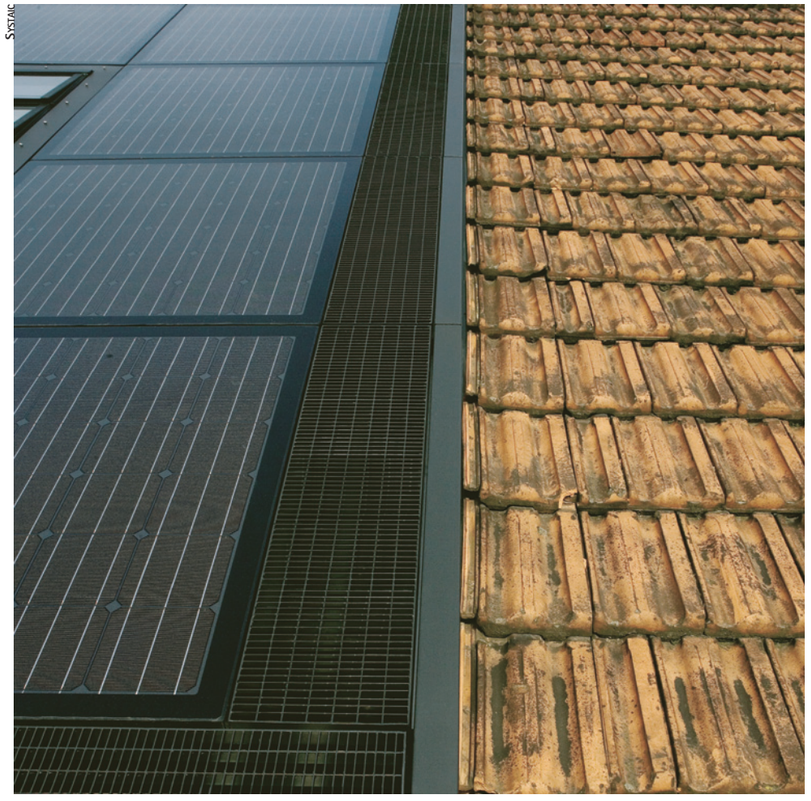
Enrique Azpilicueta

Hacia un óptimo energético. Instalaciones y energía

La búsqueda del mínimo consumo de energía en la edificación obliga a plantear estrategias que aumenten la eficiencia energética en las instalaciones, utilizando avanzados sistemas tecnológicos –control de la iluminación, producción y recuperación de energía, estructuras termoactivas– o recursos más sencillos –inercia térmica, enfriamiento adiabático, *free cooling* o energía solar térmica–. Los conceptos de rendimiento, balance energético y optimización de consumos son analizados por Enrique Azpilicueta, doctor arquitecto y profesor del Departamento de Construcción y Tecnologías Arquitectónicas de la E. T. S. de Arquitectura de Madrid.

SYSTAIC



En la actualidad, la optimización energética es una necesidad acuciante, y la única opción responsable que nos queda a los arquitectos es la de proyectar edificios con una demanda energética mínima.

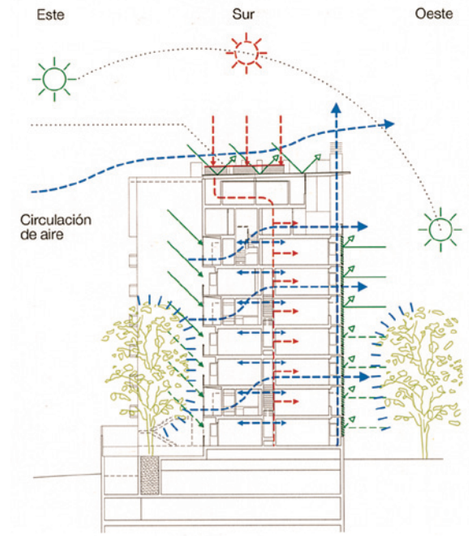
En los artículos de fondo de los números de Tectónica 21 y 28 se abordan los temas "Las instalaciones y la arquitectura" de César Martín Gómez y "El edificio como intercambiador de energía" de Ramón Araujo. En el primero se da una visión completa de los distintos sistemas de instalaciones. En el segundo se plantean y describen los diversos aspectos que inciden en el comportamiento energético de los edificios con una visión muy arquitectónica.

César Martín prevé un posible futuro con pilas de combustible con base hidrógeno o baterías de tanta duración como la de los aparatos a los que alimentan, producción de la energía eléctrica primaria de modo centralizado, limpio y renovable, reciclado de residuos en el punto de producción de los mismos, minimización del consumo de agua, etc.

Ramón Araujo, en las conclusiones de su artículo, augura una construcción ligera para los edificios de gran escala con carácter metropolitano. Es en parte la tesis de Foster con edificios como el Reichstag, el Swiss-Re, etc. Parece muy vinculado con el concepto de que construir ligero es más inteligente porque supone menor trabajo en el sentido puramente físico.

Los planteamientos expuestos en los citados artículos son coherentes y proponen un futuro viable que sería asumido perfectamente por todos. Sea como sea ese futuro que nos espera, el tema más delicado es cómo llegamos a él.

J. AZURMENDI



Quedaría por afrontar un aspecto que aúna y matiza los dos anteriores y que básicamente consiste en los conceptos de rendimiento, balance energético y optimización de consumos de los edificios y de sus instalaciones.

En este artículo pretendo ahondar un poco más en el aspecto que ahora preocupa especialmente: controlar y minimizar el consumo de energía con los medios y la tecnología disponibles. Lo que se expone a continuación no pretende agotar el tema, únicamente aspira a ordenar el panorama.

La atención por la energía y el confort ha sido consustancial a la buena arquitectura desde tiempos inmemoriales. Las instalaciones, como consumidoras de energía y generadoras de confort, han formado parte de los edificios desde tiempos remotos. Si hacemos un brevísimo recorrido por su historia veremos cómo el término ha ido abarcando cada vez más elementos, y su demanda de energía y espacio no ha dejado de crecer.

Los romanos incorporaban a sus edificios sistemas de conducción de agua con canalizaciones de plomo. En las termas calentaban el suelo conduciendo el humo de la combustión de leña a través de cámaras bajo el suelo –hipocausto–, utilizando un sistema que en realidad es de origen griego. Este sistema de calefacción dará origen a las glorias empleadas en Castilla y será el precedente de los actuales suelos radiantes.

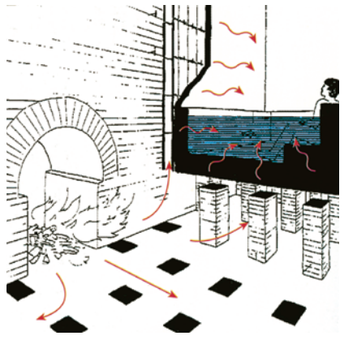
En Irán se utilizaban sistemas de climatización a base de corrientes de aire que entraban por una zona baja –aire fresco– del espacio a climatizar y salían por una chimenea de considerable altura. Para maximizar el efecto, el aire de entrada se enfriaba haciéndolo pasar por una celosía de piedra por la que chorreaba agua. De este modo se conseguía el enfriamiento adiabático del aire –efecto botijo– así como su humectación.

Durante muchos siglos las instalaciones siguieron siendo sistemas de climatización –fundamentalmente calefacción– muy básicos –chimeneas, glorias, etc.– e instalaciones de abastecimiento y recogida de agua. El combustible era leña o carbón y se minimizaba su consumo con buenos planteamientos arquitectónicos y constructivos. En los lugares donde era más necesaria la calefacción, los sistemas se optimizaban. Así, el rendimiento energético de la chimenea abierta, típica de países mediterráneos, es muy inferior a las estufas de largos tiros serpenteantes desarrolladas en el centro y norte de Europa.

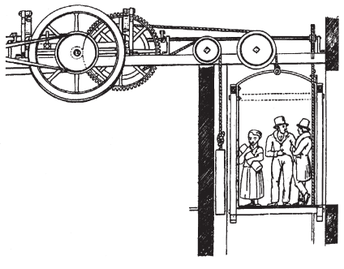
Estos sistemas básicos se van perfeccionando, produciéndose el gran salto durante el siglo XIX. Se pasa de las instalaciones de iluminación por gas, tanto urbanas como domésticas, a la aparición de la energía eléctrica y con ella una larga serie de inventos como son la bombilla incandescente,

Arriba, sección e imagen de edificio de viviendas en Madrid equipado con un sistema de enfriamiento pasivo mediante chimeneas por convección forzadas con muros Trombe. M. Muelas y A. Mateo, 2004. Debajo, torres de viento empleadas en la arquitectura tradicional iraní para el enfriamiento de los edificios.

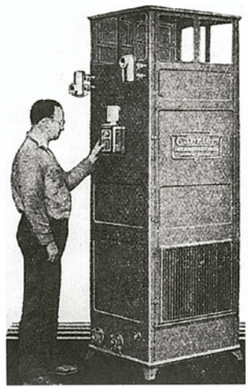
El hipocausto era un sistema romano de suelo radiante. En las termas se completaba con muros radiantes. El aire caliente producido por el horno circulaba bajo el suelo y salía al exterior a través de tubos cerámicos embebidos en el muro.



Durante el siglo XIX, la energía eléctrica transformó los equipamientos e instalaciones de los edificios, como el ascensor, instalado por primera vez en 1857.

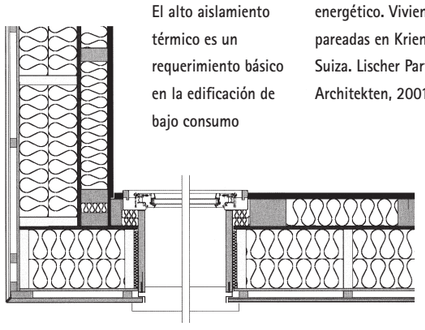


Antonio Sant´Elia. Estudio para una central eléctrica, 1914. En el siglo XX la disponibilidad de energía eléctrica permitió desarrollar una arquitectura con alto requerimientos energéticos.



En Estados Unidos empezaron a instalarse equipos de acondicionamiento de aire en edificios comerciales a finales de los años 20. En los 50 se generalizó su uso en viviendas.

Un diseño y una construcción inapropiados desde el punto de vista energético hicieron que el consumo de energía dedicado a la climatización creciese de modo irresponsable.



El alto aislamiento térmico es un requerimiento básico en la edificación de bajo consumo energético. Viviendas pareadas en Kriens, Suiza. Lischer Partner Architekten, 2001.

el motor eléctrico, los ascensores, la posibilidad de controlar adecuadamente la presión de agua, etc. Se generaliza la calefacción central mediante radiadores alimentados por agua, calentada en calderas de carbón o leña, que circulaba por el circuito por convección.

Ya en 1903 el edificio Fuller de Daniel Burnham –más conocido como el Flatiron– incorpora sistemas de climatización que incluyen refrigeración. Tanta es la expectación que despierta que hasta el Príncipe de Gales se desplaza a Nueva York para asistir a la inauguración.

A lo largo del siglo XX las instalaciones van adquiriendo cada vez mayor importancia en los edificios, que por otra parte se construyen ignorando cada vez más las reglas básicas de buena orientación, buen factor de forma, proporción adecuada macizo/hueco, aislamiento térmico adecuado, protección solar, etc. A mediados del siglo XX el llamado Estilo Internacional preconiza una arquitectura con planteamientos idénticos para cualquier parte del mundo, ignorando las peculiaridades climáticas de cada lugar.

La euforia posterior a la Segunda Guerra Mundial y el desarrollo de la energía atómica auguraban un futuro peligroso aunque con grandes expectativas, todo parecía posible, el desarrollo potencial, ilimitado. En estas circunstancias, personajes con gran visión de futuro, como Buckminster Fuller, oteaban avecinarse tensiones y problemas. En una conferencia en marzo de 1966 Fuller pronunció la famosa frase: "La verdadera riqueza es la energía controlada. La base de nuestro nuevo sistema de cálculo será: cuántos días de energía controlada tenemos para abastecer a tantos hombres."

En esos años, con la energía derivada del petróleo a un precio muy bajo, crece la dependencia de unos sistemas de climatización cada vez más potentes. Para los arquitectos las instalaciones se entienden como requeridoras de espacio. Kahn las integró en su arquitectura y Le Corbusier las superpuso. En realidad no han sido determinantes en las decisiones sobre la materialidad de los edificios. Se proyectaba el edificio dejando los espacios necesarios y luego se calculaban las máquinas para hacerlo confortable, sin ser la potencia y consumo energético un aspecto crítico.

Así llegamos a los años setenta y a la primera crisis del petróleo. Fue una importante llamada de atención que tuvo como efecto una mejora de las exigencias de aislamiento térmico de los edificios –por ejemplo la norma española CT79– y la aparición de los primeros intentos de conseguir la "vivienda autosuficiente", que incorporaba tanto los conocidos como sistemas "pasivos" –mejores aislamientos, buena orientación, inercia térmica, etc.– como "activos" –muros Trombe, paneles solares térmicos, energía eólica, etc.–. Su impacto fue marginal y quedó relegado al mundo hippie y poco más.

Foster + Partners

Las ciudades de densidad muy baja tienen un gran consumo de energía por habitante, al contrario que las ciudades de alta densidad. Shibam, en Yemen, es un ejemplo de ciudad compacta con límites definidos y permeables.

En paralelo, el aumento imparable de las fachadas todo vidrio, planteadas con independencia del clima del lugar, hizo que el consumo de energía dedicado a la climatización de los edificios creciese de modo irresponsable. Bien es cierto que desde los años setenta hasta ahora los sistemas de instalaciones, fundamentalmente de climatización, han mejorado sensiblemente su rendimiento energético. Aún así, el consumo para calefacción supone en países como Alemania –con fuertes exigencias respecto al aislamiento térmico– un tanto por ciento elevadísimo del consumo energético global.

Otro factor de gran importancia ha sido el aumento constante del estándar de confort a todos los niveles: climático, niveles y control de iluminación, electrificación, redes de comunicación, voz, datos, seguridad, etc. Han aparecido términos como "domótica" para expresar el control automático y a distancia de las instalaciones. Poco a poco la normativa se ha hecho cada vez más exigente y parece lógico asumir que la sociedad en su conjunto difícilmente renunciará al confort alcanzado.

Es evidente que el control de la energía se ha convertido en un factor estratégico y de poder de primer orden. En ese contexto los países desarrollados con menores recursos energéticos derivados del petróleo –Europa– han sido los primeros en intentar racionalizar y minimizar el consumo y desarrollar fuentes de energía renovables.

En la actualidad esa optimización energética se hace cada vez más acuciante por diversas razones: cambio climático, precios de la energía inestables, sostenibilidad, etc. De hecho en este momento todos los gobiernos occidentales están actuando de modo decidido en esa dirección, otra cosa es la distinta eficacia de las medidas adoptadas por cada país.

Con este panorama la única opción responsable que nos queda a los arquitectos es la de proyectar edificios con demanda energética mínima.

Respecto a los modelos más interesantes de ocupación del territorio parece claro que la ciudad densa triunfa. La dispersión excesiva se ha demostrado energéticamente peor que la ciudad densa, con el transporte como primer factor negativo. Pensemos en nuestras ciudades libres de contaminación, sin emisiones de CO_2 y mucho menos ruidosas. Todo esto se conseguiría utilizando la electricidad como única energía primaria, incluso para el transporte. Otra cuestión será cómo conseguir energía eléctrica limpia.

En la actualidad el 40% de la producción de electricidad en el mundo se basa en el carbón. La encrucijada es compleja ya que reaparece la energía atómica de fisión como

Foster + Partners

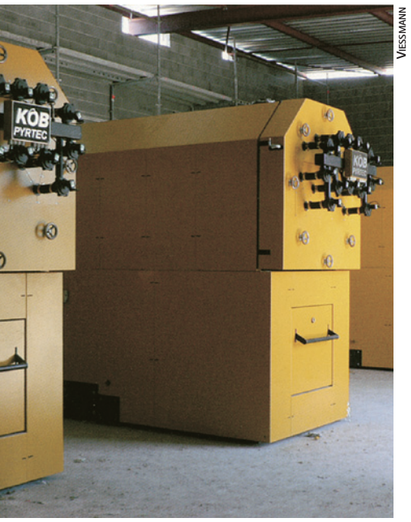
Masdar se orienta en la dirección del viento dominante, 38° respecto al norte. La trama girada proporciona cierta sombra a nivel de calle durante el día y minimiza la ganacia térmica. Torres de viento, emparrados, vegetación y agua ayudan a modificar el microclima.

INICIATIVA MASDAR

Foster and Partners, 2007

Ciudad Masdar, en Abu Dhabi, es un proyecto urbano de desarrollo sostenible con seis millones de metros cuadrados y 47.500 habitantes que, cuando esté terminado, no emitirá CO_2 ni producirá residuos. Esto se logrará en base a cuatro objetivos principales: agua, transporte, energía y residuos. Todo el agua, después de su uso inicial, pasará a través de una planta de tratamiento de aguas grises para su reutilización, o de tratamiento de agua para el riego en el caso de aguas negras. Como zona libre de automóviles, Masdar contará con una línea de metro, un sistema personal de tránsito rápido y una red de transporte rápido ligero. El desarrollo se centrará en la reducción de los residuos generados; éstos serán ordenados en origen para maximizar el potencial de reciclado o compostado; los materiales residuales se desviarán a la planta de energía. Toda la energía provendrá de electricidad termosolar, paneles fotovoltaicos, turbinas de viento y la planta de energía alimentada con residuos urbanos.

Foster + Partners

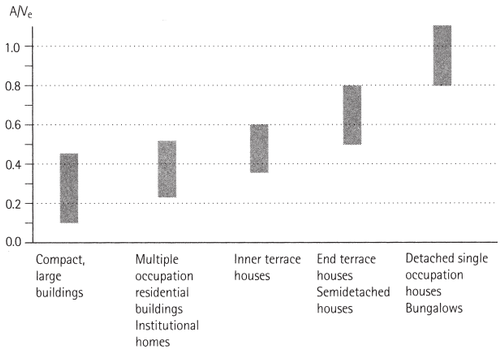


Viessmann

de biomasa automáticas, de alta eficiencia y bajas emisiones. Pueden utilizar como combustible pellets, serrín o astillas. Arriba, esquema de calefacción de distrito, que proporciona calor y electricidad con mayor eficiencia que las calderas individuales. El agua caliente producida se distribuye mediante conductos preaislados.

Brugg

Para una misma producción de energía, las centrales térmicas son menos contaminantes y tienen mayor rendimiento que las calderas centrales de los edificios, y que las individuales, aún menos eficientes. A la izquierda, calderas



Factor de forma superficie/ volumen (A/Ve) habitual en edificios de vivienda.

única alternativa realista, rápida y viable si queremos atajar las emisiones de CO_2.

Otra consideración importante es que la producción de energía en centrales que utilizan como combustible carbón, gas o gasóleo, producen menos contaminación y tienen mejor rendimiento que si esa misma cantidad de energía se hubiese producido mediante calderas centrales en los edificios, y aún peor en cada vivienda.

Para una optimización del consumo la primera actuación será la arquitectónica en sus aspectos geométricos y materiales: orientación correcta, buen factor de forma, posibilidad de ventilación natural eficaz, control solar adecuado y máximo aprovechamiento de la iluminación natural, relación superficie acristalada/ciega equilibrada, buen aislamiento térmico tanto en cerramientos ciegos como acristalados, etc. En esa optimización tendremos dos grandes campos: los edificios de nueva planta, y la rehabilitación energética de los edificios existentes. En el caso español la edificación existente es la de mayor peso en el consumo actual y futuro, ya que representa un tanto por ciento enorme respecto a lo que se construirá a medio plazo.

En el caso de edificios de nueva construcción hay que estimar la suma total de la energía que va a consumir el edificio a lo largo de su vida, considerando construcción, utilización y demolición. Para esa valoración hay que trabajar con criterios científicos y así poder establecer posibles comparaciones entre los distintos sistemas tanto constructivos como de instalaciones.

El llegar a conclusiones no es tan obvio, ya que edificios muy ligeros construidos con materiales como aluminio y vidrio reciclados pueden demandar muy poca energía –por m^2– en su construcción y uso, y otros pesados a base de cerámica pueden demandar mayor energía primaria en su construcción.

Otro aspecto es el uso del edificio: no es lo mismo el planteamiento de optimización para una utilización 24 horas/día –viviendas, hospitales, etc.– que para 12 horas/día –oficinas, terciario en general–. En el primer caso tendremos que cubrir siempre las condiciones de confort, mientras que en el segundo podremos preparar –recargar– el edificio durante los periodos sin uso.

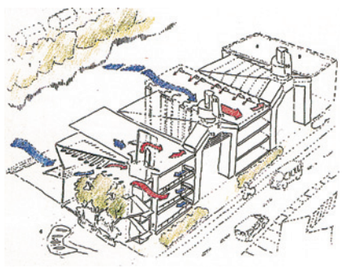
En adelante daremos por supuesto que se cumplen los requisitos necesarios para que la demanda de energía del edificio sea razonable. No utilizo la palabra mínima porque eso implica entrar en una espiral prácticamente imposible de cerrar que nos llevaría a una arquitectura con planteamientos muy rígidos.

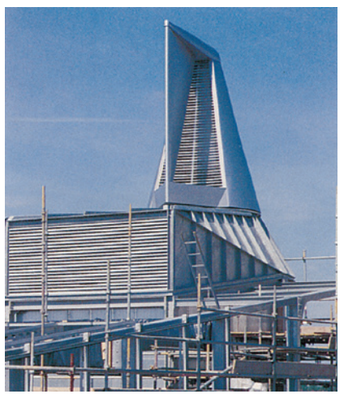
El tema de la rehabilitación energética es muy distinto, ya que el grueso de la energía primaria para la construcción ya se consumió y nuestra posible actuación será reducir el consumo por uso, es decir, mejorar el aislamiento térmico –con el condicionante de que en muchos casos no deberemos cambiar la estética del edificio– e incorporar sistemas de instalaciones –incluyendo elementos con inercia térmica– que minimicen el consumo.

En la búsqueda de esa optimización de consumos veremos más adelante que hay algunos fáciles de conseguir, como el de agua, energía para agua caliente sanitaria y energía eléctrica para iluminación.

Respecto a las instalaciones de climatización –las de mayor peso energético en general– veremos que la optimización es multifactorial y concatena una serie de decisiones no tan evidentes como se pueda suponer. No existen recetas universales, ni aún locales, y en general tendremos que utilizar varios sistemas, estudiando cada caso de modo particularizado.

Es importante resaltar que la reacción frente a propuestas innovadoras –que en realidad se reducen a conocer las posibilidades y a utilizarlas con sentido común– es generalmente muy escéptica. Los sistemas de instalaciones convencionales –y su cultura de la inmediatez "encendido/apagado"– están muy consolidados tanto en la mentalidad del usuario como en la de muchas de las ingenierías de instalaciones que colaboran con los estudios de arquitectura. Será por tanto relativamente difícil que los mejores





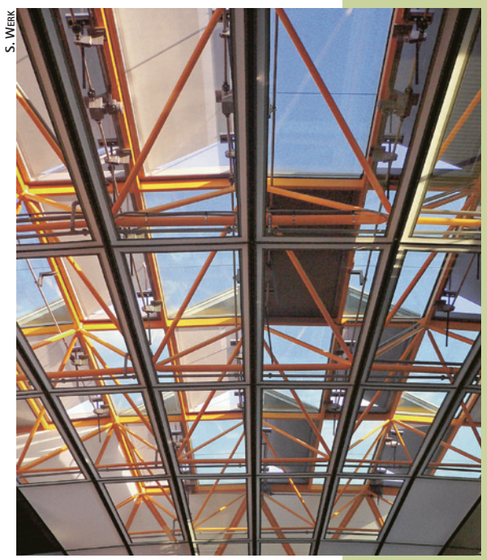
Los edificios académicos del Jubilee Campus en Nottingham utilizan una compleja estrategia energética que incluye ventilación natural mediante torretas giratorias con recuperador de calor. Michael Hopkins, 1999.

A. Trast

Foster + Partners

A la derecha, envolvente de paneles de aluminio y de vidrio de la Biblioteca de la Facultad de Filología. Debajo, una membrana interior de fibra de vidrio filtra la luz. Algunos huecos transparentes proporcionan vistas parciales del cielo y manchas de luz. La piel del edificio crea una epidermis capaz de adaptarse y actuar ante diversas situaciones climáticas.

S. Werk



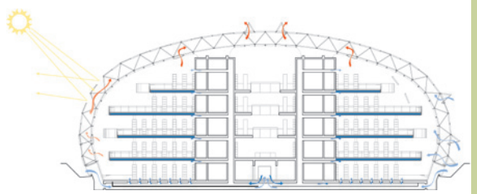
BIBLIOTECA DE LA FACULTAD DE FILOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD LIBRE DE BERLÍN

Foster and Partners, 2005

Las cuatro plantas del edificio están contenidas dentro de un recinto ventilado naturalmente. La doble piel del cerramiento actúa como un conducto de aire y de amortiguamiento térmico, respirando a través de la apertura y cierre de los distintos paneles. La inercia térmica se acumula en la masa de la estructura de hormigón, que actúa como un depósito térmico pasivo que se calienta o enfría con agua entubada dentro de la estructura. Con temperaturas bajas, la piel externa se cierra y el aire fresco se hace circular a través de una bóveda subterránea calentándose a su paso por el núcleo térmico. Con temperaturas exteriores moderadas, una mezcla de aire fresco y recirculado se enfría en el núcleo. El 60 por ciento del año la biblioteca funciona con ventilación natural mediante la apertura de diversos paneles y el uso de aire fresco que se ha hecho pasar controladamente a través de la bóveda subterránea. Durante el día la biblioteca está iluminada únicamente por luz solar. Todos estos factores suponen un ahorro de energía de un 35 por ciento si se compara con un edificio convencional.

Foster + Partners

invierno



verano

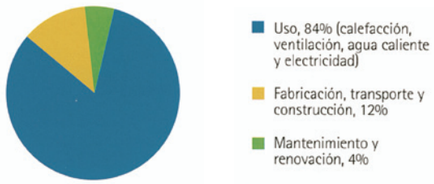
De arriba a abajo, paneles practicables en cubierta, esquema energético para temperaturas exteriores bajas y para temperaturas elevadas.

VIESSMANN

Instalación en fachada de captadores térmicos de tubo de vacío. En la ciudad densa, con baja relación superficie de cubierta/superficie construida, los sistemas de captación solar no producen suficiente energía. Las fachadas permiten incrementar la superficie de captación.

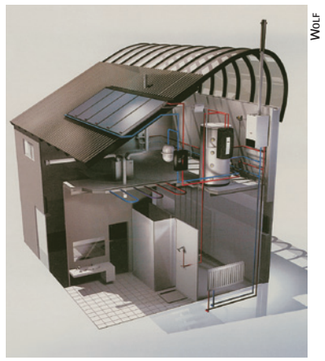
Calificación de eficiencia energética	España Calificación Viv.unifam.	España Calificación Viv.colectiv.	España Otros usos	Francia Consumo kWh/m² .año Viv.colectiv.	Francia Emisiones CO_2 Kg CO_2/m² .año
A	C1<0,15		C<0,40	<50	<5
B	0,15≤C1< 0,50		0,40≤C< 0,65	51-90	6-10
C	0,50≤C1< 1,00		0,65≤C< 1,00	91-150	11-20
D	1,00≤C1< 1,75		1,00≤C< 1,30	151-230	21-35
E	C1>1,75	C2<1,00	1,30≤C< 1,60	231-330	36-55
F	C1>1,75	1,00≤C2< 1,50	1,6≤C<2	331-450	56-80
G	C1>1,75	1,50≤C2	2≤C	>450	>80

Calificaciones de eficiencia energética.



Uso de energía a lo largo del ciclo de vida de un edificio. Fuente: Building and Environment, Vol. 32, No 4, 1997.

Fuentes	Residencial idae %	Residencial eren	Oficinas idae %
Iluminación	3	8	35
ACS	26	20	
Electrodomésticos y equipos	12	17	11
Cocina		11	
Calefacción y refrigeración	59		
Calefacción		44	23
Refrigeración			31
Total	**100**	**100**	**100**



WOLF

La optimización del consumo energético en las instalaciones se debe centrar en las de iluminación, ACS y climatización. Arriba, cuadro de consumos pormenorizados. A la derecha, esquema de vivienda con calefacción y ACS mediante caldera de gas combinada con captadores térmicos en cubierta, y sistema de ventilación con recuperador de calor.

sistemas, ya desarrollados y suficientemente probados en otros países, se acepten aquí.

Es cierto que los sistemas empleados en centroeuropa no se ajustan a nuestro clima, ya que tenemos un requerimiento de calefacción menor, y mayor en refrigeración, este último con tendencia a aumentar por el cambio climático. Por lo tanto, no se trata de copiar literalmente lo que se hace en dichos países, sino de aprovechar lo interesante de esos sistemas. Por ejemplo, en países con climas muy fríos la geotermia de baja temperatura se emplea únicamente para calefacción, por lo que el terreno se enfría cada vez más disminuyendo el rendimiento de la bomba de calor. El caso de España es más interesante, ya que en la mayoría de nuestros climas enfriaremos el terreno en invierno y lo calentaremos en verano, consiguiendo equilibrar los ciclos.

Uno de los aspectos decisivos es la escala de la actuación a que nos referimos. Si planteamos como premisa la autosuficiencia energética de nuestra arquitectura, deberemos contar con sistemas tanto pasivos –aislamiento, orientación, protección solar, inercia, etc.– como activos –producción de algún tipo de energía, como solar térmica, fotovoltaica, eólica, biogás, etc.–.

La experiencia demuestra que en la ciudad densa con vivienda colectiva de una cierta altura, y por tanto con baja relación superficie de cubierta/superficie construida, los sistemas de captación solar clásicos no producen suficiente energía para abastecer las necesidades de nuestros edificios. Es cierto que las fachadas pueden incrementar la superficie de captación, pero el máximo rendimiento lo tendremos siempre en la cubierta.

Si a todo esto unimos la toma de conciencia respecto al cambio climático, la necesidad de administrar correctamente recursos básicos y escasos como el agua, así como el intento de una menor dependencia energética, llegamos a la situación actual, en la que cada vez los sistemas de instalaciones adquieren una importancia y sofisticación mayores, alcanzando y superando el 50% del presupuesto de construcción de algunos edificios altamente tecnificados.

El consumo energético del sector construcción y las certificaciones energéticas

Teniendo en cuenta estas tendencias, es importante saber cuánta energía consumen realmente los edificios, tanto en su construcción como en su uso. Se considera que en España el consumo energético de las viviendas representa el 15% del consumo total. El 24% del gasto energético industrial (para la fabricación de cemento, vidrio, cerámica, etc.) y el 40% del transporte están relacionados con la construcción. Considerando los costes energéticos directos (uso de los edificios) e indirectos (fabricación de los materiales, construcción, demolición, etc.), se estima que la industria de la construcción consume el 40% de la energía total, un porcentaje que es similar al europeo.

De acuerdo a las estimaciones anteriores, el uso de los edificios –consumo de sus instalaciones– supone entre un 15 y un 20% del total de la energía consumida en España, y su construcción el 25%.

No es el objeto de este artículo analizar la energía primaria consumida para construir esos edificios, aunque dada la gran importancia del tema conviene consultar una tabla con características térmicas de los materiales (ver pág. 31) que posibilita realizar cálculos, no exentos de sorpresas a favor de los materiales de altas prestaciones –como el aluminio o el acero– si son reciclados, y poco favorables a materiales convencionales como el ladrillo.

Si se consiguiese una reducción del 50% de la energía consumida por los edificios –con la dificultad de optimizar el consumo del parque de edificios existente– estaríamos ante una reducción del consumo total de energía comprendida entre un 7,5 y un 10%.

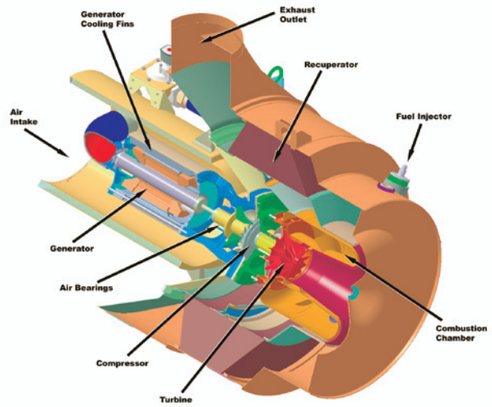
Por tanto, los sistemas de optimización del consumo energético en las instalaciones se centrarán en las de iluminación, ACS y climatización, con matices importantes en función del uso del edificio. Otra cuestión es el empleo de electrodomésticos de bajo consumo.

Para ordenar y cuantificar la optimización del consumo han aparecido las certificaciones energéticas. Es importante conocer los criterios que rigen dichas certificaciones porque, aunque estemos más o menos de acuerdo con la manera de calcularlas, en un futuro inmediato serán la medida oficial de optimización energética de nuestros edificios y tendrán una importante repercusión económica.

En general estas certificaciones, incluyendo las americanas y europeas, valoran más la eficiencia energética de los equipos de producción de calor (EER –Energy Efficiency Ratio) y frío (COP –Coefficient of Performance) que la baja demanda del propio edificio por su carácter pasivo.

Para la certificación de eficiencia energética española, la calificación se obtiene por comparación del edificio a certificar con un edificio de referencia. Para calcular la calificación –que varía desde 0,15 a 1,5 para viviendas y de 0,4 a 2 para otros usos, siendo la mejor calificación la más baja– hay que cuantificar el consumo y las emisiones de CO_2 para obtener la calificación mediante una fórmula, o bien mediante programas como el Calener cuyo funcionamiento resulta bastante hermético. Una vez certificado el edificio, después de un cálculo más o menos complejo dependiendo de la singularidad del mismo, se le adjudica una etiqueta de eficiencia energética, que va de la letra A a la G.

CAPSTONE



Las certificaciones energéticas valoran especialmente la eficiencia energética de los equipos de producción de calor y frío. Esquema de equipo de microcogeneración de alta eficiencia energética. Utiliza una microturbina de gas que genera electricidad y aprovecha el calor residual para calefacción y ACS.

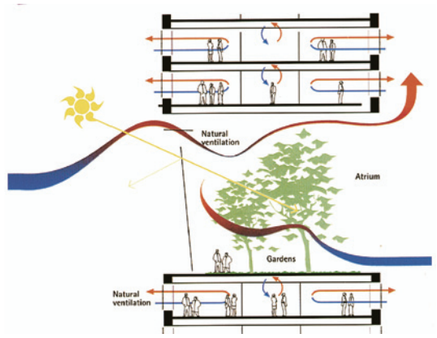
El edificio del Commerzbank en Frankfurt cuenta con un patio central y sectores ajardinados a diversas alturas que proporcionan ventilación y luz natural. Abajo, en verano las oficinas exteriores se ventilan naturalmente mediante ventanas en la cara interior de la doble fachada. Grandes ventanales en las pantallas acristaladas que cierran los jardines ventilan las oficinas interiores. Sólo en los días más calurosos es necesario sellar las ventanas y activar el sistema de aire acondicionado.

COMMERZBANK

COMMERZBANK, FRANKFURT

FOSTER AND PARTNERS, 1997

La climatización se basa en la ventilación natural a través del atrio. Se minimiza el gasto en iluminación mediante ventanas con sistemas eficaces de control solar y lumínico, favorecido por el reducido fondo de las oficinas.



Aura Light

Erco

Lámpara	A Lámpara estándar	QT Lámpara halógena	HIT Lámpara de alta presión	T/TC Lámpara fluorescente	LED Diodo luminoso
Eficacia luminosa lm/W	15	22-25	92	87-94	62-77
Clase de eficiencia energética	E	B-D	A	A	A

La sustitución de lámparas incandescentes o halógenas por lámparas fluorescentes o leds es el primer paso en la estrategia de ahorro en iluminación. En la imagen, lámparas fluorescentes compactas con elevado rendimiento lumínico y bajo consumo energético.

Las lámparas incandescentes y halógenas tienen una escasa eficacia luminosa, y en consecuencia, una baja clasificación en eficiencia energética.

E. Rodríguez-Ferrer

Las instalaciones se deben plantear en función de las características del edificio, como orientación, factor de forma, aislamiento, inercia térmica o ventilación natural. Edificio de viviendas Pau Clarís, Barcelona. Equip Arquitectura Pich-Aguilera, 2003. Arriba, fachada suroeste. La galería actúa como amortiguador climático. Debajo, esquema de flujo energético estival diurno. Los vientos dominantes se canalizan en planta baja hasta el patio central del edificio introduciendo un flujo de aire fresco en el edificio.

En cualquier caso, el dato fundamental a obtener es el consumo del edificio en kWh/m^2 año debido a las instalaciones de agua caliente sanitaria y climatización –frío y calor–, que se traducirá a emisiones de CO_2 multiplicando el consumo por un coeficiente que varía en función del tipo de energía primaria empleado y de la producción propia del edificio.

La iluminación natural y artificial son datos a introducir en los programas de calificación europeos pero no afectan al cálculo de consumos, al menos en vivienda.

Minimización del consumo de las instalaciones

Para conseguir la deseable optimización es necesaria una revisión de las maneras típicas de afrontar el tema. Es muy común hacer un planteamiento totalmente convencional de las instalaciones para luego darle un cierto carácter de sostenibilidad al edificio mediante la adición de los sistemas solares –fotovoltaico y térmico– que prescribe el CTE. También entiendo que la división clásica en sistemas pasivos y activos ya no recoge todas las posibilidades actuales en las que las fronteras entre elementos constructivos e instalaciones van desapareciendo. Creo que debemos recuperar la necesaria visión integral.

Las instalaciones se deben plantear en función de características concretas del edificio como son orientación, factor de forma, aislamiento e inercia térmicos, infiltraciones de aire, posibilidad de ventilación natural, características de los materiales, sistemas estructurales y constructivos, etc. Unas determinarán la demanda energética del edificio y otras podrán ayudar a decidir y mejorar el tipo y rendimiento de las instalaciones.

Existe un amplio abanico de opciones de optimización, y lo fundamental consiste en incorporarlas con naturalidad a nuestra arquitectura. Capítulo aparte será la optimización de los edificios existentes, en los que –siendo mejorables– no es posible utilizar con facilidad alguna de las opciones más interesantes para edificios de nueva planta sin entrar en procesos muy costosos.

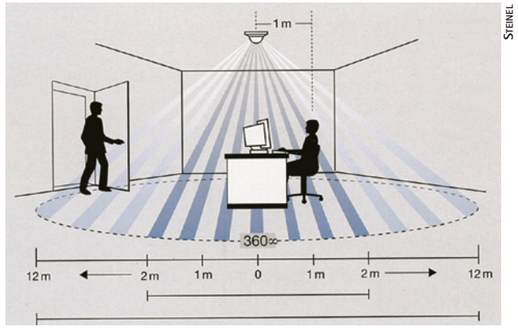
Se analizan a continuación las optimizaciones más fáciles de conseguir, como son las de iluminación artificial y consumo de agua. Posteriormente se recorren las auténticas optimizaciones energéticas.

Iluminación artificial

La estrategia de ahorro en iluminación es evidente y fácil de resolver desde un punto de vista técnico; se trata de sustituir las lámparas incandescentes o halógenas por lámparas fluorescentes –lineales, circulares o compactas– o lámparas led. El único aspecto a mejorar o a matizar mediante filtros es la temperatura de color de las lámparas de menor consumo. En ese sentido la mejora de las lámparas basadas en leds es constante.

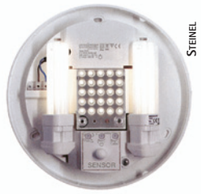
Steinel

Steinel



A la izquierda, corredor provisto de luminarias con sensor de presencia. Debajo, el interior de la luminaria muestra el control de presencia que se oculta bajo el difusor.

Steinel



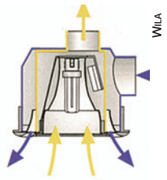
El sistema de control de iluminación regula el nivel de iluminación de las lámparas en función del nivel de iluminación natural y de la presencia o ausencia de ocupantes.

Como es fácil de calcular, con un rendimiento lm/W medio y para los mismos niveles luminosos, el ahorro energético conseguido por emplear fluorescentes o led es del 77% aproximadamente si la comparación es con incandescencia clásica, y del 67% si es con halógena. En el caso de edificios de oficinas el ahorro por empleo de lámparas eficientes puede ser muy alto, ya que se estima que la iluminación artificial supone el 35% del consumo energético total del edificio.

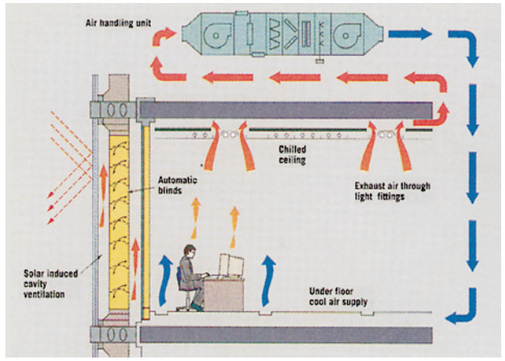
Otra manera de optimizar consumos en este tipo de edificios es la implantación de sistemas de control de iluminación. Uno de los más extendidos es el DALI (Digital Addressable Lighting Interface), que permite realizar de un modo sencillo cambios de configuración de encendidos y niveles de iluminación así como un control de la vida de las lámparas, etc. No debemos olvidar que en estos edificios la optimización de la iluminación natural –dimensiones y proporción de huecos, fondo de la edificación, sistemas de reflexión, etc.– supone un ahorro adicional importantísimo.

Independientemente del rendimiento luminoso de lámparas y luminarias, la emisión de calor es un aspecto importante, ya que en invierno las lámparas incandescentes ayudan a calentar los edificios –aunque con una energía eléctrica cara– pero en verano suponen una gran carga para la climatización.

Wila



Luminaria con recuperación de calor mediante rejillas de impulsión y retorno de aire acondicionado.



A la derecha, esquema de ventilación, calefacción y refrigeración de oficina con extracción de aire a través de las luminarias. Edificio Helicon en Londres. Sheppard Robson, 1996.

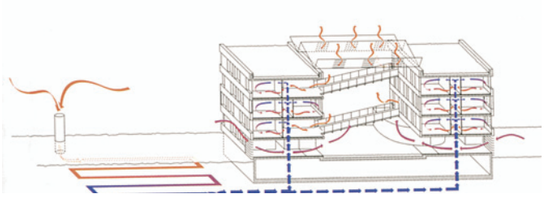
La Foret

A la derecha y abajo, sistema de captación y transmisión de luz natural por fibra óptica.

Abajo a la derecha, heliostatos con seguidor solar que introducen luz natural en el interior de los edificios.

Colt

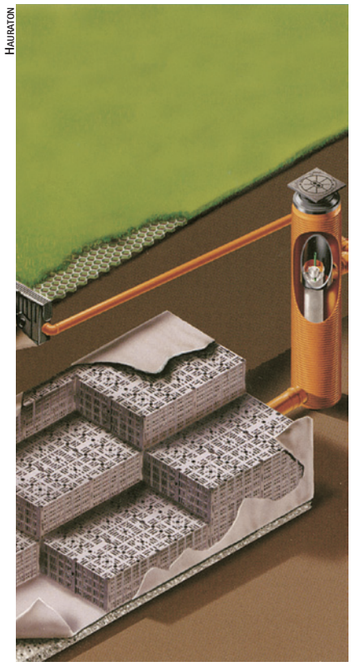
Ministerio de Medio Ambiente en Dessau, Alemania. Sauerbruch Hutton, 2005. La cubierta acristalada del gran atrio central posibilita el control climático y la ventilación mediante paneles practicables. Un extenso intercambiador de calor geotérmico ayuda a enfriar o calentar el aire introducido en el edificio.



R. P. Buse

Graf

Haubaton



Los depósitos de acumulación de agua de lluvia permiten utilizarla, tras filtrado y bombeo, en cisternas, lavadoras y riego.

Sistema de infiltración para el drenaje o almacenamiento de aguas pluviales.

Consumo de agua en los edificios y su entorno

Algunas de las medidas de optimización más comunes son:

-Minimizar el consumo de los aparatos sanitarios utilizando inodoros de bajo consumo y griferías que incorporan perlizadores y consiguen la misma eficacia de lavado con caudales y consumos muy inferiores.

-Reutilización de aguas grises procedentes de lavabos, duchas y bañeras para, previo filtrado, alimentar las cisternas de los inodoros.

-Captación del agua de pluviales de las cubiertas y zonas exteriores pavimentadas almacenándola en aljibes y empleándola –si no se depura convenientemente– para consumos en los que no se necesite agua potable.

-Jardinería resuelta con especies autóctonas o de climas muy similares que están aclimatadas a la pluviometría local y por tanto demandan una cantidad de agua proporcionada.

-En algunos casos, depuración de aguas negras para su reutilización en riego.

La segunda medida requiere una inversión adicional en instalaciones de fontanería, ya que se duplica el sistema de recogida de agua y el de alimentación de agua fría, y aparece la necesidad de montar depósitos y grupos de presión. La captación de pluviales requiere redes separativas, aljibes de almacenamiento y grupos de presión.

Climatización y ACS

Si estudiamos los ejemplos más recientes e interesantes de optimización de consumos en climatización, veremos que se basan en dos conceptos fundamentales al margen de las instalaciones propiamente dichas: la ventilación natural controlada y la inercia térmica.

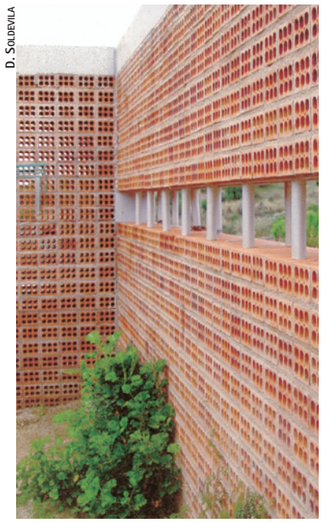
Ventilación natural

Este mecanismo clásico de todos los edificios con ventanas practicables se ha recuperado en los edificios más tecnificados climatizándolos gran parte del año con aire tomado del exterior, incorporándolo sin aporte energético a los sistemas mecánicos típicos con unidades de tratamiento de aire (UTA) con recuperadores de calor, conductos y ventiladores. Es lo que se conoce genéricamente como *free-cooling*. Los esquemas de circulación de aire pueden ser muy variados en función de la configuración del edificio: por conductos, por efecto atrio, etc. En climas como el de Madrid, la ventilación natural controlada puede ser suficiente para el 70% de los días.

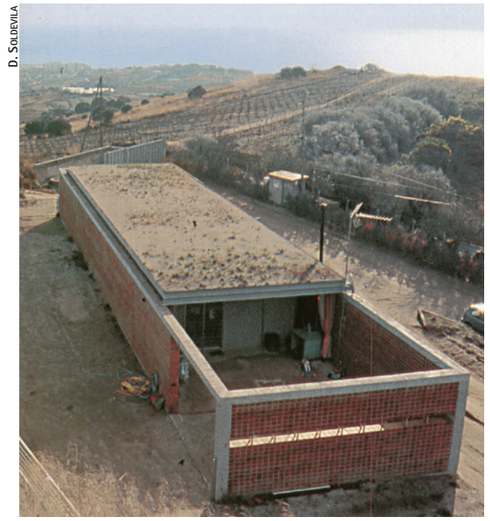
Inercia térmica

Este es uno de los aspectos más controvertidos. La discusión, desde un punto de vista arquitectónico, se centra entre construcción ligera o pesada. Creo que hay que separar los temas. Es claro que para optimizar el consumo de energía es conveniente

D. Soldevila



D. Soldevila



Vivienda en Alella (Barcelona) con cerramiento exterior transpirable de ladrillo perforado y cubierta de tierra y arena compactada. Alfons Soldevila, 2003.

jugar con los ciclos diarios y estacionales. Para conseguirlo se necesita inercia en general, bien sea térmica, de la red de abastecimiento, etc.

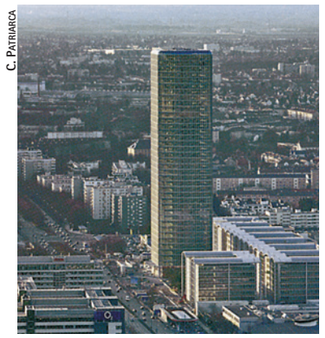
En el caso de la inercia térmica, se entiende que un modo simple de conseguirla es construir con materiales densos y con un calor específico elevado. Si esos materiales –ladrillo, hormigón, piedra, etc.– están aislados por su cara exterior, tienen la capacidad de acumular calor o frío y mantener una temperatura bastante constante en el interior del edificio. Para conseguir alcanzar la temperatura de confort hay que aportar o quitar calor a los materiales, bien por soleamiento o enfriamiento nocturno, o mediante sistemas convencionales de instalaciones de climatización –radiadores, suelo radiante, fan-coils, UTA–.

Para conseguir una temperatura de equilibrio entre el aire interior y la cara interior de la envolvente es necesario un importante aporte de energía inicial, ya que hay que calentar o enfriar todo ese material. Una vez conseguidas las condiciones de confort se mantienen con un aporte de energía muy pequeño. En principio estas soluciones son adecuadas cuando el horario de uso del edificio es de 24 horas al día y su ocupación es alta.

Esta ha sido la manera clásica de entender y utilizar la inercia térmica. Tiene el inconveniente de que los tiempos de reacción son lentos, y en

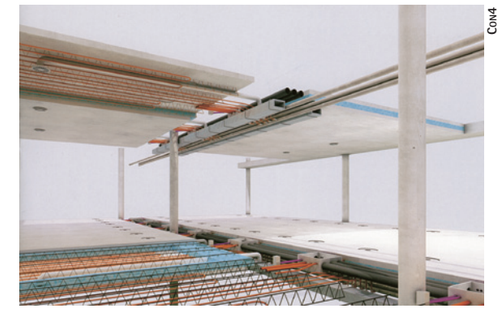
Torre de oficinas en Múnich. Ingenhoven Architekten, 2000. La fachada de vidrio está provista de elementos circulares de ventilación operables de forma automatizada o manual.

C. Patriarca

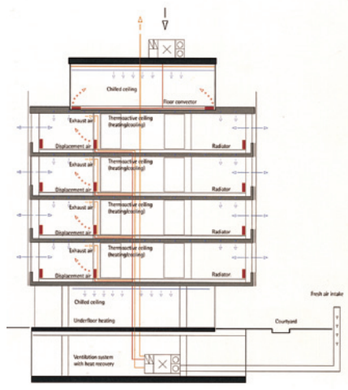


C. Patriarca

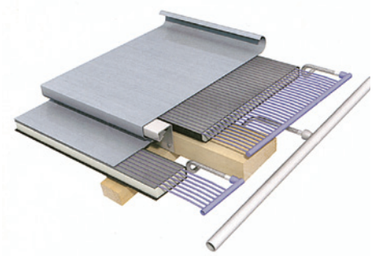
Con4



A la izquierda, sistema constructivo de losas prefabricadas de hormigón con forjado radiante incorporado. Debajo, el edificio del Hypothekenbank en Múnich (Lanz Architekten, 2002) utiliza forjados termoactivos por los que circula agua fría o caliente. La calefacción se refuerza con radiadores murales. Tiene ventilación natural y mecánica suministrada a través de una conducción subterránea.



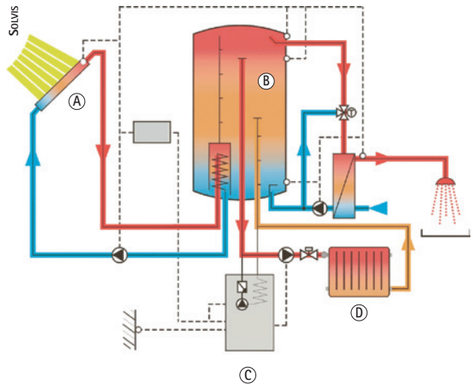
Rheinzinc



Izquierda y derecha, cubierta de bandejas de zinc que incorpora captadores térmicos

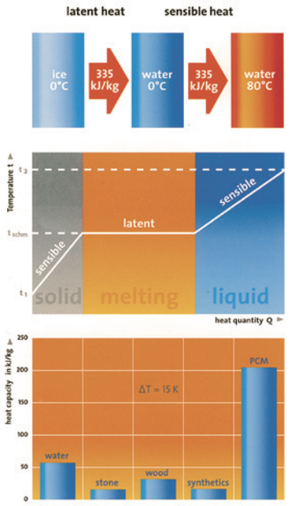
Rheinzinc

Solvis



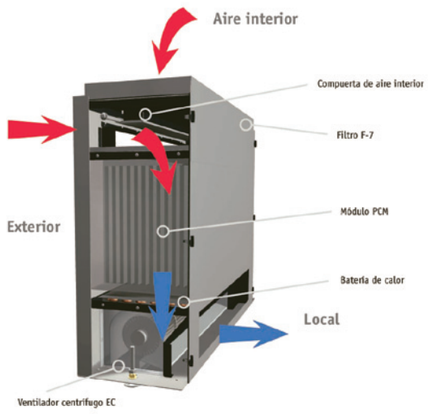
Esquema de instalación doméstica de energía solar térmica.
A- Captador solar.
B- Acumulador de estratificación.
C- Caldera o bomba de calor.
D- Radiador.

Emco



De arriba a abajo, ejemplo de demanda energética durante el cambio de fase del agua; almacenamiento de calor latente durante el cambio de fase; capacidad de almacenamiento de calor en distintos materiales; unidad de ventilación que incorpora un módulo PCM para el almacenamiento de calor. Esquema de funcionamiento diurno en verano.

Trox



el caso de calefacción es muy común el sobrecalentamiento de las viviendas, sobre todo en el medio urbano. La otra opción es que esa inercia esté fuera del edificio –terreno, elementos de cimentación, aljibes de agua aislados térmicamente, etc.– o bien en materiales de cambio de fase.

Geles o materiales de cambio de fase (MCF o PCM). Son ceras y parafinas que tienen la capacidad de absorber y emitir energía térmica sin alterar su temperatura. Este fenómeno se produce en los cambios de estado de líquido a sólido, o al contrario, y se basa en el calor latente de cambio de fase. Son materiales que se pueden diseñar para que el cambio de fase se produzca a una determinada temperatura, que en nuestro caso será próxima a la de confort (23 °C).

Aunque la comercialización de estos materiales es incipiente, al encontrarse todavía en proceso de experimentación y desarrollo, todo apunta a que supondrán una opción interesante para conseguir la misma inercia térmica que los materiales pesados tradicionales con la sexta parte de su peso y con mejores condiciones de transferencia energética. La posibilidad de su montaje en seco, ya que se envasan en recipientes de fácil manejo, los hace especialmente indicados para ser incorporados en sistemas constructivos ligeros e industrializados. Permiten acumular calor o frío gratis para recuperarlo en el momento más adecuado. Naturalmente, el empleo de estos sistemas requiere de diseños arquitectónicos con buena captación solar invernal y de elementos constructivos como cámaras aisladas –suelos elevados en donde alojar el MCF– con sistemas de ventilación controlable y variable entre cámara/aire exterior y cámara/aire interior.

Energía solar

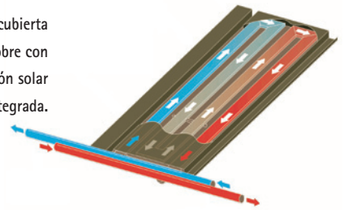
Desde un punto de vista político, la energía solar –en todas sus variantes– resulta muy vendible. La visión de los paneles solares fotovoltaicos de los satélites y estaciones espaciales es símbolo de alta tecnología y pesa mucho en el imaginario popular.

En una primera lectura las cifras son incontestables. En España la radiación solar media es de 1.000 kWh/m^2 año. Si consideramos una vivienda de dos plantas (0,5 m^2 cubierta/m^2 construido), situada en Galicia, bien proporcionada, aislada y orientada, y con un consumo de 80 kWh/m^2 año, deberíamos poder cubrir sus necesidades con un aprovechamiento de sólo un 10% de la radiación solar que incide sobre la cubierta.

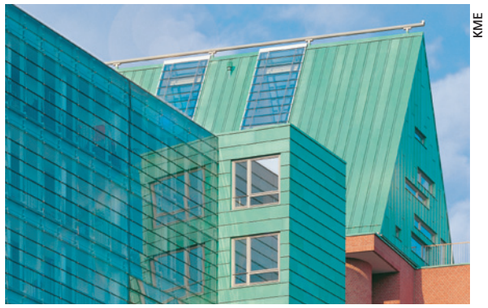
De todas las formas de energía solar –térmica, fotovoltaica y electrotérmica– sólo las dos primeras son interesantes como sistemas activos en los edificios. La tercera necesita grandes superficies de espejos concentradores y su campo es la producción de electricidad a gran escala.

Sistema de cubierta de cobre con captación solar térmica integrada.

KME

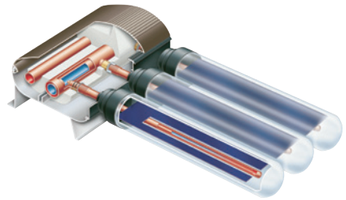


KME

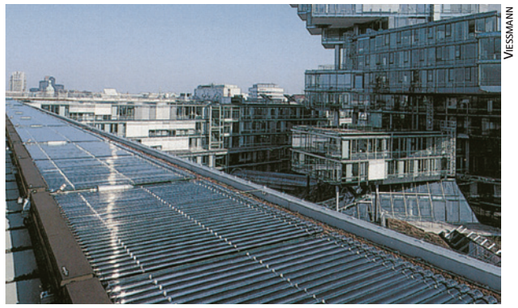


Colectores de tubos de vacío indicados para instalaciones con largos periodos de elevada irradiación solar sin evacuación de calor. Abajo, instalación de tubos de vacío sobre cubierta plana. Norddeutsche Landesbank, Hannover. Behnisch Architekten, 2002.

Viessmann



Viessmann

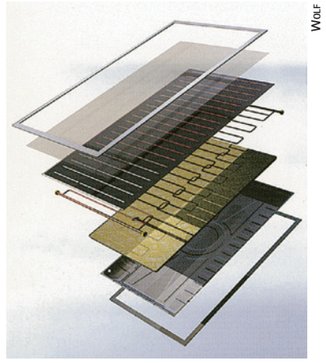


Térmica

Es la solución más extendida y se basa en aprovechar el efecto invernadero para calentar un fluido. Existen básicamente dos tipos de paneles. Los primeros constan de aislamiento térmico por su cara trasera, circuito por el que circula el fluido, normalmente formado por dos chapas estampadas, soldadas y pintadas de negro, y vidrio transparente por la cara expuesta para conseguir el efecto invernadero. En el otro tipo, más sofisticado, el fluido circula por tubos pintados de negro que se alojan en el eje de un tubo de vidrio en el que se ha hecho el vacío. Este tipo de paneles consigue mejores rendimientos al tener menores pérdidas térmicas en invierno y un mejor aprovechamiento de la radiación difusa. En cualquier caso, estamos hablando de un rendimiento medio para España de unos 650 kWh/m^2 año.

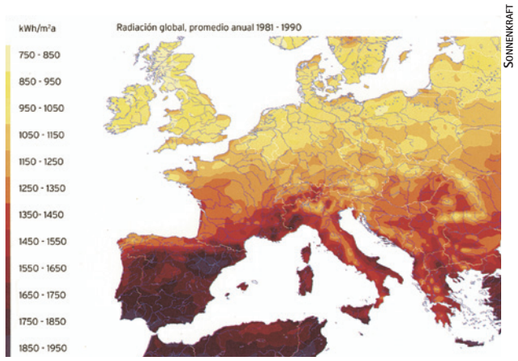
Habitualmente estos paneles se utilizan para la producción de ACS y en algunos casos para calefacción de baja temperatura. En realidad el CTE (Código Técnico de la Edificación) propone una utilización de la energía solar térmica limitada a la producción de ACS o a la climatización de piscinas cubiertas. En el caso del ACS, el CTE fija una producción del 70% de la demanda para que en el verano no se produzca un superávit dimensionar los paneles para producir el 100% de ACS y calefacción requerida en invierno y evitar el recalentamiento excesivo de los colectores en verano.

Wolf



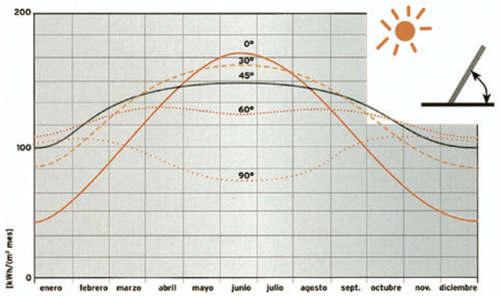
Componentes de un colector solar térmico. De arriba a abajo, marco de aluminio, vidrio templado de alta transmisión de luz, junta de estanqueidad de EPDM, absorbedor de cobre formado por un circuito soldado a un recubrimiento selectivo, aislamiento térmico, y base de aluminio termoformado.

Sonnenkraft



Arriba derecha, radiación solar media en Europa. Los altos niveles de la Península Ibérica facilitan su aprovechamiento energético en edificación. Debajo, relación entre ganancia energética y pendiente del captador. En general, la inclinación del captador será de 5° respecto a la latitud solar.

Sonnenkraft



Sonnenkraft

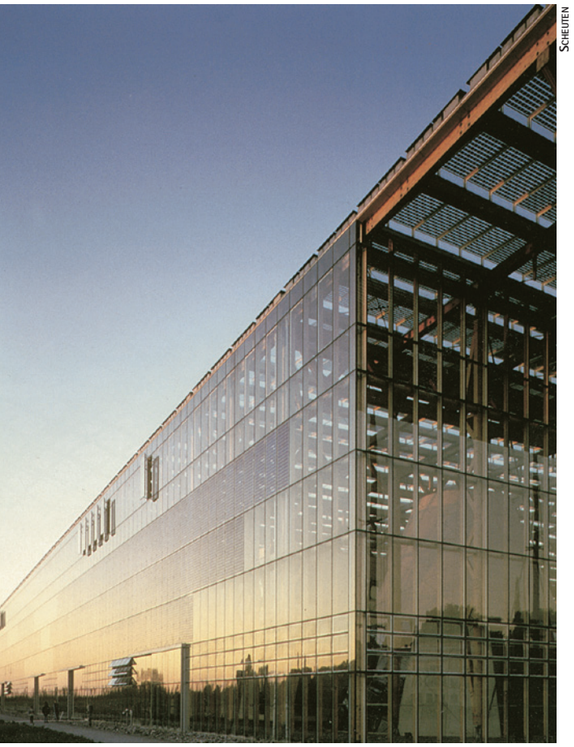
Cubierta inclinada provista de colectores solares de gran dimensión. Utilizando máquinas de absorción para producir frío en verano, es posible

Scheuten

Una instalación fotovoltaica puede plantearse conectada a la red, vendiendo a ésta la energía que produce, o bien para autoconsumo cuando está aislada.

Instalación de paneles fotovoltaicos con células de silicio policristalino en la cubierta del aeropuerto de Múnich.

Arriba, paneles fotovoltaicos semitransparentes fabricados con células de silicio separadas entre sí y encapsuladas entre dos placas de vidrio. Se instalan sobre sistemas convencionales de perfilería para fachada o cubierta. Abajo, instalación fotovoltaica de grandes dimensiones realizada con módulos semitransparentes en fachada y cubierta. Academia Mont-Cenis en Herne (Alemania). Jourda y Perraudin, 1999.



Scheuten

excesivo, que el mencionado código fija en el 110% de la demanda. La razón es que para que los paneles no se deterioren hay que evitar un recalentamiento excesivo, disipando el calor sobrante mediante aerotermos –lanzando el calor a la atmósfera– o bien tapando los paneles.

Existe un planteamiento distinto que consiste en dimensionar la superficie de paneles para cubrir no sólo el 100% del ACS en invierno, sino para cubrir o disminuir el gasto de calefacción. El ideal en este caso será una calefacción basada en saltos térmicos pequeños con grandes superficies de intercambio –suelos o paredes radiantes– a temperaturas que oscilan entre 30 y 40 °C.

El sobrante de fluido caliente en verano puede utilizarse para producir frío mediante máquinas de absorción. Esta opción siempre será interesante, ya que el calor necesario para producir frío es gratis. Las máquinas de aire acondicionado por absorción funcionan aportándoles calor a temperaturas de 80-85 °C, fáciles de obtener durante las horas centrales de un día caluroso de verano. Existen máquinas de efecto simple –amoniaco/agua– , doble –agua/bromuro de litio– y hasta triple. Su rendimiento (COP) es bajo y varía entre 0,6 y 1,3 en función de que sea de efecto simple, doble o triple.

El interés de este sistema es evidente en un país como España en el que las necesidades de refrigeración van en aumento. Esta solución es especialmente adecuada para zonas con mucho soleamiento, temperaturas no excesivamente altas y humedad relativa elevada. En estas circunstancias se consigue con facilidad estar en la zona de confort –recordar las curvas de temperatura y humedad relativa– con una pequeña bajada de temperatura, y sobre todo con la eliminación del exceso de humedad. Para conseguirlo no son necesarias máquinas de gran potencia frigorífica.

Fotovoltaica

Existen tres tipos de células fotovoltaicas basadas en el silicio y ordenadas de mayor a menor rendimiento: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo. La realidad es que el precio del kW instalado es prácticamente el mismo en las tres opciones, variando el requerimiento de superficie para producir la misma cantidad de energía, así como las opciones de integración en la arquitectura. En ese sentido, el silicio amorfo –si se dispone de mucha superficie– ofrece soluciones integradas en bandejas de aluminio para cubiertas, membranas de impermeabilización, etc.

En el caso de España, con paneles de buen rendimiento, los especialistas calculan una producción media de energía eléctrica de entre 180 y 273 kWh/m^2 año para las instalaciones dotadas con sistema de seguimiento de la trayectoria del sol y en función de la zona geográfica y la radiación solar recibida. Estaríamos en aprovechamientos situados entre el 12,5 y el 17% de la radiación solar recibida sobre 1 m^2 de suelo. Con estos cálculos básicos se demuestra que es posible cubrir la demanda energética. La realidad es algo más compleja, ya que los momentos de máxima demanda no son los de máxima producción.

Es el tema recurrente cuando se trata de energías renovables: ¿cómo resolver el desfase entre demanda y producción, en definitiva, entre ciclos diarios y estacionales? Aquí es donde aparecen los conceptos de inercia del sistema, escala, centralización, etc., que serán determinantes a la hora de tomar decisiones. La energía eléctrica fotovoltaica es un buen ejemplo de todo esto.

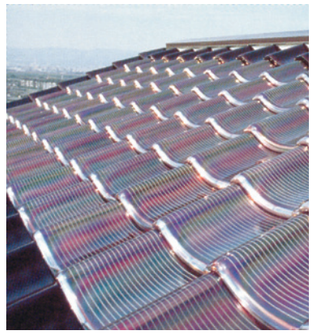
Una instalación fotovoltaica puede plantearse conectada a la red o como un sistema aislado. En el primer caso es posible producir tanta energía como superficie disponible haya para paneles, ya que la red actúa como gran regulador –con gran inercia– y en realidad el usuario no consume directamente la energía que produce, sino que la vende y compra a la red. En el segundo sistema, aislado, la capacidad de producción irá asociada a la de acumulación. La energía disponible será menor, salvo que se asuman grandes inversiones en acumuladores eléctricos.

Saint-Gobain Solar

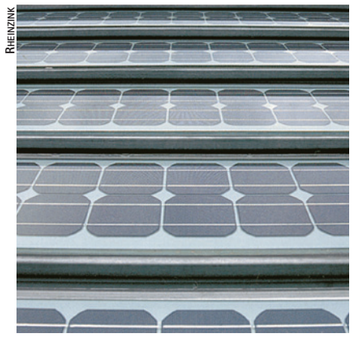
Cubierta de tejas fotovoltaicas solapadas y unidas por juntas de estanqueidad.

Sytaic

Faldón con revestimiento de placas fotovoltaicas con uniones estancas. En la cara norte, revestida con placas decorativas, podrían colocarse paneles fotovoltaicos de capa fina.



Cubierta revestida con tejas curvas fotovoltaicas.

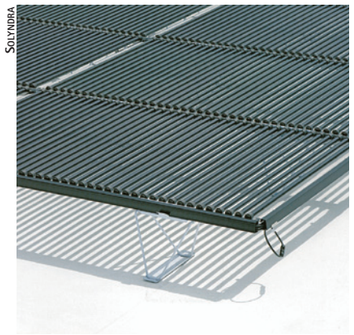


Rheinzink

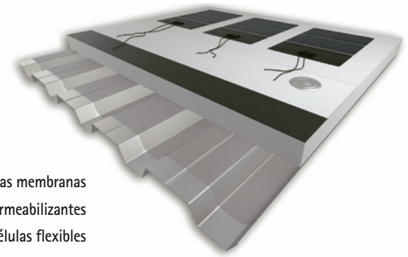
Bandejas metálicas de cubierta con módulos fotovoltaicos de silicio cristalino.

Sistema fotovoltaico para cubierta plana formado por tubos revestidos con células de capa fina. Aprovecha tanto la luz directa como la indirecta.

Solyndra



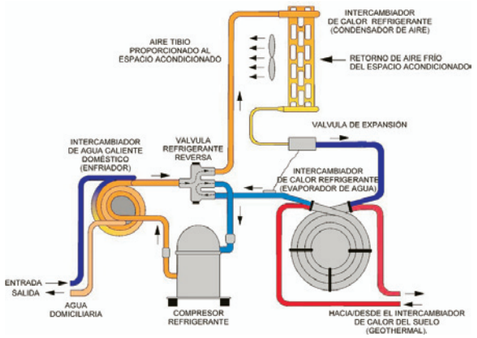
Solyndra

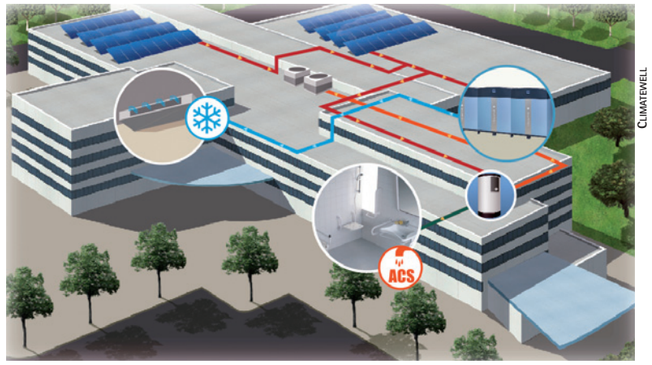


Giscosa

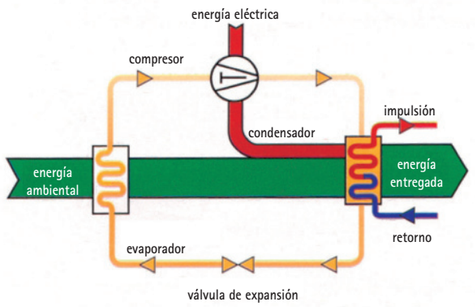
Las membranas impermeabilizantes con células flexibles de silicio proporcionan soluciones fotovoltaicas con peso y carga de viento muy reducidos y adaptables a la forma de la cubierta.

Sika

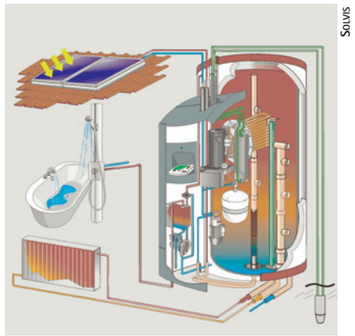




Climatewell



A la izquierda, arriba, esquema de bomba de calor con condensación por aire y apoyo de un intercambiador de calor geotérmico. Debajo, principio de la bomba de calor. El exceso de calor recogido por los captadores térmicos puede utilizarse para producir frío mediante máquinas de absorción. Esquema de aplicación en edificio de oficinas, con producción simultánea de calor y frío.



Solvis

Caldera de gas o gasóleo con acumulador. Está conectada a colectores solares térmicos y a un sistema de captación de energía geotérmica.

Weishaupt

Instalación de calefacción y refrigeración mediante bomba de calor salmuera-agua con colector geotérmico.

El juicio de los expertos es a favor de la térmica, con rendimientos anuales muy superiores a la fotovoltaica y menor coste de implantación, aunque no debemos perder de vista que la térmica nos resuelve "únicamente" calor y frío, y la fotovoltaica produce directamente un tipo de energía mucho más versátil como es la eléctrica.

Bombas de calor

Las bombas de calor son reversibles, por lo que podremos utilizarlas para refrigerar en verano y para calefactar en invierno. El rendimiento de una bomba de calor varía en función del sistema elegido para condensar el gas –aire o agua– y de si la estamos utilizando para producir frío o calor. Los coeficientes COP (Coefficient of Performance) y EER (Energy Efficiency Ratio) nos indican la relación entre kW de entrada y de salida y entre kWh eléctrico consumido y kWh térmico producido.

En el caso de condensación por aire tendremos el peor rendimiento tanto en frío como en calor, con el agravante del calentamiento del aire en verano en el entorno de las máquinas de condensación. Este sistema se ha implantado de un modo masivo durante los últimos años, ya que se adapta a muy diversas potencias, cubriendo demandas que van desde la climatización de una habitación –típica mochila exterior y split en el interior– a edificios completos. Por otra parte, la facilidad de instalación en edificios existentes y el miedo a la legionella han hecho el resto. En cualquier caso, y a pesar de su éxito, es importante resaltar que energéticamente es el peor de los sistemas y además contribuye a calentar aún más nuestras ciudades.

Si la condensación es por agua, una opción clásica es enfriarla mediante una torre de refrigeración en la que el agua se pulveriza haciendo pasar simultáneamente a través de la torre una corriente de aire, con lo que se consigue que parte del agua se evapore y se produzca el enfriamiento adiabático. Esta solución es la más eficiente energéticamente para producir frío, aunque en la actualidad existe una gran resistencia para su uso debido al riesgo de contaminación del aire circundante por legionella. No obstante, existen protocolos eficaces para el tratamiento del agua de las torres de refrigeración que evitan dicho riesgo de contaminación.

La otra opción para la condensación por agua es enfriarla haciéndola pasar por un circuito enterrado en el subsuelo –geotermia de baja temperatura–.

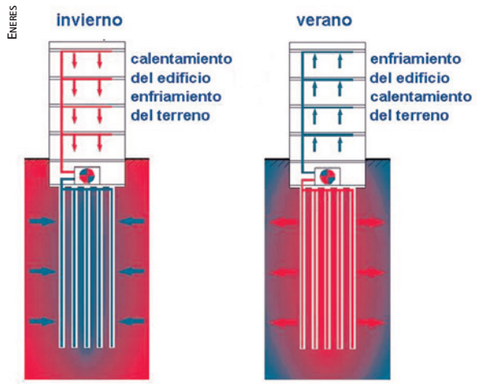
Las variantes son muchas y van desde la clásica bomba de calor que enfría o calienta agua que luego circulará por fan-coils, UTA, etc., a las instalaciones en las que circula gas refrigerante por todo el edificio y que han dado lugar a los sistemas VRV con los que es posible calefactar una zona del edificio y refrigerar otra simultáneamente. Esta posibilidad, que ha resuelto la problemática de edificios muy acristalados, no deja de ser paradójica: no parece razonable tener que enfriar y calentar un edificio simultáneamente.

En verano la bomba de calor enfría agua o directamente aire que se suministran a los distintos sistemas de distribución –fan-coils, unidades de tratamiento de aire, etc.–. En invierno la bomba calienta aire o agua, en un proceso de cesión de calor en el que el gas refrigerante se licua. El calor absorbido por el gas licuado para pasar de nuevo a estado gaseoso y continuar el ciclo, tendrá que ser aportado por aire exterior o por agua. Si el aire exterior está a una temperatura inferior a 5 °C, el rendimiento de la bomba de calor cae en picado, ya que el gas licuado permanece en estado líquido. Es aquí donde aparece la mayor virtud de la geotermia de baja temperatura, que consiste en la optimización del rendimiento de una bomba de calor en invierno al poner en contacto el gas licuado con agua que ha pasado por el subsuelo y llega a la máquina a temperaturas entre 12 y 16 °C.

Geotermia de baja temperatura. Pilotes térmicos. Elementos estructurales termoactivos

La geotermia de baja temperatura consiste en aprovechar la inercia térmica del terreno y su temperatura

Eneres

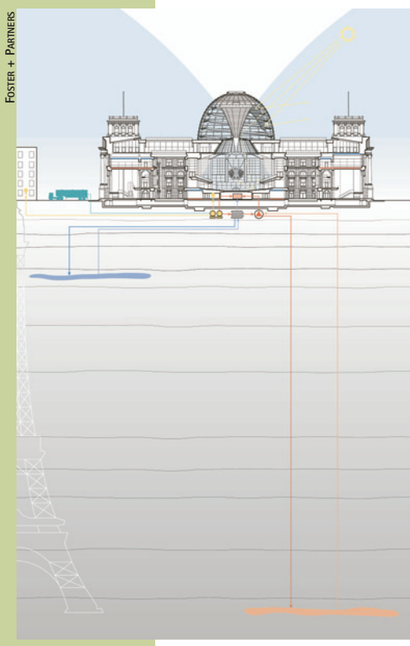


En países como España los sistemas geotérmicos se pueden utilizar para calefacción y refrigeración, enfriando el terreno en invierno y calentándolo en verano, lo que permite equilibrar los ciclos y mejorar el rendimiento de la bomba de calor.

D. Bank

La electricidad requerida por el Reichstag es generada por paneles fotovoltaicos en cubierta y por una planta de cogeneración por biodiésel que produce simultáneamente energía térmica. En verano, el excedente de agua caliente producido por la planta impulsa tres máquinas de refrigeración por absorción. En primavera y otoño el excedente se bombea a un acuífero subterráneo a una temperatura máxima de 60 °C, extrayéndose de nuevo en la temporada fría a 55 °C. El frío del invierno se almacena en agua subterránea mediante intercambiadores de calor y se recupera a principios de verano a 6 °C. Abajo, limpieza de paneles fotovoltaicos de vidrio semitransparente en cubierta. A la derecha, esquema del almacenamiento de agua fría y caliente en depósitos subterráneos.

Foster + Partners



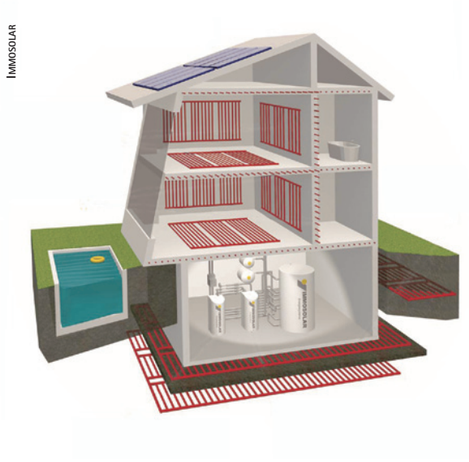
Scheiten

REICHSTAG, BERLÍN

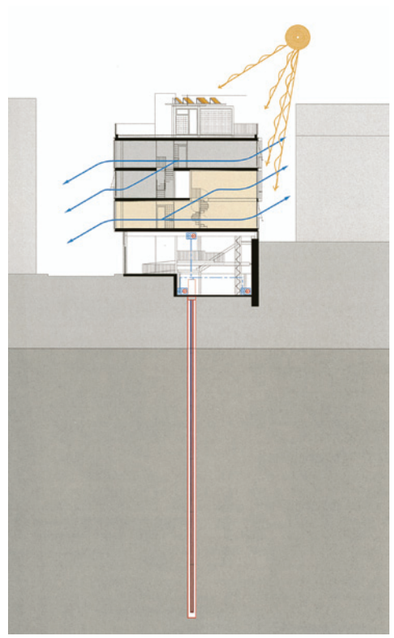
Foster and Partners, 1999

La energía primaria de calefacción se obtiene del calor producido por una planta de cogeneración eléctrica que utiliza biocombustibles. El calor sobrante se acumula en un acuífero a 300 m de profundidad. Este calor puede bombearse hacia arriba y utilizarse para calefactar o para refrigerar mediante máquinas de absorción. La luz natural se controla mediante un "escultor de luz" en la cúpula que evita el sobrecalentamiento del edificio así como el deslumbramiento. La producción de energía se completa con 300 m^2 de paneles fotovoltaicos. En conjunto, con todas las medidas descritas, se consigue una reducción de emisiones de CO_2 del 94 por ciento respecto a sistemas convencionales.

IMMOSOLAR



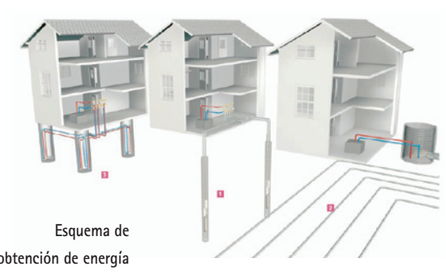
Sistema calefacción de alta eficiencia energética constituido por bomba de calor apoyada por colectores solares en cubierta y geotérmicos en cimentación y subsuelo, y por grandes superficies de intercambio –techos, suelos y forjados radiantes– en el interior.



Edificio de viviendas en el casco antiguo de Vilafranca del Penedès (Barcelona). Stem arquitectes, 2005. El edificio, situado entre medianeras, utiliza una bomba de calor con sonda geotérmica, así como colectores térmicos en cubierta.

ENERES

REHAU



Esquema de obtención de energía geotérmica mediante pilotes, sondas y colectores geotérmicos.

ENERES

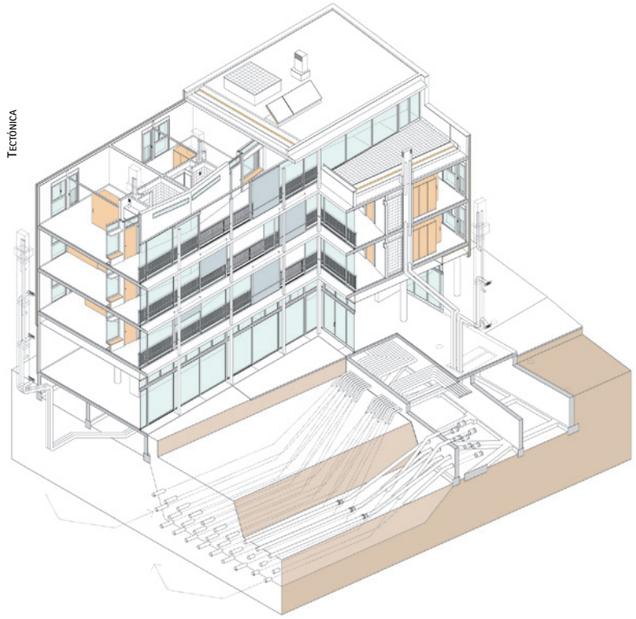
Arriba a la izquierda, red de colectores horizontales en una losa de cimentación termoactiva. A la derecha, armaduras para pilotes provistas de colectores geotérmicos.

constante –a 100 m está en un rango aproximado de 12 a 14 °C– para, mediante agua canalizada en tuberías de ida y retorno en circuito cerrado, aportar dicha energía haciendo circular directamente ese agua por los elementos constructivos del edificio o bien utilizándola para optimizar el rendimiento de una bomba de calor. Esta segunda opción es la más interesante, y consiste en poner en contacto los mencionados circuitos de agua a la temperatura del terreno con el foco caliente de la bomba de calor en verano y con el frío en invierno.

Los circuitos de intercambio con el terreno pueden estar alojados en pozos de hasta 100 m de profundidad, o bien estar dispuestos a baja profundidad –3 a 4 m– ocupando una gran superficie. Estas son las soluciones típicas de la geotermia de baja temperatura, existiendo una tercera opción consistente en incorporar los circuitos de intercambio con el terreno a elementos constructivos, como pilotes de cimentación –pilotes térmicos–, pantallas o soleras de fondo. La única diferencia entre un pilote térmico y uno convencional es el circuito de tubo continuo que se hormigona dentro del pilote.

Para determinar el aprovechamiento geotérmico de un subsuelo existe un Test de Respuesta Térmica (TRT), aunque es más fiable conocer las características geotécnicas

TECTÓNICA



Pisos tutelados en Palma de Mallorca. a4SC, 2004. A la izquierda, axonometría que muestra el sistema de tubos canadienses para refrigerar el aire. Los tubos enterrados están separados entre sí un metro tanto vertical como horizontalmente. El proyecto está publicado en Tectónica nº 28. *Energía (I) Fundamentos.*

del terreno, y más concretamente su conductividad, calor específico y contenido de agua, y si ésta es circulante o no.

Pensemos que un terreno rocoso o muy anegado tiene un calor específico y una conductividad superior a terrenos arenosos o arcillosos secos, y que a cada perforación de 100 m podremos conectar una bomba de calor de 5 a 6 kW térmicos (50 W/m).

Al aprovechar energéticamente el terreno alteramos su temperatura, enfriándolo en invierno y calentándolo en verano. Lo importante es equilibrar los ciclos de modo que la temperatura media no varíe o lo haga mínimamente respecto a las condiciones iniciales. Hay que tener en cuenta las servidumbres térmicas con los edificios colindantes, lo que limitará la potencia a instalar.

Otro aspecto importante es manejar el dato de que el rendimiento de las bombas de calor no es constante, ya que a medida que el terreno se va enfriando en invierno, el rendimiento de la bomba produciendo calor va disminuyendo. En verano, a medida que el terreno se va calentando, el rendimiento en la producción de frío también disminuye.

Los rendimientos máximos se dan en el cambio de ciclo. Al inicio del verano el subsuelo está en su momento más frío y aporta máximos rendimientos en refrigeración, lo contrario ocurre al inicio del invierno con un terreno a temperatura máxima con gran rendimiento en calefacción. Se habla de rendimientos máximos de 7 kW térmico/kW eléctrico y mínimos de 3,5; estaríamos en una media alrededor de 5 con pequeñas diferencias en los ciclos de producción de frío o calor.

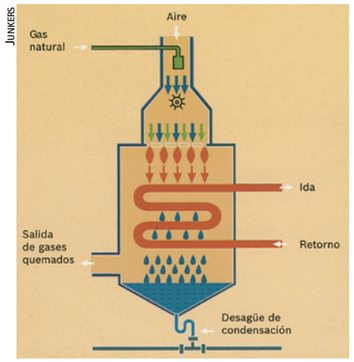
El truco está en desfasar la producción de frío y calor con su consumo para, utilizando máquinas de poca potencia que trabajan mucho tiempo, alcanzar las condiciones de confort óptimas mediante el empleo del frío o calor acumulado aprovechando tanto el terreno y su temperatura muy estable, como la estructura del edificio si ésta tiene suficiente inercia térmica.

Calderas

En el caso de utilizar gas como combustible, una caldera de condensación con quemador modulante consigue ahorros del 30% de combustible en relación con una caldera convencional de gas.

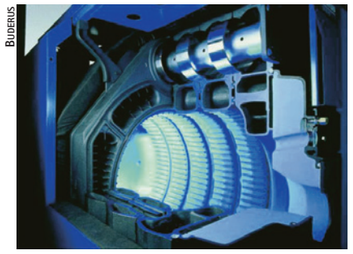
Si hablamos de gasóleo, los quemadores modulantes consiguen ahorros similares. Las calderas eléctricas están bastante optimizadas, aunque difícilmente pueden competir con una bomba de calor con un buen rendimiento en producción de calor. Existen calderas que utilizan biomasa como combustible, son voluminosas y con un uso y mantenimiento engorrosos en comparación con las de gas o gasóleo. Todas, menos las eléctricas, emiten CO_2.

JUNKERS

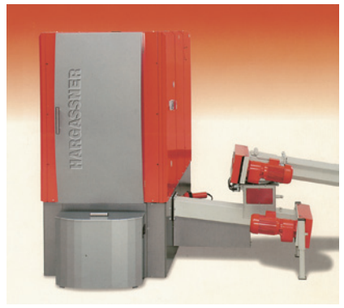


Esquema de funcionamiento del sistema de condensación, que recupera la energía contenida en el vapor de agua presente en los gases de combustión.

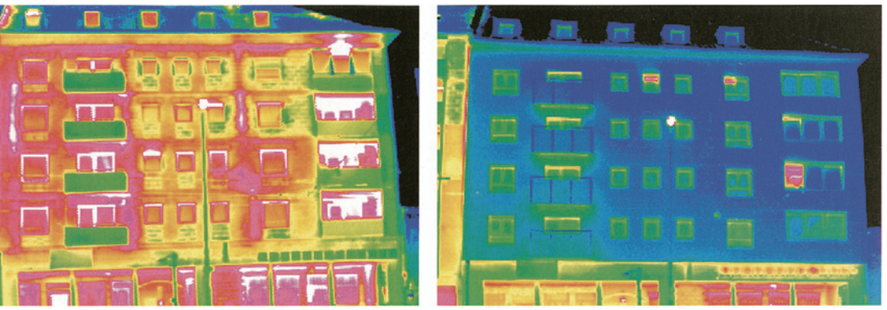
BUDERUS



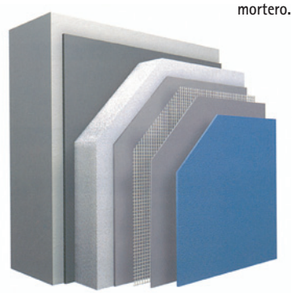
Sección de caldera de fundición con tecnología de condensación.



Caldera de biomasa con sistema de carga automático de pellets mediante tornillo sin fin.

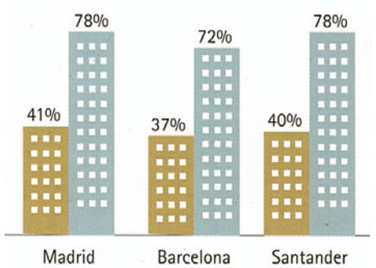


La imagen termográfica de un edificio de viviendas antes y después de la incorporación de aislamiento térmico en muros y ventanas muestra la gran influencia de estas medidas en el ahorro energético.



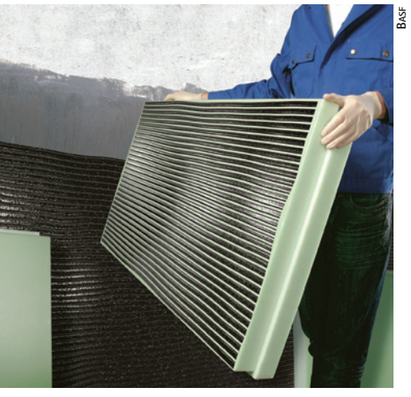
Solución de revestimiento continuo aislante que puede utilizarse en rehabilitación. Incorpora placas de EPS fijadas al soporte y un acabado de mortero.

Sto



A la izquierda arriba, ahorro energético alcanzable en los edificios de vivienda existentes con sistemas pasivos (mejora del aislamiento térmico de fachadas, cubiertas y ventanas –en verde–, y pasivos más activos (inclusión de energía solar térmica, calentadores de gas para ACS y bomba de calor de alta eficiencia para calefacción –en azul–). Fuente: Fundación Entorno, 2009. En el centro, aislamiento térmico interior de paja confinada por montantes de madera, y abajo, de placas de poliestireno extruido fijadas con adhesivo.

Strohhaus



Basf

Rehabilitación energética de edificios existentes

Parece fácil, a la vista de la gran variedad de opciones posibles, pensar en arquitecturas futuras energéticamente eficientes, pero ¿qué hacemos con todo lo construido en países con un gran parque inmobiliario ineficiente? ¿Asumimos que tendremos que arrastrar un lastre energético enorme o actuamos en consecuencia?

Pensemos que en España la construcción de nuevas viviendas difícilmente alcanzará las cifras de los últimos años, por tanto la actuación prioritaria debería ser cómo mejorar lo ya existente.

Para acometer esa reducción de demanda energética, la primera operación a realizar será la mejora de la envolvente del edificio en los aspectos de aislamiento térmico y estanqueidad al aire.

En una rehabilitación "sencilla" –sin construcción de nuevos sótanos e intervenciones similares– la primera actuación será la sustitución o mejora de las carpinterías existentes, procurando no alterar escuadrías y texturas si el edificio lo amerita, y el cambio de vidrios si los existentes son sencillos, o dobles con bajas prestaciones. Por supuesto los elementos de control solar –persianas, lamas, toldos, etc.– siempre serán bienvenidos.

La mejora del acristalamiento es esencial, hay que recordar que un vidrio sencillo de 5 mm tiene un valor U de 5,8 W/m^2 °K y un doble acristalamiento puede tener un U entre 1,5 y 0,9 W/m^2 °K en función del espesor de la cámara, el tratamiento bajo emisivo que se aplique y el tipo de gas –aire, argón, xenón o criptón– que rellene la cámara.

Los elementos de fachada ciegos deberían tener un tratamiento específico según tipología y materiales. Para aprovechar hacia el interior la inercia térmica, es evidente que la mejor opción, no siempre posible, es aislar por el exterior. Si los muros de cerramiento tienen cámaras con un aislamiento deficiente y no es posible actuar por el exterior, podremos mejorarlo rellenándolas con granulados o espumas aislantes. De este modo se aprovecha parte de la inercia térmica del cerramiento.

La peor opción, siempre posible perdiendo algo de espacio, consiste en doblar hacia el interior con aislamiento térmico y placa de cartón yeso o similar, utilizando una de las múltiples patentes existentes. Con esta solución el cerramiento no aporta inercia térmica, aunque no alteramos la estética del edificio.

En cubierta, las actuaciones más eficaces pasan por mejorar el aislamiento y cortar el paso del calor mediante cámaras ventiladas situadas entre el aislamiento y el material de cobertura, o recurriendo a la inercia y buen comportamiento de una cubierta ajardinada.

Otro aspecto previo será el de la estructura horizontal. Si es necesario su refuerzo o sustitución, podemos estudiar soluciones que incorporen elementos con inercia térmica, como capas de compresión o losas de hormigón, y con la capacidad de albergar instalaciones de climatización como suelos radiantes, etc.

Las opciones son múltiples, lo importante es buscar una solución equilibrada que consiga la inercia térmica adecuada al uso del edificio y no destruya sus valores arquitectónicos. Una vez reducida la demanda energética en lo posible, es el momento de mejorar el rendimiento de las instalaciones. Comencemos por las de calefacción.

Si el edificio dispone de un sistema clásico de caldera central y radiadores, se puede mejorar mucho el rendimiento cambiando caldera y quemadores por modelos con mejor rendimiento.

En cuanto a los ahorros de combustible posibles, puedo certificar que en el edificio en el que vivo, construido en los primeros años setenta, se ha conseguido una reducción en el consumo de gasóleo cercana al 30% con dos únicas actuaciones nada sofisticadas:

-Mejora de las carpinterías y cambio de vidrio sencillo a doble acristalamiento sin recurrir a vidrios de altas prestaciones.

-Mayor control de la caldera por la instalación de una central de mando con una gran precisión en la operación de las válvulas de tres vías y en la regulación de temperatura de los radiadores basada en las sondas exteriores.

Si queremos incorporar aire acondicionado a un edificio con una instalación convencional de calefacción preexistente, tendremos que duplicar sistemas de distribución.

Suponiendo que hemos conseguido resolver ese primer problema, tendremos que decidir cómo es la producción de frío. Como ya hemos visto, las enfriadoras con condensación por aire –individual o centralizada– son una alternativa energéticamente poco eficiente, y por otra parte la instalación de una torre de refrigeración puede no ser viable.

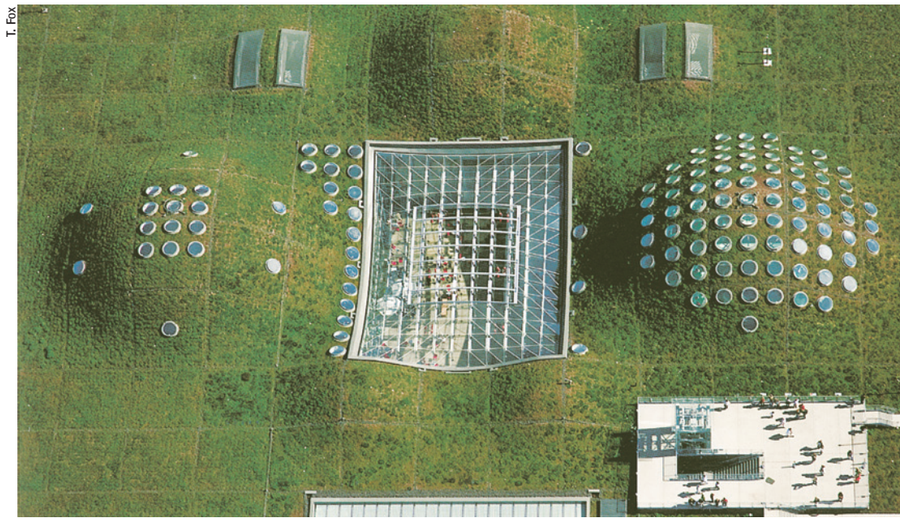
La geotermia de baja temperatura aparece entonces como una alternativa interesante, sobre todo cuando se acometen rehabilitaciones de gran envergadura que incluyen nuevos sótanos y obras en el subsuelo. Si necesitamos recalzar o cimentar con pilotes, podremos aprovecharlos transformándolos en pilotes termoactivos introduciendo en un pilote convencional tubos de polietileno reticulado sin juntas.

Conclusiones

La mejor manera de ahorrar energía es construir edificios que requieran un aporte mínimo. Es el factor fundamental, más allá de las instalaciones, reconocido por los ingenieros especializados.

Los sistemas de ahorro de energía generalmente implican optimización

Quemador de alto rendimiento adaptable a calderas de gasóleo nuevas o antiguas. El cambio de quemador puede mejorar notablemente el rendimiento de la caldera.

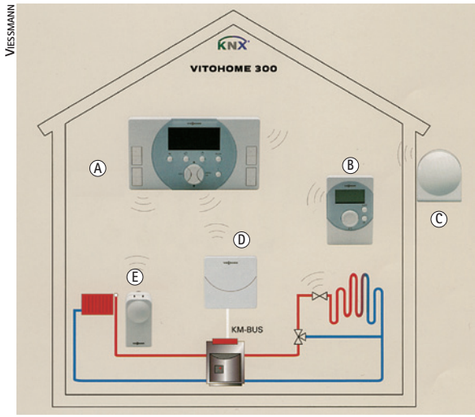


T. Fox

Las cubiertas vegetales proporcionan una eficaz solución al aislamiento térmico. Cubierta ajardinada de la Academia de las Ciencias de California en San Francisco. Renzo Piano Building Workshop, 2008.

Elner + Blumer

Instalación de aislamiento exterior de bloques de poliestireno expandido modificado con grafito.



Viessmann

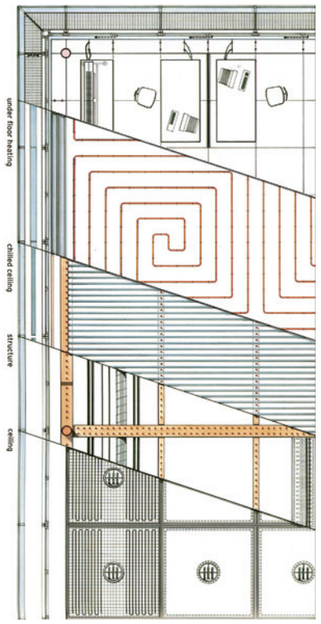
Los sistemas actuales de control y regulación de las instalaciones posibilitan una gestión energética eficiente del edificio. Esquema de sistema automatizado sin cables que regula el funcionamiento de la caldera en función de la temperatura programada para cada habitación.

A- Centro de control.
B- Control de habitación.
C- Sensor de temperatura exterior.
D- Control de caldera.
E- Mando.

R. Halbe

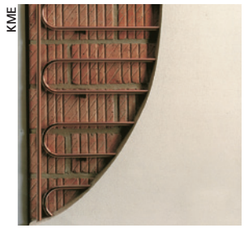
Jung

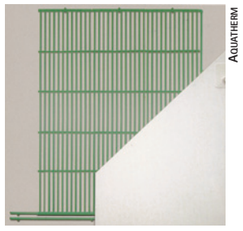
Sistemas domóticos como la regulación de la iluminación mediante sensores de presencia y fotómetros, y el control de la climatización, permiten reducir el consumo energético en viviendas.



Las grandes superficies de intercambio, como techos, suelos y paredes radiantes, permiten reducir la diferencia entre la temperatura de confort y la del agua o aire de calefacción y refrigeración, disminuyendo el consumo energético. Arriba y a la derecha, sede de la empresa Götz en Würzburg, Alemania, equipada con techos fríos y suelo radiante por agua. Webler + Geissler, 1995. Abajo, dos sistemas de superficies radiantes para calefacción y refrigeración por agua. A la izquierda, módulos murales de tubo de cobre; a la derecha, paneles para techo y pared de tubos de polipropileno.

KME





Aquatherm

de consumos y una cierta producción. Las soluciones que parecen tener más futuro son las que se apoyan en infraestructuras existentes, como redes eléctricas o de distribución de gas.

También es interesante conseguir grandes superficies de intercambio mediante suelos o techos radiantes, o bien paramentos verticales completos. De ese modo la diferencia entre la temperatura de confort (en torno a 22-23 °C) y la del agua o el aire de calefacción o refrigeración será menor. En el caso de suelos radiantes, los 30 °C son suficientes en invierno. Si el aire de refrigeración en verano se impulsa por suelo, será suficiente con 19 °C en lugar de los clásicos 13 °C en caso de impulsar por techo.

Mediante la informática y los sistemas actuales de medida, control y regulación aplicados a los sistemas de gestión energética, se consigue la utilización eficiente de sistemas "low tech", como son la inercia térmica como reguladora de ciclos, el enfriamiento adiabático –efecto botijo–, el *free-cooling* o la energía solar térmica.

Para conseguir un auténtico ahorro energético es fundamental un manejo inteligente del sistema implantado. Cuanto más sofisticada y afinada sea la instalación, mayores tendrán que ser los conocimientos de los responsables de la operación y el mantenimiento de la misma. De hecho, las ingenierías de instalaciones se quejan de la escasez de técnicos suficientemente cualificados. El resultado es un funcionamiento ineficiente de instalaciones que debidamente manejadas darían un comportamiento óptimo. Todo ello con el daño añadido del descrédito del sistema de optimización energética en cuestión.

Una solución a este problema es la figura del gestor energético, que opera las instalaciones del edificio y factura al usuario final el kWh –o la unidad de energía que se establezca– a un precio fijo calculado en función de las características del edificio y sus instalaciones, así como por el precio de mercado de la energía primaria empleada. De este modo el gestor tendrá buen cuidado en producir la energía que consumen sus clientes del modo más eficiente, ya que ese es su beneficio. Para implantar este sistema es requisito imprescindible la medición fiable del consumo individual.

Otro de los campos de actuación es conseguir que el usuario final tome conciencia de lo importante que es su papel y lo mucho que puede conseguir con una razonable revisión de sus hábitos de consumo energético. La otra gran decisión es qué nivel de confort consideramos adecuado.

Se trata de ganar tiempo para el desarrollo de la energía atómica de fusión como supuesta solución definitiva al problema energético. Mientras tanto, la única postura razonable es la de intentar minimizar la demanda de energía de nuestros edificios tanto en su construcción como en su uso. Esta frase hay que entenderla sin caer en posturas fundamentalistas ya que, por ejemplo, la construcción con paja, tapial o adobe ya no tiene cabida en nuestras ciudades, pero sí en el medio rural donde parece razonable utilizar materiales locales.

La mejor política a largo plazo será la que prime más la minimización del consumo de energía que la producción de la misma aunque sea mediante energías renovables.

Las medidas más eficaces para optimizar consumos no suponen:

-Una imposición formal a la arquitectura más allá de las reglas clásicas de buena orientación, buen factor de forma, control solar eficaz y sistemas constructivos adecuados. Tema aparte es la moda arquitectónica de cada momento, que en algunas ocasiones se ha justificado –con cierto oportunismo– por razones "bioclimáticas".

-Una decisión drástica entre ligero y pesado. La inercia térmica no tiene que estar en el edificio.

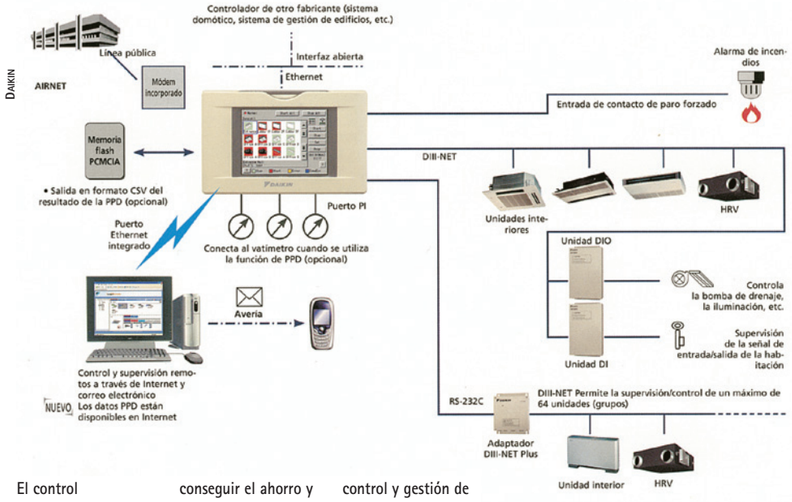
-Un encarecimiento de las instalaciones ni de la construcción en general. Los sistemas de instalaciones que aprovechan la inercia térmica con mayor inteligencia pueden ser más económicos que los convencionales en su implantación y por supuesto en su explotación.

El mundo de las energías renovables y la optimización energética está impulsando el crecimiento de un sector en el que los políticos han puesto grandes esperanzas como dinamizador de la economía. Esta situación, siendo en principio positiva, está dando lugar a la aparición de empresas recién convertidas a la "sostenibilidad" que buscan acaparar las imprescindibles ayudas públicas para un cambio de tendencia en los hábitos energéticos. La mayoría son empresas ligadas a grupos económicos relacionados con la producción de energía "sucia". No es la situación más deseable, aunque parece inevitable.

Si asumimos que en el futuro la construcción ligera –sin apenas inercia y con buen aislamiento– crecerá en los países desarrollados, la inercia térmica necesaria para optimizar ciclos y acumular calor o frío deberá materializarse no ya en la propia construcción, sino en el terreno, en grandes aljibes de agua, en elementos enterrados de hormigón de carácter masivo o en materiales de cambio de fase.

Una manera de minimizar las dimensiones de las instalaciones consiste en la incorporación de elementos de calefacción, iluminación, imagen, voz y datos, etc., a los elementos constructivos clásicos tales como cerramientos, divisiones verticales, forjados y techos. Todo esto supone una mayor sofisticación de control y gestión de una instalación de acondicionamiento de aire.

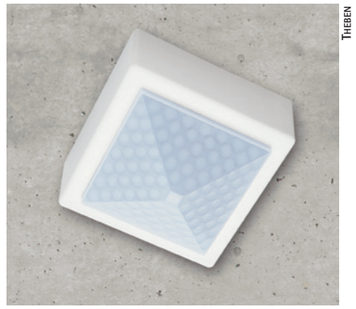
Daikin



El control automatizado de las instalaciones es fundamental para conseguir el ahorro y la eficiencia energética en los edificios. Sistema de

Jung

Theben



Theben

Jung

Jung

A la derecha arriba, programa de visualización para el control de las funciones de un edificio. Debajo, detector de movimiento enrasado para el control de la iluminación, y detector de CO_2, humedad y temperatura para el control automático de la ventilación.

Los sistemas domóticos son capaces de monitorizar y controlar todas las funciones técnicas del edificio –iluminación, climatización, protección solar, control de presencia y accesos–, mediante controladores de zona y desde un ordenador central conectado en cualquier punto del sistema o incluso alejado del edificio.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

J. C. Bruno, A. Ortiz, A. Coronas. *Aplicaciones e implantación actual de la refrigeración por absorción en plantas de cogeneración.* Energía, 179, págs. 88-96, 2004.

BOE num. 27 Miércoles 31 enero 2007. REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

A. Deplazes. *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures.* Birkhäuser. Basel, 2005.

J. Fernández, L. de Pereda. *Rehabilitación para la eficiencia energética, estructuras termoactivas, casos prácticos.* ENERES. Conferencia pronunciada en la Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. UPM, 2008.

F. García Mozos. *Plan de acción de ahorro y eficiencia energética 2008-2012. Ayudas rehabilitación energética edificios.* Ministerio de Industria Turismo y Comercio / Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

M. L. González, J. Lombraña, J. C. Miguez, F. J. Juanes, A. Valea. *Materiales termorreguladores. Policondensación interfacial de poliamida para encapsulado de materiales de cambio de fase.* X Congreso Nacional de Materiales, San Sebastián, 2008.

M. Hegger, M. Fuchs, T. Stark, M. Zeumer. *Energy Manual –Sustainable Architecture–.* Birkhäuser Edition Detail. Munich, 2008.

K. Jung Yen Chou. *Phase Change Materials for Energy Efficient Housing Applications.* McCormick School of Engineering Northwestern, 2008.

H. López Isla. *El valor estratégico de la energía en una economía global.* Unión Fenosa Vigo, 2006.

L. Massagués, J. Rodríguez, J. C. Bruno, A. Coronas. *Estudio comparativo de una instalación de trigeneración con microturbina de gas y un sistema convencional con bomba de calor en un complejo hotelero.* Departament d'Enginyeria Electrònica, Eléctrica i Automàtica, E.T.S.E., Universitat Rovira i Virgili.

A. Miranda. *Fuentes de Energía y Dependencia Energética.* Cámara Oficial de Comercio Industria y Navegación, 2009.

F. J. Neila, C. Acha, E. Higueras, C. Bedoya. Los Materiales de Cambio de Fase (MCF) empleados para la acumulación de energía en la arquitectura. Su aplicación en el prototipo Magic Box. *Materiales de Construcción* Vol. 58, 291, 119-126. 2008.

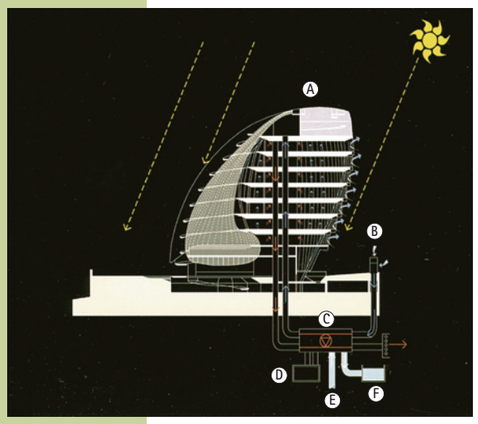
Rodio. *Pilotes termoactivos: proceso constructivo y caracterización térmica.* I Congreso de Energía Geotérmica en la edificación y la industria. Madrid, 2008.

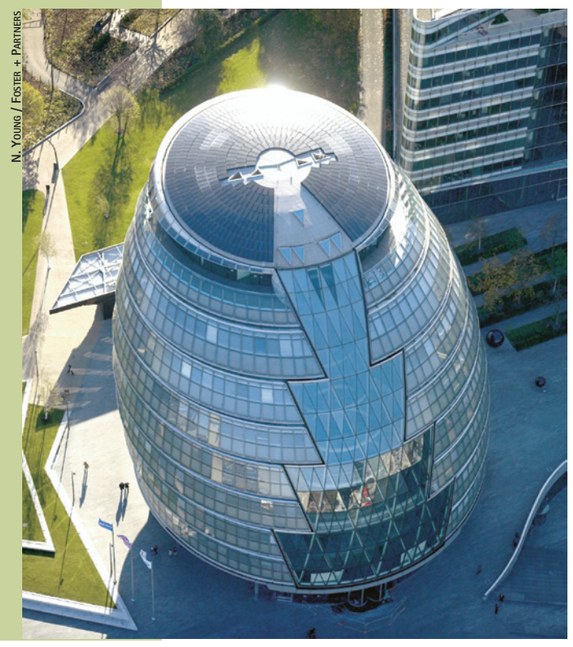
SEDE DE LA GREATER LONDON AUTHORITY

FOSTER AND PARTNERS, 2005

Se basa en las técnicas exploradas en el Reichstag, que expresa también la transparencia y la accesibilidad del proceso democrático y sostenible. Su forma inclinada minimiza la superficie expuesta a la luz solar directa. Se realizaron estudios con mapa térmico del edificio. La protección solar de la fachada se adecua a los estudios de soleamiento anuales. La zona sur del edificio se inclina con contrapendiente para que el borde de los forjados sombree las oficinas, provistas con ventilación natural. Los sistemas de refrigeración del edificio utilizan agua subterránea bombeada desde pozos en nivel freático. En general, el Ayuntamiento utiliza sólo un cuarto de la energía consumida por una climatización típica para edificios de oficinas. En resumen, las técnicas de ahorro de energía son: respiraderos que se pueden abrir para ventilar naturalmente, agua de refrigeración del subsuelo, recuperadores de calor y el uso de una fachada eficiente. La mayor parte del año el edificio no requiere calentamiento adicional.

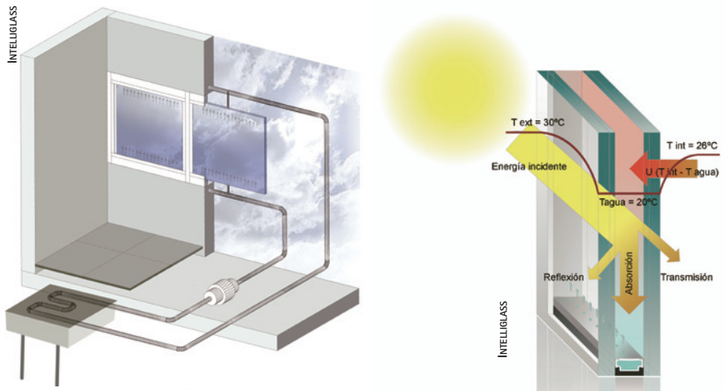
La geometría del Ayuntamiento de Londres responde a un comportamiento energético óptimo en relación con su emplazamiento, reduciendo la ganancia solar y la pérdidad de calor a través de su envolvente.
El edificio se refrigera en verano con agua fría subterránea que se hace circular por vigas frías en el techo.
A- Paneles fotovoltaicos.
B- Aire fresco.
C- Intercambiador de calor.
D- Almacenamiento térmico.
E- Enfriamiento por agua subterránea.
F- Depósito de aguas grises.





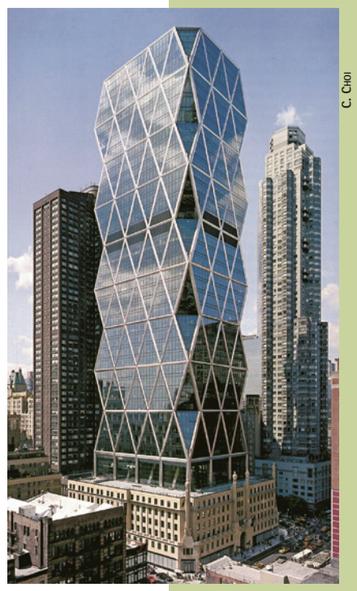
N. YOUNG / FOSTER + PARTNERS

Vista aérea del edificio que muestra los paneles fotovoltaicos en cubierta. Los paneles suministran la energía necesaria para el bombeo de agua subterránea.



INTELLIGLASS

Sistema para el control de las ganancias y pérdidas térmicas en fachadas de vidrio. Utiliza acristalamientos aislantes con cámara de agua fría o caliente en circulación.



C. CHOI

dichos elementos y el necesario abandono de los sistemas actuales, que no son más que evoluciones más o menos industrializadas de los elementos clásicos.

En el caso concreto de Europa –salvo en su zona costera mediterránea– es una quimera pensar en una autosuficiencia energética total de nuestras edificaciones, máxime en situaciones urbanas de gran densidad. Lo razonable es aspirar a minimizar el consumo de energías externas mediante paneles solares térmicos y fotovoltaicos, dobles fachadas que actúen como trampas térmicas, generadores de biogás, etc.

La autosuficiencia energética de los edificios parece algo deseable en principio, y es factor de evaluación en competiciones internacionales, como el Solar Decathlon. La realidad es que únicamente es interesante en el caso de edificios aislados sin conexión a las infraestructuras energéticas existentes en las zonas urbanizadas.

El cálculo que hace el promotor siempre se basa en los tiempos de amortización de las instalaciones "innovadoras" tomando como referencia el coste de soluciones convencionales –calderas que utilizan como energía primaria gasóleo o gas y bombas de calor con condensación por aire que consumen electricidad– en el momento de la inversión. Este cálculo es siempre relativo, ya que existen soluciones de optimización que no encarecen la inversión y como hemos vivido recientemente, la variación del precio del petróleo –como referencia de coste energético– puede ser enorme en un corto periodo de tiempo. Desgraciadamente ese cálculo miope o temeroso es determinante a la hora de decidir hasta dónde se lleva la optimización energética de una instalación.

Hay que tener en cuenta que cuanto más optimicemos el uso de recursos en general con sistemas sofisticados de control de iluminación, recuperación de energía, producción de energía por el propio edificio, control solar variable, empleo de estructuras termoactivas, reciclado y tratamiento del agua, etc., mayor será la complejidad y dimensiones de las instalaciones. No es una cuestión opinable ni negativa, simplemente es así. [T]

AIA ARQUITECTURA S. XXI

Casa Black and White de la Universidad Politécnica de Madrid. Solar Decathlon 2009, Washington, D.C. Está provista de una cubierta fotovoltaica pivotante que sigue el sol de este a oeste.

El agua perdida por evaporación en la planta de aire acondicionado de la Torre Hearst se reemplaza con agua de lluvia, que también se utiliza para regar los árboles y plantas en el interior y el exterior del edificio mediante un sistema de bombeo especial.

TORRE HEARST, NUEVA YORK

FOSTER AND PARTNERS, 2006

Incluye la reducción del consumo de agua a través de captación de aguas pluviales y la reutilización de refrigeración por evaporación de agua en función de la presión de cola. El contenido de energía primaria –construcción– del edificio también se redujo significativamente. La forma del marco estructural reduce la cantidad de acero requerida en un 21 por ciento. El 90 por ciento del acero utilizado es reciclado. Con una optimización total de su rendimiento, el edificio consume un 22 por ciento menos de energía que un edificio similar que cumpla los códigos de construcción vigentes. El aire exterior se utiliza para la refrigeración y ventilación durante el 75 por ciento del año, reduciendo así la carga de refrigeración. Se ha maximizado la iluminación natural e incorporado sistemas de iluminación artificial inteligentes –tipo DALI– para reducir el consumo por iluminación. La Torre Hearst ha sido el primer edificio de oficinas con certificación energética en Manhattan.