

# Arquitectura y Ahorro de Energía

Javier del Río, Arquitecto UC, Grad Hons Dipl. (AA) UK.

La realidad energética no es sólo de este país, ni afecta a un grupo o actividad específica, sino que a todos.

Un tema que tiene importancia por:

1. Ahorro de energía y reducción de gastos
2. Contaminación y daños en el medioambiente

Antes se pensaba que la escasez de combustibles iba a llegar pronto y que debían producirse grandes cambios por ello; esto no ha sido así, hoy existe gran dependencia de la energía y sigue en aumento (por volumen de construcciones y mejoras en el estándar de vida). La energía fósil ha subido de costo, pero no ha desaparecido. Lo que sí ha ocurrido es un gran daño en el medioambiente. Esto está llevando, de acuerdo a cada país o región, a emprender diversas estrategias políticas-económicas para frenar y revertir esta tendencia dañina (cambio de combustibles, restricciones, normas, multas, eficiencias, reciclajes, información y educación al tema, cambios de hábitos, campañas de salud, etc.)

Esto a su vez ha llevado a redefinir el rol de las edificaciones con relación al gasto energético. Antiguamente las construcciones eran pensadas para solucionar varios aspectos, entre ellos: la protección contra el clima, la seguridad, lugar de encuentros, albergar un determinado uso, entre otros. Hoy en cambio, en general, las edificaciones son un resultado de aspectos comerciales, inmobiliario, modas, etc., pero no están concebidas para el ahorro de energía (por el contrario se consume más). Comúnmente hoy en día se piensa que el ahorro de energía de climatización conlleva a una calidad ambiental interior inferior y por otro lado que un buen nivel interior de agrado se logra con sofisticada tecnología y con un alto consumo.

Ambas posturas no son ciertas si se manejan o aprovechan en la concepción de la edificación, las condiciones naturales exteriores haciéndolas interactuar con el diseño arquitectónico.

El alto gasto energético de climatización (para enfriar o calefaccionar) se debe a:

- Malos niveles de aislación y/o protección solar.
- Baja eficiencia de los sistemas.
- Mala administración de la edificación en términos energéticos.
- Malos hábitos de uso interior.
- Mal aprovechamiento o manejo del clima exterior.
- Ventilación no controlada o no generada.
- Falta de normas de ahorro y fiscalización de éstas.
- Falta de conciencia y preparación de los proyectistas.

Por otro lado, las medidas de ahorro energético no son del todo aceptadas o entendidas por:

- Falta de conocimiento de la gravedad y complejidad del problema ambiental.
- Poco conocimiento de alternativas, se repiten patrones tradicionales o convencionales.
- Baja credibilidad de que las soluciones o posibilidades puedan ser simples y que a su vez puedan competir con sofisticados sistemas de climatización.
- El factor comercial aún no es del todo claro; el que una edificación ahorre energía no se entiende del todo ventajoso para adquirirla. A pesar que el usuario una vez adentro hará todos los esfuerzos en reducir gastos en una construcción común.
- Falta de incentivos; rebajas en impuestos, préstamos más convenientes, ciertas licencias en la normativa de edificaciones, etc.
- En general se piensa que son costosas al construir, lo que podría ser, pero no se entiende que esto aún así se recupera en el tiempo.
- La calidad del diseño de algunos casos, que conllevan al ahorro energético es cuestionado por lo extraño, sofisticado y descontextualizado; esto ha alejado a muchos de esta posibilidad.
- Por otro lado se entienden las herramientas que captan o protegen del sol como elementos que perjudican el diseño. Esto no es así, según lo que se puede apreciar de la experiencia de países más avanzados y que por el contrario este enfoque permite innovar en los diseños; esta opción se ha convertido en atractiva área de exploración con la Arquitectura Sustentable.

### **Ventajas de una arquitectura energéticamente eficiente:**

Menos empleo de energías fósiles, menos contaminación, menor impacto ambiental, mejores niveles de salud, reducción de dependencia de energías convencionales, confort interior natural, mayor duración de los materiales reducción de gastos.

Las acciones a seguir para el ahorro energético:

- Mejorar eficiencia de equipos de climatización.
- Cambio a combustible no contaminantes.
- Creación de normas e incentivos.
- Empleo de herramientas de ahorro y protección integradas a la edificación.
- Conocimiento de la relación entre medioambiente y edificación.
- Emplear materiales constructivos de bajo gasto energético para su producción.

## **La Envolvente y la Protección Solar**

**Javier del Río, Arquitecto UC – Grad Hons Dipl. (AA) UK.**

En muchos lugares de Chile, y sobre todo en verano, la sombra es un lujo. Hasta los años 20 los vanos ocupaban menos de la cuarta parte de las fachadas y estaban protegidas por diversos filtros que controlaban las relaciones con el exterior. El diseño de las ventanas era toda una ciencia; los sistemas de protecciones y marcos de ventanas estaban muy bien proyectados. En la actualidad existe un afán de proyectar grandes vidrieras, convirtiéndose en una obsesión por la transparencia.

Mucho de esto se debe a que los arquitectos tratan de regir la difícil composición de una fachada con macizos y ventanas. Por otra parte se debe a que la técnica constructiva ha ido evolucionando (a sistemas más rápidos y económicos de construir básicamente). Se ha pasado de algo muy denso y opaco a algo muy liviano y transparente. Antes el sol, los cambios de temperaturas, la luz natural, no eran problemas, en cambio ahora lo son por esta transparencia sin control.

Por último, otro factor de esta afición por los grandes paños vidriados se debe a que en general los diseñadores han tomado para sus proyectos, conceptos de otros lugares climáticos (en general de países fríos, en donde el sol se busca). Prácticamente se podría hablar que es una moda de otros países que se ha ido instalando, una presión simbólica del muro cortina que habla de una realidad distinta a la nuestra. En estos edificios, sus instalaciones de climatización difícilmente pueden competir con el sol, se la usa indiscriminadamente. Éstos además son costosos de operar, implementar y mantener (por otra parte éstas fallan y contaminan).

La responsabilidad del arquitecto es mayor ya que la imprevisión es siempre difícil de corregir, a veces imposible y siempre cara. Muchas edificaciones han sufrido las adiciones forzadas de implementos que corrigen el asoleamiento excesivo, sin lograrse armonía con el proyecto original.

El problema no está tan sólo en el tamaño de los vanos, sino que además en los excesivos aportes solares y de luz. Una mala o poca previsión ante los rayos solares pueden hacer de la edificación muy inhóspita o costosa de climatizar en donde ya casi es imposible corregir las fachadas. La responsabilidad del arquitecto es mayor en estos días, debido básicamente a los altos costos energéticos de climatización.

Los vanos pueden ser mucho más grandes gracias a las nuevas posibilidades ofrecidas por las nuevas técnicas, pero ese incremento del tamaño no se puede hacer sin mayor estudio de sus consecuencias para el confort interior. De allí la importancia de proveer una sombra estudiada.

Los vidrios no se pueden considerar protectores solares puesto que entre lo absorbido y transmitido llegan a 90% del total de la radiación solar, a menos que se tiñan o superpongan filtros especiales de costosa tecnología y que a su vez no dejan ver naturalmente el exterior y oscurecen el interior. La gama de posibilidades de este tipo es muy variada pero para conseguir protecciones térmicas significativas se debe en general renunciar a la transparencia.

Los vidrios espejo, por otro lado, aparte de ofrecer los problemas mencionados, otorgan serios problemas de reflexiones o deslumbramientos a las edificaciones vecinas y que además entregan imágenes de una arquitectura fría e impersonal. Por ello es más razonable idear una protección solar en la envolvente que frene el calor que además deje entrar la luz y permita ver el exterior.

Pareciera que la relación de luz y filtro de calor ya no se puede mejorar sustancialmente. Sólo la adición de films de baja emisividad puede mejorar ligeramente el comportamiento de estos vidrios al limitar la irradiación hacia el exterior del edificio. No parece pues que el vidrio ofrezca grandes soluciones sin considerar el edificio a un invierno prolongado con escasez de luz sin opciones a la captación solar.

Bienvenidas sean las grandes superficies vidriadas, si su incorporación a la arquitectura no se hace en beneficio de la calidad de la iluminación interior y del confort térmico. Por otra parte, no es razonable proyectar estas grandes superficies de vidrio olvidando los aportes solares o suponiendo que será posible compensarlos con sistemas reguladores climáticos.

La protección frente a los rayos solares para evitar el exceso de calor tiene tres limitaciones:

- Los deseables aportes solares en épocas frías.
- La visión directa y nítida al exterior.
- Un nivel adecuado de iluminación interior.

El objetivo de la protección solar es limitar los efectos de la radiación infrarroja pero sin dejar a oscuras el interior, o sea impedir el paso de la radiación visible.

Por todo ello se debe considerar preferibles las soluciones de protección solar diseñadas especialmente y de acuerdo a la arquitectura del edificio, en vez de optar por vidrios especiales.

## **2. EL SOL Y LA ARQUITECTURA**

Para protegernos del sol hay que conocer perfectamente su recorrido y ser capaces de determinar su situación en cada momento del año, el movimiento del sol con respecto a un lugar depende de la latitud.

La energía aportada por la radiación solar es muy diferente según la orientación del vano y la época del año. En fachada norte en Santiago por ejemplo, se recibe más radiación en invierno que en verano, dado el ángulo de incidencia.

### **Temas a tratar:**

- Tipos de radiaciones (UV e IR).
- Efecto en materias (masa, aislaciones, transparentes).
- Radiación difusa y directa.
- Datos de radiación solar.
- Gráficos de recorrido y geometría solar.
- Estudio de casos.

## **3. TENDENCIAS DE PROTECCIONES CONTRA EL SOL**

Las posibilidades de protecciones interiores y exteriores entre vidrios, doble piel y otros, están dando un nuevo tipo de arquitectura que es Los edificios ecológicos en los que el diseño arquitectónico intenta minimizar el consumo energético y aprovechar en todo lo posible las condiciones naturales logrando fachadas inteligentes. La envolvente

del edificio puede llegar a ser una sofisticada herramienta que permite el control de las radiaciones, convirtiéndose en una “fachada inteligente”. Dentro de las posibilidades arquitectónicas de este concepto aparece el concepto de la doble piel, un espacio entre el edificio propiamente tal y la envolvente exterior, produciéndose en ese espacio un microclima protector pero también capaz de parar y canalizar hacia el exterior la energía solar cuando sea necesaria.

Algunas obras tienen esa cámara protectora climatizada como una envolvente general del edificio. Si estos espacios están comunicados entre piso y piso, el movimiento por convección de todo ese aire caliente se puede llegar a controlar, la energía acumulada se evacúa al exterior en verano y hacia el interior en invierno.

Las alternativas en desarrollo en el campo de vidrios especiales son muy amplias como también lo son el insertar en el interior del vidrio diversos productos desde finísimas persianas, mallas a films, películas fotográficas de alta resolución y sistemas holográficos difractivos. Además de capas termo trópicas (capas que alteran sus propiedades con los cambios de temperatura), capas electrocrónicas (cambian de color con el movimiento de iones, aplicación de voltaje), capas de cristal líquido (cuyas moléculas se ordenan en función de los campos eléctricos creados). Todas estas son muy costosas y muchas están en etapas de estudio.

#### **4. REFLEXIONES FINALES**

Como ya se señaló, existen dos posibilidades de protegerse del sol. Una mediante vidrios especiales que llevan a edificios impersonales con muchos reflejos al exterior y gasto energético y la segunda, la provisión de sistemas protectores integrados a la arquitectura que llevan a un mayor ingenio arquitectónico y a una ciudad más amable y más identidad con el lugar.

##### **Para determinar la protección solar**

Para comprender las diferentes posiciones del sol en un lugar determinado, es necesario contar con un gráfico de proyección de sus recorridos a lo largo de todo el año.

Existen básicamente dos tipos de gratificación: el de Proyección Vertical y el de Proyección Horizontal. Este último es el más conocido y aceptado. Aparte de estos existen numerosos sistemas computacionales que determinan las sombras pero aunque de fácil uso, son un tanto impersonales y muestrean sólo el resultado sin mostrar el proceso que es en definitiva lo que va configurando el diseño de la protección. Para comprender cómo operan, hay que tener claro que el aparente movimiento del sol a través del cielo es el resultado de la rotación terrestre sobre su propio eje cada 24 horas.

El cambio en el recorrido de cada día es el resultado de la rotación de la tierra alrededor del sol aproximadamente cada 365 días. Esto se repite para todos los años de la misma manera. Es así que desde la antigüedad ya esto se conocía, traduciéndose en sofisticados relojes y calendarios solares.

Es así como el caso de Stonehenge en Inglaterra se puede apreciar que los rayos del sol llegan al centro, pasando antes por un espacio entre columnas de piedra al amanecer del solsticio de verano.

La órbita que hace la tierra alrededor del sol es ligeramente elíptica y el eje de nuestro planeta está inclinado con respecto al plano que pasa entre el sol y el ecuador en  $23,5^\circ$  aproximadamente. Esta inclinación produce los cambios de radiación, la duración del día y las estaciones, si no fuese por ésta (si fuese un ángulo recto con respecto al sol) todo el año sería igual. Es así que para cada latitud (líneas imaginarias que indican distancia al ecuador) de la tierra existe una disposición del recorrido solar.

Para muchos propósitos de diseño, la posición del sol en un día y hora precisa, es de suma importancia para determinar la correcta protección solar.

## **Eficiencia energética de los edificios**

**Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de diciembre de 2002**

### **El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea**

Visto el Tratado constitutivo de la Comunidad Europea, y en particular el apartado

1 del artículo 175

Vista la propuesta de la Comisión (1)

Visto el dictamen del Comité Económico y Social (2)

Visto el dictamen del Comité de las Regiones (3)

De conformidad con el procedimiento establecido en el artículo 251 del Tratado (4)

### **Considerando lo siguiente:**

(1) El artículo 6 del Tratado prescribe que las exigencias de la protección del medio ambiente se integren en la definición y en la realización de las políticas y acciones de la Comunidad.

(2) Entre los recursos naturales, a cuya utilización prudente y racional hace referencia el artículo 174 del Tratado, se encuentran los productos petrolíferos, el gas natural y los combustibles sólidos, que son fuentes esenciales de energía pero también las principales fuentes de emisión de dióxido de carbono.

(3) El fomento de la eficiencia energética constituye una parte importante del conjunto de políticas y medidas necesarias para cumplir lo dispuesto en el Protocolo de Kioto, y debe estar presente en todas las medidas que se adopten con el fin de dar cumplimiento a nuevos compromisos.

(4) La gestión de la demanda de energía es un instrumento importante que permite a la Comunidad ejercer una influencia en el mercado mundial de la energía y, por ende, en la seguridad de abastecimiento a medio y largo plazo.

(5) En sus Conclusiones de 30 de mayo de 2000 y de 5 de diciembre de 2000, el Consejo dio su apoyo al plan de acción de la Comisión para mejorar la eficacia energética y pidió que se tomaran medidas específicas para el sector de los edificios.

(6) El sector de la vivienda y de los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, absorbe más del 40 % del consumo final de energía en la Comunidad y se encuentra en fase de expansión, tendencia que previsiblemente hará aumentar el consumo de energía y, por lo tanto, las emisiones de dióxido de carbono.

(7) La Directiva 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre de 1993, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE)(5), que exige a los Estados miembros instaurar y aplicar programas de rendimiento energético en el sector de los edificios e informar sobre su aplicación, comienza ahora a arrojar importantes efectos positivos. Sin embargo, se necesita un instrumento jurídico complementario que instaure acciones más concretas con el fin de aprovechar el gran potencial de ahorro de energía aún sin realizar y reducir las grandes diferencias que existen entre Estados miembros en este sector.

(8) La Directiva 89/106/CEE del Consejo, de 21 de diciembre de 1988, relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción(6), exige que las obras de construcción y las instalaciones de calefacción, refrigeración y ventilación sean diseñadas y realizadas de tal forma que la cantidad de energía necesaria para su utilización sea reducida, habida cuenta de las condiciones climáticas del lugar y los ocupantes.

(9) Las medidas para fomentar la mejora de la eficiencia energética de los edificios deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales, así como el entorno ambiental interior y la relación coste-eficacia. Dichas medidas no deben contravenir otros requisitos esenciales aplicables a los edificios, tales como la accesibilidad, la prudencia y la utilización a que se destine el edificio.

(10) La eficiencia energética de los edificios debe ser calculado con una metodología, que podrá ser diferente a escala regional, que comprenda no sólo el aislamiento térmico sino también otros factores que desempeñan un papel cada vez más importante, tales como las instalaciones de calefacción y aire acondicionado, la utilización de fuentes de energía renovables y el diseño del edificio. La aplicación de un enfoque común en este proceso, a través de especialistas cualificados o acreditados, cuya independencia debe garantizarse basándose en criterios objetivos, permitirá armonizar los esfuerzos realizados por los Estados miembros en el terreno del ahorro energético en el sector de la edificación y aumentará la transparencia respecto a la eficiencia energética en el mercado inmobiliario de la Comunidad en beneficio de potenciales propietarios y ocupantes.

(11) Es intención de la Comisión seguir desarrollando normas, como la norma EN 832 y el proyecto de norma prEN 13790, que incluya también a los sistemas de aire acondicionado y la iluminación.

(12) Los edificios tienen una gran incidencia en el consumo de energía a largo plazo, por lo que todos los edificios nuevos deberían cumplir unos requisitos mínimos de eficiencia energética adaptados a las condiciones climáticas locales. A este respecto, se deben orientar las buenas prácticas a un uso óptimo de los elementos relativos a la mejora de la eficiencia energética. Como en general no se aprovecha completamente el potencial que ofrece la utilización de fuentes de energía alternativas, debe considerarse la viabilidad técnica, medioambiental y económica de tales fuentes. Esto podrá realizarlo una vez el Estado miembro, por medio de un estudio que proporcione una lista de medidas de conservación de la energía, en condiciones normales del mercado local, que cumplan requisitos de relación coste-eficacia. Antes de que comience la construcción, podrán encargarse estudios específicos si la medida o medidas se consideran viables.

(13) Debe considerarse que las reformas importantes de los edificios existentes de unas ciertas dimensiones es una buena oportunidad de tomar medidas eficaces en relación con el coste para aumentar su rendimiento energético. Son reformas importantes, por ejemplo, los casos en que los costes totales de la renovación referentes al cerramiento exterior del edificio o a instalaciones energéticas tales como calefacción, suministro de agua caliente, aire acondicionado, ventilación e iluminación son superiores al 25 % del valor del edificio, excluyendo el valor del terreno en el que está construido, o cuando se renueva más del 25 % del cerramiento exterior del edificio.

(14) No obstante, la mejora de la eficiencia energética global de un edificio existente no significa necesariamente una renovación total del edificio sino que puede limitarse a aquellas partes que sean más importantes para la eficiencia energética del edificio y tengan una rentabilidad adecuada.

(15) Los requisitos de renovación para los edificios existentes no deben ser incompatibles con la función prevista, cualidad o carácter del edificio. Debe ser posible recuperar costes adicionales relacionados con dicha renovación en un plazo razonable respecto a la esperanza teórica de vida de la inversión por medio de mayores ahorros de energía

(16) El proceso de certificación podrá complementarse con programas que faciliten un acceso equitativo a la mejora de la eficiencia energética, basarse en acuerdos entre organizaciones de las partes interesadas y un organismo designado por los Estados miembros, o efectuarse por las empresas de suministro energético que estén de acuerdo en comprometerse para llevar a cabo las inversiones previstas. Los Estados miembros deben llevar a cabo la supervisión y el seguimiento de los planes adoptados, y facilitar la utilización de incentivos.

En la medida de lo posible, el certificado debe describir la situación real de la eficiencia energética del edificio y podrá ser revisado en consecuencia. Los edificios administrativos y los frecuentados habitualmente por el público deben servir de ejemplo a la hora de atender a factores medioambientales y energéticos y, en consecuencia, deben ser objeto periódicamente de certificación energética. Debe fomentarse la difusión entre el público de esta información sobre la eficiencia energética por medio de la exhibición de forma destacada de los citados certificados. Asimismo, el hecho de mostrar las temperaturas interiores oficialmente recomendadas, junto con la temperatura realmente registrada, debe desalentar la mala utilización de los sistemas de calefacción, aire acondicionado y ventilación. Ello debe contribuir a evitar el consumo innecesario de energía manteniendo unas condiciones ambientales interiores adecuadas (confort térmico), en función de la temperatura exterior.

(17) Los Estados también podrán recurrir a otros instrumentos o medidas no previstos en la presente Directiva para estimular una mayor eficiencia energética. Los Estados miembros deben alentar la buena gestión energética teniendo presente la intensidad de uso de los edificios.

(18) En los últimos años se ha observado un aumento del número de sistemas de aire acondicionado en los países europeos meridionales. Esto da lugar a problemas importantes en las horas de máxima sobrecarga, aumentando el coste de la electricidad y perturbando el balance energético de esos países. Debe darse prioridad a estrategias que mejoren el rendimiento térmico de los edificios durante el verano. Para ello debe propiciarse el desarrollo de técnicas de enfriamiento pasivo, fundamentalmente las que mejoran las condiciones ambientales interiores y el microclima alrededor de los edificios.

(19) Las operaciones de mantenimiento periódico de las calderas y sistemas de aire acondicionado a través de personal cualificado contribuyen a ajustarlos correctamente a las especificaciones del equipo, garantizando de ese modo un perfecto rendimiento desde el punto de vista medioambiental, energético y de seguridad. Es conveniente asimismo realizar una evaluación independiente de toda la instalación de calefacción cuando se estudie la posibilidad de llevar a cabo su sustitución, basada en consideraciones de rentabilidad económica.

(20) La facturación a los ocupantes de los edificios de los gastos de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, calculados en proporción al consumo real, podría contribuir al ahorro de energía en el sector de la vivienda. Los usuarios deben poder regular su propio consumo de calefacción y agua caliente sanitaria siempre que las disposiciones adoptadas a tal fin sean rentables.

(21) De acuerdo con los principios de subsidiariedad y proporcionalidad que figuran en el artículo 5 del Tratado, los principios generales que rijan los requisitos en materia de eficiencia energética y sus objetivos deben ser establecidos a nivel comunitario, pero la aplicación concreta debe correr a cargo de los Estados miembros, permitiéndose que cada uno elija el régimen que corresponde mejor a su situación particular. La presente Directiva se limita al mínimo necesario para lograr sus objetivos, sin trascender de lo estrictamente imprescindible a tal efecto.

(22) Es necesario atender a la posibilidad de adaptar rápidamente los métodos de cálculo y de que los Estados miembros revisen periódicamente los requisitos mínimos aplicables a la eficiencia energética de los edificios, a la vista del progreso técnico, en relación, entre otros aspectos, con las propiedades (o la calidad) aislantes de los materiales de construcción y de la futura evolución del proceso de normalización.

(23) Las medidas necesarias para la ejecución de la presente Directiva deben aprobarse con arreglo a la Decisión 1999/468/CE del Consejo, de 28 de junio de 1999, por la que se establecen los procedimientos para el ejercicio de las competencias de ejecución atribuidas a la Comisión (7).

## **HAN ADOPTADO LA PRESENTE DIRECTIVA:**

### **ARTÍCULO 1**

#### **Objetivo**

El objetivo de la presente Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Comunidad, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como los requisitos ambientales interiores y la relación coste-eficacia.

La presente Directiva establece requisitos en relación con:

a) el marco general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios;

b) la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios nuevos;

c) la aplicación de requisitos mínimos de eficiencia energética de grandes edificios existentes que sean objeto de reformas importantes;

d) la certificación energética de edificios,

e) la inspección periódica de calderas y sistemas de aire acondicionado de edificios y, además, la evaluación del estado de la instalación de calefacción con calderas de más de 15 años.

## **ARTÍCULO 2**

### **Definiciones**

A efectos de la presente Directiva se entenderá por:

1) edificio: una construcción techada con paredes en la que se emplea energía para acondicionar el clima interior; puede referirse a un edificio en su conjunto o a partes del mismo que hayan sido diseñadas o modificadas para ser utilizadas por separado.

2) eficiencia energética de un edificio: la cantidad de energía consumida realmente o que se estime necesaria para satisfacer las distintas necesidades asociadas a un uso estándar del edificio, que podrá incluir, entre otras cosas, la calefacción, el calentamiento del agua, la refrigeración, la ventilación y la iluminación. Dicha magnitud deberá quedar reflejada en uno o más indicadores cuantitativos calculados teniendo en cuenta el aislamiento, las características técnicas y de la instalación, el diseño y la orientación, en relación con los aspectos climáticos, la exposición solar y la influencia de construcciones próximas, la generación de energía propia y otros factores, incluidas las condiciones ambientales interiores, que influyan en la demanda de energía.

3) certificado de eficiencia energética de un edificio: un certificado reconocido por el Estado miembro, o por una persona jurídica designada por él, que incluye la eficiencia energética de un edificio calculada con arreglo a una metodología basada en el marco general figura en el anexo.

4) cogeneración (producción combinada de calor y electricidad): la conversión simultánea de combustibles primarios en energía mecánica o eléctrica y térmica, según determinados criterios de calidad de eficiencia energética.

5) sistema de aire acondicionado: la combinación de todos los elementos necesarios para proporcionar un tipo de tratamiento del aire en el que se controla o puede reducirse la temperatura, posiblemente en combinación con el control de la ventilación, la humedad y la pureza del aire.

6) caldera: la combinación de caldera y quemador diseñada para transmitir al agua el calor de la combustión.

7) potencia nominal efectiva (expresada en kW): la potencia calorífica máxima expresada y garantizada por el fabricante para obtenerse en régimen de funcionamiento continuo, respetando el rendimiento útil expresado por el fabricante.

8) bomba de calor: un dispositivo o instalación que extrae calor a baja temperatura del aire, del agua o de la tierra y lo transfiere al edificio.

## **ARTÍCULO 3**

### **Adopción de una metodología**

Los Estados miembros aplicarán, a escala nacional o regional, una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios, cuyo marco general se expone en el anexo. Las partes 1 y 2 de dicho marco se adaptarán a los avances técnicos con arreglo al procedimiento indicado en el apartado 2 del artículo 14, teniendo en cuenta las normas o regulaciones aplicadas en el Derecho interno de los Estados miembros. Dicha metodología se establecerá a escala nacional o regional. La eficiencia energética de un edificio se expresará de una forma clara y podrá incluir un indicador de emisiones de CO<sub>2</sub>.

## **ARTÍCULO 4**

### **Requisitos de eficiencia energética**

1. Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que se establezcan unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios, sobre la base de la metodología a que se refiere el artículo 3. Cuando establezcan los requisitos, los Estados miembros podrán distinguir entre edificios nuevos y edificios existentes, así como entre diferentes categorías de edificios. Estos requisitos deberán tener en cuenta las condiciones ambientales generales interiores, para evitar posibles efectos negativos, como una ventilación inadecuada, así como las particularidades locales, el uso a que se destine el edificio y su antigüedad. Estos requisitos serán revisados periódicamente en intervalos no superiores a 5 años y, en caso necesario, actualizados con el fin de adaptarlos a los avances técnicos del sector de la construcción.

2. Los requisitos de rendimiento energético se aplicarán con arreglo a lo dispuesto en los artículos 5 y 6.

3. Los Estados miembros podrán decidir no establecer o no aplicar los requisitos a que se hace referencia en el apartado 1 a las siguientes categorías de edificios:

- edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales requisitos pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.

- edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.

- construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años, instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales de baja demanda energética y edificios agrícolas no residenciales que estén siendo utilizados por un sector cubierto por un acuerdo nacional sectorial sobre eficiencia energética.

- edificios de viviendas que estén destinados a utilizarse durante menos de cuatro meses al año.

- edificios independientes con una superficie útil total inferior a 50 m2.

## **ARTÍCULO 5**

### **Edificios nuevos**

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que los edificios nuevos cumplan los requisitos mínimos de rendimiento energético mencionados en el artículo 4. En los edificios nuevos con una superficie útil total de más de 1000 m2, los Estados miembros velarán por que la viabilidad técnica, medioambiental y económica de sistemas alternativos como:

- sistemas descentralizados de producción de energía basados en energías renovables.
- cogeneración (producción combinada de calor y electricidad).
- calefacción o refrigeración central o urbana, cuando esta última esté disponible.
- bombas de calor en determinadas condiciones.

## **ARTÍCULO 6**

### **Edificios existentes**

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para garantizar que, cuando se efectúen reformas importantes en edificios con una superficie útil total superior a 1000 m2, se mejore su eficiencia energética para que cumplan unos requisitos mínimos siempre que ello sea técnica, funcional y económicamente viable. Los Estados miembros calcularán esos requisitos mínimos de acuerdo con los requisitos establecidos para los edificios en el artículo 4. Los requisitos podrán establecerse, bien para el conjunto del edificio reformado, o bien para los sistemas o componentes reformados cuando sean parte de una renovación que se lleva a cabo en un período de tiempo limitado, con el objetivo mencionado anteriormente de mejorar la eficiencia energética global del edificio.

## **ARTÍCULO 7**

### **Certificado de eficiencia energética**

1. Los Estados miembros velarán para que, cuando los edificios sean construidos, vendidos o alquilados, se ponga a disposición del propietario o, por parte del propietario, a disposición del posible comprador o inquilino, según corresponda, un certificado de eficiencia energética. La validez del certificado no excederá de 10 años.

Para las viviendas o para los locales destinados a uso independiente situados en un mismo edificio, la certificación podrá basarse:

- en una certificación única de todo el edificio, en el caso de aquellos edificios que dispongan de un sistema de calefacción centralizado.
- en la evaluación de una vivienda representativa del mismo edificio.

Los Estados miembros podrán excluir de la aplicación del presente apartado las categorías contempladas en el apartado 3 del artículo 4.

2. El certificado de eficiencia energética de un edificio deberá incluir valores de referencia tales como la normativa vigente y valoraciones comparativas, con el fin de que los consumidores puedan comparar y evaluar la eficiencia energética del edificio. El certificado deberá ir acompañado de recomendaciones para la mejora de la relación coste-eficacia de la eficiencia energética.

El objetivo de los certificados se limitará al suministro de información, y cualesquiera efectos de los mismos en acciones judiciales o de otro tipo se decidirán de conformidad con las normas nacionales.

3. Los Estados miembros tomarán medidas que garanticen que en los edificios con una superficie útil total superior a 1000 m<sup>2</sup> ocupados por autoridades públicas o instituciones que presten servicios públicos a un número importante de personas y que, por consiguiente, sean frecuentados habitualmente por ellas, se exhiba, en lugar destacado y claramente visible por el público, un certificado energético de antigüedad no superior a 10 años.

También podrán exhibirse claramente la gama de temperaturas interiores recomendadas y las registradas en cada momento y, en su caso, otros factores climáticos pertinentes.

## **ARTÍCULO 8**

### **Inspección de las calderas**

Con vistas a la reducción del consumo de energía y a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono, los Estados miembros deberán bien:

a) tomar las medidas necesarias para establecer una inspección periódica de las calderas que utilicen combustibles no renovables líquidos o sólidos y tengan una potencia nominal efectiva comprendida entre 20 y 100 kW. Dicha inspección también podrá aplicarse a calderas que utilicen otros combustibles.

Las calderas con una potencia nominal efectiva de más de 100 kW se inspeccionarán al menos cada dos años. Para las calderas de gas, este período podrá ampliarse a cuatro años.

Para calefacciones con calderas de una potencia nominal efectiva de más de 20 kW y con más de 15 años de antigüedad, los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para establecer una única inspección de todo el sistema de calefacción. A partir de esta inspección, que deberá incluir una evaluación del rendimiento de la caldera y de su capacidad comparada con la demanda de calefacción del edificio, los expertos asesorarán a los usuarios sobre la sustitución de la caldera, sobre otras modificaciones del sistema de calefacción y sobre soluciones alternativas.

b) tomar las medidas necesarias para garantizar que se asesore a los usuarios sobre la sustitución de la caldera, otras modificaciones del sistema de calefacción y soluciones alternativas que podrán incluir inspecciones para valorar el rendimiento y capacidad adecuados de la caldera. El efecto global de esta solución que deberá ser aproximadamente equivalente al que se derive de lo dispuesto en la letra a). Los Estados miembros que elijan esta opción deberán presentar a la Comisión cada dos años un informe sobre la equivalencia de su enfoque.

## **ARTÍCULO 9**

### **Inspección de los sistemas de aire acondicionado**

En relación con la reducción del consumo de energía y la limitación de las emisiones de dióxido de carbono, los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para la realización de una inspección periódica de los sistemas de aire acondicionado con una potencia nominal efectiva superior a 12 kW.

La inspección incluirá una evaluación del rendimiento del aire acondicionado y de su capacidad comparada con la demanda de refrigeración del edificio. Se asesorará debidamente a los usuarios sobre la sustitución del sistema de aire acondicionado, las mejoras que se puedan aportar o sobre soluciones alternativas.

## **ARTÍCULO 10**

### **Certificadores e inspectores independientes**

Los Estados miembros velarán por que la certificación energética de los edificios y la redacción de las correspondientes recomendaciones, así como la inspección de las calderas y de los sistemas de aire acondicionado se realicen de manera independiente por técnicos cualificados o acreditados, tanto si actúan de forma autónoma como si están contratados por entidades públicas o empresas privadas.

## **ARTÍCULO 11**

### **Evaluación**

La Comisión, con la asistencia del Comité establecido por el artículo 14, evaluará la presente Directiva a la luz de la experiencia adquirida durante su aplicación y, si procede, hará propuestas, entre otras cosas con respecto a lo siguiente:

a) posibles medidas complementarias relativas a las reformas en los edificios con una superficie útil total inferior a 1000 m<sup>2</sup>;

b) incentivos de carácter general para nuevas medidas de eficiencia energética de los edificios.

## **ARTÍCULO 12**

### **Información**

Los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para informar a los ocupantes de los edificios sobre los distintos métodos y prácticas que contribuyan a la mejora de la eficiencia energética. Si los Estados miembros lo solicitan, la Comisión les asistirá para la realización de campañas de información, que podrán ser objeto de programas comunitarios.

## **ARTÍCULO 13**

### **Adaptación del marco**

Las partes 1 y 2 del anexo se revisarán en intervalos regulares, que no serán inferiores a dos años. Toda modificación necesaria para adaptar las partes 1 y 2 del anexo al progreso técnico se efectuará de acuerdo con el procedimiento expuesto en el apartado 2 del artículo 14.

## **ARTÍCULO 14**

### **Comité**

1. La Comisión estará asistida por un Comité.

2. En los casos en que se haga referencia al presente apartado, serán de aplicación los artículos 5 y 7 de la Decisión 1999/468/CE, observando lo dispuesto en su artículo 8.

El plazo contemplado en el apartado 6 del artículo 5 de la Decisión 1999/468/CE queda fijado en tres meses.

3. El Comité aprobará su reglamento interno.

## **ARTÍCULO 15**

### **Transposición**

1. Los Estados miembros pondrán en vigor las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas necesarias para dar cumplimiento a lo establecido en la presente Directiva a más tardar el 4 de enero de 2006. Informarán inmediatamente de ello a la Comisión.

Cuando los Estados miembros adopten dichas disposiciones, éstas incluirán una referencia a la presente Directiva o irán acompañadas de dicha referencia en su publicación oficial. Los Estados miembros establecerán las modalidades de la mencionada referencia.

2. Debido a la escasez de especialistas cualificados o acreditados, los Estados miembros podrán disponer de un período adicional de tres años para aplicar plenamente las disposiciones de los artículos 7, 8 y 9. Cuando hagan uso de esta opción, los Estados miembros lo notificarán a la Comisión, facilitando la correspondiente justificación junto con un calendario relativo a la aplicación ulterior de la presente Directiva.

## **ARTÍCULO 16**

### **Entrada en vigor**

La presente Directiva entrará en vigor el día de su publicación en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas.

## **ARTÍCULO 17**

### **Destinatarios**

Los destinatarios de la presente Directiva serán los Estados miembros.

Hecho en Bruselas, el 16 de diciembre de 2002.

Por el Parlamento Europeo, El Presidente, P. Cox

Por el Consejo, La Presidenta, M. Fischer Boel

(1) DO C 213 E de 31.7.2001, p. 266 y DO C 203 E de 27.8.2002, p. 69.

(2) DO C 36 de 8.2.2002, p. 20.

(3) DO C 107 de 3.5.2002, p. 76.

(4) Dictamen del Parlamento Europeo, de 6 de febrero de 2002 (no publicado en el Diario Oficial); Posición común del Consejo, de 7 de junio de 2002 (DO C 197 E de 20.8.2002, p. 6) y decisión del Parlamento Europeo, de 10 de octubre de 2002 (no publicada aún en el Diario Oficial).

(5) DO L 237 de 22.9.1993, p. 28.

(6) DO L 40 de 11.2.1989, p. 12; Directiva modificada por la Directiva 93/68/CEE (DO L 220 de 30.8.1993, p. 1).

(7) DO L 184 de 17.7.1999, p. 23.

## **ANEXO**

Marco general en el que deberá inscribirse el cálculo de la eficiencia energética de los edificios (artículo 3)

1. La metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios deberá integrar al menos los aspectos siguientes:

a) características térmicas del edificio (cerramientos exteriores e internos, etc.) Estas características podrán incluir asimismo la estanqueidad del aire.

b) instalación de calefacción y de agua caliente, y sus características de aislamiento.

c) instalación de aire acondicionado.

d) ventilación.

e) instalación de iluminación artificial (especialmente en la parte no residencial).

f) disposición y orientación de los edificios, incluidas las condiciones climáticas exteriores.

g) sistemas solares pasivos y protección solar.

h) ventilación natural.

i) las condiciones ambientales interiores, incluidas las condiciones ambientales interiores proyectadas.

2. En el cálculo se tendrá en cuenta la incidencia positiva de los siguientes aspectos, cuando resulten pertinentes:

a) sistemas solares activos u otros sistemas de calefacción o producción de electricidad basados en fuentes de energía renovables.

b) electricidad producida por cogeneración.

c) sistemas de calefacción y refrigeración central o urbana.

d) iluminación natural.

3. A efectos de este cálculo, los edificios deberían clasificarse adecuadamente en categorías como las siguientes:

a) viviendas unifamiliares de distintos tipos.

b) edificios de viviendas.

c) oficinas.

d) edificios de centros de enseñanza.

e) hospitales.

f) hoteles y restaurantes.

g) instalaciones deportivas.

h) edificios comerciales destinados a la venta al por mayor o al por menor.

i) otros tipos de edificios que consuman energía.

# Costes de inversión y explotación en la climatización de edificios

Juan Manuel Rodríguez González- jmrodriguez@trox.es Ingeniero de Trox Española S.A. Departamento Técnico y Sistemas.  
Polígono Industrial La Cartuja - Ctra - Castellón Km7 - E-50720 Zaragoza

El objeto de este documento no es otro que el de orientar al profesional del clima sobre los costes, con que las instalaciones de climatización gravan la inversión y explotación de un edificio. Dependiendo del sistema de climatización elegido se obtendrán diferentes resultados.

Proyecto 1. Inversión y explotación. Podemos resumir diciendo que: Las instalaciones con FC son las más caras a lo largo de 30 años de vida útil. El precio de las instalaciones con FC se incrementa mucho por la necesidad de reemplazar equipos, ventiladores, etc., en la mitad de la vida útil considerada (a los 15 años).

Con TR y IND el espacio necesario para instalaciones se reduce al mínimo ya que la UTA y los conductos se calculan para el aire de ventilación.

Proyecto 2. Coste energético e impacto ambiental. La reducción de la superficie acristalada de un edificio de 90% a 40% supone reducir el coste anual de energía en un 12%. La reducción del coste energético con vigas fría frente a fan coil es del 22%.

La directiva anticipa la existencia de las etiquetas de la energía, requerimiento legal para establecer las ventas o nuevos contratos de arrendamiento.

## INTRODUCCIÓN

El objeto de este documento no es otro que el de orientar a los profesionales del clima sobre los costes, con que las instalaciones de climatización gravan la inversión y explotación de un edificio.

Debido a la convivencia en el Mercado de numerosos sistemas o soluciones técnicas para llegar a un mismo fin (obtener un efectivo, eficiente y adecuado clima interior), y debido a que dependiendo del sistema de climatización elegido se obtendrán diferentes resultados, es obligado evaluar los sistemas más importantes y habituales que encontramos en nuestras instalaciones. Sobre estos sistemas se han efectuado precisos y elaborados estudios de los que extraeremos los datos y resultados más significativos.

Para que el resultado sea lo más generalizado y objetivo posible, el documento se dividirá en dos grandes proyectos:

Proyecto 1: Que se divide a su vez en cuatro de donde se obtendrán los costes de Inversión (material y mano de obra en instalaciones) y explotación (coste energético, de agua y mantenimiento) adecuadamente capitalizados.

Proyecto 2: Donde analizaremos el coste energético y evaluaremos el impacto sobre el medio ambiente cuantificando las emisiones de carbono en dos de las instalaciones tipo más importantes.

## **PROYECTO 1. INVERSIÓN Y EXPLOTACIÓN**

### 1. Generalidades

En este bloque se compara desde un punto de vista de inversión y explotación el comportamiento de las instalaciones de acondicionamiento de aire en un edificio de oficinas.

Las instalaciones a considerar son las siguientes:

TR: sistema de techo radiante con sistema periférico de caudal constante.

IND: sistema de inductores de techo a cuatro tubos.

CV+PER: sistema de caudal variable con sistema periférico de caudal constante.

FC: sistema de ventiloconvectores de techo a cuatro tubos.

El edificio se situará en tres ciudades, con el fin de comparar el consumo energético en diferentes zonas climáticas. Las localidades elegidas han sido las siguientes:

Barcelona BAR Madrid MAD Sevilla SEV

Con el fin de simplificar los cálculos se elige un edificio con cinco plantas iguales, de 1.650 m<sup>2</sup> de superficie neta acondicionada.

Exteriores

Condiciones termo higrométricas de verano (nivel percentil estacional 1%)

Interiores

Las cargas térmicas debidas a las personas y su grado de vestimenta se tomarán de acuerdo a esta tabla:

La humedad relativa se mantendrá entre los límites del 40 al 60%, de acuerdo a ITE 02.2, Tabla 1.

Además, el mantenimiento de criterios de bienestar fuera de la zona ocupada conduce a despilfarro de energía en casi todas las circunstancias. La medición de los parámetros que definen la calidad del ambiente térmico y de pureza del aire deben efectuarse, dentro de la zona ocupada arriba definida, a alturas sobre el suelo de 1.7 y 1.1 con límite superior de zona ocupada a 2 m.

La velocidad del aire en la zona ocupada durante el régimen de refrigeración será inferior a 0,20 m/s; en invierno la velocidad máxima en esta zona será de 0,18 m/s.

En cuanto se refiere a los niveles sonoros, el RITE establece, en ITE 02.2.3, Tabla 3, para locales de oficinas un valor máximo del nivel sonoro de 45 dB(A).

El caudal mínimo de aire de ventilación para locales de oficinas está fijado en la norma UNE 100.011 en 10 L/s por persona (véase ITE 02.2.2), que se juzga escaso, por lo que se opta por 15 L/s por persona. A pesar de no estar exigido por el RITE (ITE 02.4.7), el aire exterior mínimo se someterá a un proceso de recuperación de calor mediante recuperador dinámico con una eficiencia mínima en calor sensible sobre el aire exterior próxima al 60%.

El sistema VAV estará dotado de un recuperador dinámico de calor sensible, dimensionado con una eficiencia mínima en calor sensible próxima al 70%.

Los locales accesorios, como el rellano inferior de la escalera, el vestíbulo, el hall de ascensores y los aseos, serán tratados mediante suelo radiante alimentado por agua 45°C. Este subsistema estará dimensionado para mantener 18°C en las condiciones extremas de diseño.

No será considerado en el estudio comparativo, por ser común a todas las soluciones.

### **3. Características de explotación**

La ocupación total resulta de 32 personas por planta (160 en total). Para los equipos de oficinas se ha considerado una carga de 20 W/m<sup>2</sup>, correspondiente a un ordenador por cada puesto de trabajo. Para el alumbrado se ha considerado el número de luminarias y punto de luz marcados en los planos de arquitectura, que corresponden a una potencia de 18 W/m<sup>2</sup>, incluida la reactancia.

La altura de falso techos es de 0,6 m y la altura neta de planta es de 2,8 m.

El tiempo total de funcionamiento de las instalaciones es de 3.780 horas anuales, incluido el período de arranque.

Cada planta tendrá siete despachos; cada uno de ellos se trata como una zona.

La zona central diáfana de cada planta se divide en ocho zonas.

Por tanto, se diseñan 15 zonas por cada planta y 75 por el edificio.

El agua refrigerada será producida por una planta enfriadora aire-agua situada en cubierta.

#### **4. Consideraciones sobre los diferentes sistemas**

**Sistema de techo radiante con sistema periférico de caudal constante TR**

El sistema está constituido por paneles de techo recorrido por agua refrigerada a 16°C, preparada a través de un intercambiador de calor, y está complementado por un subsistema de aportación de aire exterior con recuperador de calor de tipo dinámico. Los paneles radiantes suministran una potencia frigorífica sensible de 83 W/m<sup>2</sup>. El subsistema periférico de caudal constante combate las pérdidas o ganancias de calor de los paramentos exteriores. La carga debida a la radiación solar está a cargo del sistema de paneles radiantes.

Los paneles se emplean también para el arranque durante el invierno, enviando agua a 35°C. Para reducir el período de enfriamiento del agua de los paneles, se empleará aire exterior que enfría el agua a través de una batería. Esta batería servirá también para enfriar el agua de forma gratuita durante el régimen de ocupación.

#### **Sistema de inductores de techo a cuatro tubos IND**

El sistema está constituido por inductores de techo de dos baterías, alimentadas por agua refrigerada a 15°C, preparada a través de un intercambiador de calor, y caliente a 60°C, preparada por mezcla con una válvula de tres vías. El aire primario procede de una UTA que suministra también el aire mínimo de ventilación. La UTA está dotada de recuperador de calor dinámico.

Una batería enfriará el agua gratuitamente durante las medias estaciones y la estación invernal. Las prestaciones de cada modelo de inductor son las siguientes:

#### **Sistema de caudal variable con sistema periférico de caudal constante CV+PER**

La UTA está dotada de recuperador dinámico y funciona siempre a todo aire exterior. Este sistema se ha diseñado con cajas en cada planta que mantienen constante la presión aguas abajo. Al colector puesto en la salida de las cajas (una por cada planta) se conectan los reguladores de caudal variable de cada zona. El subsistema periférico de caudal constante y temperatura variable tiene dos baterías de poscalentamiento en

cada planta, alimentadas por agua caliente por medio de una válvula de tres vías. El retorno se hace a través de una caja por cada planta, que actúa en consonancia con la respectiva caja de impulsión.

### **Sistema de ventiloconvectores de techo a cuatro tubos FC**

Este sistema está dotado de ventiloconvectores de techo tipo “cassette” de dos baterías. Tanto el agua refrigerada como el agua caliente se preparan por medio de válvulas de tres vías. El aire mínimo de ventilación se prepara a través de una UTA dotada de recuperador de calor dinámico.

### **5. Control**

TR: techo radiante con sistema periférico de caudal constante.

La temperatura del aire tratado se hará variar como se indica en el siguiente gráfico. Durante los períodos de arranque el sistema periférico es insuficiente para suministrar la potencia calorífica necesaria; en consecuencia, el techo radiante se alimentará con agua a 35°C.

Cuando se alcance la temperatura de régimen, el agua de los paneles radiantes se enfriará mediante una batería puesta en serie con el intercambiador agua-agua alimentado por la planta enfriadora.

La batería enfriará de forma gratuita el agua de los paneles, total o parcialmente, hasta tanto la temperatura exterior sea menor que 16°C.

La temperatura del aire primario tratado en la UTA, se variará según esquema. Durante los períodos de arranque, sin embargo, la temperatura del aire será la máxima que pueda suministrar la batería de calentamiento o la mínima que pueda suministrar la batería de refrigeración y deshumectación, según sea la demanda de los locales de calor o frío respectivamente. Las temperaturas del agua a las dos baterías de los inductores se mantendrán constantes a los siguientes valores: Batería de calor: 60°C y frío: 16°C. La temperatura de las zonas se controlará mediante una sonda de temperatura de ambiente que, a través de un controlador, actuará en secuencia sobre las dos válvulas de tres vías que alimentan el grupo de inductores correspondiente a cada zona.

FC: sistema de ventiloconvectores

La temperatura del aire tratado en la UTA de aire exterior se hará variar como el indicado en el gráfico de inductores. Durante los períodos de arranque, sin embargo, la temperatura del aire será la máxima que pueda suministrar la batería de calentamiento de la UTA o la mínima que pueda suministrar la batería de refrigeración y deshumectación, según sea la demanda de los locales de calor o frío respectivamente.

Las temperaturas del agua a las dos baterías de los ventiloconvectores se mantendrán constantes a los siguientes valores:

Batería de calentamiento: 60°C

Batería de refrigeración: 9°C

Tanto el agua caliente como la refrigerada se prepararán mediante válvula mezcladora. La temperatura de las zonas se controlará mediante una sonda de temperatura de ambiente que, a través de un controlador, actuará en secuencia sobre las dos válvulas de tres vías que alimentan el ventiloconvector correspondiente a cada zona.

## **6. Lista de materiales y valoración económica**

La valoración económica ha sido efectuada sobre la base de los precios de los materiales, suministrados por los fabricantes, incluidos sistema de control y cuadros y líneas eléctricas así como la mano de obra de montaje, arranque y puesta a punto y de los gastos de transporte y medios auxiliares. Sobre los costos netos se ha practicado un aumento del 20% para gastos generales y beneficio industrial de la empresa instaladora.

## **8. Costos de operación Mantenimiento**

En el Capítulo 36 de 2003 Applications Handbook (página 36.5) se indica un costo de mantenimiento medio de

4,1 €/m<sup>2</sup>•año) para el año 1996. Este coste es para una instalación de acondicionamiento de aire centralizada, con sistema de caudal variable dotado de planta enfriadora centrífuga y caldera de tubos de humos. Considerando un índice de inflación del 3% anual en los últimos siete años, el costo básico del mantenimiento actualizado al año 2003 resulta de:

$$4,1 \text{ €/m}^2\text{•año) } \times (1 + 0,03)^7 = 5,0 \text{ €/m}^2\text{•año)$$

Adoptando los factores de corrección de la tabla 4, página 36.6, y ampliando juiciosamente su aplicación, los costos de mantenimiento para las seis instalaciones objeto de este estudio son los siguientes:

## **9. Análisis económico**

El análisis económico comparativo de las instalaciones se efectúa sobre la base de 30 años (vida útil n) y se lleva a cabo sumando, para cada instalación, el costo de inversión y los costos de explotación oportunamente capitalizados. El período de tiempo considerado es igual a la vida media útil de todas las instalaciones, excepto para los equipos de los sistemas FC, para los cuales se considera una vida útil igual a la mitad (véase ASHRAE 2003 Applications Handbook, capítulo 36 y prEN 13779:2003, Anexo B). Por tanto, con el fin de igualar el período de análisis, durante el año 15 se cambian las unidades interiores del sistema de ventiloconvectores.

Con el fin de simplificar, no se considerarán los costos de los seguros ni los gastos de administración. Por tanto, al valor actual de la moneda, el costo total de las instalaciones a lo largo de 30 años será igual a:

- el costo de inversión
- menos el valor residual
- más el costo capitalizado de la energía
- más el costo capitalizado de mantenimiento y manejo
- más el costo capitalizado de los materiales de repuesto
- más el costo capitalizado de las sustituciones del año 15.

Al total se deducen los impuestos. El costo de la mano de obra está incluido en los costos de instalaciones, mantenimiento, manejo y reposición de los materiales.

El siguiente gráfico muestra, por separado, los costos de inversión y los de explotación en 30 años de las instalaciones, sin considerar el valor residual y los impuestos.

## **10. Conclusiones**

1. El costo total va creciendo en el orden BAR, MAD y SEV, salvo en las instalaciones CV+PER, para las cuales Madrid toma clara ventaja por su clima caluroso y seco.
2. Las instalaciones TR e IND son las más económicas a lo largo de los 30 años de vida útil.
3. Las instalaciones FC son las más caras a lo largo de los 30 años de vida útil.

El costo de las instalaciones FC aumenta mucho por la necesaria reposición de los equipos a mitad de la vida útil considerada (15 años), como se ha comentado. Además, el sistema de control de las cuatro instalaciones TR, IND, CV+POS permite lograr unas condiciones termohigrométricas interiores netamente mejores que para sistemas FC. No se ha valorado el espacio ocupado por los diferentes sistemas. Es fácil comprender que, desde este punto de vista, las instalaciones a todo aire son las que más gravamen cargan sobre el edificio.

Tampoco se ha valorado el aspecto estético de cada sistema. Por ejemplo, las unidades terminales del techo radiante no crean ningún impacto estético. Por último, deben hacerse unas consideraciones sobre el tamaño del edificio considerado.

Al aumentar la superficie acondicionada, los costos de inversión y de explotación aumentan de manera diferente según el tipo de instalación. En concreto, para los costos de inversión debe indicarse que una parte del costo es proporcional a la

superficie y la otra parte, relacionada con los equipos centrales de producción de frío y calor y las unidades de tratamiento de aire, disminuye con la superficie.

Los costos de explotación, por el contrario, aumentan de forma proporcional a la superficie, salvo cuando se considere el consumo de energía, ya que el aumento de tamaño de los equipos debe conducir, generalmente, a un aumento del rendimiento instantáneo y medio estacional de los mismos.

No se han analizado los costes que los sistemas todo aire VAV,VAC provocan en la explotación por el hecho de necesitar grandes espacios para instalaciones (montantes, cuartos de máquinas y falsos techos). No obstante, es fácil evaluar el ahorro que comporta, en un edificio de estas características o de mayores dimensiones, eliminar la superficie que este tipo de instalaciones necesita por planta.

De forma generalizada, suponiendo que estos sistemas penalizan un 7% de la superficie, en un edificio de oficinas de 300 m<sup>2</sup> de planta, destinaremos a instalaciones 21 m<sup>2</sup>.

Esto supone que a lo largo de la vida del edificio, la explotación ha dejado de ingresar 21 m<sup>2</sup> de superficie útil por planta (oficinas en alquiler o mayor ocupación) durante 30 años.

Con los sistemas TR e Inductores los espacios necesarios para instalaciones se reducen al mínimo debido a que UTA y conductos se dimensionan solamente para el caudal de ventilación. Por este motivo, el comparativo en explotación se decanta todavía más favorablemente hacia los sistemas Techos fríos e Inductores.

## **PROYECTO 2. CONSUMO ENERGÉTICO Y EMISIONES A LA ATMÓSFERA**

Objetivo:

Estudio del Consumo Energético y las Emisiones de CO<sub>2</sub> para los sistemas de climatización con Fan-coil y Vigas frías en la explotación de edificios según el diseño de las fachas y potencias necesarias.

### **1. Legislación y tendencia.**

1.1 En respuesta a las directivas de la EU y el acuerdo de Kyoto, la Regulación de Edificios parte L2 introdujo una nueva filosofía para la conservación del combustible y el ahorro de energía.

La conformidad con la parte L2 puede resultar compleja y difícil de alcanzar. Por este motivo, se utiliza una herramienta que compara las diferentes estrategias de ahorro de energía y determina cual es el mejor sistema, en nuestro caso de climatización, para una emisión menor de carbono (ies). Con esta herramienta compararemos las emisiones de los dos sistemas vigas frías y fancoil. El estudio está basado en el método de análisis anual de emisiones de carbón y el de análisis del edificio CPR Inglés.

1.2 El diseño de las fachadas juega un papel primordial en el ahorro energético de edificios.

1.3 La futura legislación europea, directiva EU 2002/91/EC y el estudio de la Eficiencia energética en los Edificios, generará una nueva idea de calificación energética, el "etiquetado del edificio".

## **2. Comparativo**

El presente estudio está basado en:

1- Un edificio de oficinas de 10000 m<sup>2</sup>, formado por 7 pisos.

2- Dos escenarios:

a. 90% acristalado

b. 40% acristalado

3- Oficinas con una profundidad de 4.5 m sobre la zona perimetral y longitud de 6 m.

4- Un edificio que tiene el mismo % acristalado en todas las orientaciones.

5- Según la norma UNE 100.011, el aire de ventilación está fijado en 10 l/s por persona y según BCO inglés (Best Practice in the specification for offices) entre 2 y 12 l/s. No obstante como buena práctica, y para oficinas con buenos criterios de confort, se establecen ventilaciones de 15 l/s .

6- Basado en una ocupación de 1 persona /10 m<sup>2</sup> esto equivale a considerar 1.5 l/sm<sup>2</sup>

7- La demanda de potencia será de 125 w/m<sup>2</sup> para el caso de 90% de superficie acristalada.

Con estas condiciones, para el caso de vigas frías, el aire de ventilación en zonas perimetrales debería ser de 2.2 l/sm<sup>2</sup> para las zonas este, oeste y sur, que suponen un 33% de la superficie de la planta. Esto supone a considerar una media de 1.8 l/sm<sup>2</sup> en toda la superficie.

## **3. Método**

El modelo térmico fue basado en las referencias del CIBSE (The characted institution of building services engineers). T<sup>a</sup> mínima considerada de -4.5°C y máxima de 30.1°C.

El método de cálculo de las emisiones de carbono tiene presente el consumo anual de energía del sistema incluyendo la eficacia estacional de la planta de frío que es donde la elevada temperatura del agua en la entrada en las vigas frías (14°C) hace que el rendimiento mejore el consumo de energía. En situaciones intermedias se utiliza enfriamiento gratuito y baterías de recuperación.

#### **4. Condiciones de funcionamiento para sistemas vigas frías y fan-coil**

Temperaturas de agua más altas mejoran el coeficiente estacional de funcionamiento (CoP).

Según datos de Eurovent (ref.3), la potencia media del motor del fan coil es de 0.5W por l/s, que basado en una diferencia de temperatura de 10°C obtenemos una potencia de 40W por kW de potencia sensible. Esto requiere una energía específica del ventilador de 2W por l/s (o menos) para el sistema primario del suministro de aire y extracción.

Si se admite una eficacia del sistema (ventilador, motor, e impulsor) del 60% para obtener una energía de 2W l/s la presión total del sistema será de 1200 Pa. Aprox. Una presión terminal adicional de 60 Pa supone un aumento del 5% de la presión total. Por lo tanto, el peso en coste de este aumento de presión es menor que el coste del consumo de cada uno de los motores del fan coil.

#### **Comentarios**

El método de cálculo de emisión de carbono va más allá del cálculo de la potencia considerando solamente la potencia total instalada por planta.

Este método analiza el funcionamiento de la instalación y el consumo, a lo largo de todo el periodo anual. Este análisis demuestra que el consumo de energía se puede reducir un 10% permitiendo que la planta de frío funcione con una temperatura del agua a 10°C en vez de 6°C cuando la demanda interior es menor en temporadas intermedias.

Estas ventajas pueden ser mayores cuando en invierno y situaciones intermedias, la potencia de las baterías y el aire primario puede ser gratuito por free cooling, produciendo mejoras en su CoP.

Además del ahorro de energía en la producción de frío, existe una reducción neta de energía del 30% en sistemas con vigas frías debido a la inexistencia de ventiladores.

#### **6. Costes de explotación.**

Un punto clave del análisis de los dos sistemas en términos de energía son los costes de explotación. Los resultados del estudio reflejan:

La reducción del coste energético con vigas frías frente a unidades fancoil es aproximadamente del 22%.

La exposición de las vigas frías en el espacio útil (vigas frías totalmente vistas) supone una reducción del 2% por año para un 90% de sección acristalada.

## **7. Otros costes**

Reducción del coste total por disminución de la altura requerida entre forjados.

En un edificio de 7 plantas, con vigas frías, podemos reducir la altura del edificio en 3500 mm lo que significa bajamos el coste de inversión por ahorro de material, hormigón, etc. Esta reducción, no ha sido contemplada en este estudio pero supone un ahorro importante.

## **8. Fachadas.**

La tendencia en la construcción es la de crear un diseño ecológico de los edificios, impulsando la idea de un ahorro energético y construcción sostenible.

La fachada es el elemento principal que altera el clima interior en el edificio y los servicios los que intentan paliar estas alteraciones. Los resultados obtenidos demuestran que utilizando un sistema de vigas frías existe un ahorro de energía del 30% si el área de acristalada se reduce del 90 al 40%.

## **9. Directiva. Objetivos.**

El Parlamento Europeo y el Consejo Directiva 2002/91/EC incidirá con fuerza en el 2006 sobre el etiquetado de la Energía en Edificios. El propósito de esta Directiva es la de reducir el uso de la energía, y de esta forma, las emisiones de carbono, responsable principal del efecto invernadero y calentamiento global.

Como dato, podemos decir que en el Reino Unido, los edificios son responsables del 50% de las emisiones de CO<sub>2</sub> y que su objetivo es el de reducir en el año 2010 en un 20% las emisiones de 1990.

En Europa, el objetivo es reducir el CO<sub>2</sub> en 45 millones de Toneladas/año.

La directiva se encamina al llamado Certificado de funcionamiento (energético) de todos los edificios con una superficie de 1000 m<sup>2</sup> accesibles al público.

Esta directiva anticipa la existencia de una Etiqueta de la Energía, requisito legal para efectuar la venta o un nuevo acuerdo de arrendamiento. Para alcanzar los niveles de emisión del actual Regulación de Edificios Part L2 2002, existen tres métodos de cálculo de entre el que se destaca el utilizado en este documento: Cálculo de la emisión de carbono.

El valor de esta etiqueta energética y por lo tanto, los edificios que tengan un gran impacto en términos de energía, será muy importante en el mercado y en el sector comercial según sus aspectos financieros y responsabilidad social.

1) Aspectos financieros: Tasas, gastos de explotación, fuerzas del Mercado y costes del Capital.

El gobierno de UK se ha planteado un impuesto sobre consumo de energía lo más notable posible, que será una de las medidas que afectarán a los gastos de explotación y por lo tanto a la competitividad y beneficio.

Conducirá al Mercado a buscar edificios con mayor eficiencia energética y a satisfacer los requisitos de los arrendatarios.

2) Responsabilidad social: En un mundo donde, la percepción del Mercado es vital para el éxito de toda organización, la postura sobre la conservación de la energía y el calentamiento global será transmitida a través de etiqueta de energía. Cuanto mejor sea el perfil de una organización más fuerte será la búsqueda de edificios de bajo consumo energético que asegure una imagen de empresa socialmente responsable.

## **REFERENCIAS**

RITE, ITE 02.2, Tabla 1, RITE, ITE 02.2.3, Tabla 3.

ASHRAE 2003 Applications Handbook, Capítulo 36 de 2003.

prEN 13779:2003, Anexo B.

Directiva EU 2002/91/EC.

BCO (Best Practice in the specification for offices) 2000.

CIBSE (The characted institution of building services engineers).

Eurovent (ref.3).

Regulación de Edificios Part L2 2002.