

Mediciones para la determinación de la eficiencia energética en edificios según CTE (parte I) y caudales de renovación (parte II)

Meritxell Juncà; Market Manager IAQ/RAC, Instrumentos Testo

Mediciones para la determinación de la eficiencia energética en edificios según CTE (parte I)

El Código Técnico de la Edificación¹, en adelante CTE, se divide en dos partes, ambas con carácter reglamentario. En la primera se incluyen las disposiciones de carácter general (ámbito de aplicación, estructura, clasificación de usos, etc) y las exigencias que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos de seguridad y habitabilidad de la edificación.

La segunda parte está constituida por los Documentos Básicos, en adelante DB, cuya adecuada utilización garantiza el cumplimiento de las exigencias básicas.

Es de estos DB de donde se extraen los parámetros medibles que a continuación se detallan:

DB-HS I Limitación de demanda energética

En los edificios, las mayores pérdidas se producen a través de las fachadas y las cubiertas, ya que éstas conforman la envolvente exterior. Es por ello, que los principales esfuerzos dirigidos a minimizar las pérdidas deberán estar dirigidos a la detección de irregularidades en el aislamiento o la detección

de la presencia de puentes térmicos que incrementan, de manera sustancial, las pérdidas energéticas de la vivienda.

Según el CTE, los edificios dispondrán de una envolvente de características tales que limite adecuadamente la demanda energética necesaria, con el fin de alcanzar el bienestar térmico en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno.

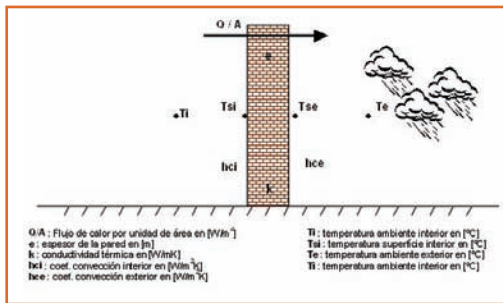
En este mismo sentido, por las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar se reducirá el riesgo de aparición de humedades de condensación superficial e intersticial que puedan perjudicar sus características.

Es necesario también, el tratamiento adecuado de los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor, y evitar así, problemas higrotérmicos en los mismos.

Metodología de medición de la Transmitancia Térmica

Siendo cierto que la resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión matemática a continuación descrita, en muchas ocasiones la verificación experimental de este valor podría emplearse como verificación y control del cumplimiento real de esta condición técnica.

¹ Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.



Existen otras situaciones donde puede ser de interés la medición directa de este parámetro. ¿Qué sucedería en el caso que quisiéramos saber la transmitancia térmica de la envolvente térmica de un edificio que requiera una rehabilitación y sin una memoria descriptiva del material del revestimiento? En esos casos la medición directa de este parámetro podría facilitar la comprobación de este envolvente.

Se describe a continuación el detalle de la medición y el cálculo que realiza el equipo de medición para dar automáticamente este parámetro ($W/m^2 K$).

Acondicionamiento para la medición:

- Debe existir una clara diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.
- Condiciones de temperatura estables (situación térmica estacionaria)
- Conocer la posición del cerramiento y el sentido del flujo de calor para calcular el coeficiente de convección interior "h_{ci}" como la inversa del valor R_{si} (película de aire interior) correspondiente a ese cerramiento.
- Proteger el equipo del frío y de cualquier radiación directa de calor.
- Colocar equipo a 30 cm de distancia del muro/pared a la misma altura que la sonda de valor U.
- No tocar el conector de la sonda valor U durante la medición.

A continuación se detalla el esquema de la medición:

Tabla E.1: Resistencias térmicas superficiales en m^2K/W

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Situación del cerramiento			
	De separación con el exterior		De separación con un espacio no habitable	
	R _{se}	R _{si}	R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13	0,13	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal <60° y flujo ascendente	0,04	0,10	0,10	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17	0,17	0,17

Inspección visual de los puentes térmicos y puntos con riesgo de condensación a través de Termografía

Se entiende como puente térmico la parte de envolvente térmica de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:

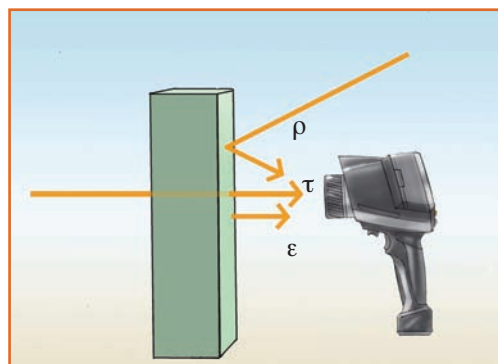
- ✓ Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio, de materiales con diferente conductividad térmica y/o
- ✓ Una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos o techos.

La termografía infrarroja es empleada en la inspección de la estabilidad de los revestimientos de fachada ya que presenta una gran variedad de ventajas respecto al resto de métodos existentes en la actualidad.

A continuación se describe el principio basado en la termografía:

La termografía es el proceso de toma de una imagen usando una tecnología de medición que visualiza la radiación de calor o la distribución de temperatura de la superficie de los objetos mediante una cámara termográfica.

Cualquier objeto cuya temperatura sea superior al cero absoluto (0 kelvin = $-273,15^\circ C$) emite radiación infrarroja, invisible al ojo humano.



Tal y como demostró el físico Max Planck entorno al año 1900, existe una correlación entre la temperatura de un cuerpo y la intensidad de la radiación infrarroja que emite.



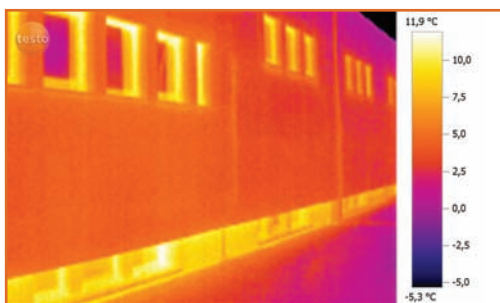
Fuente: CTE, HE I Limitación de demanda energética

Una cámara termográfica mide la radiación infrarroja recibida en su campo de visión, a partir de la cual calcula la temperatura del objeto a medir.

El cálculo tiene en cuenta la emisividad (ϵ) de la superficie del objeto medido así como la compensación de la temperatura reflejada; estas dos variables se pueden ajustar manualmente en la cámara termográfica.

La inspección de las fachadas de edificios (como una evaluación de las condiciones térmicas) tiene como objetivo: la visualización de las temperaturas en la fachada objeto de estudio y el control de los cerramientos.

A continuación se representan algunas imágenes termográficas relacionadas con la evaluación de fachadas y sus cerramientos:



Otro de los aspectos fundamentales que debe considerarse para la evaluación en la edificación es la detección de los puntos de riesgos de condensación.

Según define el CTE, el cálculo de condensaciones en condiciones interiores se realizará mediante las siguientes estimaciones: temperatura del ambiente interior igual a 20 °C y la humedad relativa del ambiente interior estimada a 75% con alguna excepción. En el caso de cerramientos en contacto con el aire exterior, la temperatura exterior y la humedad relativa exterior se tomarán iguales a los valores medios mensuales correspondientes al mes de enero.

Al margen de lo descrito, la termografía (a través de la cámara termográfica) y junto con una sonda inalámbrica se permite la medición de la humedad relativa ambiente. Con una simple inspección visual a través de la cámara termográfica, en tiempo real, se pueden detectar estos puntos de riesgo de

condensación, teniendo en cuenta la temperatura superficial respecto al punto de rocío del ambiente.

Caudales de renovación según CTE (parte II)

DB-HS 3 Calidad del Aire Interior

Dentro del Documento Básico DB-HS donde se definen las exigencias básicas de Salubridad se especifican parámetros, objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento aseguran la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad.

Incluido en este Documento Básico se define la Exigencia: HS 3 sobre Calidad del Aire Interior. En éste, se disponen los medios para que los recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.

El caudal de ventilación mínimo para los locales se obtiene teniendo en cuenta las reglas que figuran en la *Tabla 2.1*.

- El número de ocupantes se considera igual:

A) en cada dormitorio individual, a uno y, en cada dormitorio doble, a dos.

B) en cada comedor y en cada sala de estar, a la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda correspondiente.

- en los locales de las viviendas destinados a varios usos se considera el caudal correspondiente al uso para el que resulte un caudal mayor.

Metodología de medición de velocidad y caudal de Aire

Para las mediciones en campo de velocidad y caudal de aire es común utilizar anemómetros de diferentes tipos según el tipo de sensor utilizado: de molinete, térmico (hilo caliente y bola caliente) o tubo de pitot (conectado a un sensor de presión diferencial)

En los sensores de molinete el principio de medición se basa en la conversión de la rotación de las aspas en una señal eléctrica. Un sensor inductivo contabiliza las revoluciones del



molinete y emite una secuencia de pulsos que se convierten en el instrumento de medición a valores de velocidad. Son recomendables los molinetes de diámetro grande (del orden de 100 mm) para llevar a cabo mediciones en caudales turbulentos y los de diámetro pequeño para mediciones en conductos, en cuya sección se espera tener un flujo de aire lo más laminar posible.

La sonda de molinete se ajusta exactamente a la dirección del caudal es paralela al eje del molinete. Si se cambia la orientación de la sonda en la corriente de aire el valor indicado en el instrumento varía. La sonda está en la posición exacta cuando el valor que se indica es el máximo.

Por el contrario, el principio de las sondas térmicas está basado en un elemento calentado del cual se extrae calor mediante el impacto de un caudal de aire que lo enfría. La corriente se mantiene constante vía un regulador, la cual es directamente proporcional a la velocidad del aire. Cuando las sondas de velocidad térmicas se utilizan en caudales turbulentos, el resultado de la medición está influenciado por el caudal que impacta en el cuerpo calentado desde todas las direcciones. En caudales turbulentos, un sensor de velocidad térmico indica valores de medición mayores que los de una sonda de molinete.

Por último, los tubos Pitot miden la velocidad a partir de la presión dinámica que se mide a partir de un sensor de presión diferencial. Es imprescindible conocer los rangos de velocidad objeto de medición para poder seleccionar un sensor de presión idóneo (por rango). Igual que las sondas térmicas el tubo de pitot es más sensible a caudales turbulentos que las sondas de molinete.

Con frecuencia se producen errores de medición debido a que los cálculos se usan con una densidad media del aire $1,3 \text{ kg/m}^3$. Para cálculos exactos, cuando se miden flujos de aire, la densidad del mismo deben ser tenida en cuenta, siendo correcta la compensación de la misma por la modificación de la temperatura y la presión absoluta desde el instrumento.

En el momento de determinar la idoneidad de un sensor u otro, se debe tener en cuenta ciertos factores como la velocidad a medir en cada caso, temperatura ambiente, grado de turbulencia del aire, partículas en el ambiente, etc.

Tabla 2.1 Caudales de ventilación mínimos exigidos

	Caudal de ventilación mínimo exigido q_v en l/s		
	Por ocupante	Por m^2 útil	En función de otros parámetros
Dormitorios	5		
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño			15 por local
Cocinas		2 ⁽¹⁾	50 por local ⁽²⁾
Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
Aparcamientos y garajes			120 por plaza
Almacenes de residuos		10	

Para sistemas de VAC, normalmente nos encontramos con condiciones de temperatura y humedad estables (rangos de temperatura 20 a 25 °C) y con aire sin gran carga de partículas, por lo cual, la elección del tipo de sensor está influenciada en gran medida por el valor de velocidad a medir y su posible error de medición.

El error de estos sensores de velocidad normalmente se encuentran asociados a un valor fijo \pm un valor correspondiente a un porcentaje del valor medido. Los sensores térmicos suelen tener valores fijos pequeños, del orden de 0.03 m/s, y valores correspondientes al porcentaje del valor medido que influyen más en el valor final del error de medición.

Los sensores de molinete se comportan de forma inversa: valores fijos más altos (del orden de 0.2 m/s) y valores correspondientes al porcentaje del valor medido más bajos que en el caso de los sensores térmicos. Concluyendo, para mediciones de velocidad muy bajas, $<2 \text{ m/s}$ se espera tener menos error de medición con un instrumento que posea un sensor de hilo caliente que si se usara un instrumento que posea un sensor de molinete, sucediendo lo contrario en mediciones de velocidad cercanas a los 10 m/s.

En el caso de los tubos de Pitot, su comportamiento es más fiable cuanto mayores sean las velocidades medidas. Aún así, para el cálculo de las desviaciones, el sensor que aporta el error es el sensor de presión diferencial. A modo de ejemplo, medir a 10m/s con un sensor de presión hasta 20hPa aportaría una desviación de 0,8m/s, sin embargo, utilizar este mismo sensor para medir una velocidad de 4 m/s su desviación, en el peor de los casos, podría ser de 2m/s.