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

DTIE 8.05

BOMBAS DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE ACS

Autores:**Pedro G. Vicente Quiles,**

Doctor Ingeniero Industrial. Profesor Titular de Universidad del Área de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Vicepresidente de ATECYR y de su Comité Técnico.

Francisco Javier Aguilar Valero,

Doctor Ingeniero Industrial. Máster en Instalaciones Térmicas y Eléctricas en Edificios. Profesor del Área de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

Revisor:**José Manuel Cejudo López,**

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

Relación de miembros del Comité Técnico de Atecyr:

Presidente: José Manuel Pinazo Ojer

Vicepresidente Ejecutivo: Pedro G. Vicente Quiles

Vicepresidente: Ricardo García San José

Miembro honorífico:

Alejandro Cabetas Hernández

Vocales:

José María Cano Marcos
José Antonio Rodríguez Tarodo
Rafael Úrculo Aramburu
Antonio Vegas Casado
Ramón Velázquez Vila
Víctor Manuel Soto Francés
Francisco Javier Rey Martínez
Adrián Gomila Vinent
Paulino Pastor Pérez
José Manuel Cejudo López
Juan Jose Quixano Burgos
José Fernández Seara
Enrique Torrella Alcaraz
Angel Barragán Cervera
Ramón Puente Varela
Jose Antonio Fernández Benítez

Juan Travesí Cabetas
José Luis Barrientos Moreno
Miguel Ángel Navas Martín
Manuel Sánchez Marín Flores
Justo García Sanz-Calcedo
Ignacio Leiva Pozo
Nicolás Bermejo Presa
Vidal Díaz Martínez
Arcadio García Lastra
César Martín Gómez
Marta San Román
Paloma Virseda Chamorro
Ramón Cabello López
Pedro Romero Jiménez
Pedro Coya Alonso

Depósito Legal: M-1616-2020

ISBN: 978-84-95010-68-1

©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 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.

Sólo queda agradecer su aportación al patrocinador de este DTIE, **SAUNIER DUVAL**, sin cuya ayuda sería imposible completar este interesante proyecto y presentar este nuevo DTIE 8.05 Bombas de calor para producción de ACS.

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

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
- *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

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

| | |
|---|----|
| PRESENTACIÓN DTIE | 3 |
| Relación de Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación..... | 6 |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 13 |
| 1.1 FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE CALOR..... | 13 |
| 1.1.1 Componentes de las bombas de calor..... | 14 |
| 1.1.2 El ciclo frigorífico de compresión mecánica..... | 15 |
| 1.1.3 Transformaciones energéticas de calor y trabajo..... | 17 |
| 1.1.4 Eficiencia energética del ciclo frigorífico COP _{CICLO} y EER _{CICLO} | 17 |
| 1.2 CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS DE CALOR | 18 |
| 1.2.1 Clasificación por el tipo de accionamiento del compresor | 18 |
| 1.2.2 Clasificación por los medios de intercambio de calor | 20 |
| 1.3 INFLUENCIA DE LOS FOCOS TÉRMICOS EN LA EFICIENCIA DEL CICLO | 22 |
| 1.3.1 Influencia de la temperatura de evaporación en el COP | 22 |
| 1.3.2 Influencia de la temperatura de condensación en el COP..... | 23 |
| 1.3.3 Rendimiento medio estacional de las bombas de calor SPF | 24 |
| 1.4 FUNCIONAMIENTO REVERSIBLE DE LAS BOMBAS DE CALOR..... | 24 |
| 1.5 EL PROCESO DE DESESCARCHE | 25 |
| 2. TIPOS DE BOMBAS DE CALOR PARA PRODUCCIÓN DE ACS | 27 |
| 2.1 EQUIPOS CON DEPÓSITO INTEGRADO..... | 27 |
| 2.2 EQUIPOS PARTIDOS DE TIPO MURAL PARA ACS Y CALEFACCIÓN..... | 30 |
| 2.3 EQUIPOS COMPACTOS PARA ACS Y CALEFACCIÓN (OPCIONAL REFRIGERACIÓN) | 32 |
| 2.4 EQUIPOS PARTIDOS DE ALTA TEMPERATURA CON CO ₂ PARA ACS | 33 |
| 2.5 UNIDADES TERMINALES DE PRODUCCIÓN DE ACS DE ALTA TEMPERATURA EN SISTEMAS VRF..... | 34 |
| 2.6 BOMBAS DE CALOR GEOTÉRMICAS | 35 |
| 3. NORMATIVA DE APLICACIÓN A LAS BOMBAS DE CALOR | 37 |
| 3.1 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN 2019: Sección HE4 | 37 |
| 3.2 CONSIDERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE. DIRECTIVA 2009/28/CE .. | 38 |
| 3.3 CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN 2019: Sección HE0 | 39 |
| 3.4 NORMA DE ENSAYO DE BOMBAS DE CALOR DE ACS. UNE EN 16147.. | 43 |
| 3.5 NORMA DE ENSAYO DE BOMBAS DE CALOR. UNE EN 14825..... | 48 |
| 3.6 NORMA DE ENSAYO DE BOMBAS DE CALOR. UNE EN 14511 | 49 |
| 3.7 CONSIDERACIÓN DE LAS BOMBAS DE CALOR DE ACS EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA..... | 49 |

| | |
|--|-----|
| 4. INFLUENCIA DE LA ESTRATIFICACIÓN EN LA EFICIENCIA DE LAS BOMBAS DE CALOR..... | 53 |
| 4.1 LA ESTRATIFICACIÓN DEL AGUA..... | 53 |
| 4.2 ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE LA ESTRATIFICACIÓN..... | 57 |
| 4.2.1 Medidas experimentales de estratificación del acumulador..... | 58 |
| 4.2.2 Medidas de estratificación para distintos perfiles de consumo | 60 |
| 4.3 INFLUENCIA DE LA ESTRATIFICACIÓN EN LA EFICIENCIA..... | 60 |
| 4.3.1 Medidas experimentales de la eficiencia de la bomba de calor | 61 |
| 4.3.2 Resumen de los resultados energéticos del estudio | 62 |
| 4.4 SIMULACIÓN DE UNA BOMBA DE CALOR SIGUIENDO UNE EN 16147 ... | 63 |
| 4.4.1 Resultados del perfil de extracción M | 63 |
| 4.4.2 Resumen de resultados. Perfiles S, M y L a 7 y 20°C | 64 |
| 5. CÁLCULO DEL SPF DE BOMBAS DE CALOR | 67 |
| 5.1 PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA LA DETERMINACIÓN DEL SPF | 67 |
| 5.2 MÉTODO DE CÁLCULO PROPUESTO. BOMBAS DE CALOR CON ENSAYO UNE EN 16147..... | 69 |
| 5.3 MÉTODO DE CÁLCULO PROPUESTO. BOMBAS DE CALOR CON ENSAYO UNE EN 14511 | 78 |
| 6. ESQUEMAS DE INSTALACIONES CON BOMBA DE CALOR..... | 87 |
| 6.1 ESQUEMA DE EQUIPO COMPACTO DE SÓLO ACS PARA RESIDENCIAL | 87 |
| 6.2 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE AGUA PARA VIVIENDA UNIFAMILIAR..... | 87 |
| 6.3 ESQUEMA DE INSTALACIÓN PARA PEQUEÑO Terciario | 88 |
| 6.4 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE EDIFICIO Terciario DE TAMAÑO MEDIANO | 90 |
| 6.5 ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE GRAN TAMAÑO | 91 |
| 6.6 ESQUEMA DE INSTALACIÓN CON BOMBA DE CALOR DE CO ₂ DE ALTA TEMPERATURA | 93 |
| 6.7 ESQUEMA DE BOMBA DE CALOR GEOTÉRMICA..... | 95 |
| 7. BOMBAS DE CALOR DE ACS CON ENERGÍA SOLAR TÉRMICA..... | 97 |
| 7.1 DISEÑO DE LAS INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS..... | 97 |
| 7.2 EFICIENCIA DEL SISTEMA BOMBA DE CALOR CON ENERGÍA SOLAR TÉRMICA | 100 |
| 7.3 ESQUEMAS DE BOMBAS DE CALOR CON APOYO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA | 101 |
| 7.3.1 Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación doméstica..... | 101 |
| 7.3.2 Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación de BdC aire/agua | 102 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 7.3.3 | Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación de BdC de pequeño terciario..... | 104 |
| 7.3.4 | Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación mediana de terciario | 105 |
| 7.3.5 | Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación de gran tamaño de terciario..... | 106 |
| 7.3.6 | Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación de bomba de calor de CO ₂ | 107 |
| 7.3.7 | Esquema de apoyo de energía solar térmica a instalación geotérmica | 108 |
| 8. | BOMBAS DE CALOR CON ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA | 109 |
| 8.1 | FUNCIONAMIENTO DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS..... | 110 |
| 8.2 | ENERGÍA PRODUCIDA POR LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.. | 111 |
| 8.3 | AUTOCONSUMO: ENERGÍA CONSUMIDA vs ENERGÍA PRODUCIDA.... | 111 |
| 8.4 | INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CONECTADAS A BOMBAS DE CALOR..... | 113 |
| 8.5 | INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS CON BATERÍAS..... | 116 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 117 |

1 INTRODUCCIÓN

Este documento analiza la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) mediante bombas de calor, tanto en viviendas, como en aplicaciones del sector terciario como vestuarios, hoteles, hospitales, etc. Asimismo, se presentan las diferentes alternativas y configuraciones comerciales que existen para el empleo de esta tecnología, incluyendo aspectos como el tipo y potencia del compresor, el volumen de acumulación y su posible acoplamiento con sistemas de aprovechamiento de energía renovable in-situ: solar térmica y solar fotovoltaica.

Las bombas de calor son una alternativa viable e interesante para cumplir con la exigencia de “contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria” establecida en la Sección HE4 del Documento Básico “DB HE Ahorro de Energía” del Código Técnico de la Edificación CTE 2019. En el documento se demuestra que se trata de una tecnología muy interesante para un amplio rango de aplicaciones. Así, se comparan las diferentes tecnologías dentro del marco normativo actual, desde un punto de vista técnico, económico y de ahorro de emisiones de CO₂ y de energía primaria no renovable.

1.1 FUNCIONAMIENTO DE LAS BOMBAS DE CALOR

La transferencia de calor (conducción, convección y radiación) se produce de forma natural por el efecto de un gradiente de temperaturas y se da únicamente en la dirección del descenso de temperatura. Así, el intercambio de calor entre dos medios se produce siempre desde el de mayor al de menor temperatura.

Una bomba de calor es un equipo capaz de transportar energía en forma de calor desde un foco térmico a temperatura ambiente (aire, agua o terreno) a otro a mayor temperatura, empleando para ello un ciclo termodinámico. El término Bomba de Calor debe su nombre a la similitud con las bombas hidráulicas que, en contra de la acción de la gravedad, transportan el agua desde un punto a otro ubicado a una cota superior.

Al igual que en el caso de las bombas hidráulicas, las bombas de calor requieren de un aporte de trabajo en el compresor para el accionamiento del ciclo termodinámico. Este aporte de energía mecánica podrá realizarse mediante el uso de un motor eléctrico accionado o mediante el uso de un motor de combustión interna alternativo.

Una cualidad importante de las bombas de calor es que pueden tener un funcionamiento reversible, por lo que pueden ser empleadas tanto para aportar calor a un medio o recinto (calefacción), como para evacuar calor (refrigeración).

Cabe indicar que, a nivel práctico el término de bomba de calor se emplea únicamente en aquellas aplicaciones en las que lo que se aprovecha es el calor aportado al medio en el condensador, por ejemplo, para calefactar una vivienda o para calentar agua. En los casos en los que el calor útil es el que el refrigerante absorbe del medio, se suele utilizar el término refrigerador o máquina frigorífica.

El empleo de bombas de calor en la edificación está muy extendido, siendo muy habitual su uso para la climatización de los espacios interiores (calefacción y/o refrigeración), para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y para el calentamiento del agua de piscinas. La aplicación concreta condicionará el tipo y la configuración de la bomba de calor, así como el refrigerante empleado, las temperaturas de trabajo de éste, etc. Sin embargo, en todos los casos su funcionamiento se basa en el empleo de un ciclo frigorífico.

1.1.1 Componentes de las bombas de calor

El ciclo simple de compresión mecánica es el más empleado en las máquinas de aire acondicionado y producción de agua caliente. Dentro de estas aplicaciones las bombas de calor accionadas eléctricamente son las consideradas como las bombas de calor convencionales.

La Figura 1 muestra los elementos principales que forman el ciclo frigorífico simple de compresión mecánica: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador. Además, se representan los flujos de energía principales: calor absorbido en el evaporador, consumo de energía mecánica en el compresor y calor cedido en el condensador (suma de los anteriores si se desprecian las pérdidas de calor).

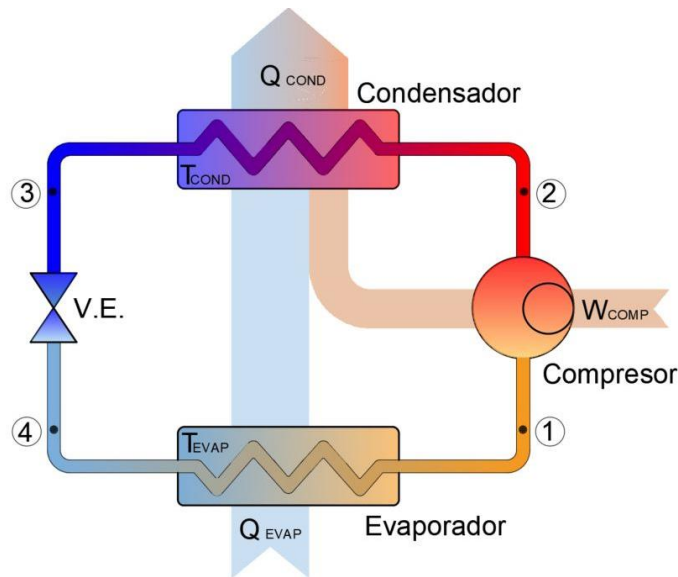


Figura 1. Flujos de energía en el ciclo frigorífico

Compresor (1-2)

Recibe el refrigerante en estado de vapor sobrecalentado e incrementa su presión hasta un nivel energético que permita la evacuación de calor en el condensador al medio o agente condensante.

Condensador (2-3)

El condensador es un intercambiador de calor donde se produce la transferencia de calor entre el refrigerante y el medio o agente que se desea calentar. El refrigerante condensa y baja su temperatura, transfiriendo calor al medio (generalmente aire o agua).

Para que pueda efectuarse la cesión de calor, la temperatura del refrigerante en el condensador debe ser superior a la del medio que se vaya a calentar (foco caliente).

Válvula de expansión (3-4)

En la válvula de expansión se produce la reducción de presión del refrigerante, poniendo en contacto la salida del condensador a alta presión y la entrada del evaporador a baja presión e iniciándose un nuevo ciclo.

A la entrada de la válvula de expansión el refrigerante se encuentra en estado de líquido subenfriado, mientras que a la salida se tiene una mezcla de líquido y vapor a baja presión.