido, en el ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad, desde la propia Asociación o en colaboración con Entidades u Organismos públicos o privados nacionales o extranjeros de similares o complementarios campos de actuación.
- La certificación y acreditación de la capacitación de profesionales y de personal, en el ámbito de actuación material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Potenciar la colaboración y realizar acuerdos con cualesquiera otras entidades de cualquier naturaleza, públicas o privadas, nacionales o extranjeras, en el desarrollo del ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.
- Colaborar con las Administraciones Central, Autonómicas o Locales así como con cualquier otro organismo o entidad pública o privada, asesorándolas o prestándolas la asistencia necesaria para la confección, desarrollo y/o interpretación de la normativa y reglamentación relativa al ámbito material en el que la Asociación desarrolla su actividad.

Para la consecución de sus fines, ATECYR lleva a cabo una intensa actividad de colaboración con entes públicos y privados, mediante la participación en grupos de trabajo para la elaboración de distintas normas con el Ministerio de Fomento. Con el Ministerio para la Transición Ecológica, como miembro de pleno derecho en la Comisión Asesora de Certificación Energética y del RITE, así como asesor técnico en casos de tanta relevancia como la contabilización de consumos o las Auditorías Energéticas. Colaboramos con el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en la Subdirección

General de Calidad y Seguridad Industrial en el desarrollo de la modificación del Reglamento de Seguridad de Instalaciones Frigoríficas. Así mismo participamos con un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones provinciales con que contamos.

En el campo normativo es digno de resaltar la adjudicación del concurso restringido convocado por el IDAE para la revisión del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), en diciembre de 2003 y que se aprobó y publicó el 20 de julio de 2007, Real Decreto 1027/2007 y la secretaría y coordinación de las 26 asociaciones representativas del sector, para proponer al ministerio la modificación de este reglamento que se ha publicado en el año 2013, RD 238/2013.

Destacamos el desarrollo de 3 cursos propios, que se imparten de manera semipresencial, desarrollados por el Comité Técnico de ATECYR y que cuentan con los más prestigiosos profesores del sector que son:

- El Curso de Experto en Climatización de 300 horas
- El Curso de Experto en Refrigeración de 168 horas.
- El Curso de Experto Auditor y Gestor Energético en la Edificación y la Industria de 256 horas.

Además, ATECYR ha organizado junto con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid el Congreso de tecnologías de la refrigeración, Tecnofrío'16, Tecnofrío'17, Tecnofrío'18 y Tecnofrío'19 y junto con AFEC y FEDECAI el I Congreso de Calidad de Aire Interior.

ATECYR es miembro y participa activamente en REHVA, Federación Europea de Asociaciones de Profesionales del Sector de Instalaciones Mecánicas, en FAIAR, Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración y en ASHRAE, Asociación Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado. Además ha participado junto con REHVA y otras asociaciones en el Proyecto Europeo PROF TRAC y actualmente está participando en el Proyecto Europeo U-CERT.

En sus más de cuarenta y cinco años de vida, ATECYR no sólo ha participado en gran número de proyectos, sino que se ha convertido en un referente para todos los técnicos del sector de climatización y refrigeración.

La actividad de la asociación descansa en dos pilares fundamentales: Las Agrupaciones como grandes generadoras de nuestra actividad y como instrumentos que nos permitan la cercanía y el servicio al socio, y el Comité Técnico, compuesto por un grupo de expertos muy respetados en nuestro sector, que, de alguna manera, han marcado las tendencias y la forma de hacer las cosas en los últimos años y que se constituye como el gran dinamizador de toda nuestra actividad.

El Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una valiosa documentación de divulgación científico-técnica sobre temas relacionados con el sector de climatización y refrigeración. Entre esta documentación, se encuentran traducciones de libros y artículos considerados de interés y bibliografía propia.

La colección de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE) nace como una respuesta a la necesidad detectada de agrupar y ordenar la información técnica sobre una serie de temas específicos mediante la elaboración de unas guías donde se reúna toda la información que el técnico precisa sobre el tema en cuestión para desarrollar su labor.

Esta colección de documentos consta de guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, dirigidas a técnicos que trabajan o que tengan inquietudes en este ámbito y se han convertido en la

documentación imprescindible en los cursos de formación de las Instalaciones en la Edificación.

Desde 2016 Atecyr ofrece gratuitamente a los técnicos del sector [www.calculaconatecyr.com](http://www.calculaconatecyr.com) que es el portal a través del cual se distribuyen gratuitamente para todos los técnicos del sector 8 programas de cálculo y dimensionamiento de las instalaciones térmicas. ATECYR, a través de la Fundación ATECYR ha adquirido la licencia de distribución del Software desarrollado y adaptado a las necesidades del mercado y normativa vigentes por un grupo de profesores de la UPV del Grupo de Ingeniería Térmica del Departamento de Termodinámica Aplicada.

Se trata de ofrecer al técnico una herramienta útil para la realización de su trabajo, sin condicionar su creatividad, incluyendo la última tecnología y tendencias, dejando a su interpretación las cuestiones normativas.

ATECYR es autor junto al IVE de CERMA que es Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética tanto de edificios nuevos como existentes, según lo dispuesto en el Real Decreto 235/2013, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios.

En una economía futura totalmente electrificada en el 2050, la instalación térmica por excelencia tendrá como principal elemento generador la bomba de calor accionada por un compresor eléctrico. Este documento analiza este generador térmico diseñado para abastecer el servicio de calefacción y refrigeración tanto en edificios de viviendas como en terciarios. En el documento se analizan las disposiciones legislativas y normativas en materia de energía y medioambiental que les afecta, así como los indicadores que caracterizan sus prestaciones, tanto puntuales como estacionales (SEER y SCOP). Se presentan además alternativas y configuraciones comerciales que existen en el mercado para el empleo de esta tecnología.

Sólo queda agradecer su aportación al patrocinador de este DTIE, **Vaillant**, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto y presentar este nuevo DTIE 8.02 Bombas de calor para calefacción.

Miguel Ángel Llopis Gómez

Presidente de ATECYR

## Relación de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación

### **SERIE 1: Instalaciones sanitarias**

- \*1.01 Preparación de agua caliente para usos sanitarios
- \*1.02 Calentamiento de agua de piscinas
- 1.03 Cálculo de redes de distribución de agua sanitaria
- 1.04 Cálculo de redes de evacuación y ventilación
- \*1.05 Prevención de la corrosión interior de las instalaciones de agua
- \*1.06 Instalación de climatización en hospitales

### **SERIE 2: Condiciones de diseño**

- \*2.01 Calidad del ambiente térmico
- \*2.02 Calidad de aire interior
- \*2.03 Acústica en instalaciones de aire
- \*2.04 Acústica en instalaciones de climatización: Casos prácticos
- \*2.05 Calidad del aire exterior: mapa ODAs de las principales capitales de provincias de España
- \*2.06 Sistemas de filtración y purificación del aire
- \*2.07 Las instalaciones de climatización, SARS CoV 2 y calidad de aire

### **SERIE 3: Psicrometría**

- \*3.01 Psicrometría

### **SERIE 4: Tuberías**

- \*4.01 Cálculo de las pérdidas de presión y criterios de diseño. (Edición revisada)
- \*4.02 Circuitos hidráulicos y selección de bombas

### **SERIE 5: Conductos**

- \*5.01 Cálculo de conductos

### **SERIE 6: Combustible**

- \*6.01 Combustión
- \*6.02 Diseño y cálculo de chimeneas
- 6.03 Redes de distribución de gas, diseño y cálculo

### **SERIE 7: Cálculo de carga, demanda y consumo**

- \*7.01 Cálculo de carga y demanda térmica
- 7.02 Cálculo de consumo de energía: simulación de sistema
- \*7.03 Entrada de datos a los programas LIDER y CALENER VyP
- \*7.04 Entrada de datos al programa CALENER GT
- \*7.05 Cálculo de cargas térmicas
- \*7.06 Procedimientos simplificados para la certificación de viviendas de nueva construcción: Cerma, Ce2, CES
- \*7.07 Metodología BIM en la climatización

### **SERIE 8: Fuentes de energía de libre disposición**

- \*8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- \*8.02 Bomba de calor para calefacción

- \*8.03 Instalaciones solares térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria
- \*8.04 Energía solar térmica. Casos prácticos
- \*8.05 Bombas de calor para producción de ACS

### **SERIE 9: Sistemas de acondicionamientos de aire**

- \*9.01 Tipos de sistemas
- \*9.02 Relación entre el edificio y el sistema de climatización
- \*9.03 Sistemas de climatización para viviendas, residencias y locales comerciales
- \*9.04 Sistema de suelo radiante
- \*9.05 Sistemas de climatización
- \*9.06 Selección de equipos secundarios según el sistema
- \*9.07 Cálculo y selección de equipos primarios
- \*9.08 Bombas de calor a gas
- \*9.09 Sistemas de climatización radiante

### **SERIE 10: Sistemas de calefacción**

- 10.01 Tipos de sistemas
- 10.02 Aplicaciones para edificios residenciales
- \*10.03 Calderas individuales
- \*10.04 Piscinas cubiertas climatizadas con aire exterior como único medio deshidratante
- \*10.05 Principios básicos de las calderas de condensación
- \*10.06 Piscinas cubiertas. Sistemas de climatización deshumectación y ahorro de energía mediante bombas de calor

### **SERIE 11: Control**

- 11.01 Esquemas de control
- \*11.02 Regulación y control de instalaciones de climatización
- \*11.03 Contaje de energía de acuerdo al RITE en sistemas de agua para calefacción y ACS

### **SERIE 12: Aislamiento térmico**

- \*12.01 Cálculo del aislamiento térmico de conducciones y equipos
- \*12.02 Aplicación de aislamientos en la edificación y las instalaciones. Casos prácticos

### **SERIE 13: Difusión de aire**

- \*DTIE 13.01 Generalidades sobre Difusión de Aire

### **SERIE 14: Acumulación de energía térmica**

### **SERIE 15: Salas de máquinas**

- \*15.01 Salas de calderas

### **SERIE 16: Puesta en marcha, recepción y mantenimiento**

- \*16.01 Criterios de calidad en el montaje de las instalaciones de climatización y ACS
- \*16.02 Etiquetado y ecodiseño

**SERIE 17: Varios**

- \*17.01 Análisis económico de sistemas eficientes. Estudio de casos
- \*17.02 Responsabilidad civil del ingeniero
- \*17.03 Contenidos de proyecto y memoria técnica
- \*17.04 Instrumentación y medición

**SERIE 18: Rehabilitación Energética y Reforma**

- \*18.01 Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios
- 18.02 Rehabilitación energética de las Instalaciones térmicas de los edificios
- \*18.03 Integración de energías renovables en la rehabilitación energética de los edificios
- \*18.04 Auditorías energéticas. Casos prácticos.

**SERIE 19: Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo**

- \*19.01 Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. Parte teórica
- \*19.02 Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo. Casos prácticos

\*Editadas

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. CONCEPTO DE DESCARBONIZACIÓN.....	11
1.2. CICLOS DE COMPRESIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CALOR....	12
1.3. BOMBAS DE CALOR EN SERIE (CASCADA).....	14
1.4. BOMBAS DE CALOR CON CO <sub>2</sub> TRANSCRÍTICO.....	19
2. REFRIGERANTES PARA BOMBAS DE CALOR CON CICLOS DE COMPRESIÓN.....	21
2.1. REFRIGERANTES CONVENCIONALES PARA BOMBAS DE CALOR.....	22
2.2. REFRIGERANTES CON BAJO NIVEL DE PCA (GWP).....	23
3. TIPOLOGÍAS DE BOMBAS DE CALOR.....	25
4. CONDICIONES NOMINALES O ESTÁNDAR.....	27
5. CONCEPTOS DE SCOP Y SEER.....	31
6. NORMATIVA DE ELABORACIÓN DE SCOP Y SEER.....	35
6.1. PRESTACIONES DE LA BOMBA DE CALOR EN CONDICIONES NOMINALES Y FUERA DE CONDICIONES NOMINALES.....	36
6.1.1. Referencia normativa para los datos de funcionamiento en carga parcial.....	39
6.2. VALORES DE SCOP Y SEER DADOS POR LOS FABRICANTES.....	41
7. CONSIDERACIÓN DE LA BOMBA DE CALOR COMO ENERGÍA RENOVABLE.....	47
7.1. EJEMPLO DE CÁLCULO DE ENERGÍA RENOVABLE DE UNA BOMBA DE CALOR CON AIRE PROCEDENTE DEL EXTERIOR DEL EDIFICIO.....	50
7.2. EJEMPLO DE CÁLCULO DE ENERGÍA RENOVABLE DE UNA BOMBA DE CALOR CON AIRE PROCEDENTE DEL INTERIOR DEL EDIFICIO.....	51
8. SELECCIÓN DE BOMBAS DE CALOR. VARIACIÓN CONDICIONES EXTERIORES E INTERIORES.....	53
8.1. FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE CALOR CON DISTINTAS CONDICIONES EXTERIORES.....	53
8.2. SELECCIÓN DE LA BOMBA DE CALOR POR POTENCIA O POR CONSUMO.....	59
8.2.1. Ejemplo de aplicación.....	60
8.3. FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE CALOR CON DISTINTAS CONDICIONES INTERIORES.....	61
9. PROCEDIMIENTOS PARA EL CÁLCULO REAL DE LOS SCOP Y SEER.....	65
9.1. PROGRAMA DE SIMULACIÓN Y CURVAS DE FABRICANTE.....	66

9.2. PROGRAMA DE SIMULACIÓN Y VALORES DE HORARIOS EN BASE A LA UNE-EN 14825.....	69
9.3. CÁLCULO MEDIANTE CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR Y FRECUENCIA HORARIA DE TEMPERATURAS.....	71
9.4. CÁLCULO MEDIANTE CARGA EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA EXTERIOR Y CLIMA PREDEFINIDO EN NORMAS UNE-EN 14825.....	73
9.5. COMENTARIOS COMPARATIVOS SOBRE LOS PROCEDIMIENTOS DESCRITOS.....	74
10. INSTALACIONES TÉRMICAS CON BOMBA DE CALOR.....	75
10.1. DIMENSIONADO DE INSTALACIONES CON BOMBA DE CALOR.....	75
10.2. SISTEMAS PARA CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN.....	78
10.2.1. Esquemas de principio.....	80
10.3. SISTEMAS PARA CALEFACCIÓN, REFRIGERACIÓN Y ACS.....	88
10.4. SISTEMAS PARA CALEFACCIÓN, RADIADORES, SUELO RADIANTE, ETC.....	92
11. SISTEMAS DE DESESCARCHE.....	99
12. ANEXO: CLASIFICACIÓN DE LOS REFRIGERANTES ESTABLECIDA POR EL REGLAMENTO DE SEGURIDAD DE INSTALACIÓN FRIGORÍFICAS RD 552/2019.....	102
13. BIBLIOGRAFÍA.....	111

# 1. INTRODUCCIÓN

Este documento analiza las bombas de calor como equipos para la calefacción en todo tipo de edificios, considerando que son equipos que pueden trabajar tanto en calefacción como en refrigeración. Las bombas de calor son una alternativa viable a otras soluciones convencionales, como las calderas. En el documento se analiza la normativa energética, y medioambiental que afecta a estos equipos, así como los rendimientos y los índices de prestaciones energéticas estacionales destinados a ser herramientas de decisión para seleccionar los equipos y sistemas a instalar. Se presentan alternativas y configuraciones comerciales que existen en el mercado para el empleo de esta tecnología.

## 1.1. CONCEPTO DE DESCARBONIZACIÓN

La descarbonización es un concepto que trata de expresar la necesidad de reducir o eliminar el uso de compuestos de carbono, procedente de fuentes no renovables, principalmente hidrocarburos fósiles, incluyendo las fases de fabricación, explotación y reciclado.

Cuando hablamos de descarbonización económica, estamos aplicando el concepto, de una forma muy limitada, pues lo único que nos preocuparía en este caso sería la dependencia económica de los países desarrollados frente a los países productores o exportadores de hidrocarburos, cuestión que viene ocupando a los gobiernos desde la primera crisis del petróleo en los años 70, sin que hasta ahora se hayan impuesto medidas globales efectivas de abordarlo.

La descarbonización la debemos de abordar, por tanto, como un problema medioambiental, y energético.

El uso de compuestos de carbono se materializa en la reacción genérica del carbono, por oxidación con el oxígeno, que produce  $\text{CO}_2$  y energía calorífica, expresado en la figura 1, básicas en la generación de la energía eléctrica, térmica y mecánica (vehículos), en el contexto actual.

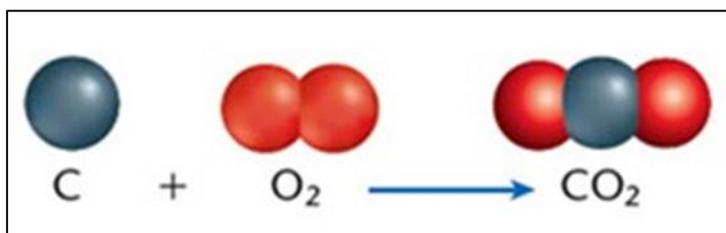


Figura 1. Reacción genérica de oxidación de la molécula de carbono

Un ejemplo concreto de aplicación del uso del carbono, lo encontramos en los hidrocarburos, presentes en el petróleo, y otros combustibles fósiles, como el caso del heptano, que se formula a continuación:



En estos casos, además de la energía calorífica, se obtienen, tanto emisiones de vapor de agua, como de  $\text{CO}_2$ .

La comunidad internacional ha adquirido el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones entre 2050-2100 y para conseguir este objetivo es necesario marcar el camino de la descarbonización energética.

En 2011, la Unión Europea confirmó sus objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (emisiones) GEI en el horizonte 2050: entre un 80% y un 95% respecto al nivel de 1990, aunque ya en el horizonte de 2030 está planteado un 40%.

El Acuerdo de París, alcanzado en la XXI Conferencia de las Partes (COP21) de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, incluye el compromiso de alcanzar la neutralidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) para contener el aumento de la temperatura de la Tierra en el año 2100.

Para alcanzar estos objetivos es importante cambiar vectores energéticos por otros con menores emisiones, sustituyendo el consumo de productos petrolíferos, limitándolos a usos en los que no hay alternativa viable libre de emisiones (por ejemplo, en el transporte aéreo o determinados procesos industriales), por una electrificación de la demanda y la utilización de vectores energéticos con menores emisiones (por ejemplo, la utilización de gas natural en lugar de derivados del petróleo en transporte marítimo y mercancías)

El uso de la electricidad deberá incrementarse del 42% actual del consumo energético al 65-67% en 2050 en la Unión Europea.

Para que estas medidas supongan una efectiva descarbonización se debe transformar el parque de generación eléctrica para basarlo en energías renovables, o al menos energías no basadas en combustibles fósiles en base carbono. El futuro mix de generación eléctrica debería poder alcanzar el 90-100% de origen renovable en 2050 (el 38% de la generación eléctrica ha sido renovable en 2015 en España).

La bomba de calor, objeto de este documento, juega un papel importante en el proceso de descarbonización, ya que permite reconvertir los procesos de generación de calor para producir la energía útil de calefacción y agua caliente sanitaria desde los derivados de el uso de combustibles fósiles hacia los que usan energía eléctrica.

La bomba de calor trabaja mediante los ciclos de compresión mecánica, consiguiendo un rendimiento muy superior a los obtenidos en la aplicación del efecto Joule, y además produciendo una parte importante del calor como captura de energía renovable, más allá del hecho que supondrá que la energía eléctrica consumida por ella pueda incrementar su proporción por encima del 38% de renovable.

## **1.2. CICLOS DE COMPRESIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE CALOR**

El ciclo de refrigeración por compresión mecánica de un fluido en fase gaseosa, es el más comúnmente utilizado y por lo tanto también el más conocido. En su aplicación convencional, el compresor es accionado por un motor eléctrico.

Con este mismo ciclo frigorífico puede accionarse el compresor con un motor endotérmico utilizando como combustible gas natural o GLP (gas licuado del petróleo) en fase vapor.

El método de producción de frío por compresión está encuadrado dentro de los que se basan en la evaporación de un fluido. La especificidad del método es la forma de recogida de los vapores producidos en la absorción de calor a baja temperatura, que en este caso se realiza mediante un compresor mecánico. Este compresor recupera los vapores y los comprime hasta un nivel suficiente en el que puedan ser de nuevo condensados cediendo calor al medio enfriador para su nueva utilización.

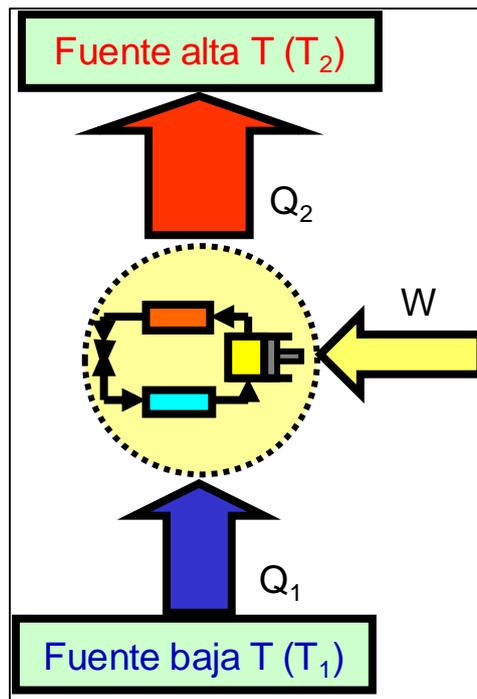


Figura 2. Esquema de máquina térmica

La eficiencia de este equipo se evalúa:

$$EER = \frac{\text{Efecto útil}}{\text{Consumo}} = \frac{Q_1}{W}$$

La bomba de calor es una máquina térmica cuyo principio teórico de funcionamiento es el mismo descrito en los párrafos anteriores para la producción de frío, en este caso por ciclo de compresión

Una bomba de calor es capaz de transportar calor de un foco frío a un foco caliente. En régimen de calefacción se toma calor del ambiente (foco frío) y se envía al interior del espacio a climatizar (foco caliente). En régimen de refrigeración, ocurre lo contrario, el exterior está más caliente que el interior, por lo que la bomba de calor extrae calor de la zona a climatizar y lo cede al exterior.

En la bomba de calor es ahora "Q2" el efecto buscado, conservándose "W" como la energía necesaria para la consecución del ciclo. El término "bomba de calor" se debe a que el efecto útil "Q2" se obtiene por "bombeo" del calor extraído de la fuente fría, esta energía, junto a la mecánica absorbida, ( $Q_2 = Q_1 + W$ ) son las cedidas a la fuente caliente.

La eficiencia de este equipo se evalúa:

$$COP = \frac{\text{Efecto útil}}{\text{Consumo}} = \frac{Q_2}{W}$$

Nótese que el término de eficiencia se denomina EER cuando hablamos de un equipo de producción de frío (efecto útil), y lo denominas COP cuando hablamos de un equipo de producción de calor (efecto útil)

La introducción de válvulas de 4 vías en el circuito frigorífico, figura 3, permite convertir un equipo, según se precise en invierno/verano, en una bomba de calor (efecto útil calefacción), o en un equipo de refrigeración (efecto útil frío)