

# REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA CLIMATIZACIÓN DE VIVIENDAS

En este artículo se analiza el consumo energético en climatización, a lo largo de un año completo, de una vivienda tipo en Madrid. Se proponen dos medidas para reducir el consumo en climatización de las viviendas. La primera medida, que no afectaría al confort del usuario, sería aumentar el espesor del material aislante de los muros exteriores del edificio, lo que permite lograr una pequeña reducción del consumo anual. Por otro lado, se estudia el efecto de aumentar o reducir la temperatura interior del edificio, demostrándose que la variación de la temperatura interior cuenta con un mayor efecto sobre el consumo anual, si bien la temperatura interior afecta al confort del usuario.

**Celia Roldán Gil**

INGENIERA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**Dr. Antonio Soria Verdugo**

PROFESOR VISITANTE EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA TÉRMICA Y DE FLUIDOS DE LA UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID

El elevado consumo energético anual en España está generando serios problemas de contaminación (debido a las emisiones contaminantes derivadas de la conversión energética) y de garantía de suministro (debido a la elevada dependencia energética del exterior). De modo que, la relevancia de cualquier estudio o contribución a reducir el consumo energético anual en España queda claramente justificada. En los países desarrollados, el consumo energético global se divide aproximadamente a partes iguales entre industria, transporte y edificios (vivienda y servicios). Dentro del consumo energético derivado de la vivienda o el sector servicios, el mayor consumo energético se debe a la climatización de los recintos para mantener una temperatura interna de confort.

El consumo anual de climatización suele dividirse en dos periodos distintos: el consumo de calefacción durante el invierno y el consumo de refrigeración durante el verano. En el cálculo del consumo de calefacción durante el invierno se deben considerar las cargas térmicas de transmisión, debidas al calor que cede el edificio a través de los cerramientos exteriores (principalmente muros, ventanas y puertas), y las cargas térmicas de intercambios de aire, debidas al aire intercambiado entre el interior y el exterior del edificio, ya sea por ventilación o por infiltraciones. En el caso del consumo de

## LA RELEVANCIA DE CUALQUIER CONTRIBUCIÓN A REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO ANUAL EN ESPAÑA QUEDA JUSTIFICADA POR LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN

refrigeración del edificio durante el verano, a las cargas térmicas de transmisión e intercambios de aire habría que sumarles las cargas de radiación, debidas a la radiación solar que entra a través de las ventanas, y las cargas internas, debidas al calor producido en el interior del edificio por los propios ocupantes, la iluminación y los dispositivos eléctricos que funcionen en el interior.

### Determinación de las cargas térmicas

La carga de transmisión ( $Q_{trans}$ ) a través de los cerramientos exteriores (muros, ventanas y puertas) puede calcularse en base al coeficiente global de transferencia de calor ( $U$ ), la superficie del cerramiento en cuestión ( $A$ ) y la diferencia entre la temperatura exterior e interior ( $\Delta T$ ):

$$Q_{trans} = U \cdot A \cdot \Delta T$$

El coeficiente global de transferencia de calor se determina en función de las capas con que cuente el cerramiento, en base al espesor de cada capa ( $e$ ) y la conductividad térmica del material de la cada capa ( $k$ ):

$$U = 1 / (R_e + \sum \frac{e}{k} + R_i)$$

Las resistencias de convección exterior ( $R_e$ ) e interior ( $R_i$ ) se encuentran tabuladas

en el Código Técnico de la Edificación (CTE). Además, el CTE limita el valor máximo admisible para el coeficiente global de transferencia de calor de los distintos cerramientos en función de la zona climática en que se sitúe la vivienda.

La carga de intercambios de aire ( $Q_{aire}$ ) contará con dos componentes: una componente sensible, debida a que el aire exterior e interior cuentan con diferente temperatura, y una componente latente, debida a la diferencia de humedad entre el aire exterior y el aire interior. La componente sensible de la carga de intercambio de aire puede calcularse en base al flujo másico de aire intercambiado ( $m_a$ ), que se encuentra tabulado en el CTE para ventilación, el calor específico del aire ( $c_p$ ) y la diferencia entre la temperatura exterior y la interior ( $\Delta T$ ):

$$Q_{aire\_sen} = m_a \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Por otro lado, la componente latente de la carga de intercambio de aire puede determinarse a partir del flujo másico de aire intercambiado ( $m_a$ ), la entalpía de cambio de fase del agua ( $h_{fg}$ ) y la diferencia entre la humedad específica exterior e interior ( $\Delta \omega$ ):

$$Q_{aire\_lat} = m_a \cdot h_{fg} \cdot \Delta \omega$$

La carga de radiación puede determinarse como la suma del producto de la irradiación incidente sobre cada orientación del muro exterior ( $I_{or}$ ) y la superficie acristalada en dicha orientación ( $A_{or}$ ):

$$Q_{rad} = I_{or} \cdot A_{or}$$

Por último, las cargas internas se determinan en función de la ocupación del edificio, del nivel de iluminación deseado y de los equipos que funcionen en el interior del mismo. Tanto la carga de radiación como las cargas internas suponen un aporte de calor al interior del edificio, por lo que sólo han de considerarse en el periodo de refrigeración, ya que supondrían una ganancia térmica durante el periodo de calefacción.

**Consumo anual en climatización de una vivienda tipo en Madrid**

Para analizar el efecto del espesor del material aislante y la temperatura interior en el consumo anual de climatización de una vivienda, se realizó el cálculo de la energía diaria consumida, tanto en el periodo de calefacción como en refrigeración, en una vivienda tipo en Madrid. La vivienda tipo forma parte de un bloque de viviendas y cuenta con una superficie de 80 m<sup>2</sup>. El muro exterior cuenta con dos capas de ladrillo, entre las cuales se sitúa un material aislante y una capa delgada de yeso en el interior. El espesor de material aislante empleado en el cálculo es de 3 cm, de modo que el muro exterior contaría con un coeficiente global de transferencia de calor de 0,66 W/m<sup>2</sup>K, que corresponde con el límite impuesto en el CTE para una vivienda localizada en Madrid. Así mismo, los caudales de aire intercambiados entre el interior y el exterior del edificio para ventilación se obtuvieron del CTE. El cálculo de las cargas térmicas del edificio se realizó a partir de la evolución horaria a lo largo de un año de la temperatura exterior, la humedad exterior y la irradiación solar, imponiendo como condiciones interiores de confort una temperatura de 20°C en el periodo de calefacción y 25°C en el periodo de refrigeración, manteniendo una humedad relativa interior constante de 50% a lo largo de todo el año.

La figura 1 (izq) muestra la energía diaria consumida para climatizar la vivienda, calculada a partir de las cargas térmicas horarias a lo largo de todo el año. En la figura puede observarse que el consumo para climatizar la vivienda es semejante en los periodos de calefacción y refrigeración, si bien el consumo máximo se obtiene en el periodo de refrigeración (días centrales del año) debido a la carga térmica de radiación. El consumo energético en climatización de la vivienda tipo es de 45,09 MWh térmicos al año, correspon-

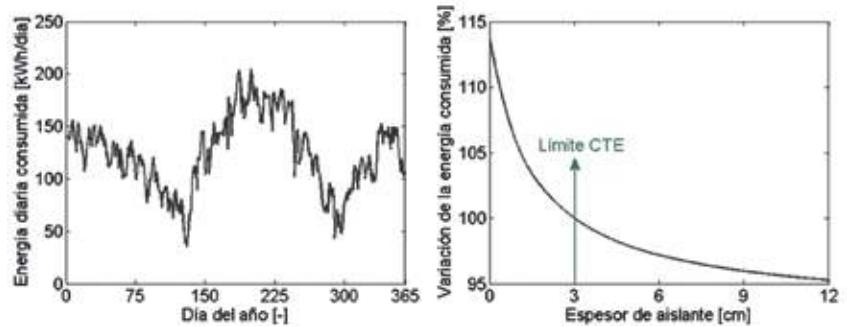


Figura 1: (izq) Consumo diario de energía para la climatización de una vivienda tipo en Madrid (der) Efecto del espesor de material aislante sobre el consumo energético anual en climatización del edificio.

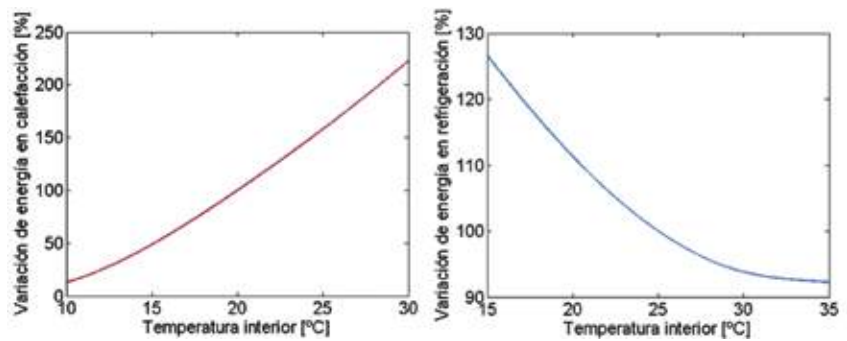


Figura 2: Variación del consumo energético con la temperatura interior en el periodo de calefacción (izq) y en el periodo de refrigeración (der)

diendo 23,13 MWh al periodo de calefacción y 21,96 MWh al periodo de refrigeración. El consumo anual del edificio puede reducirse sin afectar al confort de los usuarios aumentando el espesor del material aislante de los muros exteriores, de modo que disminuya el coeficiente global de transferencia de calor y se reduzca por tanto la carga térmica de transmisión. La figura 1 (der) muestra el efecto del espesor del material aislante del muro exterior sobre el consumo de energía anual en climatización de la vivienda, tomando como base el consumo del edificio con un espesor de material aislante de 3 cm. En la gráfica puede observarse que una disminución del espesor del material aislante produciría un aumento significativo del consumo del edificio, sin embargo, un aumento del espesor del material aislante produciría una reducción limitada del consumo en climatización. Por lo tanto, podemos concluir que el límite impuesto por el CTE para el coeficiente global de transferencia de calor está propiamente definido (figura 1).

El consumo energético anual en climatización del edificio puede también reducirse imponiendo una temperatura en el interior de la vivienda más baja durante el periodo de calefacción y/o una temperatura más alta durante el periodo de refrigeración. La

figura 2 muestra el efecto de la temperatura interior del edificio sobre el consumo en climatización del mismo, en el periodo de calefacción (izq) y en el periodo de refrigeración (der), tomando como base el consumo en calefacción para una temperatura interior de 20°C (23.13 MWh) y el consumo en refrigeración para una temperatura interior de 25°C (21.96 MWh). Se puede observar que reducir la temperatura interior en calefacción permite reducir significativamente el consumo anual en calefacción. Así mismo, aumentar la temperatura interior en el periodo de refrigeración permite reducir el consumo anual en refrigeración de la vivienda, si bien esta reducción es inferior en el periodo de refrigeración que en el de calefacción debido a la existencia de la carga de radiación. La reducción del consumo variando la temperatura interna del edificio resulta ser muy superior a la conseguida aumentando el espesor del material aislante, no obstante, disminuir la temperatura en el periodo de calefacción o aumentarla en el de refrigeración reduce el confort de los usuarios finales de la vivienda, de modo que será decisión del usuario final la temperatura interior seleccionada, y por tanto, el consumo energético asociado (figura 2) ◀