

Estudio de las pérdidas energéticas asociadas a climatización del aire de renovación

Cluster de Eficiencia Energética de Cataluña (CEEC)
Grupo de Trabajo HVAC

Autores:

Eduard Cubí (IREC)
Josep Piquer (Soler&Palau)
Màrius Gamissans (Soler&Palau)
Christoph Peters (SaAS)

1.1 Introducción. Motivación de este estudio

La aportación de aire fresco (exterior) a los edificios es necesaria para mantener las condiciones de salubridad, y es por este motivo que las normativas exigen que los sistemas de ventilación garanticen la aportación de un caudal mínimo de aire de renovación. Los caudales mínimos requeridos (y los requerimientos de los sistemas) difieren según normativas. En el caso de España la ventilación en el sector residencial viene regulada por el CTE, mientras que en el sector no-residencial el reglamento aplicable es el RITE.

A pesar de que pueda haber controversia sobre la magnitud de los caudales de aire exigidos por la normativa vigente, el aire exterior que se introduce en los edificios se debe condicionar hasta llegar a los niveles de temperatura y humedad relativa deseados en el interior, y este condicionamiento lleva una carga de energía térmica asociada. En períodos de invierno, el aire exterior es más frío y seco (en términos absolutos) que el interior, por tanto, las cargas asociadas a la climatización de aire de renovación son aportación de calor sensible (temperatura) y latente (humedad). Por el contrario, en verano el aire exterior es más cálido y húmedo de lo deseado en el interior, y por tanto las cargas asociadas a la climatización del aire de renovación son de reducción de calor sensible (temperatura) y latente (humedad). A pesar de que estas afirmaciones cualitativas sean válidas para toda Cataluña, la magnitud de estas cargas de climatización del aire de renovación van estrechamente ligadas a las condiciones de temperatura y humedad del aire exterior, y por tanto, presentan grandes variaciones a lo largo de la geografía catalana.

Las magnitudes de las cargas de calor / frío sensible / latente del aire de renovación en un determinado edificio situado en un determinado lugar serán los factores claves para evaluar la conveniencia de instalar un sistema de recuperación de calor del aire de renovación. Además, la diferenciación sensible / latente es necesaria para evaluar las ventajas que aportaría un recuperador entálpico (que recupera temperatura y humedad) respecto a un recuperador sensible (que recupera sólo temperatura). Actualmente las empresas del sector no disponen ni de los datos climatológicos ni de las herramientas necesarias para evaluar las cargas térmicas asociadas a ventilación.

2 Objetivo

El objetivo general de este estudio es la evaluación de las cargas asociadas a la climatización del aire de renovación, con la visión que esto ayude a la toma de decisiones sobre la instalación de sistemas de recuperación de energía.

Para cada localidad estudiada, el resultado de este estudio será una tabla con cuatro valores de energía térmica asociados a:

- Aportación de calor sensible (aumento de temperatura en invierno)
- Aportación de calor latente (aumento de humedad en invierno)
- Aportación de frío sensible (reducción de temperatura en verano)
- Aportación de frío latente (reducción de humedad en verano)

Como se explica en la descripción del método, los resultados corresponden a valores anuales de energía térmica (kWh) suponiendo una renovación constante de $1\text{m}^3 / \text{h}$.

3 Alcance

Este estudio se limita al cálculo de la energía térmica asociada a ventilación, y por lo tanto NO incluye otros usos energéticos de climatización, como son:

- Climatización para compensar pérdidas y ganancias térmicas a través de la envolvente
- Climatización para compensar las ganancias internas (ocupantes, equipos ...)
- Uso energético de equipos para mover fluidos (agua o aire) en el sistema de climatización (bombas, ventiladores)

Los valores presentados aquí corresponden a energía térmica y, por tanto, no tienen en cuenta los rendimientos de los equipos generadores de calor y frío (ya que estos son diferentes en cada proyecto).

El alcance geográfico de este estudio es el territorio catalán, y se presentará una serie de valores energéticos por una localidad representativa de cada comarca. En algunos casos la disponibilidad de datos ha condicionado la elección de localidades.

3.1 Método, hipótesis y limitaciones

3.2 Método

La base del cálculo para este estudio han sido datos horarios de temperatura y humedad relativa facilitados por el Servicio Meteorológico de Cataluña (SMC). Estos datos han sido tratados para hacer los siguientes cálculos en base horaria:

- Humedad absoluta exterior (según temperatura y humedad relativa exteriores) e interior (según consigna, ver hipótesis a continuación)

- Entalpía del aire exterior e interior
- Para las horas en modo "calefacción" (ver hipótesis a continuación), se ha calculado
 - o Aportación de calor sensible
 - o Aportación de calor latente
- Para las horas en modo "refrigeración" (ver hipótesis a continuación), se ha calculado
 - o Aportación de frío sensible
 - o Aportación de frío latente

Los valores horarios de entalpías se han sumado para obtener los valores anuales.

Para todos los cálculos psicrométricos se han usado las ecuaciones recogidas en ASHRAE Fundamentals (edición 2009). Los cálculos de humedad absoluta y entalpía del aire exterior se han ajustado según presión atmosférica correspondiente a la altura de cada población (Instituto Cartográfico de Cataluña).

3.3 Hipótesis y limitaciones asociadas

La base de cálculo de este estudio es un caudal de renovación de $1\text{m}^3/\text{h}$, para que los valores en este informe se puedan multiplicar directamente por los caudales de diseño de las instalaciones a estudiar. Se ha asumido que el caudal de ventilación es constante 24 horas al día, 7 días a la semana ya que:

- Se trata de un estudio genérico, que no pretende explorar todos los casos posibles.
- Esta hipótesis es coherente con la normativa vigente en residencial, ya que el CTE no contempla control al sistema de ventilación. En el caso de no residencial, el RITE sólo prevé control de ventilación en algunos pocos casos.

El año se ha dividido en dos períodos, de calefacción / refrigeración, según el calendario siguiente:

- La recuperación de calor sólo se calcula de 1 de octubre al 31 de mayo
- La recuperación de frío sólo se calcula de 1 de junio a 30 de septiembre

Los límites de los períodos son "arbitrarios" ya que vienen condicionados no sólo por las condiciones exteriores al edificio, sino también por las cargas térmicas internas. En todo caso, la diferenciación de modo de funcionamiento permite no contar como "cargas" situaciones que son favorables para la climatización del edificio (ie, no se cuentan como "cargas" ni temperaturas frescas de noches de verano ni temperaturas altas a mediodía de invierno).

Las condiciones interiores de temperatura y humedad relativa son:

- En modo calefacción (invierno): 21 ° C, 40%
- En modo refrigeración (verano): 25 ° C, 60%

Estos valores son coherentes con los parámetros de confort recomendados en el RITE.

La Figura 1 muestra el perfil horario de temperatura en la ciudad de Barcelona, así como el criterio utilizado para seleccionar los datos considerados para el cálculo de calor y frío sensible (límites de períodos de calefacción / refrigeración y puntos de consigna de la temperatura interior).

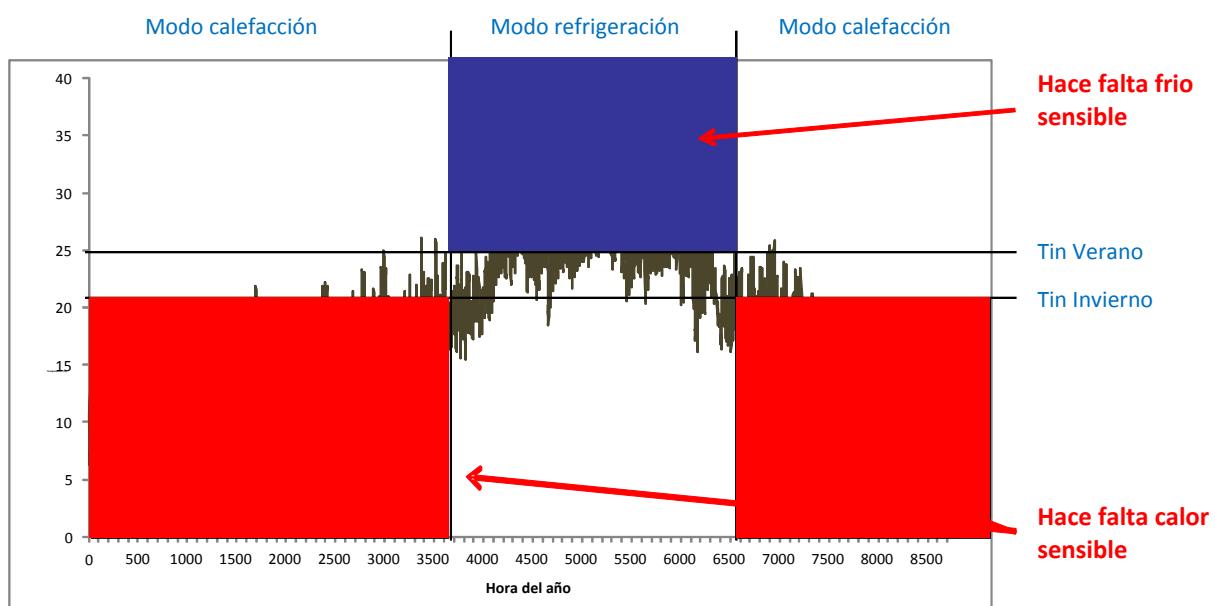
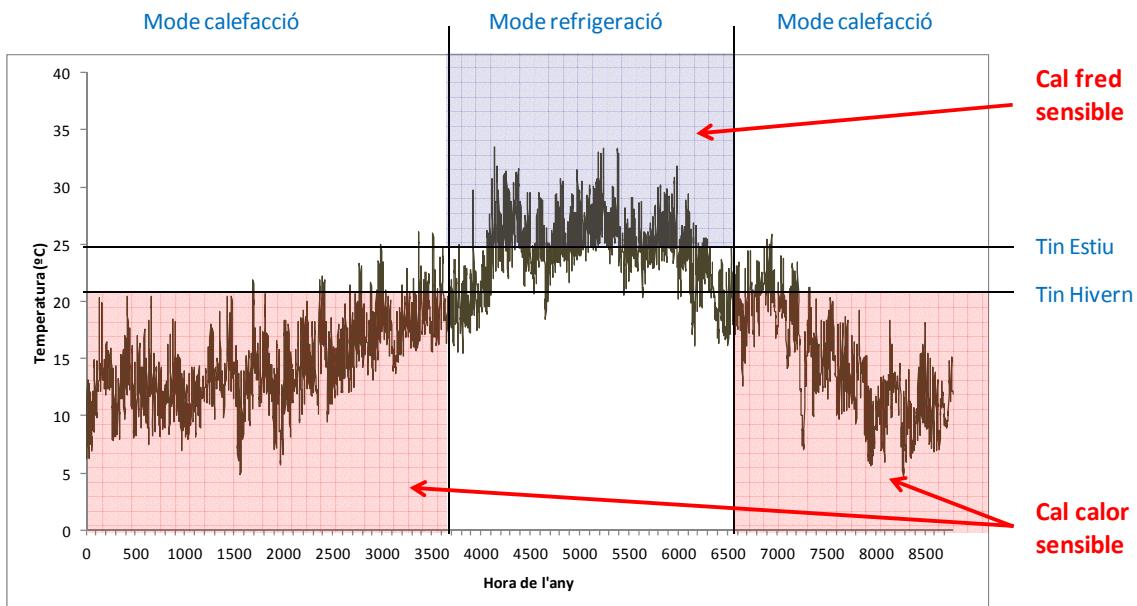


Figura 1 – Perfil de temperatura de Barcelona y cálculo de la carga de calor y frío sensible



Finalmente, todos los cálculos se han hecho a partir de datos de temperatura y humedad relativa correspondientes al año 2008. La elección de 2008 se ha hecho a raíz de las recomendaciones del Servicio Meteorológico de Cataluña, que considera que este es un año representativo para este tipo de aplicaciones. Para los cálculos energéticos se utiliza habitualmente datos meteorológicos horarios tratados estadísticamente con el fin de mejorar su representativamente (por ejemplo, "Typical Meteorological Year", formato TMY), pero en este caso no se disponía de datos en este formato para todas las localidades a calcular. Asimismo, la disponibilidad de datos también ha condicionado la elección de la población seleccionada para cada comarca.

4 Resultados

Las Figuras 2 y 3 muestran, respectivamente, los valores absolutos de requerimientos de calor y frío para cada comarca. La Tabla 1 incluye los valores numéricos de requerimientos comarcales de calor / frío sensible / latente.

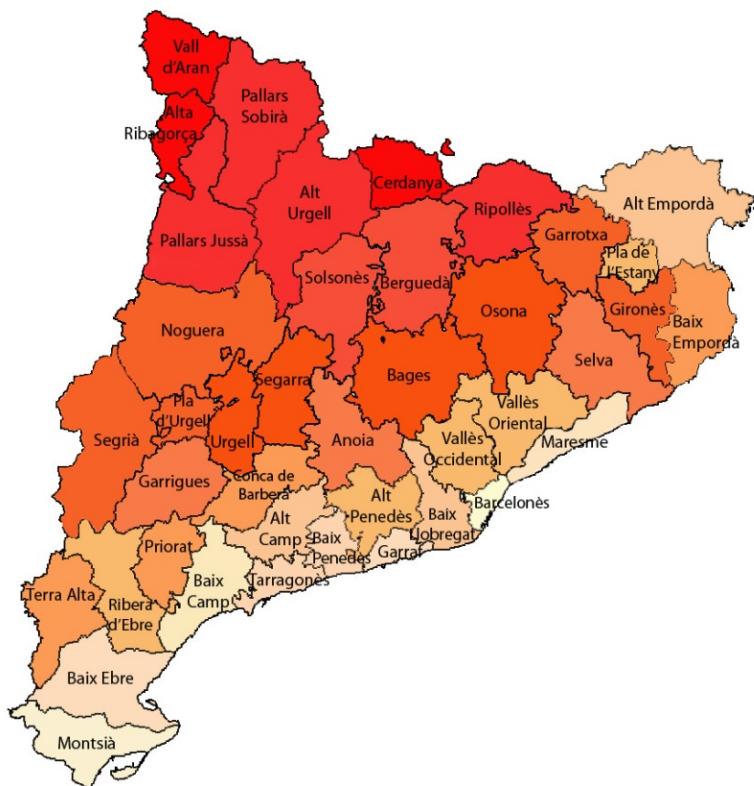


Figura 2 - Resultados comarcales de requerimientos de calor (sensible + latente)

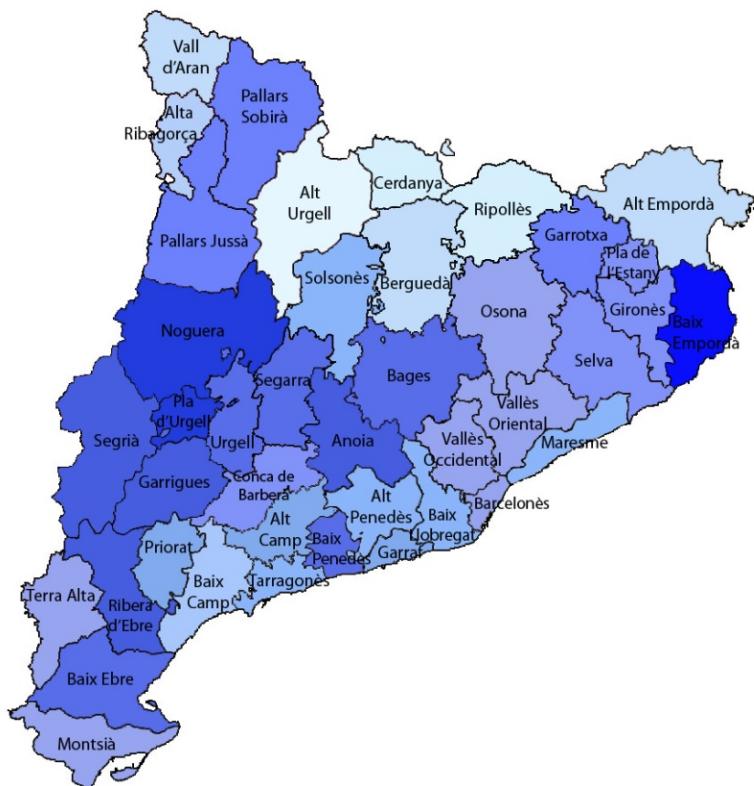


Figura 3 - Resultados comarcales de requerimientos de frío (sensible + latente)

Tabla 1 - Resultados. Cargas térmicas por comarca

Comarca	Población	Cargas térmicas (kWh per m ³ /h)			
		Calor Sensible	Calor Latente	Frio Sensible	Frio Latente
Alt Camp	Vilarodonà	18.4	5.2	0.6	2.3
Alt Empordà	Castelló d'Empúries	18.9	4.1	0.5	0.8
Alt Penedès	Sant Martí Sarroca	19.9	4.8	0.6	2.0
Alt Urgell	La Seu d'Urgell	26.2	8.4	0.5	0.0
Alta Ribagorça	Pont de Suert	28.6	8.7	0.6	1.3
Anoia	Òdena	21.2	5.6	1.0	3.0
Bages	St. Salvador de Guardiola	24.0	6.0	0.9	2.9
Baix Camp	Vinyols i Arcs	16.8	3.5	0.4	1.8
Baix Ebre	Aldover	16.2	4.7	1.1	2.6
Baix Empordà	La Bisbal d'Empordà	19.4	5.6	1.2	5.5
Baix Llobregat	Vallirana	18.2	4.4	0.7	2.0
Baix Penedès	El Vendrell	18.0	4.0	1.0	2.8
Barcelonès	Barcelona	13.7	3.6	0.9	2.3
Berguedà	La Quar	26.4	6.2	0.2	1.3
Cerdanya	Das	29.1	8.6	0.3	0.7
Conca de Barberà	L'Espluga de Francolí	21.5	4.2	0.7	2.7
Garraf	St. Pere de Ribes	17.6	3.6	0.7	2.0
Garrigues	Castelldans	21.7	6.0	1.0	3.1
Garrotxa	Olot	22.9	5.6	0.8	2.6
Gironès	Fornells de la Selva	22.9	5.2	0.9	2.5
Maresme	Cabrils	15.8	2.7	0.6	2.1
Montsià	Amposta	15.3	2.7	0.6	2.5
Noguera	Vallfogona de Balaguer	22.3	6.1	1.2	3.6
Osona	Gurb	24.8	6.0	0.7	2.4
Pallars Jussà	La Pobla de Segur	25.9	8.8	1.1	2.6
Pallars Sobirà	La Pobla de Segur ¹	25.9	8.8	1.1	2.6
Pla de l'Estany	Banyoles	19.2	4.8	1.0	2.4
Pla d'Urgell	Castellnou de Seana	22.5	6.2	1.2	3.7
Priorat	Falset	20.1	5.3	0.7	2.2
Ribera d'Ebre	Benissanet	18.9	5.2	1.2	3.0
Ripollès	St. Pau de Segúries	27.6	6.4	0.2	0.8
Segarra	Cervera	23.0	6.9	0.7	3.2
Segrià	Lleida	22.5	6.7	1.1	3.0
Selva	Vilobí d'Onyar	22.5	4.8	0.8	2.6
Solsonès	Lladurs	25.3	6.8	0.5	2.0
Tarragonès	Constantí	17.8	4.1	0.6	1.9
Terra Alta	Batea	20.6	5.2	0.7	2.5
Urgell	Tàrrega	22.5	7.1	1.0	2.9
Vall d'Aran	Viella	28.8	8.3	0.2	1.0
Vallès Occidental	Cerdanyola	19.5	4.9	0.9	2.2
Vallès Oriental	Parets	19.4	4.8	0.9	2.3

¹ No se disponía de datos horarios de ningún pueblo del Pallars Sobirà. La Pobla de Segur está situada a 27 km de Sort (capital del Pallars Sobirà), y se ha considerado la mejor aproximación posible.

De la revisión de los valores incluidos en la tabla, se puede llegar a las siguientes observaciones:

- En valores absolutos, las cargas (necesidades) de calor son muy superiores (aproximadamente un orden de magnitud) a las de refrigeración. Esta observación es válida para todas las comarcas, incluso las más cálidas
- En modo calefacción, la aportación de calor necesario es básicamente en forma de calor sensible (temperatura), mientras que la aportación de calor latente representa sólo aproximadamente un 20% del calor total
- En cambio, en modo refrigeración, la aportación de frío latente es el dominante, representando, en promedio, aproximadamente un 75% del frío total

En este punto hay que tener presente que este estudio se limita a la evaluación de las cargas asociadas a ventilación y, por tanto, excluye las cargas debidas a transmisión de calor a través de la envolvente de los edificios (paredes y ventanas) y también las ganancias internas. En el cálculo total de cargas, estas ganancias aumentarían el valor de las necesidades de refrigeración, sobre todo en cuanto a refrigeración sensible.

5 Aplicación

La aplicación práctica de este estudio pasa por la utilización de los factores de carga para valorar (energética y económicamente) el coste de climatización del aire de ventilación en proyectos concretos. Esta valoración se puede hacer mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Coste energético} = \frac{\text{Caudal} * \text{Factor de Carga} * \text{Coste de la energía}}{\text{Eficiencia del sistema generador}}$$

dónde:

El caudal es el caudal de aire de renovación de diseño expresado en m^3/h . Este valor es un parámetro de diseño de la instalación, y viene condicionado por el tipo de edificio, la dimensión, y la normativa aplicable.

El Factor de Carga es el resultado de este estudio, y se puede encontrar en la Tabla 1. El coste de la energía es el precio del recurso energético utilizado por el sistema generador de frío o calor, expresado en $\text{€} / \text{kWh}$ (por ejemplo, precio de la electricidad para sistemas eléctricos de frío o calor, o precio de los combustibles para calderas de

combustión)

La Eficiencia del sistema generador es el rendimiento del sistema productor de calor o frío, expresado en (kWh térmicos / kWh de energía final).

Esta ecuación debería aplicarse por cada uno de los términos de calor / frío sensible / latente, y así obtener los costes económicos de acondicionamiento asociados a cada factor.

A partir de aquí, un proyectista podría valorar económicamente la opción de instalar un sistema de recuperación de calor. Para la aplicación concreta en cada proyecto, el proyectista debería tener en cuenta características específicas de los sistemas de recuperación de calor disponibles en el mercado, incluyendo:

- Las eficiencias de recuperación de calor sensible y latente
- Las características de pérdidas de cargas (pérdida de presión), y su efecto en el uso energético del sistema
- Precio, calidad, y durabilidad del sistema de recuperación

En cualquier caso, esta información se debería poder obtener con facilidad de las empresas proveedoras de equipos de recuperación de calor.