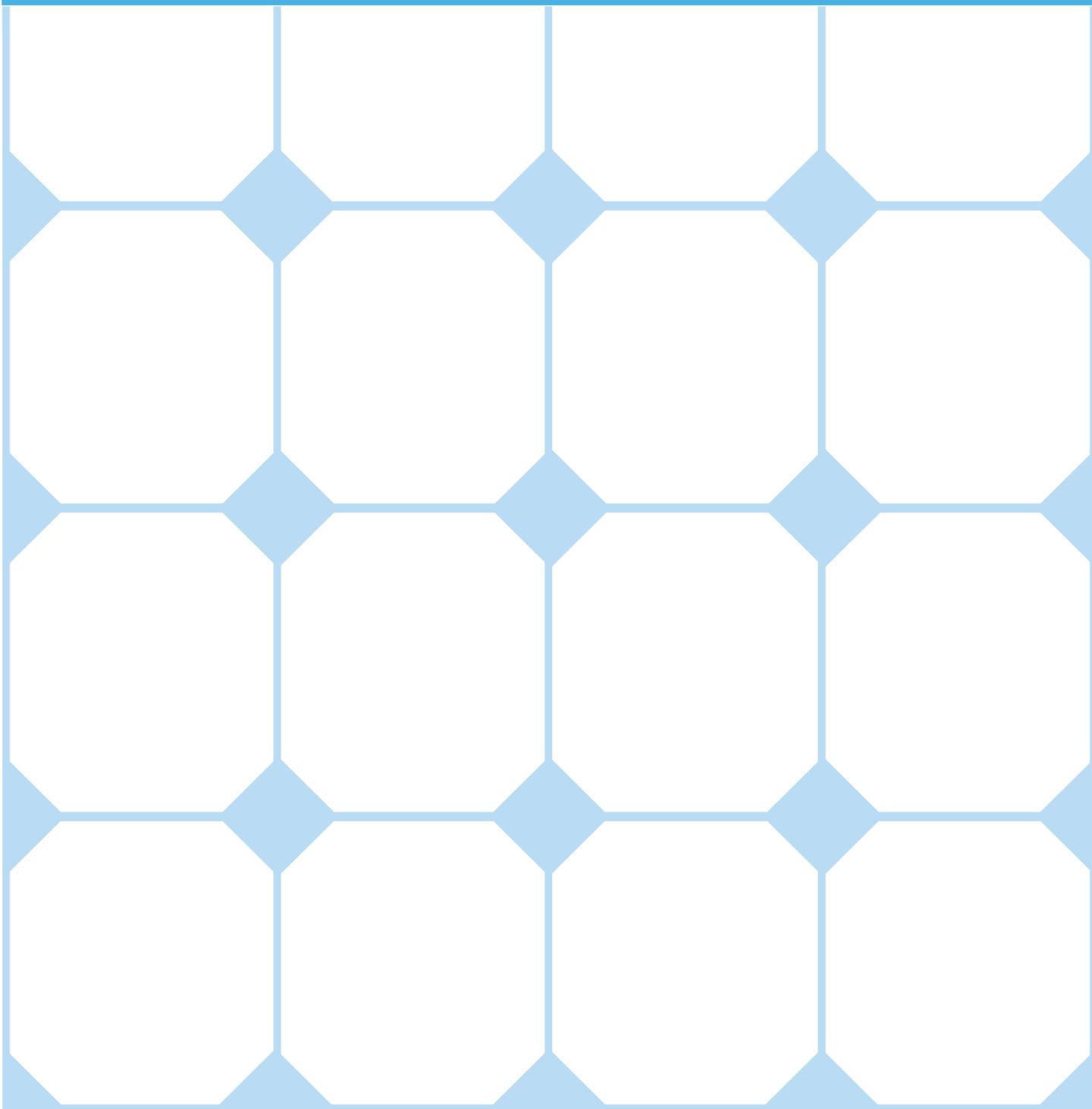


CONSTRUYE  
2020



Instalaciones  
de climatización.  
Volumen II



El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea. Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor. La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.

1ª edición: febrero 2016

© Alejandro San Vicente Navarro  
© Fundación Laboral de la Construcción  
ESPAÑA

Imprime:  
Tornapunta Ediciones  
C/ Rivas, 25  
28052 Madrid  
Tel.: 900 11 21 21  
[www.fundacionlaboral.org](http://www.fundacionlaboral.org)

Depósito Legal: T 1116-2016



# Instalaciones de climatización. Volumen II

Alejandro San Vicente Navarro

## Índice

---

■ 4. Instalaciones de calefacción y ACS por combustión .....	5
■ 5. Instalaciones de climatización por conductos .....	26
■ Bibliografía .....	33



## UNIDAD 4. INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN Y ACS POR COMBUSTIÓN

1. Climatización por combustión	5
2. Medidas eficientes en la elección de la caldera	6
3. Medidas eficientes en el diseño de la instalación de calefacción y ACS por combustión	11
4. Mantenimiento preventivo: optimización del rendimiento del generador	17
5. Medidas eficientes con aportación de energías renovables	22
Resumen	25



### Objetivos de la unidad didáctica:

- Comprender el principio de funcionamiento de los sistemas de climatización mediante combustión.
- Conocer las distintas tecnologías de las calderas.
- Conocer algunas de las medidas para la mejora del rendimiento en instalaciones de climatización por combustión.
- Conocer cómo se integra el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los sistemas de combustión: mantenimiento y eficiencia energética.
- Conocer las distintas formas de aportación de energías renovables a los sistemas de combustión: energía solar térmica...

### 1. CLIMATIZACIÓN POR COMBUSTIÓN

La combustión es una reacción exotérmica química de oxidación que requiere un elemento que arde (combustible) y otro que produce la combustión (comburente), generalmente el oxígeno ( $O_2$ ) gaseoso.

La reacción desprende gran cantidad de energía en forma de calor (también parte de luz) que se puede, aplicando los principios fundamentales de la termodinámica, canalizar para la climatización de un determinado espacio a través de los tres métodos conocidos de transmisión de calor: conducción, convección y radiación.

Históricamente la combustión ha sido el sistema más utilizado por el hombre para calentarse debido a su simplicidad.

En las últimas décadas el avance tecnológico ha permitido explorar nuevos procesos con otros combustibles (pélets, biocombustibles...) así como mejorar la eficiencia global del proceso.

La combustión de un combustible (carbón, biomasa, gasoil, gas natural...) tiene la ventaja de ser un proceso donde la fuente de energía primaria se encuentra "cerca" de las unidades terminales que intercambian el calor con el espacio a climatizar. Esto minimiza las pérdidas en el recorrido del proceso. A diferencia de una máquina eléctrica (la electricidad se obtiene también en parte con la combustión, por ejemplo de gas natural o carbón en las centrales térmicas) donde primero se tiene

que transformar en electricidad, luego se tiene que distribuir y finalmente debe ser transformada de nuevo en energía térmica. Evidentemente cada subproceso tiene sus pérdidas.

En el lado negativo la reacción química de combustión de un determinado combustible genera humos como subproductos, alguno de los cuales como por ejemplo el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es causante del efecto invernadero y su emisión a la atmósfera está muy penalizada por la normativa energética y ambiental por sus nocivas secuelas medioambientales.

Aunque la instalación de combustión convencional incorpora simplemente una caldera y una red de tuberías de reparto de calefacción y ACS, existen otras posibilidades mediante intercambiadores de calor que permitirían su uso para instalaciones mediante *fancoils*, por conductos...aunque en este caso su uso es para calefacción.

Combustión de combustible (calefacción y ACS)	Transporte	Tratamiento	Unidad terminal
Caldera	Tuberías de agua	-	Ventiloconvectores, fancoils
Caldera	Tuberías de agua	-	Suelo radiante, radiadores
Caldera	Tuberías de agua	Unidades de tratamiento de aire	Rejillas, difusores

Figura 1. Distintas combinaciones de uso de caldera para calefacción. Fuente: Elaboración propia



### Eficiencia energética en instalaciones de combustión

La eficiencia energética en instalaciones de combustión tratará por tanto de evaluar las posibilidades de mejora en el rendimiento del sistema, la disminución de pérdidas de calor en la distribución y la reducción en la emisión de dióxido de carbono a la atmósfera.

Se tratará de explicar a continuación alguna de las mejores posibilidades para conseguirlo.

## 2. MEDIDAS EFICIENTES EN LA ELECCIÓN DE LA CALDERA

### 2.1 Tipos de calderas

Las calderas que existen en el mercado se pueden clasificar de muchas formas distintas.

Por ejemplo, según el combustible empleado: sólidos (carbón, biomasa...), líquidos (gasoil...) o gaseosos (gas natural, biogás...)

Según su diseño: pirotubulares (tubos con humos) o acuotubulares (tubos con agua).

Por el funcionamiento de la cámara de combustión y la ubicación de la toma de aire exterior para producir la reacción en:

- Atmosféricas: toman directamente el aire del ambiente, son muy peligrosas y está prohibida su instalación desde el 1 de Enero de 2010 según el RITE.

- En depresión: la presión de la cámara de combustión es inferior a la atmosférica debido a un ventilador instalado en la caldera que fuerza el tiro de la misma.
- En sobrepresión: donde la presión en el hogar es superior a la atmosférica forzando a los gases a salir por el tiro.
- Estancas: disponen de un doble conducto que permite simultáneamente la evacuación de los gases procedentes de la combustión y la entrada de aire desde el exterior generando asimismo un precalentamiento del aire beneficioso para el rendimiento de la caldera. Son las más seguras ya que no modifican las condiciones ambientales del recinto donde se aloja la máquina.

Según el fluido térmico, pueden ser de agua, de agua sobrecalentada, de vapor o de aceite.

Pero la clasificación que más interesa a efectos de eficiencia energética y desechando las calderas de combustibles sólidos (por su bajo rendimiento solo interesan las de combustibles renovables como la biomasa) es la que viene regulada por la Directiva 92/42/CEE y su posterior transposición a la normativa española mediante el Real Decreto 275/1995, relativa a los requisitos para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos.

En esta normativa se analizan los tres tipos de caldera que se encuentran en el mercado y que varían en el rendimiento que pueden proporcionar. Son estas:

- **Calderas estándar:** caldera convencional en la que la temperatura de los humos es siempre superior a 70 °C para evitar la condensación del agua resultante del proceso de combustión. Alcanza rendimientos de hasta el 90% sobre el PCI (poder calorífico inferior o seco) del combustible.
- **Calderas de baja temperatura o de bajo NOx:** son calderas similares a las estándar pero capaces de trabajar a temperaturas menores (de 35 a 40 °C) ya que incorporan un sistema de refrigeración del quemador que reduce la temperatura de los humos y que en determinadas circunstancias puede producir condensación.

La mayor ventaja radica en la capacidad de regular la temperatura en función de la demanda energética real. Su rendimiento podría llegar al 95% sobre el PCI (poder calorífico inferior o seco) del combustible. Se denominan también de bajo NOx porque la baja temperatura de los humos de salida implica una menor emisión de óxidos de nitrógeno. El Bajo NOx, actualmente, engloba todos los aparatos de clase 5, que son aquellos que emiten menos de 70 mg/kWh.

CALDERAS DE BAJO NOx	
CLASE	EMISION DE NOx
Clase 1	<260 mg/kWh
Clase 2	<200 mg/kWh
Clase 3	<150 mg/kWh
Clase 4	<100 mg/kWh
Clase 5	<70 mg/kWh

**Figura 2.** Clases de calderas bajo NOx según su emisión. Fuente: Elaboración propia

- **Caldera de condensación:** son las más eficientes energéticamente ya que son calderas diseñadas para poder condensar de forma permanente una parte importante de los vapores de agua contenidos en los gases de combustión y aprovechando así su energía.

De esta forma se aumenta el rendimiento global de la máquina ya que es capaz de aprovechar casi el 100% del PCS (poder calorífico superior o húmedo) del combustible lo que supone hasta un 110% si se refiere al PCI (poder calorífico inferior o seco) del combustible. Este tipo de calderas también puede funcionar a bajas temperaturas (30-40 °C), por ejemplo son ideales para suelo radiante. También se consideran de bajo NOx clase 5.



### RECUERDA

Las calderas de condensación son las que actualmente tienen un rendimiento mayor, lo que incide directamente en un menor consumo de combustible.

## 2.2 Rendimiento estacional – carga parcial

Por si no fuera ya clara la ventaja de las calderas de condensación con respecto al resto se añade el parámetro del trabajo a carga parcial reducida.

Al igual que el SCOP marca el rendimiento estacional de las bombas de calor (en funcionamientos en distintos % de carga parcial), las calderas de combustión tampoco tienen el mismo rendimiento dependiendo de su tecnología.

En la siguiente gráfica, recogida en el documento reconocido “CALENER-VYP: Viviendas y edificios terciarios pequeños y medianos. Factores de corrección de equipos”, se puede observar cómo a cargas parciales bajas, las calderas de condensación son las que mayor rendimiento obtienen seguidas de las de baja temperatura, convencionales y de biomasa (por ese orden).

Esto significa que funcionando a un régimen bajo de potencia, las calderas de condensación no solo no pierden rendimiento sino que por el contrario es cuando mejores resultados consiguen. Son idóneas por tanto, como calderas modulantes en potencia, donde el funcionamiento de la máquina se adapta a la demanda real de calor.

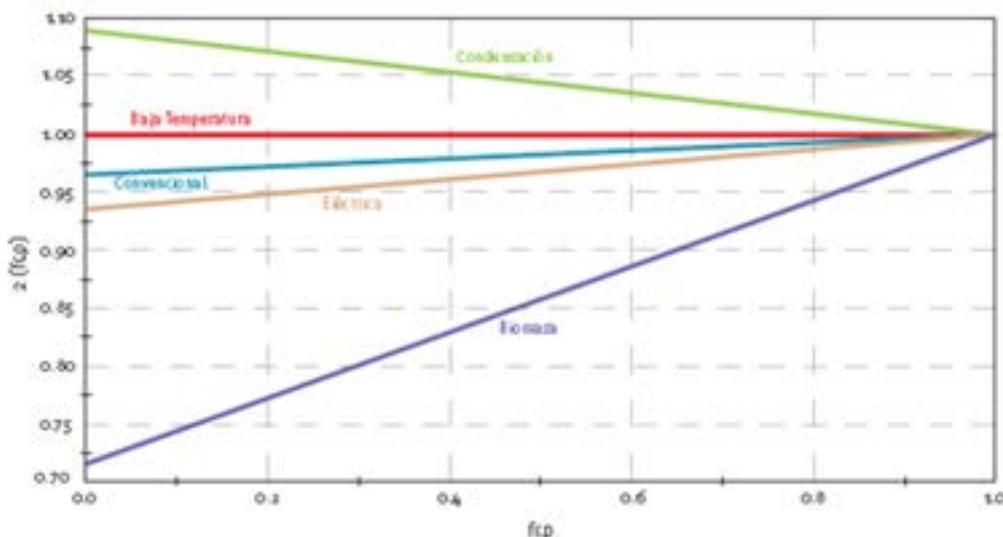


Figura 3. Curva de corrección a carga parcial de distintas calderas – Fuente: CALENER-VYP: Viviendas y edificios terciarios pequeños y medianos. Factores de corrección de equipos

## 2.3 Marcado y etiquetado de calderas

Hasta el año 2015 ha existido un sistema específico de marcas (estrellas) regulado por el Real Decreto 275/1995 que evaluaba los niveles de rendimiento de las calderas, de la misma forma que en los aparatos de aire acondicionado (mediante refrigerante) existe una etiqueta energética para identificar el rendimiento energético de los mismos.

REQUISITOS DE RENDIMIENTO					
TIPO DE CALDERA	RENDIMIENTO A POTENCIA NOMINAL (Pn)			RENDIMIENTO CON CARGA PARCIAL	
	Intervalos de Potencia (KW)	Temperatura media del agua de la caldera	Potencia térmica nominal del generador de calor kW	Potencia térmica nominal del generador de calor kW	Regulación
Caldera Estándar	4 a 400	70	$\geq 84 + 2 \cdot \log(Pn)$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \cdot \log(Pn)$
Caldera de Baja Temperatura	4 a 400	70	$\geq 87,5 + 2 \cdot \log(Pn)$	40	$\geq 87,5 + 3 \cdot \log(Pn)$
Caldera de gas de Condensación	4 a 400	70	$\geq 91 + 2 \cdot \log(Pn)$	30	$\geq 97 + 3 \cdot \log(Pn)$

Figura 4. Requisitos de rendimiento según caldera. RD 275/1995. Elaboración propia

El sistema de estrellas se aplica a las calderas que tengan rendimientos superiores a los que se citan en la siguiente tabla:

MARCA DE PRESTACIÓN ENERGÉTICA		
MARCA	REQUISITOS DE RENDIMIENTO A POTENCIA NOMINAL (Pn) Y UNA TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA EN LA CALDERA DE 70 °C (%)	REQUISITOS DE RENDIMIENTO A UNA CARGA PARCIAL DE 0,3·Pn Y UNA TEMPERATURA MEDIA DEL AGUA EN LA CALDERA DE $\geq 50$ °C (%)
*	$\geq 84 + 2 \cdot \log(Pn)$	$\geq 80 + 3 \cdot \log(Pn)$
**	$\geq 87 + 2 \cdot \log(Pn)$	$\geq 83 + 3 \cdot \log(Pn)$
***	$\geq 90 + 2 \cdot \log(Pn)$	$\geq 86 + 3 \cdot \log(Pn)$

Figura 5. Clasificación de marcas (estrellas) en calderas. RD275/1995. Elaboración propia

Por ejemplo, una caldera de 22 kW tendría 4 estrellas si:

- Tuviese un rendimiento mayor a  $93 + 2 \cdot \log(22) = 95,6\%$  a plena carga y temperatura del agua 70 °C.
- Tuviese un rendimiento mayor a  $89 + 3 \cdot \log(22) = 93,02\%$  a carga parcial del 30% y temperatura del agua superior a 50 °C.

Pero este Real Decreto 275/1995 y su sistema de marcado se quedó obsoleto con la aparición de la Directiva europea sobre Etiquetado Energético ELD (2010/30/UE), la Directiva sobre Diseño Ecológico ErP (2009/125/CE), el Reglamento (UE) nº 814/2013 de aplicación para calentadores de agua y depósitos de agua caliente y el Reglamento (UE) nº 813/2013, sobre calefacción en productos con potencia nominal  $\leq 400$  kW.

**UD4. Instalaciones de calefacción y ACS por combustión**

Desde septiembre de 2015 entró en España en vigor el Real Decreto 187/2011 de Requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía que transpone dichas directivas europeas.

Esto supone que desde la citada fecha todas las calderas, acumuladores, bombas de calor, cogeneración y sistemas de combinación de productos, deben cumplir con unos requisitos mínimos de rendimiento energético (ErP) y de etiquetado (ELD).

	<b>Aplicación ErP</b>	<b>Obligatorio Etiqueta Energética</b>
Calderas (a gas, gasóleo, eléctricas)	0-400 KW	0-70 KW
Acumuladores de ACS	<2000 litros	<500 litros
Bombas de calor	0-400 KW	0-70 KW
Cogeneración	0-400 KW, <50KW electricos	0-70 KW, <50KW electricos
Sistemas (combinación de productos)	-	0-70 KW

**Figura 6.** *Ámbito de aplicación Directivas ErP y ELD. Fuente: Elaboración propia*

<b>ETIQUETADO ENERGÉTICO ELD</b>		
<b>Productos afectados</b>	<b>Lote</b>	<b>Efecto</b>
Calefactores sólo calefacción y mixtos, conjuntos de menos de 70 kW	LOT 1	Etiquetado energético (26/09/2015) Reglamento (UE) Nº 811/2013, de 18 de febrero de 2013 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE
Calentadores de agua de menos de 70 kW y conjuntos, tanques de acumulación de menos de 500 l	LOT 2	Etiquetado energético (26/09/2015) Reglamento (UE) Nº 812/2013, de 18 de febrero de 2013 por el que se complementa la Directiva 2010/30/UE
Circuladores integrados en calderas y externos	LOT 11	EEL 0,23 (norma de circuladores) Índice de eficiencia energética (01/08/2015)

**Figura 7.** *Tabla de requisitos de etiquetado energético según Directiva ELD. Elaboración propia*

Plazos de introducción del nuevo etiquetado energético de los equipos:

<b>PLAZOS DE ETIQUETADOS DE EQUIPOS</b>			
<b>LOTE</b>	<b>TIPO DE EQUIPO</b>	<b>FECHA DE INCORPORACIÓN</b>	<b>CLASES DE ETIQUETAS VÁLIDAS</b>
LOT1	Rendimiento estacional de calefactores	26 de septiembre de 2015	A++,A+,A,B,C,D,E,F,G
LOT1	Productores de ACS	26 de septiembre de 2015	A,B,C,D,E,F,G
LOT1	Rendimiento estacional de calefactores	26 de septiembre de 2019	A+++,A++,A+,A,B,C,D
LOT1	Productores de ACS	26 de septiembre de 2019	A,B,C,D,E,F
LOT2	Productores de ACS	26 de septiembre de 2015	A,B,C,D,E,F,G
LOT2	Productores de ACS	26 de septiembre de 2017	A+,A,B,C,D,E,F

**Figura 8.** *Relación de etiquetas y rendimientos mínimos según Directivas ELD y ErP. Elaboración propia*

Teniendo en cuenta que según los índices de rendimiento una caldera de baja temperatura tendría una calificación de C y que la normativa ErP obliga a que las calderas de hasta 70 kW tengan unos rendimientos estacionales superiores al 86% (letra B) esto indica que prácticamente todas las calderas <400 kW que se fabriquen a partir del 26 de Septiembre de 2015, deberán ser de condensación (letra A); ya que son las únicas que actualmente cumplen este requisito.

Las bombas de calor modernas por el contrario tienen clases habitualmente B o A, con lo que no van a tener problemas para cumplir esta disposición.

Asimismo y en el caso de las calderas de combustible sólido y equipos combinados compuestos por una caldera de combustible sólido, calefactores complementarios, controles de temperatura y dispositivos solares, a partir del 1 de abril de 2017, los equipos de potencia nominal igual o inferior a 70 kW deberán llevar también una etiqueta impresa según los Reglamentos 2015/1187 y 2015/1186.

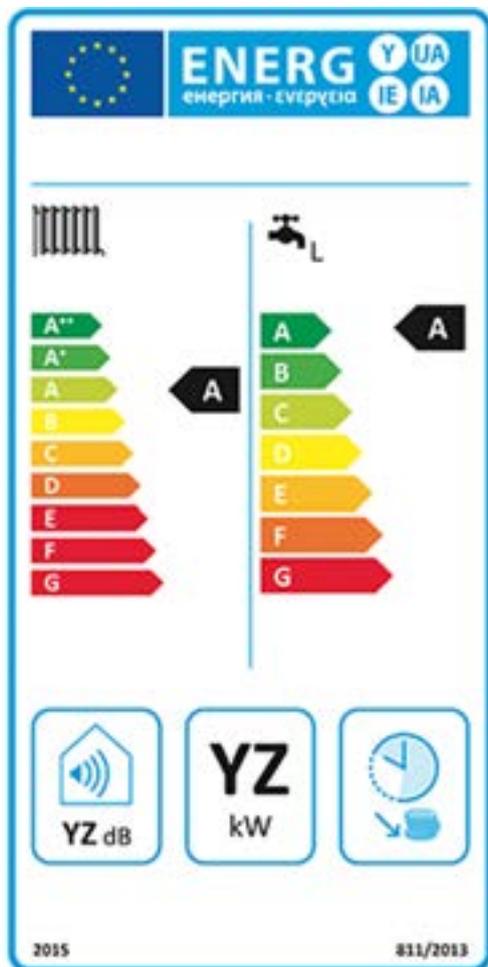


Figura 9. Ejemplo de etiqueta para caldera mixta de calefacción y ACS.

Fuente: Reglamento (UE) nº 811/2013

### 3. MEDIDAS EFICIENTES EN EL DISEÑO DE LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y ACS POR COMBUSTIÓN

#### 3.1 Ajuste de la potencia nominal de la caldera

La caldera es el equipo generador de calor por combustión. Calienta agua, por medio de un combustible (también puede por energía eléctrica pero entraría en otro apartado), siendo luego distribuida por medio de unos emisores (radiadores, suelo radiante) a través una red de tuberías.

Al igual que en las instalaciones de frío el Reglamento de Instalaciones Térmicas indica que la potencia nominal de los equipos de producción de calor (calderas) se deberá ajustar a la máxima demanda simultánea de la instalación.

#### UD4. Instalaciones de calefacción y ACS por combustión

Se trata por tanto de adecuar el funcionamiento de la caldera al perfil de uso de la instalación y a la curva de demanda de la instalación ya que esto influirá en el tiempo de arranque y parada del quemador.

Asimismo, otro aspecto importante a tener en cuenta en la elección de la potencia de la caldera es la temperatura requerida por la instalación que solo puede ajustarse según el tipo de caldera utilizada (estándar, baja temperatura o condensación).

No interesa que la potencia elegida se quede corta puesto que de ese modo la producción de calor será insuficiente y la máquina requerirá mucho tiempo funcionando e incluso no llegará a climatizar la estancia en las condiciones requeridas.

Pero tampoco interesa sobredimensionar en exceso ya que en este caso el consumo energético punta de combustible será muy elevado para posteriormente tener grandes periodos de paro lo cual penaliza el rendimiento medio de la instalación.



#### RECUERDA

El cálculo de dicha potencia nominal se debe realizar por un técnico cualificado que evalúe la demanda energética máxima de la instalación dejando de lado la costumbre habitual de hacer cálculos aproximados basados en la proporción de superficie a calefactar.

### 3.2 Fraccionamiento y modulación de potencia de calor

El Reglamento de Instalaciones Térmicas introduce el concepto de fraccionamiento de potencia con el fin de conseguir que la producción de calor de los equipos de generación se aproxime lo máximo posible a la demanda real simultánea del sistema.

Para cumplir esta disposición afirma que se dispondrán los generadores necesarios en número, potencia y tipos adecuados, según el perfil de la carga térmica prevista.

De esta forma la potencia de una central de calor aumentará según la suma de escalones de potencia hasta llegar a su máximo.

Esto se puede conseguir mediante la concatenación de varias calderas que vayan entrando sucesivamente a satisfacer la demanda de calor.

También se puede lograr con la utilización de calderas que dispongan de quemadores con el mayor número de escalones de regulación posible, preferiblemente con dispositivos electrónicos que permitan adaptar la combustión a la demanda instantánea.

Estas últimas son las denominadas **calderas modulantes** y son obviamente las más eficientes puesto que ajustan el perfil de carga parcial de la máquina a la curva de demanda de nuestro sistema.

El RITE impone condicionantes en la regulación de quemadores con combustibles líquidos o gaseosos en función de la potencia de la instalación (quedando excluidos de cumplir los generadores de calor alimentados por combustibles cuya naturaleza corresponda a recuperaciones de efluentes, subproductos o residuos, como biomasa, gases residuales y cuya combustión no se vea afectada por limitaciones relativas al impacto ambiental) como se puede observar en la siguiente tabla y priorizando la instalación de quemadores modulantes.

REGULACIÓN DE QUEMADORES	
Potencia térmica nominal del generador de calor kW	Regulación
$P \leq 70$	Una marcha o modulante
$70 < P \leq 400$	Dos marchas o modulante
$400 < P$	Tres marchas o modulante

Figura 9. Tabla 2.4.1.1 Regulación de quemadores según RITE

### 3.3 Reducción de la temperatura de consigna

Atendiendo a los requisitos de bienestar e higiene que formula el Reglamento de Instalaciones Térmicas para una actividad metabólica sedentaria y una ropa adecuada al momento las temperaturas de regulación de la instalación de calefacción deberían oscilar entre los 21-23 °C (por las noches, algo menos en torno a 17-19 °C).



#### RECUERDA

Un aumento de un grado en la temperatura de consigna del sistema de calefacción supone cerca de un 7% más en el consumo energético final, de modo que es muy importante ajustar correctamente este nivel siempre que se mantengan las condiciones de bienestar térmico de todos los usuarios.

Esto se puede solucionar atendiendo a criterios tan simples como la propia ubicación del termostato ya que no todas las estancias tienen ni requieren la misma temperatura por motivos de orientación, de uso y habitabilidad, de acondicionamiento, de iluminación...

### 3.4 Elección del combustible elegido

Obviando dos aspectos muy importantes en la elección del combustible utilizado en la instalación térmica como son el precio por unidad y el poder calorífico inferior (PCI) del mismo, hay varias apreciaciones que conviene concretar.

En primer lugar, que el rendimiento nominal de la caldera de combustión depende en gran medida del combustible utilizado. Los combustibles gaseosos (gas natural, por ejemplo) son los que más rendimiento pueden aprovechar, ya que se mezclan mucho mejor con el oxígeno del aire facilitando de esa manera la reacción. Los combustibles líquidos (gasoil, fuel-oil) suelen incorporar un pulverizador que los gasifica a la entrada del quemador y aunque su rendimiento es algo menor se acercan bastante a la de los gases. Por el contrario, los sólidos (biomasa, pélets, carbón, leña...) se mezclan bastante peor con el comburente dando lugar a resultados de rendimientos mucho más bajos y necesitando además un mayor mantenimiento; ya que generan mucha más suciedad en la caldera (cenizas, obstrucciones...).

Aún así la evolución tecnológica ha conseguido que las calderas modernas tengan un mínimo de un 87-89% de rendimiento independientemente del combustible utilizado (incluidas las de biomasa).

El otro aspecto importante a tener en cuenta es el coeficiente de paso de energía final (la que se utiliza en la máquina) con la energía primaria (la que se utiliza en origen).

UD4. Instalaciones de calefacción y ACS por combustión

Ya se ha explicado anteriormente que la eficiencia energética se basa en la reducción del consumo energético primario procedente de energías no renovables. Cada combustible tiene su propio proceso de generación, transporte y distribución hasta el punto de consumo donde se van a producir un pequeño porcentaje de pérdidas.

En la siguiente tabla oficial, según la herramienta unificada LIDER-CALENER 2013, se pueden observar los distintos coeficientes de paso de energía final a energía primaria total, a energía primaria no renovable y a emisiones de CO<sub>2</sub> de los combustibles más utilizados.

Energético	a Energía Primaria Total	a Energía Primaria No Renovable	a Emisiones de CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /kWh)
Electricidad	2,603	2,603	0,649
Gas Natural	1,011	1,011	0,204
Gasoleo	1,081	1,081	0,287
Fuel-oil	1,081	1,081	0,280
GLP	1,081	1,081	0,244
Carbon	1,000	1,000	0,347
Biomasa densificada (pelets)	1,000	0,085	0,000
Biomasa (otro tipo)	1,000	0,034	0,000

Figura 9. Factores de paso de energía final. Fuente: Herramienta unificada LIDER-CALENER 2013

La tabla no detalla en profundidad el ciclo de vida completo de los combustibles (para lo cual se recomienda estudiar el informe *Well to tank Report*, versión 4.0 del Joint Research Institute), pero son valores aprobados para la herramienta oficial de Certificación Energética de Edificios.

Como se puede observar en la tabla, la biomasa a estos efectos es el mejor combustible ya que se considera prácticamente renovable (prácticamente no genera consumo) y no emite CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Entre los combustibles fósiles el gas natural tiene un factor de paso inferior al resto como pueden ser el gasóleo, el fueloil o los GLP, lo que prioriza su uso ya que para la misma energía final el consumo de energía primaria no renovable será menor (también lo es el de emisiones de CO<sub>2</sub>)

En último lugar aparece la electricidad como energía final (por ejemplo la bomba de calor o los calentadores por resistencia eléctrica o de efecto Joule). Esto es debido a que es la fuente de energía final que peor relación tiene entre el consumo de combustible necesario en el mix energético de las centrales de producción eléctrica y el consumo final de energía eléctrica en el punto de consumo por las cuantiosas pérdidas de generación, transporte y distribución. De hecho el rendimiento medio de la obtención de la energía eléctrica se sitúa en torno al 38% aunque es un valor que varía constantemente en función de las fuentes de energía utilizadas (centrales térmicas, nucleares, aerogeneradores, hidráulicas...).

Sin embargo, la utilización de bombas de calor eléctricas para calefacción se ve compensada por el hecho del alto rendimiento que tienen en su proceso de compresión/expansión mediante refrigerante que puede llegar en una de calificación energética clase A hasta un 400% (SCOP=4). Esto significa que con un SCOP comprendido entre 2,8-3,1 (clase C) se compensa el factor de paso eléctrico de 2.603.

Si a esto se añade la posibilidad de que en un futuro próximo el mix de generación eléctrica en España será mayoritariamente renovable (o por lo menos tendrá más peso que en la actualidad) entonces se darían las condiciones para que fuese mejor energéticamente el uso de la bomba de calor que la combustión de un combustible.

No ocurre lo mismo en los calentadores por resistencia eléctrica (también llamados por efecto Joule) que “solo” tienen un rendimiento del 99%, pero que se ven penalizados por este coeficiente de paso de 2.603 al consumo de energía primaria no renovable. En la actualidad es la tecnología menos eficiente del mercado.

### 3.5 Suelo y techo radiante para calefacción



#### Modos de transmisión del calor

Existen tres formas diferentes de transmisión del calor:

- **Conducción:** transferencia de calor por contacto entre sólidos.
- **Convección:** es el sistema propio de líquidos y gases donde el calor se transmite a través de moléculas que se están moviendo.
- **Radiación:** es el calor emitido por un cuerpo debido a su temperatura. En este caso no existe contacto entre los cuerpos, ni fluidos intermedios que transporten el calor, simplemente objetos a distinta temperatura.

Es energía que se transmite en ondas de larga frecuencia (infrarrojas) y que se transforman en calor solo cuando alcanzan un cuerpo sólido.

Los sistemas clásicos de climatización (tanto para calefacción como de aire acondicionado) se basan fundamentalmente en el sistema de transmisión de calor por convección (algo por radiación también tienen). Básicamente, calentando el aire que se encuentra en la habitación que a su vez es transmitido posteriormente a nosotros.

Por el contrario los sistemas de suelo (o de techo) radiante para calefacción se basan prioritariamente en el mecanismo de transmisión por radiación de forma que los tubos de agua caliente envían la energía en forma de ondas infrarrojas que se convierten en calor al alcanzar los objetos sólidos (paredes, suelos, personas...). El aire obviamente también se calienta, pero recibiendo el propio calor de las objetos por contacto.

En el suelo radiante para calefacción, la temperatura a la que fluye el agua por las tuberías es de 35 a 45 °C, muy lejos de los 70-90 °C de los sistemas clásicos con radiadores. Se da la paradoja térmica de que con bajas temperaturas se pueden conseguir mejores rendimientos porque se ve compensada por una mayor superficie de emisión.

A efectos de bienestar térmico es un sistema que produce escasas corrientes de aire (debido a la baja temperatura de emisión) evitando de esta forma el problema de la estratificación térmica del aire. Si se produjesen estos movimientos de convección entonces el aire caliente más ligero se acumularía en la parte superior del espacio lejos de la zona de confort de las personas y requiriendo más energía para la climatización. Es por este motivo que se puede utilizar techo radiante casi con las mismas prestaciones que en el suelo ya que el sistema no requiere circulación de aire para climatizar (todo lo dicho para calefacción se puede extrapolar también a la refrigeración).

Esta forma de transmisión presenta una elevada eficiencia energética por varios motivos:

- El primero es que al trabajar a bajas temperaturas se combina con los sistemas más eficientes de producción de caldera como las calderas de baja temperatura o de condensación, la energía solar o las bombas de calor.
- El segundo es intrínseco al mecanismo de radiación. En el cálculo de la temperatura resultante del calentamiento que siente el cuerpo humano interviene la temperatura radiante media de las superficies de la estancia y la temperatura seca del aire (ambiente). Con esta tecnología se aumenta la temperatura radiante media pudiendo bajarse la temperatura ambiental del aire de 2 a 3 °C y manteniendo las mismas condiciones de confort humano. De esta forma se disminuyen las pérdidas de calor del local hacia el exterior ya que la diferencia de temperatura entre el foco frío y el caliente son menores (se expuso anteriormente que la disminución de 1 °C en la temperatura de consigna, disminuye el consumo energético en cerca del 7%) y por tanto, se aumenta el rendimiento global del sistema.

Sin embargo, estas ventajas energéticas desaparecen si la estancia se climatiza a las temperaturas habituales del sistema de calefacción convencional para mantener la temperatura del aire caliente, ya que entonces no se aprovechan las características del sistema.



#### RECUERDA

Para aprovechar las ventajas energéticas de los sistemas radiantes hay que bajar la temperatura ambiental de 2 a 3 °C, porque dichos sistemas proporcionan el mismo confort con una temperatura de aire más baja que los convencionales.

### 3.6 Contabilización de consumos

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en su IT1.2.4.4 establece una serie de condiciones sobre la contabilización de consumos para que las instalaciones den servicio a más de un usuario.

De esta forma todos los usuarios dispondrán de sus propios contadores de energía eléctrica y térmica (calor, frío y ACS). Normalmente este control del gasto por parte de cada usuario repercute en un ahorro de energía porque evita el despilfarro.

Desde el año 1998 esta individualización ya es obligatoria para todas las nuevas instalaciones de climatización, calefacción y ACS, pero a raíz de la Directiva 2012/27/UE de eficiencia energética esta medida se debe ampliar a todas las instalaciones existentes de producción centralizada de calefacción, ACS y de refrigeración (siendo esta menos frecuente).

Esto implica la colocación de contadores individuales con fecha máxima prevista el 1 de enero de 2017.

Asimismo, se deja la posibilidad de que, cuando el uso de contadores de consumo individuales no sea técnicamente viable o no sea rentable, se utilicen calorímetros para medir el consumo de calor de cada radiador u otros métodos alternativos de medición que sean rentables.

### 3.7 Colocación de válvulas termostáticas en sistemas de calefacción

Se trata de una pequeña modificación en las instalaciones convencionales de calefacción por emisores consistente en la colocación de unas válvulas termostáticas de forma que cuando se alcance el valor de consigna marcado, la válvula produce el cierre del circuito con el objeto de reducir la transmisión de calor al ambiente.

Se deben colocar en aquellas habitaciones que no disponen de termostato ambiente pero no en todas las estancias ya que podría ocurrir que todas se bloqueasen simultáneamente lo que conllevaría un exceso de presión en la instalación llegando incluso al bloqueo de la caldera.



Figura 10. Válvula termostática instalada en un radiador. Fuente: [www.freepik.es](http://www.freepik.es)

## 4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO: OPTIMIZACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL GENERADOR



### RECUERDA

El mantenimiento preventivo periódico de una caldera es importante por muchos motivos:

- Asegurar la seguridad de la instalación.
- Asegurar el correcto funcionamiento del equipo.
- Prevenir futuras averías.
- Incrementar su vida útil.
- Optimizar el rendimiento energético, reduciendo el consumo de energía.

Dada su importancia, el mismo Reglamento de Instalaciones Térmicas regula una serie de revisiones de mantenimiento e inspecciones obligatorias siendo responsable de que se lleven a cabo el titular de la instalación.

El objetivo en este sentido del RITE es doble: extremar las medidas de seguridad en el uso de la máquina y optimizar el rendimiento energético de los quemadores.

La IT3 del RITE dispone una instrucción técnica (apartados 3.2 y 3.3) que contiene las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas con el fin de asegurar que su funcionamiento, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente.

Para ello las instalaciones térmicas deben ser mantenidas de acuerdo con las operaciones y periodicidades contenidas en el programa de mantenimiento preventivo establecido en el «Manual de uso y mantenimiento» cuando este exista y siendo al menos las indicadas en la siguiente tabla:

<b>Tabla 3.1 IT3 RITE. Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad.</b>		
<b>Equipos y potencias útiles nominales (Pn)</b>	<b>Usos</b>	
	<b>Viviendas</b>	<b>Restantes usos</b>
Calentadores de agua caliente sanitaria a gas $P_n \leq 24,4$ kW	5 años	2 años
Calentadores de agua caliente sanitaria a gas $24,4$ kW < $P_n \leq 70$ kW	2 años	anual
Calderas murales a gas $P_n \leq 70$ kW	2 años	anual
Resto instalaciones calefacción $70$ kW $\leq P_n$	anual	anual
Aire acondicionado $P_n \leq 12$ kW	4 años	2 años
Aire acondicionado $12$ kW < $P_n \leq 70$ kW	2 años	anual
Instalaciones de potencia superior a 70 kW	mensual	mensual

**Figura 11.** Tabla 3.1 de la IT3 del RITE. Elaboración propia

Para instalaciones de potencia útil nominal menor o igual a 70 kW cuando no exista "Manual de uso y mantenimiento" las instalaciones se mantendrán de acuerdo con el criterio profesional de la empresa mantenedora (con carné de profesional RITE) pero podrían ser las de la siguiente tabla a título orientativo:

<b>Tabla 3.2 IT3 RITE Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad</b>
<b>Instalación de calefacción y agua caliente sanitaria</b>
1. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de ACS: $P_n = 24,4$ kW.
2. Revisión de aparatos exclusivos para la producción de ACS: $24,4$ kW < $P_n = 70$ kW.
3. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas.
4. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea.
5. Limpieza, si procede, del quemador de la caldera.
6. Revisión del vaso de expansión.
7. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua.
8. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera.
9. Comprobación de niveles de agua en circuitos.
10. Comprobación de tarado de elementos de seguridad.
11. Revisión y limpieza de filtros de agua.
12. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria.
13. Revisión del estado del aislamiento térmico.
14. Revisión del sistema de control automático.

Las periodicidades son las establecidas en la tabla 3.1

**Figura 12.** Tabla 3.2 IT3 RITE .Fuente RITE. Elaboración propia

Las instalaciones de biomasa, energía solar térmica y para instalaciones de potencia útil nominal mayor de 70 kW se adecuarán a las operaciones y periodicidades en la siguiente tabla:

<b>Tabla 3.3 Operaciones de mantenimiento preventivo y su periodicidad.</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>PERIODICIDAD</b>
1. Limpieza de los evaporadores	t
2. Limpieza de los condensadores	t
3. Drenaje, limpieza y tratamiento del circuito de torres de refrigeración	2t
4. Comprobación de la estanquidad y niveles de refrigerante y aceite en equipos frigoríficos	m
5. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas	2t
6. Comprobación y limpieza, si procede, de conductos de humos y chimenea	2t
7. Limpieza del quemador de la caldera	m
8. Revisión del vaso de expansión	m
9. Revisión de los sistemas de tratamiento de agua	m
10. Comprobación de material refractario	2t
11. Comprobación de estanquidad de cierre entre quemador y caldera	m
12. Revisión general de calderas de gas	t
13. Revisión general de calderas de gasóleo	t
14. Comprobación de niveles de agua en circuitos	m
15. Comprobación de estanquidad de circuitos de tuberías:	t
16. Comprobación de estanquidad de válvulas de interceptación	2t
17. Comprobación de tarado de elementos de seguridad	m
18. Revisión y limpieza de filtros de agua	2t
19. Revisión y limpieza de filtros de aire	m
20. Revisión de baterías de intercambio térmico	t
21. Revisión de aparatos de humectación y enfriamiento evaporativo	m
22. Revisión y limpieza de aparatos de recuperación de calor	2t
23. Revisión de unidades terminales agua-aire	2t
24. Revisión de unidades terminales de distribución de aire	2t
25. Revisión y limpieza de unidades de impulsión y retorno de aire	t
26. Revisión de equipos autónomos	2t
27. Revisión de bombas y ventiladores	m
28. Revisión del sistema de preparación de agua caliente sanitaria	m
29. Revisión del estado del aislamiento térmico	t
30. Revisión del sistema de control automático	2t
31. Instalación de energía solar térmica	(*)
32. Comprobación del estado de almacenamiento del biocombustible sólido	S*
33. Apertura y cierre del contenedor plegable en instalaciones de biocombustible sólido	2t
34. Limpieza y retirada de cenizas en instalaciones de biocombustible sólido	m
35. Control visual de la caldera de biomasa	S*
36. Comprobación y limpieza, si procede, de circuito de humos de calderas y conductos de humos	m
37. Revisión de los elementos de seguridad en instalaciones de biomasa	m
38. Revisión de la red de conductos según criterio de la norma UNE 100012	t
39. Revisión de la calidad ambiental según criterios de la norma UNE 171330	t

S: una vez cada semana.

S\*: Estas operaciones podrán realizarse por el propio usuario, con el asesoramiento previo del mantenedor.

m: una vez al mes; la primera al inicio de la temporada.

t: una vez por temporada (año).

2 t: dos veces por temporada (año); una al inicio de la misma y otra a la mitad del período de uso, siempre que haya una diferencia mínima de dos meses entre ambas.

(\*) El mantenimiento de estas instalaciones se realizará de acuerdo con lo establecido en la Sección HE4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria del Código Técnico de la Edificación.

**Figura 13. TABLA 3.3 IT3 RITE. Fuente: RITE. Elaboración propia**

De la misma forma en el apartado 3.4 de la IT3 del RITE se exige un programa de gestión energética que evalúe y analice periódicamente el rendimiento de los equipos generadores de calor y frío en función de su potencia térmica nominal instalada, midiendo y registrando los valores, de acuerdo con las operaciones y periodicidades indicadas en la siguiente tabla:

Tabla 3.2.- Medidas de generadores de calor y su periodicidad.			
Medidas de generadores de calor	Periodicidad		
	20kW < P ≤ 70kW	70kW < P < 1000kW	P > 1000kW
1. Temperatura o presión del fluido portador en entrada y salida del generador de calor	2a	3m	m
2. Temperatura ambiente del local o sala de máquinas	2a	3m	m
3. Temperatura de los gases de combustión	2a	3m	m
4. Contenido de CO y CO2 en los productos de combustión	2a	3m	m
5. Índice de opacidad de los humos en combustibles sólidos o líquidos y de contenido de partículas sólidas en combustibles	2a	3m	m
6. Tiro en la caja de humos de la caldera	2a	3m	m

Figura 14. Tablas 3.2 de la IT3.4 del RITE. Fuente: RITE. Elaboración propia

En concreto y en el caso de las calderas, el estudio fundamental de rendimiento se elabora mediante un análisis de combustión realizado por analizadores de gases.



#### Analizadores de gases

Estos aparatos son instrumentos que miden y calculan los diferentes parámetros que determinan las características de una combustión en la caldera. Entre dichos parámetros destacan, por ejemplo: concentración de oxígeno, monóxido de carbono (CO), óxidos de azufre (SOx), óxidos de nitrógeno (NOx), inquemados sólidos, tiro, y temperatura del aire ambiente y de gases, índice de exceso de aire, etc.

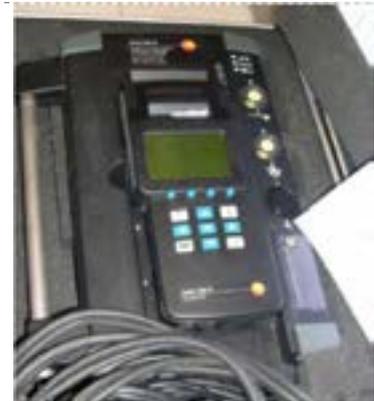


Figura 15. Ejemplo de analizador de gases marca TESTO

Pero lo más importante es que con todos estos parámetros es capaz de realizar el cálculo del rendimiento de combustión en % sobre el poder calorífico inferior del combustible (PCI) basándose en las pérdidas que tiene la máquina debidas a:

- El calor sensible en los humos.
- Los inquemados gaseosos.
- Las pérdidas por radiación, convección y conducción desde la caldera.

Su funcionamiento y uso (siempre realizado por técnicos cualificados) se basa en la toma de una muestra de los gases de salida de la caldera por el conducto de humos a través normalmente de un orificio practicado en la chimenea. A su vez disponen de termopares que miden distintas

temperaturas. Toda esa información pasa a la centralita del aparato que la convierte en valores interpretables.

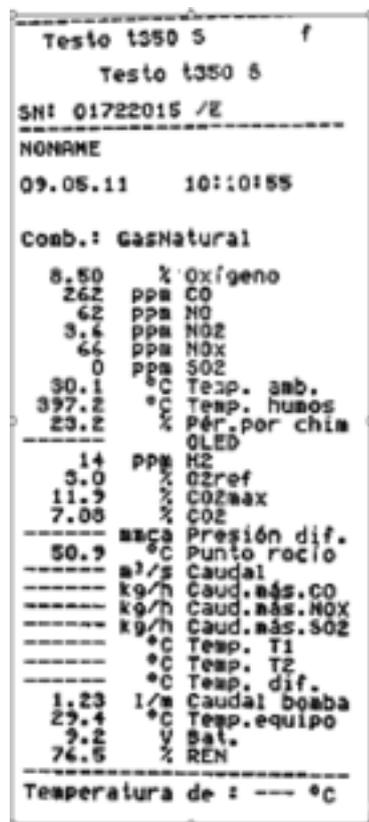


Figura 16. Ejemplo de ticket del analizador de combustión

En la siguiente tabla se muestran los valores típicos para el análisis de combustión de calderas estancas o de condensación tipo C de gas (circuito estanco y evacuación conducida).

Hay que tener en cuenta que ciertos valores máximos, por ejemplo el monóxido de carbono (CO) que puede ser mortal por inhalación, podrían variar en función de la normativa establecida en las distintas comunidades autónomas.

RESULTADOS NORMALES EN ANÁLISIS DE COMBUSTIÓN DE CALDERAS Y CALENTADORES TIPO C				
CALDERAS	ESTANCAS		CONDENSACIÓN	
	MINIMO	MAXIMO	MINIMO	MAXIMO
Oxígeno (O <sub>2</sub> )	5%	10%	5%	10%
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	5%	7%	5%	7%
Lambda <sup>l</sup>	1,3	1,87	1,3	1,87
Exceso de aire (%)	30%	87%	30%	875
Temperatura gases (°C)	110	150	55	65
Tiro o depresión (hpa)	0,12	0,2	0,12	0,2
Rendimiento (%)	>89%	100%	>95%	110%
Óxidos de Nitrógeno (Nox) (ppm)	50	100	97	194
Monóxido de carbono (CO) corregido (no diluido) (ppm)	80	200	80	200
Monóxido de carbono (CO) en ambiente (ppm)	0	2	0	2

Figura 17. Valores habituales de análisis de combustión para calderas estancas y de condensación. Elaboración propia

Una vez conocidos los parámetros fundamentales del comportamiento de la caldera, el mantenedor tiene la información necesaria para llevar a cabo el ajuste de los elementos de la caldera con el fin de optimizar su funcionamiento y aumentar hasta cerca del nominal el rendimiento de la misma.

## 5. MEDIDAS EFICIENTES CON APORTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

En el apartado de climatización por combustión para calefacción y ACS, las fuentes de energía renovables más apropiadas son:

- Utilización de biomasa como fuente de energía primaria.
- Energía solar térmica de apoyo a sistemas tradicionales de combustión no renovable.

### 5.1 Biomasa para calefacción y agua caliente sanitaria

La ventaja de la combustión de biomasa en cualquiera de sus modalidades (pélets, cáscara de almendra, residuos leñosos...) para la obtención de calor para calefacción o ACS es que se considera una fuente renovable que no emite gases de efecto invernadero a la atmósfera porque tiene un balance neutro de CO<sub>2</sub>.

Evidentemente en su combustión la biomasa sí que produce CO<sub>2</sub> como subproducto, de la misma manera que cualquier otro combustible que es quemado. Aun así, su efecto se considera nulo puesto que se plantea que el CO<sub>2</sub> que se genera forma parte de la atmósfera reciente y que es compensado por el CO<sub>2</sub> que absorben y liberan continuamente las plantas y los árboles en su proceso de fotosíntesis.

Por el contrario, en los combustibles fósiles se utiliza un CO<sub>2</sub> capturado en el subsuelo a lo largo de miles de años y liberado en un breve espacio de tiempo justo cuando se produce la combustión.

La incorporación de la biomasa en formato de pélets en procesos de calefacción doméstica ha sufrido un gran aumento en los últimos años. Se han generado empresas de distribución de pélets y se ha procedido a la sustitución de calderas de combustión de gasoil, fueloil o propano por calderas de pélets.

Este cambio, beneficioso sin duda en materia de ahorro de energía y medioambiental, es también rentable económicamente actualmente en base a dos parámetros:

- El combustible (pélet): es más barato a día de hoy que el precio del gasoil, propano...
- La sustitución de calderas viejas y con escaso mantenimiento (en especial de gasoil, fueloil o propano) por otras nuevas aumenta el rendimiento total del sistema y disminuye su consumo final.

Aunque la medida de la sustitución de caldera convencional por una de biomasa es coherente y válida para cualquier ámbito por las ventajas expuestas previamente, es especialmente interesante en entornos rurales donde el acceso a distribución de combustible (fundamentalmente gas natural) es mucho más complicado.

## 5.2 Energía solar térmica

La energía solar térmica es una fuente de energía renovable que aprovecha la radiación solar para calentar generalmente agua.

Los colectores térmicos son los equipos encargados de realizar este intercambio de calor entre el Sol y el fluido interior por el que discurre el agua con glicol (para evitar congelaciones en invierno).

Existen varios tipos de colectores en función de la temperatura a la que trabajan:

- Colectores de baja temperatura (menores de 65 °C).
- Colectores de temperatura media (entre los 100 y 300 °C).
- Colectores de alta temperatura (superiores a los 500 °C). Se usan para la generación de energía eléctrica

Todos tienen su ámbito de aplicación, pero teniendo en cuenta la temperatura a la que trabaja un sistema de calefacción o de agua caliente sanitaria (entre 40-70 °C), los colectores de baja temperatura son los más apropiados para cubrir estas necesidades.

Una instalación de energía solar térmica acaba rentabilizándose a lo largo de los años, ya que el ahorro energético que produce se materializa en ahorro económico, el cual permite acabar amortizando el coste de la instalación. Esta amortización puede oscilar entre los 5 y 12 años dependiendo del tamaño de la instalación, de las ayudas obtenidas a fondo perdido (cada vez más pequeñas), del lugar donde se instale (mayor o menor radiación solar) y de las necesidades del usuario.

Se trata por tanto de una energía limpia, abundante y barata ya que toda la energía que se pueda obtener del Sol a través de los captadores solares térmicos, será energía que se dejará de producir quemando combustible en una caldera o de consumir de la red eléctrica de distribución.

El problema radica en que los meses de más baja radiación (enero, febrero, noviembre y diciembre) coinciden con las máximas puntas de necesidades de energía para calefacción, mientras que en los meses de verano la demanda de calor es prácticamente nula.

Se hace, por tanto complicado dimensionar instalaciones de energía solar térmica para calefacción puesto que si se quiere cubrir un porcentaje elevado en invierno la cantidad de colectores que se tienen que instalar es muy alta generando el problema de sobrecalentamientos en verano (salvo que se disponga, por ejemplo, de alguna piscina donde evacuar los excedentes) y haciendo difícil la recuperación de la inversión.

En cambio, la demanda de ACS para viviendas y edificios terciarios es relativamente pequeña y además es casi constante a lo largo de todo el año (siempre hay más necesidad en invierno también), por lo que el uso de la energía solar térmica para este fin es completamente coherente.

Normalmente las instalaciones de energía solar térmica se diseñan como apoyo de sistemas convencionales en previsión a la falta de radiación solar o a un consumo superior al dimensionado (gasóleo, gas o electricidad).

El Código Técnico de la Edificación obliga en su Documento Básico de Ahorro de Energía, sección HE4 a implementar, como mínimo, un sistema de energía solar térmica de apoyo al sistema convencional capaz de proporcionar una fracción de la energía para ACS demandada por el edificio. Este porcentaje varía en función de la zona climática.

**Tabla 2.1. Contribución solar mínima anual para ACS en %.**

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5.000	30	30	40	50	60
5.000 – 10.000	30	40	50	60	70
> 10.000	30	50	60	70	70

**Figura 18.** Tabla de contribución solar mínima para ACS de energía solar térmica. Fuente: CTE HE4

Siendo las zonas climáticas:

Zona climática	MJ/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16,6 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

**Figura 19.** Tabla de intervalos de radiación solar para determinación de zona climática. Fuente: CTE HE4

Para la asignación de la zona climática podrán emplearse los datos de Radiación Solar Global media diaria anual que para las capitales de provincia se recogen en el documento “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, publicado en el año 2012 por la Agencia Estatal de Meteorología.

Se trata por tanto de una tecnología limpia con ciertas limitaciones para calefacción pero con unas características ideales para las instalaciones de agua caliente sanitaria.



## RESUMEN

- Las calderas de condensación son las que actualmente tienen un rendimiento mayor, lo que incide directamente en un menor consumo de combustible.
- El cálculo de dicha potencia nominal se debe realizar por un técnico cualificado que evalúe la demanda energética máxima de la instalación dejando de lado la costumbre habitual de hacer cálculos aproximados basados en la proporción de superficie a calefactar.
- Un aumento de un grado en la temperatura de consigna del sistema de calefacción supone cerca de un 7% más en el consumo energético final, de modo que es muy importante ajustar correctamente este nivel siempre que se mantengan las condiciones de bienestar térmico de todos los usuarios.
- Para aprovechar las ventajas energéticas de los sistemas radiantes hay que bajar la temperatura ambiental de 2 a 3 °C, porque dichos sistemas proporcionan el mismo confort con una temperatura de aire más baja que los convencionales.
- El mantenimiento preventivo periódico de una caldera es importante por muchos motivos:
  - Asegurar la seguridad de la instalación.
  - Asegurar el correcto funcionamiento del equipo.
  - Prevenir futuras averías.
  - Incrementar su vida útil.
  - Optimizar el rendimiento energético, reduciendo el consumo de energía.

## UNIDAD 5. INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN POR CONDUCTOS

1. Introducción	26
2. Enfriamiento gratuito	27
3. Recuperadores de calor	29
4. Aislamiento de redes de transporte por conductos	30
Resumen	32



### Objetivos de la unidad didáctica:

- Conocer los elementos básicos de la climatización por conductos en materia de eficiencia energética: UTA, recuperador de calor, sistemas de enfriamiento gratuito.
- Conocer como se integra el Reglamento de Instalaciones Térmicas en el aislamiento de las redes de transporte por conductos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las instalaciones de climatización por conductos podrían ser estudiadas en cualquiera de los capítulos anteriores puesto que los equipos utilizados por este tipo de sistemas para generación de calor o frío bien pudieran ser también una bomba de calor o una caldera.

Sin embargo se le va a dar un tratamiento específico porque este tipo de instalaciones puede incorporar una serie de equipos específicos de ahorro energético como son las **unidades de tratamiento de aire, el recuperador de calor y los sistemas de enfriamiento gratuito**.



### Instalación de climatización por conductos

Una instalación de climatización por conductos es un sistema centralizado que distribuye aire previamente acondicionado (calor o frío) a través de una red de rejillas o difusores.

La obtención de ese calor o frío es múltiple, siendo las más habituales las opciones que ya se han comentado, como son la bomba de calor (cuya ventaja es la reversibilidad del sistema, permitiendo frío y calor) o la caldera de combustión (que solo permite calefacción). También se puede utilizar sistemas de refrigeración por ciclo de absorción, que no se ha detallado en esta publicación por ser menos utilizado en sistemas convencionales.

Este tipo de instalaciones suele ser más habitual en usuarios algo más grandes donde se planifica la colocación de unidades climatizadoras (unidades de tratamiento de aire) que tienen una función doble: climatizar y ventilar.

### 1.1 UTA – Unidad de tratamiento de aire

El corazón de esta instalación (obviando por supuesto el generador) es la UTA (unidad de tratamiento de aire).

Se trata de equipos complejos destinados a ajustar las condiciones de climatización: temperatura, humedad y calidad del aire.

Las UTA normalmente no cuentan con sistemas de producción de frío ni calor, necesitando por tanto un equipo externo donde se llevará a cabo el ciclo térmico.

Son equipos voluminosos, que se suelen colocar en cubiertas o terrazas y que están compuestas por varias secciones (aunque no es necesario que dispongan de todas):

- Sección de ventilación que impulsa y moviliza el aire.
- Batería de frío o calor: enfrían o calientan el aire a tratar por alguno de los métodos ya descritos.
- Sección de filtrado: filtran partículas del aire manteniendo los niveles de calidad y pureza del ambiente interior
- Sección de humidificación: mantiene el nivel de humedad interior a los niveles exigidos.
- Sección de mezcla: controlar la cantidad de aire que se expulsa al exterior y la cantidad que llega a la climatizadora
- Sección de recuperación: su función es aprovechar parte del calor residual que se desperdicia en el retorno del sistema.

La UTA, es por tanto la auténtica centralita de operaciones de la instalación de climatización por conductos y viene regulada por la norma UNE-EN 13053 que especifica los requerimientos y prestaciones de la UTA



### RECUERDA

De todas las secciones y por sus características relevantes en materia de eficiencia y ahorro energético se hace indispensable valorar la sección de recuperación con dos sistemas: recuperador de calor y enfriamiento gratuito.

## 2. ENFRIAMIENTO GRATUITO

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en su sección IT1.2.4.5 de Recuperación de energía establece una serie de requisitos para los equipos en cuanto a enfriamiento gratuito por aire exterior.



### Instalación de climatización por conductos

El enfriamiento gratuito o *free-cooling* es un sistema de refrigeración que aprovecha las condiciones favorables del aire exterior para reducir el tiempo de funcionamiento de los equipos de climatización.

En general, lo que hace es regular el uso de las compuertas motorizadas que dispone la Unidad de Tratamiento de Aire.

Las **condiciones de operación más habituales del sistema de *free-cooling*** son:

- **La temperatura del aire exterior es menor que la del aire de impulsión:** el sistema modula las compuertas hasta lograr que la mezcla del aire exterior con el aire recirculado alcance la temperatura deseada, siendo innecesaria la producción de frío, por lo que, el enfriamiento es gratuito.



### EJEMPLO

Por ejemplo, en algunas noches de verano la temperatura exterior es menor que la de consigna con lo que se puede aprovechar para ventilar completamente el edificio.

- **La temperatura del aire exterior es mayor que la temperatura del aire de impulsión, pero menor que la del aire de retorno del local:** el sistema frigorífico debe operar parcialmente para bajar la temperatura del aire exterior que se introduce en un 100% hasta alcanzar la temperatura de impulsión requerida por el local. Cuando la temperatura del aire exterior alcanza a la del local se consigue el límite del enfriamiento gratuito. Este sistema también puede emplearse en ciertas épocas del año, durante el día: los espacios interiores tienen cargas térmicas (derivadas de la ocupación, iluminación, maquinaria, soleamiento), mientras que en el exterior puede haber una temperatura adecuada, de modo que se puede climatizar directamente con el aire exterior.
- **La temperatura del aire exterior es mayor que la temperatura del aire de retorno del local:** la instalación funciona en forma convencional, para satisfacer las necesidades de ventilación del local.

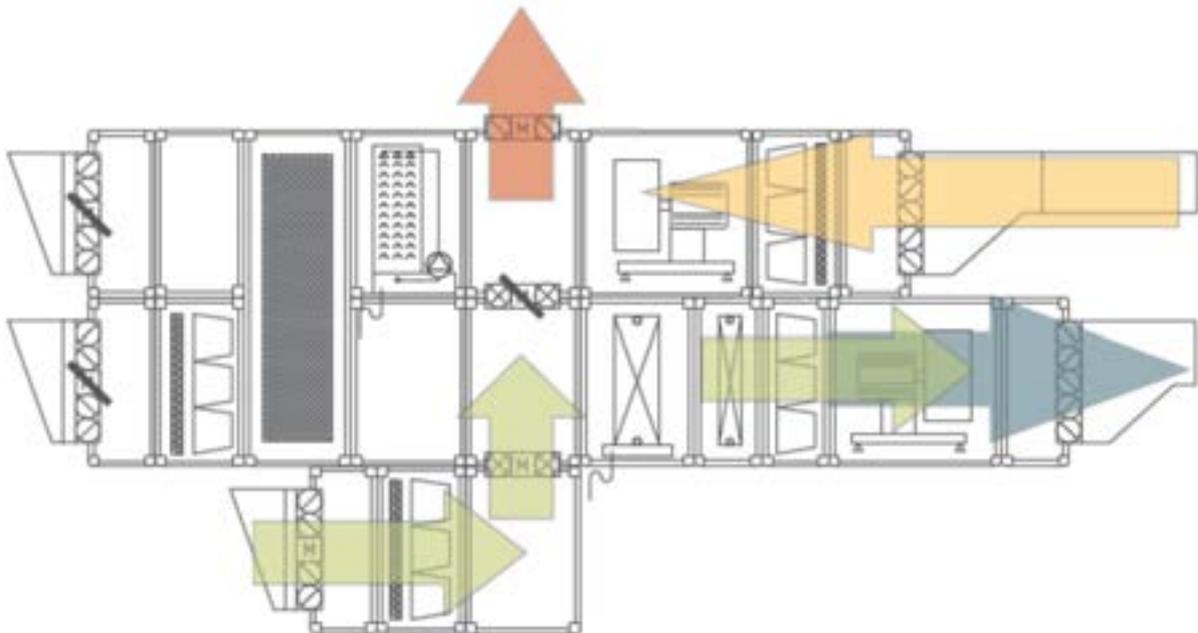


### RECUERDA

Según la normativa de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) los subsistemas de climatización del tipo todo aire, de potencia térmica nominal mayor que 70 kW en régimen de refrigeración, dispondrán de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior.

En función del sistema de generación de calor/frío existen varios tipos de enfriadores gratuitos:

- Directo por aire.
- Por medio de torres de refrigeración.
- Baterías de intercambio con el evaporador.



**Figura 1.** Ejemplo de una UTA de una instalación todo aire con recuperador de calor rotativo, en enfriamiento gratuito con compuertas de toma de aire y extracción motorizadas. Fuente: IDAE. Ahorro de energía mediante enfriamiento gratuito y recuperadores de calor con humidificador adiabático en la extracción

### 3. RECUPERADORES DE CALOR



#### Etapa de recuperación de calor

La etapa de recuperación de calor dispone de equipos cuya función es aprovechar el calor residual del aire que se extrae del edificio e intercambiarlo con el aire de ventilación que proviene del exterior sin llegar a mezclarse.

Con esto se consigue precalentar (o pre-enfriar) el aire exterior y reducir el consumo energético de la instalación de climatización, ya que la carga térmica a combatir por aire de ventilación, será mucho menor que si no existiera ese pretratamiento.

El RITE en la IT1.2.4.5.2 Recuperación de calor del aire de extracción, establece las siguientes condiciones:

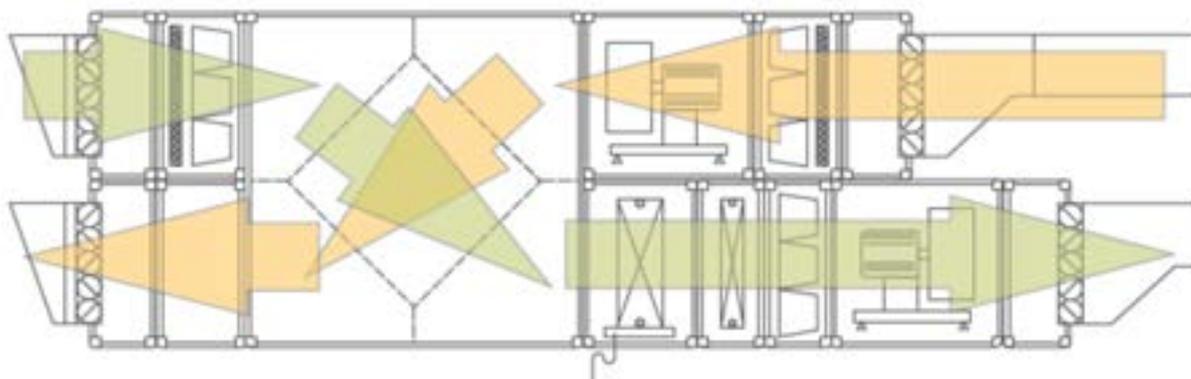
- En los sistemas de climatización de los edificios, en los que el caudal expulsado al exterior, por medios mecánicos sea superior a  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  se instalará un recuperador de calor.

En general son equipos de características muy favorables para el ahorro energético puesto que su funcionamiento no depende de las condiciones climatológicas y su uso puede superar las 2.000 horas anuales (si atendemos a la media de las instalaciones de climatización).

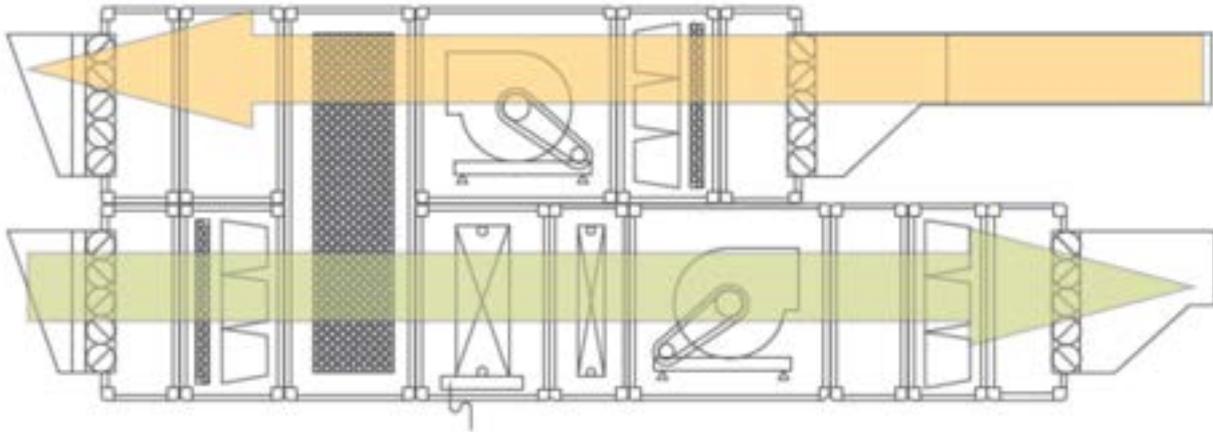
Existen muchos tipos y configuraciones de recuperadores de calor. Los más habituales en instalaciones de climatización son:

- De placas.
- Rotativos.
- Tubos de calor.
- Doble batería de agua.

Se muestra a continuación un esquema de los dos primeros.



**Figura 2.** Unidad de Tratamiento de Aire para ventilación con recuperador de calor de placas, caudales cruzados. Fuente: IDAE. Ahorro de energía mediante enfriamiento gratuito y recuperadores de calor con humectador adiabático en la extracción



**Figura 3.** Unidad de Tratamiento de Aire para ventilación con recuperador de calor rotativo, flujos paralelos. Fuente: IDAE. Ahorro de energía mediante enfriamiento gratuito y recuperadores de calor con humectador adiabático en la extracción

#### 4. AISLAMIENTO DE REDES DE TRANSPORTE POR CONDUCTOS

En las redes de distribución de aire por conductos (obviamente solo para sistemas de climatización por conductos) al igual que en las de agua siempre existen pérdidas térmicas por conducción por el contacto con el elemento que los transporte.

Por otra parte, debido a la utilización de ventiladores y bombas también se producirán unas ganancias térmicas, que obviamente solo serán beneficiosas en modo de distribución de calefacción o agua caliente sanitaria.

El porcentaje de pérdidas normalmente suele ser pequeño (ya que se suelen utilizar materiales de muy baja conductividad térmica) pero al disponer de muchos metros de conducciones, a la larga suma una cantidad de energía que pudiera ser relevante.

Por ello, el propio Reglamento de Instalaciones Térmica regula en el apartado IT1.2.4.2.2 "Aislamiento térmico de redes de conductos" las condiciones mínimas que se deben aplicar para un correcto aislamiento. Algunas de las condiciones impuestas en materia de eficiencia energética son las siguientes:



#### RECUERDA

Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4% de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.

Cuando la potencia útil nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW son válidos los espesores mínimos de aislamiento para conductos y accesorios de la red de impulsión de aire que se indican:

AISLAMIENTO DE CONDUCTOS PARA POTENCIA DEL GENERADOR <=70KW		
Conductividad de referencia a 10°C de		
	En interiores mm	En exteriores mm
Aire Caliente	20	30
Aire Frío	30	50

**Figura 4.** Tabla de aislamientos mínimos en conductos. Fuente RITE. Elaboración propia

Para materiales de conductividad distinta a 0,04 W/(mK) a 10 °C, el espesor mínimo se calculará aplicando la siguiente corrección:

Para conductos rectangulares

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

Para conductos circulares

$$d = \frac{D}{2} \left[ \text{EXP} \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right]$$

donde:

- $\lambda_{ref} = 0,04 \text{ W/(mK)}$
- $\lambda$  = conductividad térmica del material, en W/(mK)
- $d_{ref}$  = espesor mínimo de referencia en mm (tabla)
- $d$  = espesor mínimo del material empleado, en mm
- $D$  = diámetro interior del material aislante o diámetro exterior de la tubería en mm

**Figura 5.** Tabla de corrección de espesores de aislamiento en función de conductividad. Fuente RITE. Elaboración propia

Además se imponen otra serie de medidas más específicas para lo que se puede consultar el propio Reglamento.



## RESUMEN

- Una instalación de climatización por conductos es un sistema centralizado que distribuye aire previamente acondicionado (calor o frío) a través de una red de rejillas o difusores.
- Según la normativa de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) los subsistemas de climatización del tipo todo aire, de potencia térmica nominal mayor que 70 kW en régimen de refrigeración, dispondrán de un subsistema de enfriamiento gratuito por aire exterior.
- La etapa de recuperación de calor dispone de equipos cuya función es aprovechar el calor residual del aire que se extrae del edificio e intercambiarlo con el aire de ventilación que proviene del exterior sin llegar a mezclarse.
- Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4% de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.



## BIBLIOGRAFÍA

Álvarez, J.F.; Abati, J. (2010) Rendimiento de una instalación geotérmica para calefacción y ACS. II Congreso de energía geotérmica en la edificación y la industria.

Balboa Batlle, Joan (2004). Mantenimiento de calefacción.

DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y MINAS de la Comunidad de Madrid. (2014). Presentación sobre normativa sobre reparto de gastos de calefacción. RITE y directiva relativa a la eficiencia energética.

Entrena González, Francisco José (2013). Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios.

Fernández Seara, José (2010). Bomba de calor y eficiencia energética. Área de máquinas y motores térmicos. Universidad de Vigo. Congreso de Geotermia.

García San José, Ricardo. (2001). Combustión y combustibles.

Gómez Vega, José Manuel. (2005). La bomba de calor. Funcionamiento, aplicaciones, estado de la tecnología e introducción en el mercado.

González, César (2011). Presentación sobre reutilización del agua ahorro de energía. European Union. Sustainable energy Week.

González, S.; Martín, G. (2010). Energía aerotérmica aplicada a la bomba de calor.

Guerrero Pérez, Ramón (2013). Edificación y eficiencia energética en los edificios.

IDAE (2007). Guía técnica sobre procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas.

IDAE (2007). Guía Técnica de procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras de agua y equipos autónomos de tratamiento de aire.

IDAE (2007). Guía técnica de contabilización de consumos.

IDAE (2008). Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios.

IDAE (2010). Guía técnica de diseño de sistemas de bomba de calor geotérmica.

IDAE (2012). Guía de recomendaciones de eficiencia energética. Certificación de edificios existentes CE3X.

IDAE (2014). Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios.

IDAE (2014). Ahorro de energía mediante enfriamiento gratuito y recuperadores de calor con humectador adiabático en la extracción.

Mendoza Ramírez. Antonio Jesús (2013). Eficiencia energética en las instalaciones de climatización en los edificios.

MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGÍA Y TURISMO. MINISTERIO DE FOMENTO. (2016). Documento Reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España.

Molina Igartua, Gonzalo (2011). Presentación Política Energía / Clima de la Unión Europea. Europa Estrategia 20/20/20.

Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020 del IDAE.

Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

Real Decreto 187/2011, de 18 de febrero, relativo al establecimiento de Requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.

Real Decreto 1390/2011, de 14 de octubre, por el que se regula la indicación del consumo de energía y otros recursos por parte de los productos relacionados con la energía, mediante el etiquetado y una información normalizada.

Redondo Rivera, Óscar. Manual práctico de cálculos térmicos de edificios. Eficiencia Energética.

Ruiz, Manuel J. (2015). Ponencia sobre Normativa de Etiquetado Energético (ELD) Versión consolidada y actualizada a 20 de Julio de 2013 del Real Decreto 1027/2007 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).



El presente proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión Europea.  
Esta publicación (comunicación) es responsabilidad exclusiva de su autor.  
La Comisión no es responsable del uso que pueda hacerse de la información aquí difundida.



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union