



La eficiencia energética en la climatización

Pere Esquerra Pizá.

Ingeniero Consultor en Climatización

El proceso de climatización, que se desarrolla en diversos sistemas interrelacionados, tiene como finalidad el mantenimiento o control de unas determinadas condiciones ambientales en un local o un edificio. Es por ello, que con frecuencia se habla de un proceso de control ambiental como definición más amplia o completa que la corrientemente aceptada bajo la designación de climatización como simple proceso de calentamiento o enfriamiento de un ambiente.

El proceso de la climatización

Puede decirse que la climatización o acondicionamiento de aire tiene como función primordial la generación y mantenimiento de un adecuado nivel de confort para que los ocupantes de un ambiente cerrado puedan realizar correctamente sus actividades, o bien, la garantía del mantenimiento de un conjunto de condiciones ambientales para el desarrollo de un proceso o actividad dentro de un recinto.

Con mayor concreción puede definirse la climatización como aquella tecnología que en un ambiente o recinto cerrado permite un control total de los siguientes parámetros:

- a) la temperatura del aire ambiente y, en consecuencia, la de los procesos y objetos situados en el recinto;
- b) la humedad del aire ambiente, entendiéndose, en general, el valor de la humedad relativa del aire, cosa que no siempre es necesaria controlar con la precisión que requiere el control de la temperatura;
- c) la velocidad media o puntual del aire en el entorno de las personas o de las áreas en que se desarrolle un proceso;
- d) la pureza o calidad del aire interior, es decir, el nivel de contaminantes existentes en el ambiente, tanto del punto de vista de contaminantes sólidos como de los gaseosos o vapores orgánicos o de otro tipo que se generen en el ambiente

por efecto de la actividad que le es propia o de aquellos que entren en el ambiente procedentes del exterior;

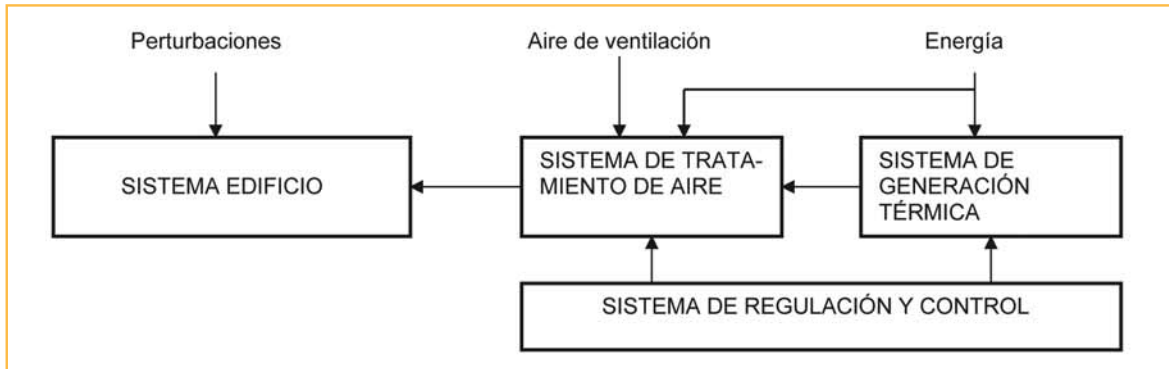
- e) el nivel de ruido y vibraciones existente en el ambiente debido a los medios puestos en juego para controlar los anteriores parámetros.

El proceso de la climatización o del control ambiental se desarrolla a través de diversos sistemas que interaccionan los unos con los otros. Dentro de este proceso algunos de los sistemas suponen el consumo de energía necesaria para la compensación de las energías, que incidiendo sobre el edificio o local a controlar, tienden a desequilibrar las magnitudes de los parámetros que se quieren controlar.

Los sistemas que se consideran son los siguientes:

El *sistema edificio*, sobre el que actúan las perturbaciones del exterior (temperatura del aire exterior, radiación del sol, humedad exterior, contaminación del exterior) o las que proceden de las actividades propias del edificio (equipos consumidores de energía, ocupación por personas o animales, generación de contaminantes debidas a los materiales de construcción de los equipos y componentes del edificio, etc.).

Para que sea posible realizar el control ambiental propio del proceso es necesario que haya un *sistema de tratamiento de aire*, el cual incide sobre



el sistema edificio aportando aire en condiciones adecuadas para el control de la temperatura (frío o caliente), de la humedad (aire seco o húmedo), de la calidad del aire (aire filtrado o tratado para la eliminación de contaminantes), de la velocidad del aire en el ambiente ocupado por las personas (distribución correcta del aire) y para el control del ruido y de las vibraciones. Este sistema es consumidor de energía para el transporte y distribución del aire, y a menudo representa una fuente de consumo energético nada despreciable. En este sistema se hace el control de la cantidad de aire exterior necesaria para la ventilación o renovación del aire de los locales.

El sistema de generación de frío y calor, en el que se prepara un fluido de transporte de la energía térmica para que tenga las condiciones de temperatura adecuadas a las necesidades del sistema de tratamiento de aire. Se trata de un sistema que es consumidor de energía, ya sea eléctrica ya sea procedente de un combustible.

El sistema de control y regulación, que actúa y se relaciona con los sistemas de tratamiento de aire y de generación de frío y calor.

El balance energético básico en el sistema edificio

En el edificio, donde se desarrollan diversas actividades, se produce la entrada o salida de la energía térmica debida a las siguientes causas:

- a) La radiación solar, que en todos los casos (invierno y verano) se traduce en un flujo de calor entrante (convencionalmente energía térmica positiva).
- b) La diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior, que cuando ésta sea inferior a
- c) La infiltración de aire del exterior, que será una salida de energía térmica cuando las condiciones exteriores sean inferiores a las interiores o positiva cuando se inviertan estas condiciones.
- d) La iluminación artificial que supone siempre una entrada

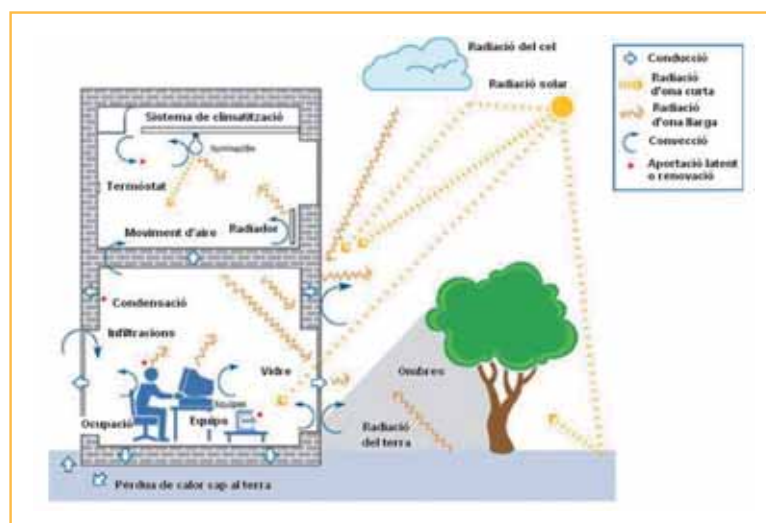


Figura 1. Balance energético en un edificio.

de energía térmica debida al consumo eléctrico de las lámparas y de sus equipos asociados.

- e) Los equipos, procesos y maquinaria que forman parte de la actividad del edificio y que siendo consumidores de energía eléctrica suponen una entrada de energía (positiva) ya que en último término toda la energía eléctrica gastada se transforma en calor.
- f) La ocupación o actividad de las personas constituye una fuente de calor, ya que el metabolismo humano genera energía térmica que debe transferirse al ambiente que rodea el cuerpo con el fin de mantener la necesaria temperatura interna.

En consecuencia, el balance de entradas y salidas de energía térmica en el sistema edificio puede establecerse según figura en la tabla 1.

Hay que decir, que en el caso de instalaciones de climatización mediante la introducción de aire forzada, las infiltraciones desaparecen. Por ello, se comprende que, con mucha frecuencia, los edificios tienen un balance global desplazado hacia el lado de una entrada neta de energía térmica. Es decir, se puede decir que cada edificio tiene su invierno y tiene su verano, con independencia de las estaciones astronómicas.

De hecho, hay muchos edificios que solamente tienen una estación: la de verano, o sea, requieren refrigeración durante todo el año. Además, puede afirmarse que hay zonas en todo edificio que pueden considerarse que se hallan en régimen de verano todo el año (zonas internas, que al no tener contacto con el ambiente exterior no pueden refrigerarse).

Puesto que la entrada o salida neta de energía térmica afecta al ambiente del edificio, la calefacción o la refrigeración deben atender a tratar dicho aire ambiente para mantener las adecuadas condiciones. El sistema de tratamiento de aire se encarga de transmitir y distribuir al ambiente la energía térmica de calefacción o de extraer del mismo la energía entrante.

En general existirá, pues, un caudal de aire manipulado por el sistema de tratamiento de aire, que será impulsado y distribuido por el ambiente en condiciones tales que sirva para compensar el balance energético neto del edificio.

Por ejemplo, en el caso de un balance neto positivo (edificio a refrigerar) habrá que impulsar aire a temperatura inferior a la del ambiente a climatizar. Este aire se calentará al absorber la energía entrante de tal modo que al final del proceso tendrá la

temperatura que debe mantenerse en el ambiente.

En el sistema edificio conviene considerar dos tipos de zona desde el punto de vista térmico. Las zonas denominadas exteriores reciben todas las perturbaciones indicadas y corresponden a locales en contacto con los cerramientos exteriores del edificio. Las zonas interiores, que no tiene ningún contacto con estos cerramientos, solamente reciben las perturbaciones debidas a las entradas de calor por iluminación, personas y equipos. Así, las zonas exteriores dependen de la temperatura exterior mientras que las interiores son independientes de dicha temperatura.

El Código Técnico de la Edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) es el vigente actualmente en el Estado español para la regulación de la calidad de las instalaciones de climatización. Contiene información e indicaciones para la realización de instalaciones de climatización (calefacción, refrigeración, ventilación) destinadas a usos no industriales con el fin de asegurar su calidad o nivel de bienestar, la compatibilidad con el medio ambiente, la conservación de la energía, el mantenimiento de las instalaciones y la adecuada seguridad de utilización respecto a las personas y bienes.

Quedan fuera del ámbito del Reglamento las instalaciones de potencia térmica inferior a 5 kW, limitación que en el caso de las instalaciones de ACS se eleva hasta los 70 kW. En el caso de un edificio con varias instalaciones individualizadas el Regla-

| | Temperatura exterior: | |
|-------------------------|------------------------|------------------------|
| | Inferior a la interior | Superior a la interior |
| Radiación solar | + | + |
| Conducción y convección | - | + |
| Infiltraciones de aire | - | + |
| Iluminación artificial | + | + |
| Equipos, etc. | + | + |
| Ocupación | + | + |

Tabla 1.

mento obliga a considerar la potencia suma de potencias individuales a efectos de la anterior limitación.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) se desarrolla en un conjunto de documentos básicos DB entre los que se encuentra el HE consagrado a la energía. Dentro de este documento básico HE se ha reservado una sección para la normalización de las instalaciones térmicas en los edificios (climatización y agua caliente sanitaria). Esta sección se ha orientado a una forma reglamentaria distinta de la característica común a las otras secciones. Es decir, en lugar de dar un conjunto de pautas cuantificadas para la realización de su objeto, en el caso de las instalaciones térmicas se tiene un verdadero reglamento (RITE) estableciendo un marco de condiciones a cumplir para lograr un buen comportamiento energético de las instalaciones.

Resulta interesante indicar que son responsables de lo que obliga el CTE los agentes que intervienen en el proceso y que han de cumplir las condiciones del CTE en las fases de proyecto, obra y a lo largo del funcionamiento en lo que atañe al mantenimiento.

El procedimiento de verificación que se establece en el CTE, y que se recoge también en el RITE, es siempre el mismo, es decir, justificar que se cumplen las condiciones de diseño, dimensionado, ejecución, de los productos de construcción, de uso y mantenimiento.

Dentro de las Disposiciones Generales que constituyen el Anexo I del RITE se detalla cuales son las exigencias técnicas de bienes-

tar e higiene, de eficiencia energética y de seguridad. Entre las primeras la calidad térmica ambiental, la calidad del aire interior, las de higiene en relación con la dotación de ACS en condiciones adecuadas y finalmente la calidad del ambiente acústico provocado por las instalaciones.

Las de eficiencia energética hacen referencia al rendimiento energético de los equipos, al aislamiento de las redes de la distribución de frío y calor, a los sistemas de regulación y control y a la necesaria contabilización de los consumos. Al final también se recuerda la necesidad de una recuperación de energía y del empleo de energías renovables.

Además se imponen condiciones de uso y mantenimiento remarcándose que el titular de la instalación será responsable del RITE y deberá encargar la realización de las operaciones necesarias a una empresa de mantenimiento, a pasar las inspecciones obligatorias y conservar la documentación. Los trabajos de mantenimiento deben llevarse a cabo por empresas autorizadas que son las responsables de que el mantenimiento se realice de acuerdo con el manual que previamente ha debido hacerse en la preparación del proyecto.

Las exigencias de eficiencia energética pueden cumplirse a través de un procedimiento de verificación simplificado siguiendo lo que prescriben las exigencias de las Instrucciones Técnicas o bien por un procedimiento alternativo basado en la comparación de la instalación alternativa con una que cumpla con las exigencias del procedimiento simplificado.

Las exigencias de eficiencia energética en los equipos se aplican a

los de generación de frío y calor a través de unos criterios generales referidos a lo que debe considerarse en la fase de proyecto. Por ejemplo, la imposición genérica de que la potencia térmica suministrada se adapte a la demanda máxima simultánea. Se entiende que no es admisible una potencia suma de las máximas de cada zona del edificio, las cuales no se darán en forma simultánea.

Dentro de los criterios generales se insiste en la necesidad de realizar un análisis de las demandas térmicas sobre una base horaria a lo largo de un año para considerar el efecto estacional de las condiciones ambientales exteriores.

En lo relativo a los generadores de calor las exigencias se limitan a referirse a que los rendimientos energéticos mínimos queda limitados por un Real Decreto resultante de la armonización introducida en la UE por una Directiva comunitaria definitoria de las prestaciones de estos equipos. En particular, se exige que las calderas de más de 400 kW han de presentar rendimientos superiores a los exigidos en dicho RD. Naturalmente, se exceptúan las calderas que no utilizan combustibles fósiles.

La existencia de varias calderas en paralelo en una instalación supone unas exigencias explicitadas por el uso de dos o más generadores cuando la potencia térmica supera los 400 kW.

Cuando se consideran los generadores de frío en forma de agua a baja temperatura, las exigencias que se establecen estimulan a la aplicación de saltos de temperatura del agua lo más amplios posible con el fin de trabajar con caudales

de agua lo más bajos posibles para minimizar la energía de bombeo. La exigencia relativa al aislamiento limita las pérdidas térmicas por intercambio entre el agua en las tuberías o el aire en los conductos a un 4% de la potencia máxima transportada.

Para limitar las pérdidas energéticas en el transporte de aire de exigen unas caídas máximas de presión en los distintos componentes y uso valores máximos de la llamada potencia específica de los ventiladores.

Es interesante observar que en el RITE dentro de las exigencias de eficiencia energética se presta atención especial a los sistemas o equipos de recuperación de energía térmica. Especialmente, se considera importante la aplicación de sistemas de enfriamiento gratuito en sistemas de tratamiento de aire del tipo todo-aire. No se considera con igual atención el enfriamiento gratuito en sistemas agua-aire aplicado a los circuitos de torre de recuperación de agua o mediante baterías en serie con el evaporador de las plantas frigoríficas de enfriamiento de agua. Se reconocen, así, las limitaciones que plantea esta última aplicación.

Por otra parte, se exige la recuperación de energía térmica del aire expulsado para pasarla al aire de ventilación, objetivo que en muchos casos limita la posible aplicación de determinados equipos.

Optimización energética

El cumplimiento de las exigencias de eficiencia energética impuestas por el RITE constituye un mínimo para tener sistemas de climatización correctamente

diseñados del punto de vista energético.

Para una optimización de los recursos energéticos aplicados a un proceso de climatización hay que actuar sobre todos los sistemas que intervienen. A continuación se consideran diferentes actuaciones a aplicar tanto a los sistemas como a los equipos que configuran las instalaciones de climatización. Estas consideraciones pueden ser útiles tanto a nivel de proyecto como en las fases de ejecución, uso y mantenimiento.

a) Sistema edificio

- ▶ El valorar adecuadamente la importancia de la inercia térmica de los componentes de la envolvente del edificio ha de comportar una mejora en el comportamiento energético en régimen de refrigeración, independientemente del grado de aislamiento que se disponga.
- ▶ La protección solar de las aberturas o ventanas del edificio impide la entrada de la ra-

diación que constituye una parte muy importante de la carga de refrigeración.

- ▶ Un ahorro en el consumo energético puede obtenerse del uso de vidrios dobles en las ventanas o lucernarios.
- ▶ Un control escrupuloso del grado de hermeticidad de puertas y ventanas, y en general de los cerramientos del edificio, constituye una importante mejora en la calidad energética general.

b) Sistema de tratamiento de aire

- ▶ Estudiar la adecuada zonificación de los subsistemas de tratamiento de aire, importante tanto desde el punto de vista del confort como del punto de vista energético al permitir limitar las potencias máximas de los equipos de generación de frío y calor.
- ▶ Analizar cual de los distintos sistemas de tratamiento de aire que es posible aplicar al edificio es el más interesante del punto

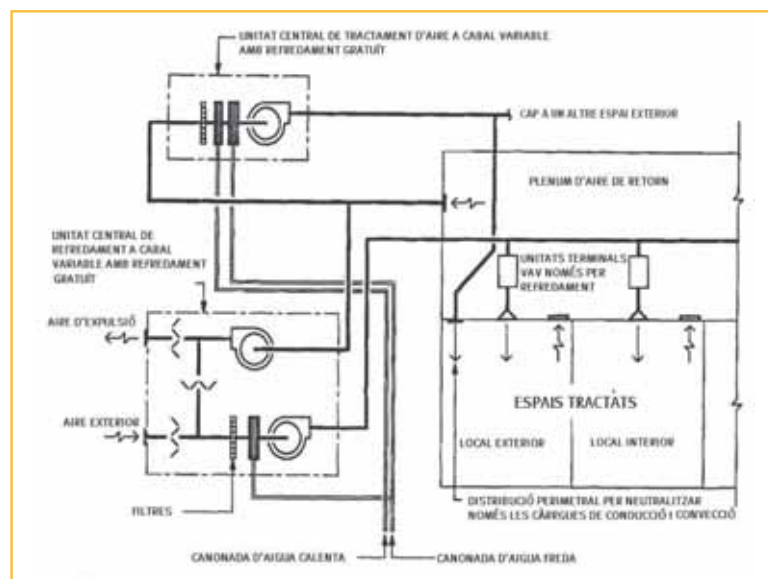


Figura 2. Esquema de sistema de doble conducción de aire de caudal variable.

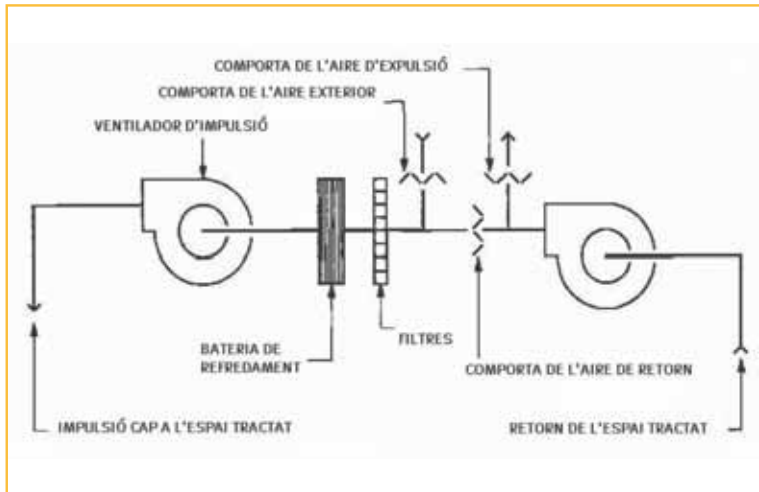


Figura 3. Enfriamiento gratuito: Ciclo de economía con ventilador de retorno.

de vista energético realizando un estudio del ciclo de vida del mismo. Por ejemplo, un sistema todo-aire de caudal variable puede resultar mejor que un sistema tradicionalmente más económico en inversión del tipo agua-aire, pero al que no es fácil aplicar el enfriamiento gratuito y requiere la aplicación de mayores recursos de mantenimiento con costes de reposición altos.

- ▶ Complementariamente hay que estudiar con interés los sistemas de control y regulación de las condiciones ambientales requeridas. Un buen sistema de control ha de permitir la optimización de la explotación de los sistemas de tratamiento de aire y en consecuencia su funcionamiento en óptimas condiciones de consumo energético.
- ▶ Estudiar la necesidad de utilizar el aire exterior para el enfriamiento gratuito en los sistemas todo-aire, bien sea controlando la temperatura seca, ya sea haciéndolo mediante el control sobre la entalpía del aire.

- ▶ El tratamiento térmico del aire exterior, siempre necesario, constituye una parte muy importante del consumo de energía. Así, para optimizar el uso de los recursos energéticos es de interés un control adecuado de los caudales de aire exterior realmente necesarios.

- ▶ Proceder durante el proceso de puesta en marcha de los sistemas a un correcto programa de equilibrado y ajuste de parámetros de las instalaciones. De esta forma no habrá exceso de caudales de agua o aire que puedan representar consumos no necesarios.

c) Sistema de generación de frío y calor

- ▶ Estudiar la aplicación de equipos de generación de frío con las más altas prestaciones energéticas posibles en el marco de un funcionamiento integrado en el tiempo.
- ▶ Analizar las necesidades de potencia a cargas parciales y en particular a las mínimas posibles. Esto ha de permitir la

selección de los equipos óptimos energéticamente para cubrir todas las necesidades de la instalación.

- ▶ Utilizar temperaturas del agua enfriada o del refrigerante utilizados lo más altas posibles en relación a las cargas a compensar. Ello ha de suponer un consumo energético optimizado.
- ▶ La compensación de la temperatura del agua caliente en las calderas de calefacción en función de la temperatura del aire exterior puede suponer un mejor ajuste de los consumos energéticos.

El mantenimiento de las instalaciones

Para cumplir con el objetivo primario el RITE reconoce la importancia del mantenimiento de las instalaciones de climatización. A este fin dedica una Instrucción Técnica a desarrollar las exigencias que debe cumplir el programa de mantenimiento que, según el propio reglamento, ha de formar parte del diseño de la instalación, de modo que se exige que en el proyecto o en la memoria técnica se incluya precisamente el desarrollo de la base del proyecto de mantenimiento incluyendo instrucciones de uso y funcionamiento.

Efectivamente, un buen programa de mantenimiento permite mantener la instalación en las condiciones en que se dejó al realizar la puesta en marcha al final de la ejecución. El conocimiento del programa de mantenimiento, que incluye la información de pruebas y puesta en marcha ha de permitir de tiempo en tiempo comprobar el buen estado de los equipos y componentes. ✘