



# DTIE 9.08

BOMBAS DE CALOR A GAS

PATROCINA



EDITA



---

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

---

## **DTIE 9.08 BOMBAS DE CALOR A GAS**

**Autores:**

D. Ricardo García San José. Ingeniero Industrial. Vicepresidente del Comité Técnico de Atecyr. Director Técnico de FACTOR 4.

D. Pedro G. Vicente Quiles. Doctor Ingeniero Industrial. Miembro del Comité Técnico de Atecyr. Profesor Titular del Área de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

**Revisores:**

Comité para la Promoción del Uso Eficiente del Gas (PROGAS).

**RELACIÓN DE MIEMBROS DEL COMITÉ TÉCNICO DE ATECYR**

**Presidente:** D. JOSÉ MANUEL PINAZO OJER

**Vicepresidente:** D. RICARDO GARCÍA SAN JOSÉ

**Vocales:**

D. Alberto Viti	D. Francisco Javier Rey Martínez
D. Alejandro Cabetas Hernández	D. Adrián Gomila Vinent
D. José María Cano Marcos	D. Paulino Pastor Pérez
D. José Antonio Rodríguez Tarodo	D. José Manuel Cejudo López
D. Rafael Úrculo Aramburu	D. José Fernández Seara
D. Antonio Vegas Casado	D. Juan Travesí Cabetas
D. Ramón Velázquez Vila	D. Pedro Torrero Gras
D. José Luis Esteban Saiz	D. José Luis Barrientos Moreno
D. Pedro G. Vicente Quiles	D. Miguel Ángel Navas Martín
D. Agustín Maíllo Pérez	D. Manuel Sánchez Marín Flores
D. Antonio García Laespada	D. Justo García Sanz-Calcedo
D. Víctor Manuel Soto Francés	D. Ignacio Leiva Pozo
D. Iñaki Morcillo Irastorza	D. Gorka Goiri Celaya
D. Antonio Paniego Gómez	D. Arcadio García Lastra

©ATECYR

**Edita:** ATECYR  
Agastia 112 A  
28043 Madrid

Producción y Realización:  
ATECYR

Maquetación e impresión:  
GRÁFICAS ELISA, S.L.

ISBN: 978-84-95010-27-8

Dep. Legal: M-8660-2015

\*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.

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.

Son 41 años de trayectoria continuada y podemos decir que el objetivo que los fundadores se marcaron al fundarla, ha sido cumplido. En estos años hemos mantenido nuestros valores y hemos intentado responder a los cambios propiciados por las épocas de crecimiento y las épocas de crisis. Mantenemos nuestro compromiso para adaptarnos a las nuevas necesidades, a los nuevos desafíos, porque nos hemos constituido en una Asociación de referencia y en un lugar de encuentro que comparte el conocimiento, busca el consenso con el debate y no escatima en compartir con ilusión la fortuna de saber que cada día podemos ser mejores técnicos y personas.

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 de Industria, Energía y Turismo, 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 un gran número de Comunidades Autónomas y Ayuntamientos, gracias a la incansable actividad de las Agrupaciones Provinciales con que contamos llevan a cabo.

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 secretaria 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.

Desde el punto de vista internacional y desde 1975 ATECYR ha representado a los técnicos del sector en dicho ámbito y es miembro de REHVA, Asociación Europea que agrupa a las asociaciones de técnicos del sector, y de ASHRAE, su homónima americana, con que se han alcanzado acuerdos para la divulgación de documentos en pdf.

En este ámbito, lo más destacado, en los últimos tiempos, es el desarrollo de 2 nuevos cursos propios 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 Auditor y Gestor Energético en la Edificación y la Industria de 264 horas.

Además, hemos promovido, el Congreso Mediterráneo de Climatización CLIMAMED, en el que participan las asociaciones de España, Portugal, Francia, Italia y Turquía. La primera edición tuvo lugar en Lisboa (Portugal) en el año 2004, desde entonces cada año/2 años se viene celebrando en Madrid (España), en Lyon (Francia), en Génova (Italia), en Lisboa (Portugal) en Madrid (España), en Estambul (Turquía). La próxima edición tendrá lugar en Juan -les- Pins, Niza (Francia) los días 10 y 11 de septiembre de 2015.

Así mismo, hemos promovido, el Congreso CIAR - Congreso Ibero-Americano de Climatización y Refrigeración que se viene organizando desde el año 1991 y está promovido por la FAIAR (Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Climatización y Refrigeración), una organización sin ánimo de lucro que reúne a las Asociaciones de España - ATECYR, República Argentina - AAF, Brasil- ABRAVA, Colombia - ACAIRE, Cuba - IRC, Ecuador - ATEAAR, México - AMERIC, Perú - APVARC, Uruguay - ASURVAC, Chile - CCRC y Portugal - EFRIARC. La organización del XIII Congreso Ibero-Americano de Climatización y Refrigeración CIAR 2015, así como la presidencia de FAIAR han recaído en Atecyr, España.

La primera edición tuvo lugar en Cartagena de Indias (Colombia) y desde entonces, cada 2 años, se viene celebrando Madrid (España), en San Pablo (Brasil), en Santiago de Chile (Chile), 1999 - V CIAR en Lisboa (Portugal), en Buenos Aire (Argentina), en La Habana (Cuba), en Montevideo (Uruguay), en Lima (Perú), en Guayaquil (Ecuador), en México DF (México), en Cartagena de Indias (Colombia). La próxima edición tendrá lugar en el Complejo y Palacete de los Duques de Pastrana, de Madrid (España) los días 28, 29 y 30 de abril de 2015.

ATECYR cuenta con un grupo de socios comprometidos con los fines de la asociación, que han trabajado y trabajan de una forma desinteresada por mantener el nivel y el prestigio, de alguna forma heredado, evolucionando hacia las nuevas tendencias técnicas, tecnológicas y de mercado.

La actividad de la asociación descansa en dos pilares fundamentales: Las Agrupaciones como grandes generadoras de la actividad y como instrumentos que permiten 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, marcan las tendencias y la forma de hacer las cosas. Dicho Comité es el gran dinamizador de toda nuestra actividad.

ATECYR es autor junto al IVE de CERMA que ya es Documento Reconocido para la certificación de eficiencia energética, según lo dispuesto en el artículo 3 del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción según registro CCE-DR-OOSI11.

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.

El Comité Técnico de ATECYR viene trabajando desde hace años, en la elaboración de una ingente 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.

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

Esta colección de documentos pretende constituirse como guías prácticas sobre temas de interés dentro del ámbito de la climatización y refrigeración, dirigidas a técnicos que trabajen 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.

Este documento, en particular, nace debido a la evolución tecnología que han sufrido las bombas de calor utilizando como fuente de energía un combustible gaseoso, cambiando el tradicional compresor eléctrico por uno de combustión interna. En el documento se analizan las posibilidades de utilizar estos equipos para la producción de frío y calor en la edificación.

Sólo queda agradecer su aportación al patrocinador de este DTIE a SEGIDAS, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto y presentarle este nuevo DTIE sobre Cálculo y Selección de Equipos Primarios.

Juan José Quixano Burgos  
Presidente de ATECYR

## **DTIE - 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

### **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: Combustibles**

- \* 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 Ca1ener 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

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

- \* 8.01 Recuperación de energía en sistemas de climatización
- 8.02 Bomba de calor
- \* 8.03 Instalaciones Solares Térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria. (Edición revisada)
- \* 8.04 Energía Solar Térmica. Casos Prácticos

**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 Bomba de Calor a Gas

**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

**SERIE 12: Aislamiento Térmico**

- \* 12.01 Cálculo del Aislamiento Térmico de Conducciones y Equipos

**SERIE 13: Difusión de Aire****SERIE 14: Acumulación de Energía Térmica****SERIE 15: Salas de Máquinas****SERIE 16: Puesta en Marcha, Recepción y Mantenimiento****SERIE 17: Varios**

- 17.01 Análisis económico de sistemas
- \* 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 en la Envolvente Térmica de los Edificios
- \* 18.02 Rehabilitación Energética de las Instalaciones Térmicas de la Edificios
- \* 18.03 Integración de Energía Renovable en la Rehabilitación Energética

\*Editadas

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN .....	11
1.1	CONCEPTO GENERAL DE BOMBA DE CALOR.....	11
1.2	TIPOLOGÍA DE LAS BOMBAS DE CALOR POR EL CICLO TERMODINÁMICO .....	12
1.2.1	Bombas de calor mediante ciclo de compresión .....	12
1.2.2	Bombas de calor de absorción .....	15
1.3	CLASIFICACIÓN POR LOS MEDIOS EXTERIORES.....	16
1.4	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> Y CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA.....	17
1.5	CONSIDERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE .....	18
2	BOMBAS DE CALOR DE COMPRESIÓN .....	21
2.1	FUNDAMENTOS DEL CICLO TERMODINÁMICO DE COMPRESIÓN .....	21
2.2	EFICIENCIA DEL CICLO DE COMPRESION (EER <sub>CICLO</sub> Y COP <sub>CICLO</sub> ).....	24
2.3	FUNCIONAMIENTO REVERSIBLE DE LAS BOMBAS DE CALOR .....	25
2.4	EL CICLO REAL DE COMPRESIÓN .....	26
2.4.1	Influencia de la eficiencia del compresor en el EER y en el COP.....	29
2.4.2	Influencia de la temperatura de evaporación en el EER y en el COP.....	29
2.4.3	Influencia de la temperatura de condensación en el EER y en el COP.....	30
2.4.4	Influencia del medio en el EER y en el COP .....	31
2.5	LOS DESESCARCHES EN LAS BOMBAS DE CALOR ELÉCTRICAS .....	31
2.5.1	Desescarcho mediante resistencias en el evaporador .....	32
2.5.2	Desescarcho por gas caliente .....	32
2.5.3	Desescarcho por inversión del ciclo .....	32
2.5.4	Influencia de los desescarches en el COP de la máquina.....	33
2.6	PRESTACIONES DE LAS MÁQUINAS DE COMPRESIÓN .....	33
2.6.1	Condiciones nominales de funcionamiento .....	34
2.6.2	Condiciones reales de funcionamiento. Condiciones de proyecto.....	34
2.6.3	Condiciones estacionales reales de funcionamiento .....	36
2.6.4	Condiciones estacionales de funcionamiento de certificado.....	37



3	BOMBAS DE CALOR A GAS POR COMPRESIÓN (GEHP) .....	39
3.1	FUNCIONAMIENTO EN MODO CALOR .....	40
3.1.1	Funcionamiento cuando la temperatura exterior es superior a 7°C .....	40
3.1.2	Funcionamiento cuando la temperatura exterior es inferior a 7°C.....	42
3.2	FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA EN MODO REFRIGERACIÓN .....	43
3.3	CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES DE LAS GEHP .....	45
3.4	COMPRESORES .....	46
3.4.1	Compresores alternativos .....	46
3.4.2	Compresores rotativos de rodillo y de paletas .....	46
3.4.3	Compresores tipo “scroll” .....	47
3.5	BOMBAS DE CALOR A GAS POR COMPRESIÓN COMERCIALES .....	48
3.5.1	Características nominales de las GEHP .....	49
3.5.2	Funcionamiento de la máquina en otras condiciones y sin recuperación .....	50
3.5.3	Funcionamiento de la máquina en otras condiciones y con recuperación.....	52
4	BOMBAS DE CALOR A GAS POR ABSORCIÓN (GAHP).....	55
4.1	DESCRIPCIÓN DEL CICLO DE ABSORCIÓN.....	55
4.2	CLASIFICACIÓN Y TIPOS DE MÁQUINAS DE ABSORCIÓN.....	58
4.2.1	Clasificación de las máquinas de absorción .....	58
4.2.2	Tipos de máquinas de absorción comerciales.....	58
4.3	CICLO DE SIMPLE EFECTO. ACCIONAMIENTO DIRECTO, H <sub>2</sub> O - NH <sub>3</sub> .....	59
4.3.1	Funcionamiento del ciclo de absorción.....	59
4.3.2	Funcionamiento de la máquina en modo refrigeración.....	60
4.3.3	Funcionamiento de la máquina en modo calefacción .....	62
4.4	SELECCIÓN DE MÁQUINAS DE ABSORCIÓN DE H <sub>2</sub> O-NH <sub>3</sub> .....	62
4.4.1	Selección de máquina comercial “sólo refrigeración” .....	62
4.4.2	Selección de máquina comercial “reversible” .....	64
4.4.3	Selección de máquinas comerciales con caldera de condensación .....	66
4.5	MÁQUINAS DE ABSORCIÓN DE LiBr - H <sub>2</sub> O.....	68
4.6	SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE MÁQUINAS DE ABSORCIÓN DE LiBr-H <sub>2</sub> O.....	69
4.6.1	Selección de máquina comercial “sólo refrigeración” .....	70
4.6.2	Selección de máquina comercial de accionamiento directo.....	71
5	INSTALACIÓN DE LAS GEHP. APLICACIONES .....	73
5.1	INSTALACIÓN DE LAS GEHP .....	73
5.1.1	Instalación de la unidad exterior.....	74

5.1.2	Instalaciones interiores de refrigerante.....	76
5.1.3	Instalaciones interiores de agua .....	77
5.1.4	Instalaciones Interiores de refrigerante y agua .....	78
5.2	APLICACIONES DE LAS GEHP .....	79
5.2.1	Climatización de edificios en climas fríos.....	80
5.2.2	Instalaciones que aprovechan el calor residual del motor .....	82
5.2.3	Instalaciones con dificultades de suministro eléctrico .....	83
5.2.4	Reformas de edificios existentes.....	84
5.3	OTRAS INSTALACIONES AUXILIARES DE LAS GEHP.....	85
5.3.1	Instalación receptora de gas .....	85
5.3.2	Instalación eléctrica.....	85
5.3.3	Ventilación y evacuación de humos.....	86
5.4	MANTENIMIENTO DE LAS GEHP.....	86
6	INSTALACIÓN DE LAS GAHP. APLICACIONES.....	87
6.1	INSTALACIÓN DE LAS GAHP.....	87
6.1.1	Instalación de la unidad .....	88
6.1.2	Conexión de la GAHP.....	90
6.2	APLICACIONES DE LAS GAHP .....	93
6.2.1	Aplicación para calefacción y refrigeración.....	93
6.2.2	Aplicación para el calentamiento del vaso de una piscina, SPA o similar .....	93
6.2.3	Instalaciones con dificultades de suministro eléctrico .....	94
6.3	OTRAS INSTALACIONES AUXILIARES DE LAS GAHP .....	94
6.4	MANTENIMIENTO DE LAS GAHP .....	94
7	CASOS PRÁCTICOS.....	95
7.1	EJEMPLO 1. MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AHORRO DE COSTES EN INSTALACIÓN DE CALENTAMIENTO DE PISCINA CUBIERTA .....	95
7.2	EJEMPLO 2. INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y PRODUCCIÓN DE ACS .....	103
8	ETIQUETADO ENERGÉTICO Y ECODISEÑO.....	109
8.1	Etiquetado energético.....	109
8.2	Ecodiseño .....	112
	BIBLIOGRAFIA.....	113



# 1 INTRODUCCIÓN

El presente documento analiza las posibilidades de utilizar bombas de calor a gas (GHP, “Gas Heat Pumps”) para la producción de frío y calor en la edificación. Se va a mostrar que se trata de una solución tecnológica interesante para muchas aplicaciones, siendo recomendable realizar un estudio de la viabilidad técnica y económica de esta solución en los proyectos de climatización de los edificios.

Con esta solución tecnológica en determinadas aplicaciones se mejora la eficiencia energética de los edificios, es decir, se disminuye el consumo de energía primaria de origen no renovable en los mismos, así como las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del consumo de energía.

## 1.1 CONCEPTO GENERAL DE BOMBA DE CALOR

El calor siempre se transmite de mayor a menor temperatura, por este motivo para cubrir las necesidades de calor de los diferentes servicios térmicos de los edificios los sistemas de calentamiento precisan fluidos a mayor temperatura que las de uso. Los usos de energía térmica más habituales en la edificación son:

- Calefacción
- Producción de agua caliente sanitaria (ACS)
- Calentamiento del agua de piscinas.

Las temperaturas habituales de los diferentes servicios de calor en los edificios son:

- Calefacción: 60 a 80°C en radiadores, 30 a 40°C para suelo radiante, 40°C a 50°C con climatizadores o ventiloconvectores
- Agua caliente sanitaria (ACS): 60°C
- Piscinas: hasta 30°C.

Los fluidos habitualmente empleados en las instalaciones térmicas de los edificios son:

- Agua o agua con anticongelante
- Aire
- Refrigerantes.

Debido a esta necesidad de temperaturas superiores a las de los diferentes servicios, los equipos más extendidos para la producción de calor son las calderas de combustible, ya que la energía del terreno, del agua de ríos o mares o el aire ambiente, no tiene un nivel térmico que permita ser directamente utilizada en los mismos.

Para poder aprovechar esa energía se han desarrollado las "Bombas de Calor" que son equipos que extraen la energía con bajo nivel térmico del aire, agua o el terreno, y mediante un ciclo termodinámico elevan la temperatura del fluido de la instalación térmica correspondiente hasta un nivel apropiado para su uso en los locales.

Se emplea la expresión "Bomba de Calor" por su similitud con la bomba hidráulica que eleva el agua desde un depósito inferior hasta otro superior, en contra de la acción de la gravedad, que de manera natural, haría que el agua fuese del depósito superior al inferior.

Así, se entiende por Bomba de Calor aquel equipo que extrae el calor de una fuente natural (aire, agua o terreno) elevando su temperatura hasta un nivel apropiado para su uso térmico en las instalaciones de los edificios, empleando un fluido intermedio y consumiendo para ello una energía, que será inferior a la aportada en el edificio.

## 1.2 TIPOLOGÍA DE LAS BOMBAS DE CALOR POR EL CICLO TERMODINÁMICO

En este apartado se describen los ciclos termodinámicos utilizados por las bombas de calor. Se trata de ciclos desarrollados inicialmente para refrigeración pero que cada vez se emplean más los equipos con inversión de ciclo para producción de calor y frío.

Los ciclos termodinámicos utilizados en las bombas de calor a gas (GHP) son de compresión, de absorción y de adsorción.

### 1.2.1 Bombas de calor mediante ciclo de compresión

El ciclo de compresión es el más utilizado, siendo el más conocido el accionado por motores eléctricos. Las bombas de calor eléctricas (EHP, "*Electric Heat Pumps*") son los equipos más extendidos y, a efectos de referencia en este documento, se consideran como los equipos "convencionales".

Sin entrar en el ciclo termodinámico, la Figura 1.1 muestra el esquema de funcionamiento de una bomba de calor donde el compresor es accionado mediante un motor eléctrico.

Aplicando el primer principio de la termodinámica (conservación de la energía) al sistema, se obtiene:

$$Q_C = Q_E + P_E \quad (1.1)$$

Siendo  $Q_C$  el calor transferido en el condensador,  $Q_E$  el calor transferido en el evaporador y  $P_E$  la potencia consumida por el equipo (véase Figura 1.1).

Cuando la máquina funciona como bomba de calor, su eficiencia viene dada por el COP (*Coefficient Of Performance*):

$$\text{COP} = \frac{Q_C}{P_E} \quad (1.2)$$

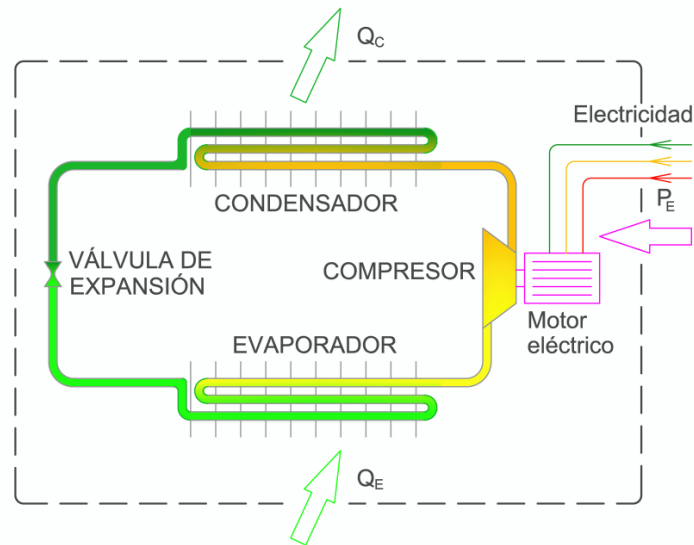


Figura 1.1 Bomba de calor por ciclo de compresión. Compresor accionado mediante un motor eléctrico.

Las bombas de calor suelen ser reversibles, esto es, pueden funcionar de forma que la energía útil que proporcionen sea la del evaporador. La eficiencia de la máquina en modo refrigeración viene dada por el EER (*Energy Efficiency Ratio*),

$$\text{EER} = \frac{Q_E}{P_E} \quad (1.3)$$

El ciclo termodinámico de compresión de vapor está accionado por la energía mecánica del compresor. Es posible sustituir el motor eléctrico por un motor de combustión interna alternativo, tal y como se muestra en la Figura 1.2.

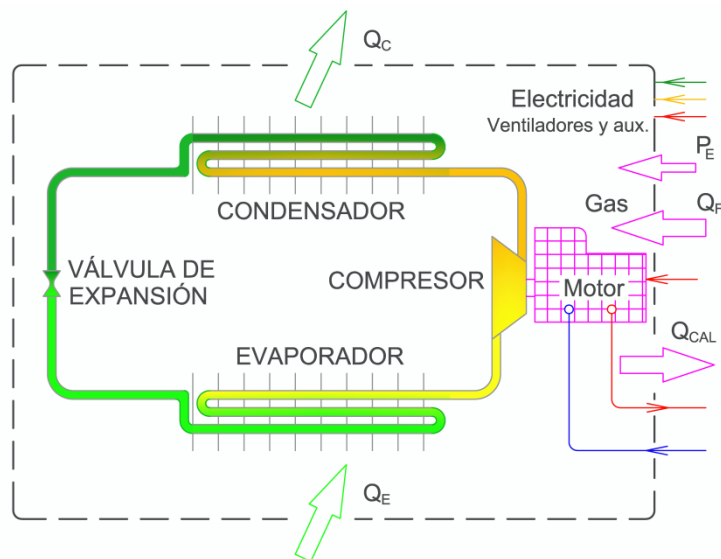


Figura 1.2 Bomba de calor por ciclo de compresión. Compresor accionado mediante un motor de combustión interna alternativo a gas.