

EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ACONDICIONAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICIOS PATRIMONIALES

John Martin Evans, Silvia de Schiller y Fabián Garreta.
Centro de Investigación Hábitat y Energía.
Silvia Balla, Jorge Benbassat y Susana Amura.
Cátedra de Instalaciones I-III.

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires.
CC 1765, Correo Central (1000), Capital Federal. Fax: 01 576 3205 E-mail evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

Este trabajo analiza la problemática de integrar sistemas de acondicionamiento térmico en edificios históricos de valor patrimonial, donde la exigencia de minimizar el impacto visual y evitar modificaciones del carácter edilicio es muy importante. Dado que estos edificios albergan generalmente instituciones representativas de la comunidad, la eficiencia energética, de mantenimiento y operación adquieren particular relevancia. Se presenta aquí una evaluación de la problemática, alternativas de sistemas e instalaciones, cuantificación de ahorros y la aplicación de estrategias integradas de acondicionamiento natural y artificial, con un ejemplo de estimación de ahorros potenciales.

INTRODUCCION

Los edificios patrimoniales de fines del siglo pasado y primeras décadas del presente representan importantes hitos urbanos que requieren cuidadosa conservación. En la actualidad, las fachadas de estos edificios presentan alteraciones de su aspecto exterior debido a la inserción de equipos individuales de aire acondicionado, deteriorando su valor arquitectónico. El impacto visual negativo que ofrecen estos equipos se suma su baja eficiencia energética comparada con sistemas centrales. Simultáneamente, la demanda de acondicionamiento en edificios históricos aumenta debido a crecientes expectativas de confort, al aumento de niveles de ruido y polución de tránsito en zonas centrales de la ciudad que motivan el cierre de aventanamientos adicionalmente al incremento en la densidad de personas y equipos con mayores ganancias internas.

Los edificios patrimoniales, que albergan generalmente instituciones representativas de la comunidad o funciones gubernamentales de distintos niveles, pueden cumplir un papel demostrativo y ejemplificador de edificios energéticamente eficientes y de bajo impacto ambiental en el ámbito urbano. Se analiza la problemática de acondicionamiento en edificios patrimoniales, los recursos tradicionales de acondicionamiento natural, las tecnologías de acondicionamiento térmico disponibles actualmente, las posibilidades de integrar equipos, una evaluación de las alternativas y del ahorro potencial de energía.

ACONDICIONAMIENTO NATURAL

Muchos edificios patrimoniales ya cuentan con sistemas y recursos de acondicionamiento natural a fin de mejorar las condiciones de confort en verano sin medios mecánicos, que no existían cuando fueron proyectados. La incorporación de sistemas mecánicos, sin considerar estas alternativas puede provocar conflictos o ineficiencias. Entre los recursos típicos se pueden enumerar los siguientes:

- Las fachadas tienen menor superficie vidriada, comparada con edificios de construcción más recientes
- Las aberturas cuentan con elementos móviles de protección solar, tales como persianas exteriores a la veneciana
- Las molduras, pilastras y aleros proporcionan protección solar parcial a las aberturas
- Las paredes de mampostería gruesa y pesada incorporan inercia térmica que demoran el impacto de los picos de temperatura y radiación solar exteriores en el interior.
- Las paredes, pisos y cielorasos interiores también incorporan gran capacidad térmica que modera la amplitud térmica interior.
- Las ventanas de abrir con proporciones verticales, conjuntamente con las persianas a la veneciana favorecen la ventilación natural de los locales.
- Las proporciones de los locales, de profundidad controlada y gran altura, conjuntamente con ventanas de proporción vertical, permiten iluminación natural relativamente adecuada.

Varios edificios importantes de principios de siglo, tales como el edificio del Diario La Prensa (ahora del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, ubicado en Avenida de Mayo, Capital Federal) y el de la Legislatura del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires (ex Consejo Deliberante), incorporan importantes claraboyas de vidrio que permiten iluminar

patios interiores mientras disminuyen las pérdidas de calor en invierno y evita el ingreso de lluvia. Toda la estructura vidriada, apoyada sobre rieles, se desliza horizontalmente a fin de evitar sobrecalentamiento ante la fuerte incidencia de la radiación solar estival, permitiendo refrescamiento nocturno. En varios edificios de la ciudad, estos recursos originales de refrescamiento pasivo han caído en desuso debido a falta de mantenimiento, desconocimiento de su función y dificultades de control manual con personal de maestría no calificado con horarios fijos y limitados. Los sistemas de automatización disponibles actualmente permiten una mejor utilización de este recurso, optimizando los movimientos según las temperaturas interiores y exteriores, la velocidad del viento exterior y la detección de lluvias.

INTEGRACION DE SISTEMAS ACTIVOS DE ACONDICIONAMIENTO TERMICO

Las fachadas de edificios patrimoniales son los elementos que requieren mayor cuidado para conservar o recuperar su aspecto original. La eliminación de unidades individuales de acondicionamiento o equipos 'split' no necesariamente resuelve todos estos problemas, ya que los equipos alternativos pueden necesitar modificaciones de fachada con el fin de lograr el ingreso de aire de renovación o la eliminación del agua del condensado.

Los espacios interiores de estos edificios también representan un importante recurso a conservar, especialmente en locales principales y pasillos de las plantas inferiores, de público y recepciones, donde la nobleza de los espacios y la calidad de las molduras y revestimientos requieren un cuidadoso tratamiento. Paradójicamente, estos espacios son al mismo tiempo los que requieren un mayor grado de acondicionamiento térmico y presentan mayor dificultad por su ubicación alejada de las posibles localizaciones de salas de máquinas, generalmente en los techos. En los salones principales se encuentran auditorios, salas de exposición, despachos principales, salones de conferencias y reuniones donde se concentra importante número de personas y gran carga térmica proveniente de la iluminación artificial.

Otro posible problema de la incorporación de equipos de refrigeración en edificios históricos es el aumento de la humedad relativa debido a la disminución de la temperatura. La mayoría de los equipos analizados disminuye la humedad absoluta del aire, controlando posible condensación en los espacios. Sin embargo, la reducción de la temperatura en cámaras de aire sobre cielorasos suspendidos y alicios pueden provocar un aumento de la humedad relativa perjudicial para estructuras de madera. Adicionalmente, los equipos fan-coil y de absorción con distribución de agua fría pueden producir condensación sobre los caños de cobre empotrados en las paredes, donde la protección del aislante térmico con una barrera de vapor no es totalmente continuo.

El acondicionamiento de los espacios interiores debe evitar mostrar conductos visualmente intrusivos, tendidos de cables, cañerías a la vista y la inserción de rejillas de ventilación, todos ellos elementos que afectan la calidad de los espacios. Adicionalmente, las instalaciones ubicadas sobre el techo deben tener tamaño y peso reducidos, considerando la limitada capacidad portante de edificios existentes y la necesidad de evitar elementos salientes, visibles desde las calles circundantes.

Otros criterios para la elección de sistema se relacionan con el impacto ambiental de los refrigerantes, la eficiencia del sistema, el costo inicial de la instalación, la facilidad de inserción constructiva, la experiencia de los proveedores e instaladores en Argentina y el número de empresas que ofrecen los equipos. Se consideraron los siguientes equipos:

- volumen de refrigerante variable (VRV),
- fan-coil convencional,
- fan-coil con equipo de absorción con condensación por aire,
- con bomba de calor, fuente de calor de la napa freática (Water source heat pump, WSHP)
- unidades individuales y equipos 'split' de pequeña y mediana capacidad (de ventana o pared). Se presentan estas alternativas a fines comparativos solamente.

En esta aplicación de edificios patrimoniales no se contemplan los sistemas con conductos de aire, tales como sistemas por inducción, por considerar dificultosa la inserción de los conductos de aire con sobre presión, ni los sistemas convencionales con conductos de aire de mayor diámetro. La Tabla 1 presenta un resumen de los factores de evaluación para los distintos tipos de instalaciones, con énfasis en los aspectos de especial relevancia en aplicaciones relacionadas con edificios patrimoniales.

DISMINUCION POTENCIAL DE LA CARGA

Se realizó el análisis de un edificio específico con aproximadamente 10,000 m² de espacio útil que requiere acondicionamiento térmico y 13,400 m² de superficie total, incluyendo los espacios de circulación y servicio, con una planilla electrónica que incorporó todos los datos de cada espacio. La estimación inicial de la demanda de capacidad de refrigeración era 531 toneladas de refrigeración, según métodos de cálculo convencional. Este resultado corresponde a una tonelada para cada 19 m² aproximadamente. Sin embargo, considerando los factores específicos mencionados anteriormente, tales como protección solar, inercia térmica de la envolvente, refrescamiento nocturno del aire en las circulaciones interiores, etc., la capacidad requerida se vio disminuida a 399 toneladas (1 Tn / 25 m²). Esta disminución representa un ahorro de 25% en la capacidad de refrigeración. La Tabla 2 indica los factores de disminución de cargas en este caso. La protección solar fue evaluada mediante estudios con maqueta en el Heliodon

del CIHE (Evans, 1988), y la influencia de la inercia térmica de la envolvente exterior y de la capacidad térmica interior fue estimada con el programa de simulación numérica QUICK (Matthews, 1996).

Cabe aclarar que la carga térmica incluye una alta proporción correspondiente a la carga interna de personas, luces y equipamiento en las oficinas. No se puede reducir la carga de personas sin alterar el uso del edificio, mientras solamente se puede reducir la gran carga de luces en las salas principales con arañas antiguas realizando cambios no aceptables de las lámparas incandescentes de baja eficiencia. Finalmente, en los despachos, la carga interna de equipos, computadoras, fax, etc. puede ser reducida a través de una política de compra que favorezca alternativas de alta eficiencia. Lamentablemente, las actuales políticas de compra que rigen la administración pública tienden a favorecer la compra de equipos con bajo costo inicial sin importar su eficiencia.

Tabla 1. Evaluación de sistemas alternativos de refrigeración.

Criterios de elección	Sistemas alternativos de refrigeración				
	VRV, Volumen de refrigerante variable	Fan coil convencional	Absorción con fan coil	Bomba de calor (napa fretica)	Equipos individuales
Tipo de equipo	Intermedio	Alto	Muy alto (ver Consumo)	Intermedio a bajo	Bajo
Costo / Tonelada	Intermedio	Alto	Muy alto (ver Consumo)	Intermedio a bajo	Bajo
Impacto ambiental (freon)	Potencialmente alto (freon 22)	Escasa cantidad de freon 22	No contiene freon	Escasa cantidad de freon 22	Escasa cantidad de freon 22
Impacto (ruidos)	Interior mediano Techo mediano	Interior bajo Techo mediano	Interior bajo Techo bajo	Interior mediano Sótano bajo	Interior alto
Tiempo de instalación	30% mas que fan coil	Normal	10 % mayor que fan coil	10 % mayor que fan coil	Mínimo
Consumo de energía	Relativamente bajo	Normal	Bajo (recupero de costo en 2 años)	Normal a bajo	Muy alto
Canos y conductos	Canos de refrigerante	Canos de agua fría	Canos de agua fría	Canos de agua caliente	Cables solamente
Proveedores	1 establecido, 2 nuevos	Gran numero de proveedores	3 proveedores	3 proveedores	Gran numero de proveedores
Instaladores	Limitado numero	Varios	Varios	Varios	Gran numero
Años en Argentina	5 años	> 30 años	5 años	30 años	> 30 años
Vida útil estimada: años	25	25	25	25	5 - 10
Utilización	Nuevo pero creciente	Gran difusión	Solo grandes instalaciones	Limitada experiencia	Gran difusión
Combustible	Electricidad	Electricidad	Principalmente Gas	Electricidad	Electricidad
Distribución de la carga	Parcial	Parcial	Muy favorable	Desfavorable	Muy desfavorable
Sectorización	Parcial	Parcial	Limitado	Total	Total

Tabla 2. Factores de disminución de la carga estimada para un caso específico.

Enfriamiento pasivo del aire de ventilación Diferencia aplicada solamente a la ventilación tomada desde espacios con buena inercia térmica, afectando la capacidad de la bomba de calor e intercambiador	- 4 ° K
Inercia térmica de las paredes exteriores Se aplica a la transmisión de calor a través de las paredes exteriores solamente, afectando la capacidad de la bomba de calor e intercambiador	0,85
Inercia térmica de las oficinas Se aplica a las cargas de calor sensible en espacios de oficinas y despacho solamente, afectando las bombas de calor e intercambiador	0,80
Sombra parcial sobre fachadas y factor de marco Se aplica a la radiación solar directa y difusa sobre las ventanas solamente	0,60 (valor medio)
Sombra parcial adicional debido a obstáculos (Oeste) Se aplica a la radiación directa y difusa en la capacidad del intercambiador solamente	0,75
Sombra parcial adicional debido a obstáculos (Nordeste) Se aplica a la radiación directa y difusa en la capacidad del intercambiador solamente	0,85

En caso de utilizar una bomba de calor que transfiere energía a la napa freática, la capacidad de la cañería principal, intercambiador de calor y el pozo será 440 Tn, que permite un margen de seguridad adicional a muy bajo costo. La potencia total de los equipos de refrigeración a instalar en el edificio será de 460 Tn. Este aumento responde a la capacidad de las bombas de calor utilizadas en cada espacio o serie de espacios. Por ejemplo, un fabricante produce equipos con potencias nominales de 2,5 Tn, 3,5 Tn y 5 Tn, mientras otro presenta modelos de 3 a 20 Tn. La capacidad de la suma de las bombas de calor puede variar levemente según el proyecto y el fabricante seleccionado. En todos los casos, el ahorro en la capacidad instalada es de 25% aproximadamente, con un ahorro de energía de alrededor de 20%.

CONCLUSIONES

Los edificios históricos de gran valor patrimonial presentan problemas específicos cuando se incorporan equipos de refrigeración, tales como el importante impacto visual de la instalación, tanto en el interior como en el exterior, las obras de 'inserción', el impacto acústico, etc. Habiéndose analizado los posibles sistemas con sus características de costo, disponibilidad, impacto y construcción, se concluyen:

Los equipos con **Volumen de Refrigeración Variable** (tipo Daikin) ofrecen ventajas de eficiencia por contar con la transferencia de energía en la forma de refrigerante a distintas presiones y no en la forma de calor. La desventaja es el uso de mayor cantidad del refrigerante Freon 22 y la extensión de caños de refrigerante que atraviesan todo el edificio. Si bien se dispone de refrigerantes 'ecológicos', el alto costo dificulta su empleo.

La **Bomba de Calor** con transferencia de energía a la napa freática tiene ventajas interesantes en esta aplicación: La transferencia de calor a la tierra disminuye el impacto térmico y acústico de las torres de enfriamiento, con sus respectivas emisiones de ruido y calor. El costo es relativamente bajo y la eficiencia del sistema es buena. Las bombas e intercambiador en el sótano ocupan poco espacio y no presentan problemas estructurales. Este sistema permite un uso sectorizado, con la posibilidad de usar solo los equipos necesarios, según la demanda en cada espacio. Otra ventaja es la posibilidad de aprovechar la inercia de la tierra cuando el sistema funciona para calefacción en invierno. La principal dificultad es la perforación a 20-30 m de profundidad y la disponibilidad de agua en las napas freáticas.

El sistema **Fan Coil** ofrece la ventaja de ser el de mayor difusión en este tipo de aplicación. Requiere un compresor central pesado, normalmente ubicado en el sótano, y una torre de enfriamiento en el techo, presenta desventajas, al igual que la distribución de agua fría.

El sistema fan coil permite el uso de circuito de **Refrigeración por Absorción** con refrigerantes como amoníaco, que no afecta la capa de ozono ni aumenta el efecto invernadero. El uso de gas como fuente principal de energía disminuye el costo y el impacto ambiental de esta alternativa. Las desventajas principales son el costo inicial y el sistema centralizado que dificulta la sectorización y la eficiencia con cargas parciales.

En general, los edificios patrimoniales presentan características térmicas que permiten lograr una disminución de la capacidad instalada en un 25% y un ahorro del consumo de energía en un 20% aproximadamente, debido a la protección solar, la inercia térmica, el refrescamiento nocturno y la capacidad térmica de los materiales interiores.

AGRADECIMIENTOS

El estudio de acondicionamiento térmico y eficiencia energética de un edificio patrimonial fue realizado en el marco de un convenio de la Secretaría de Relaciones Institucionales y Posgrado de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Los resultados de este trabajo aportan datos relevantes para el Proyecto de Investigación 'Arquitectura sostenible: desarrollo de sistemas de evaluación' acreditado por la UBA.

REFERENCIAS

- (1) Evans, J. M, et al (1988), Equipamiento del Laboratorio de Estudios Bioambientales, Túnel de Viento, Heliodon e Invernadero, Actas del XIII Reunión de ASADES, Salta. Tomo 2. pp. 231-235
- (2) Mathews E. H, y van Heerden, E. (1996), A new simulation model for passive and low energy architecture, Proceedings, PLEA '96, Louvain la Nueve. pp. 223-228

Los datos de los equipos provienen de fabricantes y distribuidores en Argentina.