

## **Climatización radiante- caldera de condensación: *tandem eficiente***

### **1. Introducción**

El 50% del consumo energético que tiene lugar en una vivienda se produce en los sistemas de Calefacción y Agua caliente sanitaria (ACS).

En la actualidad y con el objetivo de cumplir con el **Objetivo 20.20.20** de la Política medioambiental, se demandan soluciones energéticas más eficientes que aporten bienestar y un consumo racional de los recursos energéticos en los edificios del futuro.



Entre las **soluciones** que se proponen, destaca la instalación de **calderas de condensación** como fuente de calor y de **sistemas de suelo radiante** como emisor de la misma.

Si comparamos esta combinación con la del caso de una caldera convencional y un sistema de radiadores, apreciamos diferencias notables en las necesidades de consumo y en las pérdidas de energía que se producen tanto en el apartado de generación de calor como en el de su emisión.

### **2. Caldera convencional - sistema de radiadores**

En el caso de combinar una **caldera convencional con un sistema de radiadores**, apreciamos que es necesario calentar el agua que circula por los radiadores hasta una temperatura aproximada de 65-70°C, con el fin de que el calor emitido por el radiador en un extremo de la habitación, pueda calentar el extremo opuesto de la misma.



Para lograr que el agua circulante alcance esa temperatura, es necesario calentarla en la caldera, mediante la combustión de un combustible. El calor producido se transmite de dos modos que son la radiación de la llama, debido a la alta temperatura de la misma y por conducción-convección perdiéndose una parte de dicho calor a través de los humos que se generan en la combustión y a través de la carcasa de dicha caldera.

Pero estas no serán las únicas causas por las que se producen **pérdidas energéticas** sino que en el emisor se producirá también la pérdida de calor debido a la gran diferencia de temperatura existente entre el exterior y los emisores situados habitualmente debajo o junto a los ventanales para evitar el efecto ventana. Con esto se consigue aumentar la sensación de confort en las proximidades de los mismos pero a costa de que una gran parte del calor se pierda a través de los cerramientos.

### 3. Caldera de condensación – Suelo radiante

Decíamos que en el caso de las calderas convencionales, se transmite el calor por radiación de la llama y por conducción-convección. En el caso de las calderas de condensación existe un tercer modo que tiene lugar también por conducción-convección y que se debe al aprovechamiento del calor latente contenido en los humos procedentes de la combustión y que se libera en la condensación del vapor de agua generado durante la combustión, siendo transferido al agua de la caldera.



Según su comportamiento frente a las condensaciones (Real Decreto 275/1995 trasposición de la Directiva Europea 92/42/CEE, las calderas se clasifican como:

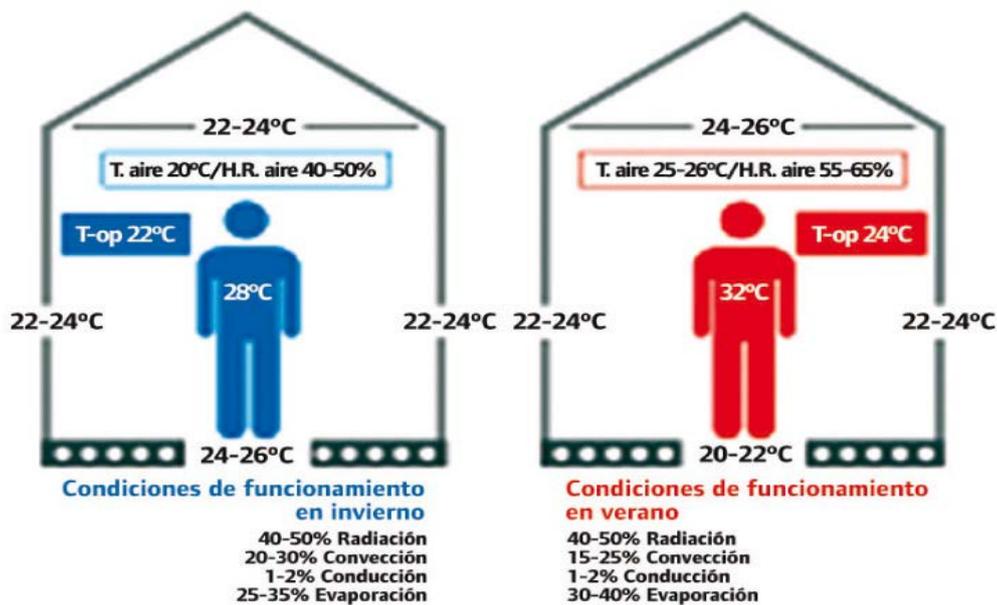
Condiciones	Calderas		
	Estándar	Baja Temperatura	Condensación
Temp. de retorno (°C)	55	35-40	35-40
Temp. de retorno > Temp. de rocío	Sí	No	No
Condensación	No	No	Sí

La caldera de condensación aprovecha el calor latente que desprenden los humos de la combustión al pasar de estado gas a líquido.

Es ahora cuando **cobra sentido la combinación de la caldera de condensación con los sistemas de suelo radiante** ya que estos sistemas se caracterizan por trabajar con agua calentada a una temperatura próxima a los 45°C grados y que es fácilmente alcanzable aprovechando el calor de condensación.

Esta diferencia de temperatura en comparación con los sistemas de radiadores, es suficiente para convertirlos en los sistemas que mejor se ajustan a la emisión óptima de calor del cuerpo humano por radiación, convección, transmisión y evaporación. Esto se debe a que la sensación de temperatura de las personas no corresponde a la temperatura de aire, sino que equivale a la temperatura de confort, denominada también temperatura operativa.

De forma práctica, la temperatura operativa en el interior de una vivienda equivale al valor promedio entre la temperatura del aire y la temperatura radiante media de las superficies interiores de la habitación (suelo, techo, paredes, puertas, ventanas, etc.).



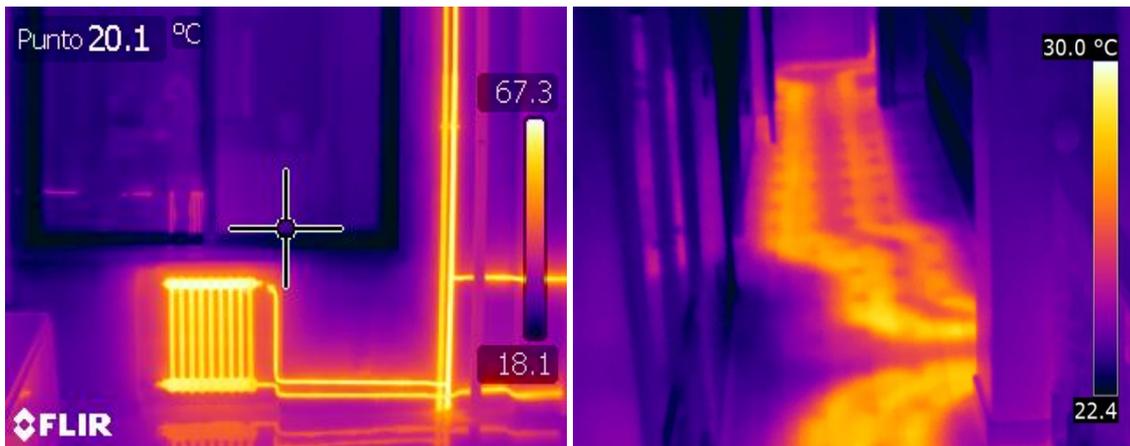
*Temperatura operativa (que proporciona confort y bienestar térmico a las personas)*

Es decir, si en invierno deseamos mantener una temperatura de confort determinada, podemos disminuir la temperatura del aire y aumentar la temperatura radiante media de la habitación, lo cual será posible teniendo en cuenta el principio básico de funcionamiento del sistema de suelo radiante.

#### 4. Principio básico de funcionamiento del sistema de suelo radiante

Impulsando agua a 40-45 °C en modo calefacción, a través de una red de circuitos que se instalan sobre un panel térmicamente aislante que impide que el calor del agua circulante se transmita al forjado del edificio, se logra que una losa de mortero que recubre las tuberías, acumule el calor y que gracias a su inercia térmica pueda conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. De este modo se disminuye la necesidad de aportación de climatización.

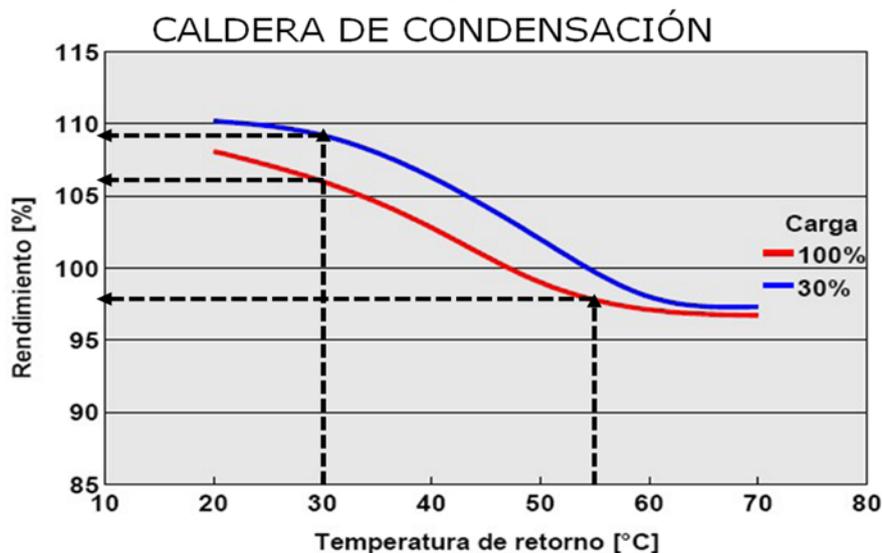
Dicho calor será transmitido al pavimento final que a su vez, emite esta energía hacia las paredes y techo de la habitación mediante radiación y en menor grado convección natural.



*Termografía de calefacción por radiadores o por suelo radiante*

De esta manera se darán las condiciones necesarias para que las personas puedan mantener el equilibrio térmico, sin la intervención del sistema de termo-regulación propio y se alcance un **estado de confort térmico** a una temperatura de 21-22 °C, con un **menor consumo de energía** y **reduciéndose las pérdidas de calor** a través de los cerramientos. Esto es posible por ser la temperatura del aire en el interior de la vivienda, más cercana a la del exterior.

Posteriormente el agua de retorno regresará a la caldera con una temperatura próxima a los 35 °C (por debajo de la temperatura de rocío de los gases de combustión) para ser calentada de nuevo, lo cual favorece la **mejora del rendimiento** de la misma hasta alcanzar un 108% aproximadamente.



*Mejora del rendimiento de las calderas de condensación*

## 5. Estudio comparativo entre radiadores de aluminio y sistema de suelo radiante

El Departamento de Ingeniería Energética de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Nacional de Educación a Distancia, ha realizado diversos estudios en los que se compara una misma instalación con radiadores de aluminio y con suelo radiante.

El estudio se realizó no sólo desde el punto de vista del consumo energético, sino también teniendo en cuenta el valor actual neto (VAN) de ambos sistemas.

A continuación y de forma resumida se presenta el **estudio de dos instalaciones:**

- caldera de condensación y radiadores de aluminio.
- caldera de condensación y suelo radiante.

Los datos del edificio de estudio son los siguientes:



### Datos del edificio

**Tipo de uso:** Viviendas en altura.

**Zona a Calefactor:** 660 m<sup>2</sup> de viviendas.

**Ubicación:** Madrid, Barajas.

### Autor del estudio

Dr. Ingeniero Santiago Aroca Lastra.

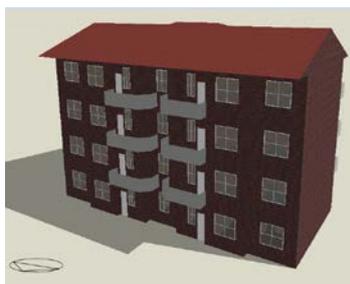
Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial UNED

### Método de cálculo

**EnergyPlus:** Simulación y análisis energético.

**LIDER:** Cumplimiento del HE-1

Cumplimiento RITE 2007.



### Datos climatológicos

#### Madrid

Latitud: 40,5° N / Longitud: 3,5° E.

Altitud: 595 m.

Nivel percentil del 99%: -4,9°C.

Nivel percentil del 97,5%: -3,7°C.

Humedad relativa: 85%.

Oscilación media diaria: 7,9°C.

Los casos analizados se indican en la siguiente tabla. En todos los casos se utilizó una caldera de condensación central BAXI ROCA modelo Power HT-45/F.

Caso	T <sup>a</sup> impulsión °C	T <sup>a</sup> retorno °C	T <sup>a</sup> ambiente °C
Radiadores 1	75	55	22
Radiadores 2	65	45	22
Radiadores 3	55	35	22
Radiadores 4	50	30	22
Climatización Invisible	40	30	20

En todos los casos, se consideraron cargas térmicas similares y la misma temperatura operativa.

	Cargas térmicas	
	Radiadores	Climatización Invisible
Calefacción	38 KW	36 KW
	Parámetros de cálculo	
	Radiadores	Climatización Invisible
Tª del aire	22 °C	20 °C
Tª operativa	21 °C	21 °C

Dimensionado de las instalaciones en función de la temperatura de impulsión, retorno y del aire.

Caso	Temperaturas	$\Delta T_m$ (°C)	Potencia elemento radiador (W)	Número de elementos de radiador
Radiadores 1	75°C/55°C/22°C	42,2 °C	132,4 W	298
Radiadores 2	65°C/45°C/22°C	32 °C	91,36 W	434
Radiadores 3	55°C/35°C/22°C	21,5 °C	53,58 W	742
Radiadores 4	50°C/30°C/22°C	16 °C	36,04 W	1.098

Los radiadores utilizados para el estudio son marca BAXI-ROCA modelo JET 80.  
Principales datos:

Caso	Temperaturas	$\Delta T_m$ (°C)	Potencia elemento radiador (W)	Número de elementos de radiador
CN UNE EN-442	75°C/65°C/20°C	49,8 °C	165,4 W	1,342

Caldera de condensación Baxi Roca power ht-45/f		
Funcionamiento	Rendimiento sobre el PCI (%)	Potencia máxima entregada (kw)
Funcionamiento 80 °c / 60 °c	97,3 %	45 KW
Funcionamiento 50 °C / 30 °C	105,1 %	48,7 KW
Funcionamiento 40 °C / 30 °C	109,8 %	49,5 KW

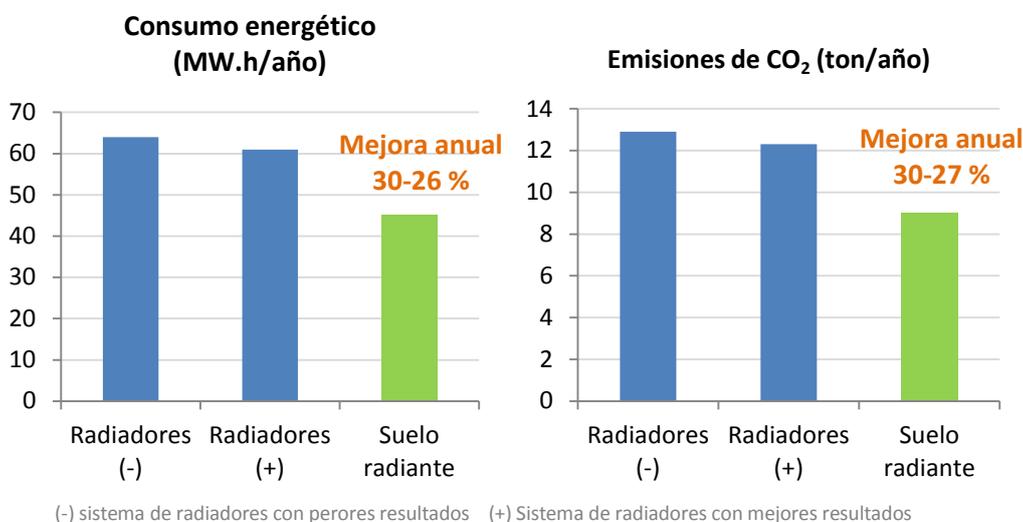
Los **resultados del estudio** de los 5 casos analizados se detallan en la siguiente tabla:

Caso	Consumo energético (MW·h/año)	Emisión de CO <sub>2</sub> (ton/año)	Inversión inicial (€)	VAN 10 años (€)	VAN15 años (€)	VAN 20 años (€)
Radiadores (75°C/55°C/22°C)	64,0 (100%)	12,9	20.977	54.955	79.105	109.785
Radiadores (65°C/45°C/22°C)	62,7 (98,0%)	12,6	21.916	55.230	78.890	108.947
Radiadores (55°C/35°C/22°C)	61,5 (96,1%)	12,4	24.041	56.442	79.649	109.131
Radiadores (50°C/30°C/22°C)	61,0 (95,3%)	12,3	26.497	58.882	81.901	111.142
Suelo radiante (40°C/30°C/20°C)	45,0 (70,3%)	9,0	28.447	52.338	69.319	90.890

De estos resultados se desprende el **mejor comportamiento medioambiental** de los sistemas de climatización radiante frente a sistemas de radiadores convencionales. Tanto en **consumo energético** anual como en **emisiones de CO<sub>2</sub>** a la atmósfera, los sistemas de climatización radiante son un 30% inferiores.

Puesto que la eficiencia energética de la caldera aumenta ligeramente al disminuir la temperatura de retorno, el consumo energético anual de los sistemas de radiadores a baja temperatura también disminuye ligeramente aunque el número de elementos de radiador que se precisarán aumenta entre 1,5 y 3,7 veces.

Es así mismo de destacar que aunque la inversión inicial de la calefacción por suelo radiante es ligeramente superior a los casos en que se emplean radiadores de aluminio, su valor actual neto es inferior al de las restantes instalaciones consideradas al cabo de sólo ocho años. Durante al menos dos tercios del período de vida útil de la instalación **la calefacción por suelo radiante resulta económicamente beneficiosa**.



Con la utilización de una calefacción por suelo radiante, tomando un periodo de referencia de 25 años:

- Se ahorran 475 MW.h de consumo energético con la utilización de una calefacción por suelo radiante (19 MW.h ahorro anual)
- Se evita la emisión de 97,5 toneladas de CO<sub>2</sub> (aprox. 4 toneladas menos cada año).

Otras entidades y organismos independientes han llevado a cabo **estudios similares** de los que se extraen las siguientes conclusiones:

**Estudio PRECOST&E:** La colocación de un sistema de calefacción por suelo radiante, en igualdad de condiciones de diseño y envolvente, supone una **mejora en la calificación energética del edificio**.

**Estudio ETSII:** Del estudio comparativo realizado para un edificio para uso residencial privado entre un sistema convencional mediante radiadores/splits sólo frío frente a un sistema alternativo de climatización mediante suelo radiante y refrescante se llega a la conclusión de que el sistema radiante/refrescante **ofrece distintas mejoras** con respecto al sistema convencional de radiadores/splits:

- Menores consumos energéticos a largo plazo
- Eliminación total del ruido en la zona ocupada
- Reducción del mantenimiento al eliminarse la necesidad de sustitución de filtros en las unidades interiores, recarga de gas refrigerante, etc.
- Menores emisiones anuales de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El estudio económico (para localidades en el interior de la geografía española, como es el caso de Madrid) indica que el sistema de climatización suelo radiante/refrescante consigue una **rentabilidad** desde el primer momento de su periodo de explotación. En el caso de localidades costeras donde se requiere un sistema de control de humedad, los periodos de retorno de la inversión son más aceptables para la vida útil de la instalación.

**Estudio ENERVALIA:** La instalación de sistemas de climatización por techo refrescante en oficinas frente a techos refrescantes por aire y fan coils presenta varias **ventajas**:

- La potencia necesaria de los equipos de generación de frío se ve reducida en un 32%.
- El consumo energético se reduce un 37,7% con respecto al consumo del sistema convencional.
- La reducción del consumo energético no sólo produce ahorros económicos sino también medioambientales, reduciendo en un 28% las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera con respecto a las emisiones del sistema de climatización convencional,
- No ocupan espacio en las oficinas ya que van instalados sobre el falso techo y no producen ruidos.
- La distribución de las temperaturas (aire y operativa) es mucho más homogénea mediante el sistema radiante que con el convencional y consigue un área de confort mayor. Con el sistema convencional se crean zonas a diferentes temperaturas bajo las zonas de influencia de los difusores de aire que pueden crear disconformidad en los ocupantes.

## 6. Conclusiones

La combinación de una caldera de condensación y un sistema de suelo radiante aporta:

- ✓ Se mejora la calificación energética del edificio o vivienda.
- ✓ Reducción de la factura en el gasto de combustible (más de 200 €/año).
- ✓ Mejora de la sensación de confort en la vivienda.
- ✓ Distribución uniforme del calor en la vivienda.
- ✓ Mejora en el aislamiento térmico de la vivienda.
- ✓ Mejora de los rendimientos de la caldera de condensación, alcanzándose hasta un 108%.
- ✓ Reducción de las pérdidas de energía en la combustión de la caldera.
- ✓ Reducción de las pérdidas de energía a través de los cerramientos de la vivienda.
- ✓ Reducción de las emisiones de NOx hasta 20-30 mg/kWh.
- ✓ El suelo radiante es la mejor alternativa, incluso frente a radiadores de aluminio.



La climatización radiante (suelo, techo o pared) contribuye eficientemente al ahorro energético, a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, a la mejora de la calificación energética y a la reducción de costes para el usuario.

## Referencias

- RD 275/1995** Real Decreto 275/1995 por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/68/CEE del Consejo.
- Estudio UNED** "Estudio comparativo de los consumos energéticos de un sistema de calefacción con radiadores de aluminio frente a un sistema de calefacción por suelo radiante".  
Escuela técnica superior de ingenieros industriales. Departamento de Ingeniería energética.  
Universidad nacional de educación a distancia.
- Estudio PRECOST&E** "Evaluación de los costes constructivos y consumos energéticos derivados de la calificación energética de viviendas"  
Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Construcción y Vías Rurales.
- Estudio ETSII** "Estudio comparativo del sistema de climatización invisible Uponor frente a un sistema convencional para un bloque de viviendas sujeto a las climatologías de Madrid y Barcelona CC-2009/1516"  
Escuela técnica superior de ingenieros industriales. Universidad Politécnica de Madrid.
- Estudio ENERVALIA** "Simulación energética y CFD de sistemas de climatización convencional y climatización invisible Uponor".  
Enervalia (Ingeniería especializada en consultoría energética).

**Nota:** los estudios comparativos referenciados en este documento pueden consultarse en AseTUB.