



MANUAL DE APLICACIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA

MANUAL DE APLICACIÓN DE LA INERCIA TÉRMICA



ASOCIACIÓN
SOSTENIBILIDAD
Y ARQUITECTURA



Prólogo

No debemos circunscribir la necesidad de diseñar y construir edificios de calidad, con una alta eficiencia energética, térmicamente confortables, seguros y durables, únicamente a los compromisos adquiridos en materia de lucha contra el cambio climático o de economía circular. El que los usuarios puedan disponer de viviendas y lugares de trabajo con unas prestaciones acordes a las posibilidades tecnológicas actuales es un derecho al que no debemos renunciar.

En este sentido, aunque la actualización del Documento Básico DB HE de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación ha estado impulsada por una exigencia reglamentaria europea, ha permitido adaptar la regulación estatal al usuario, a sus necesidades y a sus demandas.

Ahora bien, no debemos perder de vista que la regulación es únicamente el marco mínimo con el que los proyectistas deben trabajar. Es también su responsabilidad integrar en el diseño los desarrollos tecnológicos que proporcionen al usuario no solo un edificio que cumpla estrictamente la normativa, sino un edificio que vaya más allá y se convierta en un espacio óptimo para vivir o trabajar.

En el ámbito de las prestaciones térmicas, la inercia de los edificios es una propiedad que abre un amplio abanico de posibilidades en el diseño: el máximo aprovechamiento del soleamiento o la ventilación cruzada, la activación térmica de estructuras o la integración de energías renovables. Además, se trata de posibilidades que encajan a la perfección en un clima como el nuestro, en el que el número de horas

anuales con una temperatura exterior agradable facilita la interacción con el entorno y la mejora de la salubridad y habitabilidad de los edificios.

Pero la explotación de la inercia térmica de los edificios exige un conocimiento técnico profundo para adaptar el diseño y así explotar todo su potencial. Por este motivo, la posibilidad de disponer de este Manual desarrollado por IECA en colaboración con ASA es una excelente noticia. Se trata de un documento riguroso, fruto de años de estudios e investigaciones, pero a la vez, es un documento sencillo de seguir y de aplicar, donde los parámetros de diseño se han tabulado para facilitar su utilización en el proyecto de los nuevos edificios de consumo de energía casi nulo.

Es de esperar otras iniciativas en esta línea que permitan trasladar los conocimientos técnicos especializados desde el mundo científico al ámbito del diseño. De momento, cabe felicitar a IECA y a ASA por su encomiable trabajo por la sostenibilidad en la edificación y dar la bienvenida a esta guía que servirá de acicate para la consideración de la inercia térmica como verdadera herramienta de diseño en aras de la eficiencia energética.

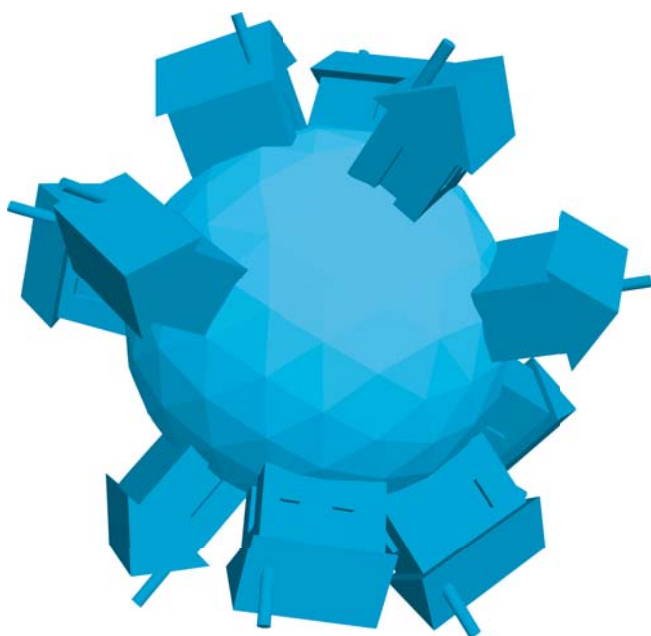
Luis Vega Catalán

**Subdirector General de Arquitectura y Edificación
Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo
Ministerio de Fomento**

Índice

1. Introducción	5
2. Comportamiento energético de un edificio	7
3. ¿Qué es la inercia térmica y cómo afecta al comportamiento energético de un edificio?	9
4. Cómo utilizar la inercia térmica	13
4.1 Utilización pasiva de la inercia térmica	14
4.2 Activación de la inercia térmica mediante la circulación forzada de aire	19
4.3 Activación térmica de estructuras de hormigón	32
4.4 Almacenamiento de energía en la estructura	34
5. Conclusiones	35
6. Aplicación real de estructuras activadas de hormigón	37
7. Bibliografía	57
8. Agradecimientos	59

1. Introducción



La carestía energética existente a nivel mundial ha provocado un doble efecto: una mayor conciencia del usuario del coste energético al que se enfrenta y una mayor importancia de las administraciones por limitar dicho consumo en la edificación como vía para combatir el cambio climático y reducir la dependencia energética con el exterior.

En la actualidad, el sector de la edificación supone aproximadamente el 40 % del consumo energético total de Europa y el 24 % en España.

El consumo energético de un edificio residencial tipo durante la fase de uso representa aproximadamente el 80 % del consumo total de energía de dicho edificio a lo largo de su ciclo de vida completo y, de este total, aproximadamente el 42% está destinado a climatización.

En este contexto, se han promulgado iniciativas legislativas tanto a nivel europeo (Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y Del Consejo, de 19 de mayo de 2010)

como a nivel nacional (Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, y la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía» del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y la subsiguiente corrección de errores de la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre)*, que están dirigiendo el mercado hacia unas exigencias energéticas cada vez mayores en lo referente a las soluciones constructivas empleadas tanto en obra nueva como en trabajos de rehabilitación.

En este Manual se expone cómo los edificios de elevada inercia térmica tienen un mejor comportamiento energético que la construcción ligera y se aportan las guías básicas para maximizar los beneficios de dicha inercia térmica.

* A lo largo de 2019 se espera una nueva actualización del DB-HE de Ahorro de Energía del CTE

2. Comportamiento energético de un edificio

La física de un edificio y de sus instalaciones es muy compleja. Entre la envolvente del edificio y los elementos interiores se producen intercambio de flujos energéticos que definen el comportamiento térmico y ambiental del edificio. A la energía que entra en una zona se le denomina ganancia térmica, y a la energía térmica por unidad de tiempo que hay que introducir o extraer de una zona para mantener unas determinadas condiciones de confort de temperatura y humedad se le denomina carga térmica. La suma de las diferentes cargas térmicas positivas o negativas del edificio a lo largo de un periodo de tiempo corresponde con la demanda térmica del edificio. Las ganancias térmicas pueden no requerir instantáneamente ser compensadas mediante potencia térmica suministrada por los equipos de climatización, ya que debido a la inercia térmica del edificio esta conversión puede desfasarse en el tiempo.

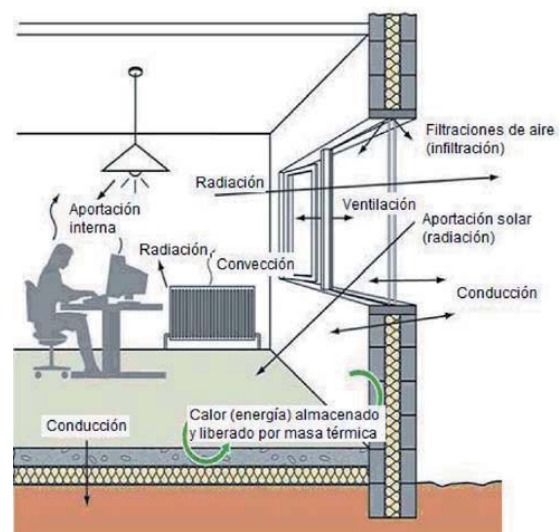
Los balances energéticos que se producen en el edificio dependen tanto de parámetros climáticos como del propio edificio. La acción combinada y simultánea de los parámetros climáticos como la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad, el viento, etc. provocan la respuesta térmica del edificio. Esta respuesta depende a su vez de la envolvente y la estructura interna del edificio, como son la forma del edificio, la orientación, superficie, aperturas al exterior, el tipo de muros, los materiales de los cerramientos y muchos otros aspectos.

Las principales variables que determinan el comportamiento energético de un edificio son:

- Configuración: compacidad, localización, orientación y la influencia del sol o de las sombras exteriores.
- Características del edificio: materiales de construcción, color de la superficie exterior y la influencia de los voladizos y aleros.
- Condiciones exteriores: las condiciones climáticas a los que está expuesto el edificio.
- Condiciones interiores: temperatura de bulbo seco interior, humedad relativa y grado de ventilación.
- Uso del edificio: ganancias de calor internas y planificación operativa: luces, ocupación, equipos.
- Datos de los sistemas de climatización: los diferentes equipos de climatización instalados en el edificio.

En la figura 1 se representan los principales fenómenos de transferencia de calor y masa (flujo de energía) que intervienen en el comportamiento térmico del edificio.

Figura 1. Esquema del flujo de energía (térmico) en el interior de un edificio.



El calor se puede transportar por transmisión (conducción), por el movimiento del aire (convección) y/o por radiación. La transmisión depende del aislamiento térmico o, bien de su inversa, la conductividad del material utilizado en la construcción. El movimiento del aire se controla mediante ventilación y es originado también por la entrada de corrientes de aire e infiltraciones indeseadas. Actualmente, los edificios tienden a ser cada vez más herméticos para evitar este tipo de flujos no previstos. La radiación afecta a las zonas acristaladas de un edificio y varía con la latitud y orientación. La dirección y el tamaño de los flujos energéticos varían a lo largo del día, a lo largo del año y de un lugar a otro, dependiendo de las condiciones climáticas

externas e internas. La presencia de personas y de equipos también tiene su efecto. La capacidad de los materiales de construcción para almacenar y liberar energía en base a su masa térmica tiene un efecto significativo sobre la eficiencia energética de edificio.

El calor aumenta con la radiación solar y las aportaciones internas procedentes de la iluminación, la calefacción, los ocupantes del edificio y sus equipos. Pero el calor se pierde por las filtraciones de aire a través de las ventanas y la conducción (transmisión) a través de las paredes, ventanas y suelos, pudiéndose almacenar y liberar gracias a la masa térmica del edificio.



3. ¿Qué es la inercia térmica y cómo afecta al comportamiento energético de un edificio?

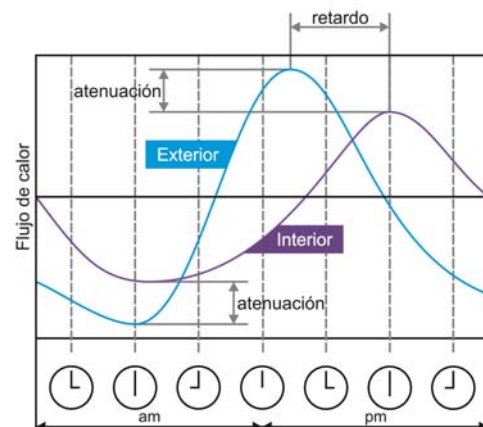
La inercia térmica es la propiedad que indica la cantidad de calor que puede conservar un cuerpo y la velocidad con que este la cede o absorbe del entorno. No se trata de una magnitud física en sí misma, sino que depende de la masa o densidad ρ [kg/m³], del calor específico C [J/kg·K], del coeficiente de conductividad térmica del material λ [W/m·K] y la de geometría del cuerpo (espesor). En general, cuanto mayor sea la densidad mayor es el nivel de inercia térmica. Lo mismo sucede con el calor específico o capacidad calorífica y espesor del material. Sin embargo, la conductividad térmica debe ser lo suficientemente alta para permitir la transferencia de calor en el material, pero no debe exceder de una cierta conductividad con el fin de lograr cierto retraso en el tiempo necesario para el proceso.

Una definición sencilla de inercia térmica vendría a decir que es la capacidad que tiene la masa de conservar la energía térmica recibida e ir liberándola progresivamente. Debido a esta capacidad, teniendo en cuenta la inercia térmica de los cerramientos de un edificio, puede disminuirse la necesidad de climatización, con la consecuente reducción de consumo energético y de emisiones contaminantes.

La inercia térmica mejora el comportamiento energético de los edificios porque permite la amortiguación en la variación de las temperaturas y el desfase de la temperatura interior respecto a la exterior (ver figura 2).

En el caso de una situación con elevada temperatura exterior y radiación solar, la temperatura exterior del cerramiento

Figura 2. Atenuación de los picos de temperatura gracias a la inercia térmica del hormigón en cerramientos.

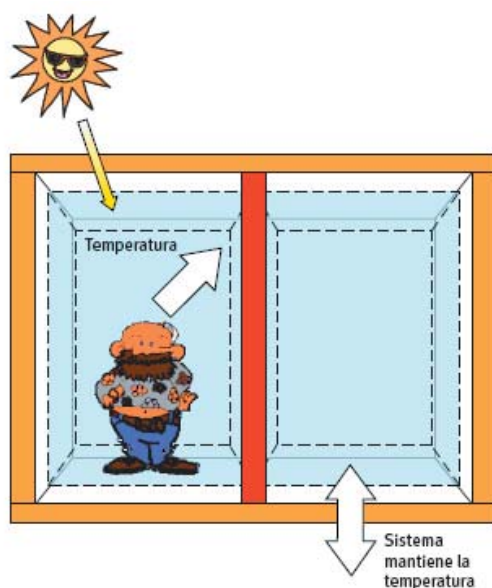


se eleva produciéndose una transferencia de calor hacia el interior del edificio. La evolución de la temperatura de la cara exterior presenta un máximo (máxima amplitud) en un momento en concreto del día en función de la ubicación y orientación del cerramiento. Esta onda de temperatura exterior se ve amortiguada, en cuanto a amplitud, al atravesar el cerramiento, surgiendo además un desfase entre los instantes en los que se produce un pico de temperatura. El efecto de desfase y amortiguamiento permite que el edificio permanezca más tiempo en la zona de confort sin necesidad de gasto energético adicional lo que permite ahorros de manera gratuita ya que son inherentes al material. Lo mismo sucede en el caso contrario de reducida temperatura exterior, prolongando el estado de confort con mínimo gasto energético.

Veamos la influencia de la inercia térmica en el comportamiento energético de un edificio a través de un ejemplo sencillo¹:

En el dibujo se muestra un esquema de edificio muy simplificado. Hay aportes de energía que intentan modificar la temperatura del aire en el interior, es decir aportes convectivos (sobre todo aportes a través de muros y su acumulación). Otras entradas adicionales pueden venir del sol, de los ocupantes (sus máquinas, luces, ellos mismos, etc.). Supongamos que disponemos de un sistema o equipo que compensa el defecto o exceso de energía que llega al aire, es decir atiende a la demanda, aunque en este caso no se va a analizar ni cómo consigue esta compensación, ni cuánta energía consume para conseguirlo, es decir su consumo; pero si queda claro que cada vez que actúa el equipo tendremos un coste, diferente si aporta energía (calienta) o quita energía (refrigera).

Figura 3. Modelo simplificado de un edificio.



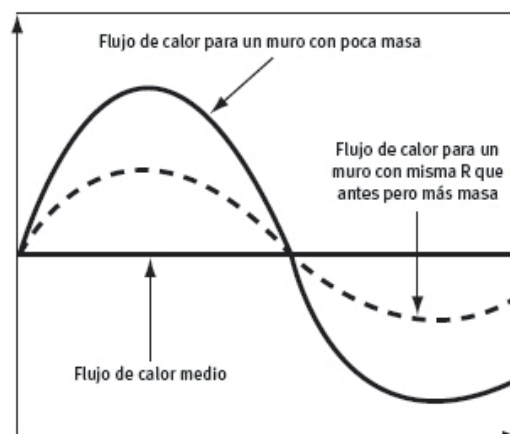
- a) Al equipo no se le permite funcionar: el aire de la habitación subirá o bajará de temperatura, es decir se deja flotar al edificio (la temperatura del edificio, como una boya en el mar, sube o baja según entra o sale energía). Habitualmente, en los programas de simulación se deja flotar al edificio entre ciertas temperaturas donde al equipo no se le permite actuar.

Cuando el edificio flota, la masa interna del edificio tiene influencia sobre las variaciones internas de temperatura ya que cuando el aire pierde energía la masa se la cede. De alguna manera amortigua los cambios internos de

temperatura. Un edificio muy ligero poseerá una temperatura interna fluctuante con un valor medio por encima del valor medio del exterior debido a las ganancias de energía del sol y de la actividad interior. Por la noche pierde los aportes y su temperatura caerá incluso por debajo de la exterior. Así, su comportamiento está en fase con el uso y la meteorología. Sin embargo, si la masa aumenta, las oscilaciones de temperatura entre el día y la noche disminuirán. Durante el día la energía se va acumulando en la masa interna y durante la noche devuelve la que acumuló al aire. Este efecto estaría en la base de los sistemas pasivos de acondicionamiento, que intentarían mantener unas condiciones internas lo más estables posibles, guardando la energía y devolviéndola más tarde cuando sea necesaria.

- b) Si ponemos el equipo en marcha de forma que la temperatura interna no cambie, la respuesta del flujo de calor es instantánea en el caso de un edificio con muros externos con poca masa, como muestra la figura 3. El valor medio de la temperatura y la resistencia térmica de los muros exteriores fijan, como se comentó, la cantidad de energía que entra o sale por los muros. Sin embargo, si le damos masa a los muros exteriores sabemos que obtenemos un amortiguamiento adicional de la potencia pico.

Figura 4. Flujo de calor en función de la inercia térmica para una misma transmitancia (U).



Veamos qué significa esto en términos de requerimientos por parte del equipo para un edificio cualquiera para un cierto día (24 h), en el que se repite una y otra vez de forma idéntica la carga térmica a través de un muro (gráficas de la figura 5). Si el valor es positivo implica que el equipo debe proporcionar refrigeración (aire acondicionado). Si el valor es negativo indica que se perdería calor por el muro y haría falta calefacción.

¹ Ejemplo extraído de: "Procedimientos y aspectos de simulación de instalaciones térmicas en edificios", curso de "Simulación energética en edificación", Gestor energético.

Figura 5. Comportamiento térmico de un cerramiento en diferentes condiciones climáticas con y sin inercia térmica.

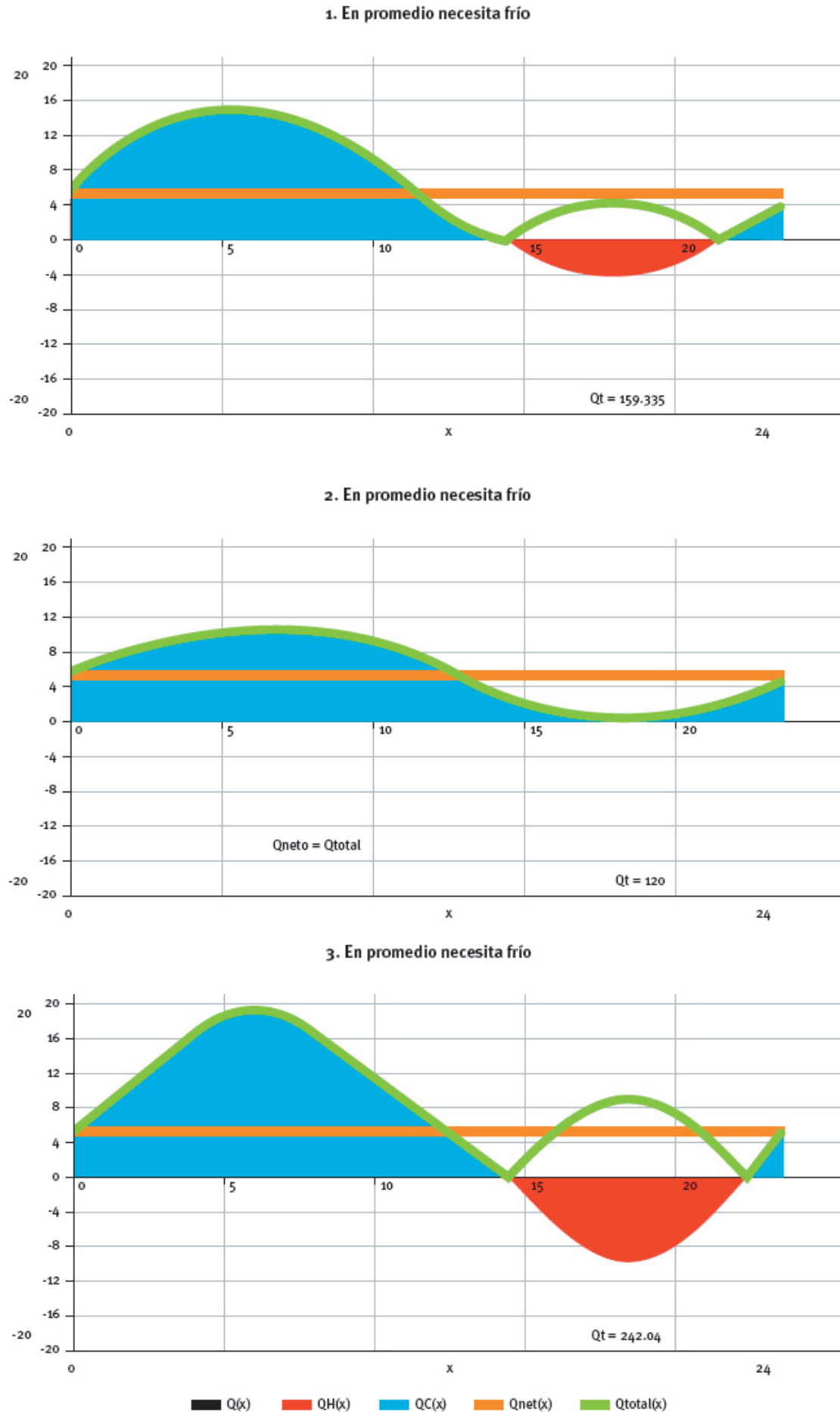
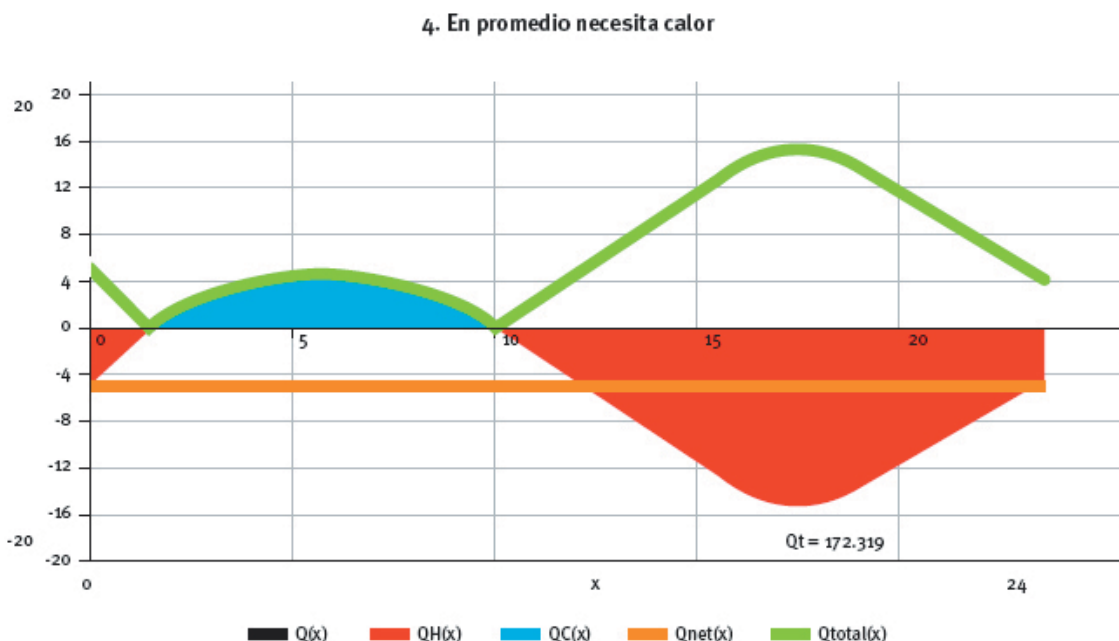


Figura 5. Comportamiento térmico de un cerramiento en diferentes condiciones climáticas con y sin inercia térmica.



En las 4 gráficas de la figura 5 se ha representado cuatro valores distintos asociados a la demanda de energía:

- $Q(x)$ es el flujo de calor instantáneo hacia el interior,
- $QH(x)$ representa la demanda de calefacción (valores negativos de $Q(x)$, en rojo),
- $QC(x)$ representa demanda de refrigeración (valores positivos de $Q(x)$, en azul),
- $Qnet(x)$ representa la demanda media de energía diaria –es un valor constante– (valor medio de $Q(x)$)

$Qttotal(x)$ o Q_t es la energía que un equipo ha debido “mover” (añadir en calefacción y quitar en refrigeración) para mantener las condiciones de confort interiores (por ende la temperatura). Este $Qttotal$ es el que lleva asociado un consumo de energía por los equipos y por tanto un coste económico y ambiental.

Los casos 1 y 2 son las curvas de carga térmica diaria, sobre el aire en el mismo edificio con dos tipos de muro exterior distintos. Los dos edificios poseen características aislantes iguales y por lo tanto sus necesidades netas (Q_{neto}) son las mismas: necesitan en promedio sacar la misma cantidad de energía del aire (refrigeración). Sin embargo, el edificio del caso 2 tiene una mayor masa térmica en sus muros, que hace que su fluctuación alrededor de la media se reduzca.

Curiosamente, para este edificio no se alcanzan las necesidades de calefacción que sí son requeridas en el caso 1. Por lo tanto, la cantidad de energía total ($Qttotal=Q_t$) que se debe “mover”; esto es, sacar y volver a meter en el aire para mantener sus condiciones interiores constantes, es diferente para ambos (ver la línea verde, el área debajo de esta línea representa las necesidades del equipo). En el primer caso el calor total es 160 mientras que en el segundo es 120 (las unidades no importan). Adicionalmente, en el segundo caso el calor neto que hay que sacar coincide con la energía que el equipo debe “mover”.

El caso 3 se trata del mismo edificio con un muro exterior con el mismo aislamiento pero con una masa muy pequeña y, por lo tanto, la discrepancia entre el calor neto necesario para mantener las condiciones interiores y la energía “movida” o procesada por el equipo llega a ser de 82.

Por último, el caso 4 muestra un caso en que el edificio se sitúa en una localidad más fría de manera que necesita en media calefacción. Sin embargo, durante el día puede llegar a necesitar refrigeración.

Esto es sólo una muestra cualitativa de cómo afecta la inercia térmica del edificio a sus necesidades. No se han considerado los efectos sobre los arranques y paradas de los equipos y su pérdida de eficiencia, los niveles de confort para los ocupantes u otros aspectos.

4. Cómo utilizar la inercia térmica

En general, y pese a que el CTE indica que debe tenerse en cuenta, el efecto de la inercia térmica en los cerramientos es una variable que no se consideraba habitualmente en el diseño del edificio por varios motivos:

- Su difícil modelización para proyectistas y prescriptores.
- Las herramientas de cálculo no eran sensibles a este parámetro.
- El conocimiento de sus potenciales beneficios nunca fue considerado adecuadamente por la comunidad técnica y científica.

Pero esta situación ha cambiado. En este Manual se intenta aportar consejos sencillos para su diseño y el parametrizado de algunas variables técnicas necesarias para la modelización.

Para que la inercia térmica redunde en una mejora del comportamiento energético del edificio es necesario:

- Diseñar un edificio con materiales de construcción que tengan una elevada inercia térmica. Se trata en general de materiales masivos con una densidad elevada. Aunque son muchos los materiales que cumplen estos requisitos, quizás el más representativo sea el hormigón por su elevada inercia térmica y su sencillez de construcción, tanto prefabricado como in situ.

- Diseñar un edificio que sea capaz de aprovechar gran parte del potencial de dicha inercia térmica.

Se trata de consideraciones que no suelen tenerse en cuenta durante la fase de diseño de un edificio. La inercia térmica se puede aprovechar de manera pasiva simplemente activándola a través de un diseño adecuado, activándola mediante ventilación mecánica, mediante la circulación de agua (u otro fluido térmico) por su interior o utilizando incluso la misma inercia térmica como sistema de almacenamiento de energía.

En todos los casos, el edificio debe cumplir estas condiciones:

- La orientación del edificio debe ser la correcta en función de la latitud y zona climática.
- El aislamiento debe ser el adecuado y siempre por el exterior con un doble objetivo, eliminar los puentes térmicos y permitir que los paramentos masivos puedan intercambiar calor o frío con el aire de las estancias.
- No se deben cubrir los paramentos masivos con elementos que impidan el intercambio de calor con el entorno, por ejemplo, con falsos techos.

Veamos las diferentes posibilidades para aprovechar o activar la inercia térmica.

4.1 Utilización pasiva de la inercia térmica







Mediante un diseño correcto del edificio es posible incrementar la incidencia de la radiación solar sobre los paramentos masivos para estabilizar la temperatura del edificio durante el invierno o maximizar la ventilación natural que permita enfriar los paramentos masivos durante el verano. Se trata pues de la forma de utilización más sencilla.

En la figura 6 se muestra el comportamiento pasivo de un edificio alta inercia térmica:

En dicho caso, las recomendaciones de diseño en España son las siguientes:

- 1) Orientar el edificio al sur o al menos en un ángulo inferior a 30°C con respecto al sur.
- 2) En climas fríos, disponer amplios ventanales hacia el sur y ventanas de tamaño más reducido en la fachada norte. En este caso, es necesario evaluar el comportamiento energético de los vidrios y de las ventanas en su conjunto, ya que puede ocurrir que las pérdidas durante

Figura 6. Almacenamiento y liberación de la energía acumulada en invierno y enfriamiento pasivo en verano. (Fuente: The Concrete Center, UK).

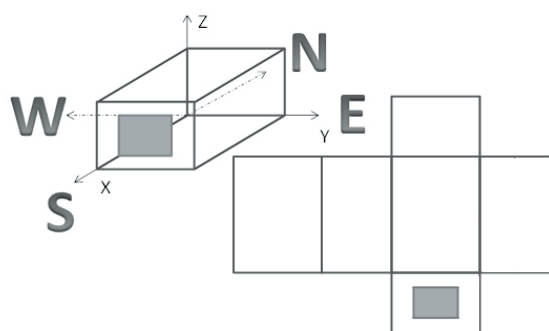
Masa térmica durante el verano			
	De día En días calurosos las ventanas permanecen cerradas para evitar la entrada de calor, y las contraventanas (persianas) se ajustan para minimizar las aportaciones solares. El enfriamiento lo proporciona la masa térmica. Si las temperaturas son menos extremas las ventanas pueden estar abiertas para proporcionar ventilación.		De noche Si el día ha sido caluroso, los ocupantes abren las ventanas para permitir que la noche enfríe la masa térmica.
Masa térmica durante estaciones con calefacción			
	10:00 am a 5:00 pm La luz del sol entra por las ventanas orientadas al sur e incide sobre la masa térmica. Esto calienta el aire y la masa térmica. En los días más soleados el calor del sol puede mantener el confort desde media mañana hasta el final de la tarde.		5:00 pm a 11:00 pm Tras la puesta del sol, se ha almacenado una considerable cantidad de calor en la masa térmica, que se va liberando poco a poco, ayudando a mantener las condiciones de confort durante la noche.
	11:00 pm a 7:00 am Los ocupantes ajustan la calefacción al mínimo necesario. Una buena hermeticidad y aislamiento minimizan la pérdida de calor.		7:00 am a 10:00 am Las primeras horas de la mañana son los peores momentos para que el calor solar mantenga el confort. La masa térmica normalmente ha dado prácticamente la totalidad del calor almacenado, y los ocupantes deben encender la calefacción. Sin embargo, una buena hermeticidad y aislamiento contribuyen a minimizar esta necesidad.

las noches de invierno sean superiores a las ganancias por radiación térmica durante el día. Igualmente se pueden incrementar en exceso las ganancias por radiación solar en verano.

Como regla general, las ventanas deben representar al menos el 15% de la superficie de la estancia a la que proporcionan luz y no mayores del 40% de la superficie de la fachada para optimizar las ganancias y las pérdidas. Sólo en el caso de utilizar ventanas de alta eficiencia energética, esta superficie podría incrementarse.

- 3) En climas cálidos, las ventanas de la fachada sur deben ser lo más pequeñas posibles, si bien es necesario respetar las dimensiones mínimas para garantizar una iluminación correcta de la estancia.
- 4) Utilizar viseras sobre las ventanas de la fachada sur del edificio. Estas viseras impiden la radiación solar directa en verano y, sin embargo, permiten la incidencia directa en los meses más fríos, en los que el sol está más bajo.
- 5) Diseñar edificios con ventilación cruzada que permita la circulación natural de aire simplemente abriendo las ventanas. Esta circulación natural de aire refrigera los paramentos masivos durante las noches de las estaciones más calurosas.

Figura 7. Distribución de las superficies correspondientes a las tablas.



Aunque con algo más de complejidad, es muy recomendable buscar sistemas que permitan desviar la radiación solar o la circulación del aire hacia los elementos masivos del interior de la vivienda, como pueden ser lamas en las ventanas u otros elementos similares. Los elementos pasivos más eficientes son siempre los techos, ya que no tienen elementos que impidan el intercambio de calor (muebles, alfombras, etc.) y además tienen una superficie de intercambio muy relevante. Sin embargo, la radiación solar rara vez incide sobre los techos, por lo que, si es posible, es recomendable disponer elementos que desvíen dicha radiación.




En este sentido, para realizar un diseño correcto y aprovechar al máximo la inercia térmica del edificio, así como para una correcta modelización del mismo, es necesario conocer los porcentajes de radiación que recibe cada paramento de una estancia.

En las figuras 7 a 10 se muestran las tablas de distribuciones de radiación solar en diferentes espacios en función de la forma, la orientación de las aperturas y el porcentaje de huecos de estos espacios (estas tablas son el resultado del proyecto de investigación SINHOR, liderado por el Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla, financiado por la Junta de Andalucía y que contó con la participación de IECA). Las tablas presentadas se muestran coloreadas de menor a mayor intensidad en una gradación de blanco a naranja para reforzar los casos en los que el porcentaje de radiación es mayor. La lectura de las tablas indica cuál o cuáles son las superficies donde existe una mayor radiación solar, y por tanto en donde se deben prever soluciones de alta carga de inercia.

Se muestran los resultados de evaluar la radiación incidente en diferentes situaciones:

- Análisis de la radiación directa incidente según la relación de aspecto del espacio (invierno/verano).
- Análisis de la radiación directa incidente según la orientación del local (invierno).
- Análisis de la radiación directa incidente según el porcentaje acristalado (invierno/verano).

Figura 8. Análisis de la radiación solar incidente según la relación de aspecto de la estancia (invierno arriba y verano abajo)

RELACIÓN ASPECTO	F _r Techo	F _r Suelo	F _r Pared Izquierda	F _r Pared Derecha	F _r Pared Fondo	F _r Pared Exterior	F _r Ventana
 3x6m.	5%	58%	12%	16%	2%	4%	3%
 4.24x4.24m.	6%	66%	4%	7%	10%	4%	3%
 6x3m.	6%	66%	4%	7%	10%	4%	3%







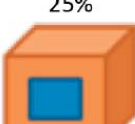
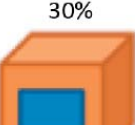
RELACIÓN ASPECTO	F _r Techo	F _r Suelo	F _r Pared Izquierda	F _r Pared Derecha	F _r Pared Fondo	F _r Pared Exterior	F _r Ventana
 3x6m.	4%	67%	9%	10%	1%	5%	4%
 4.24x4.24m.	5%	74%	3%	7%	3%	5%	4%
 6x3m.	5%	74%	3%	3%	4%	5%	6%

Figura 9. Análisis de la radiación solar incidente según el porcentaje acristalado (invierno arriba y verano abajo)

PORCENTAJE ACRISTALADO	F _r Techo	F _r Suelo	F _r Pared Izquierda	F _r Pared Derecha	F _r Pared Fondo	F _r Pared Exterior	F _r Ventana
7 % 	6%	53%	15%	19%	1%	5%	1%
15% 	5%	59%	12%	16%	2%	4%	2%
20% 	5%	59%	12%	16%	2%	3%	3%
25% 	5%	58%	12%	16%	2%	3%	4%
30% 	5%	58%	12%	16%	2%	2%	5%




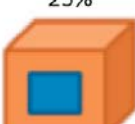
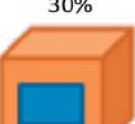



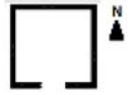


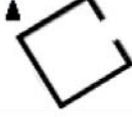
PORCENTAJE ACRISTALADO	F _r Techo	F _r Suelo	F _r Pared Izquierda	F _r Pared Derecha	F _r Pared Fondo	F _r Pared Exterior	F _r Ventana
7 % 	5%	66%	10%	10%	1%	7%	1%
15% 	5%	69%	9%	9%	1%	6%	2%
20% 	5%	69%	9%	9%	1%	5%	3%
25% 	5%	67%	9%	9%	1%	5%	4%
30% 	4%	67%	9%	9%	1%	5%	5%

Figura 10. Análisis de la radiación solar incidente según la orientación del local (invierno)

ORIENTACIÓN	F _r Techo	F _r Suelo	F _r Pared Izquierda	F _r Pared Derecha	F _r Pared Fondo	F _r Pared Exterior
	6%	30%	45%	5%	4%	7%
	5%	52%	22%	4%	10%	3%
	6%	63%	7%	6%	10%	4%
	5%	64%	8%	12%	4%	4%
	5%	69%	4%	9%	6%	4%
	5%	59%	4%	20%	4%	4%
	5%	42%	4%	35%	4%	7%

4.2 Activación de la inercia térmica mediante la circulación forzada de aire

Esta estrategia de diseño que se utiliza para refrigerar los elementos masivos presentes en el edificio (muros, techos, suelos y otros) consiste en hacer circular corrientes forzadas de aire rozando estos elementos masivos de manera que se incremente la eficiencia en el proceso de intercambio de calor entre la superficie masiva y el aire resultando una refrigeración más rápida y efectiva.

Una manera sencilla de implementar esta estrategia consiste en sustituir la ventilación natural por ventilación forzada por medios mecánicos durante las horas nocturnas logrando así refrigerar los cerramientos con masa térmica capaces de acumular el frío y mantenerlo hasta el día siguiente.

A medida que el flujo de aire exterior aumenta durante la noche, cae la temperatura interior, incrementándose las velocidades típicas de paso lo que se refleja en un mayor enfriamiento del muro. Si esto sucede, sobre elementos con

poca inercia (cerramientos tradicionales) la transferencia rápidamente cesa, pero se acentúa en puntos con elevada inercia térmica como son los cerramientos de hormigón. Estos elementos contribuyen a almacenar energía y amortiguar los efectos térmicos exteriores, reduciendo la demanda energética y mejorando el confort interior de las viviendas.

Es importante analizar la posición correcta de los extractores para garantizar que la circulación del aire incide sobre los elementos masivos enfriándolos. La circulación del aire por el centro de las estancias no contribuye a esta refrigeración y, por lo tanto, carece de sentido.

En la figura 11 se puede observar cómo los extractores colocados estratégicamente en los shunt (rejillas de ventilación) del baño de una vivienda tipo de aproximadamente 100 metros cuadrados, permite forzar la circulación del aire y enfriar los muros de hormigón (en este caso los cerramientos exteriores del edificio).

En los gráficos se puede observar claramente que, en la estancia en la que la ventana está junto al cerramiento de

Figura 11. Circulación forzada de aire en el interior de una vivienda (fuente: modelización del edificio ECHOR, SDE)

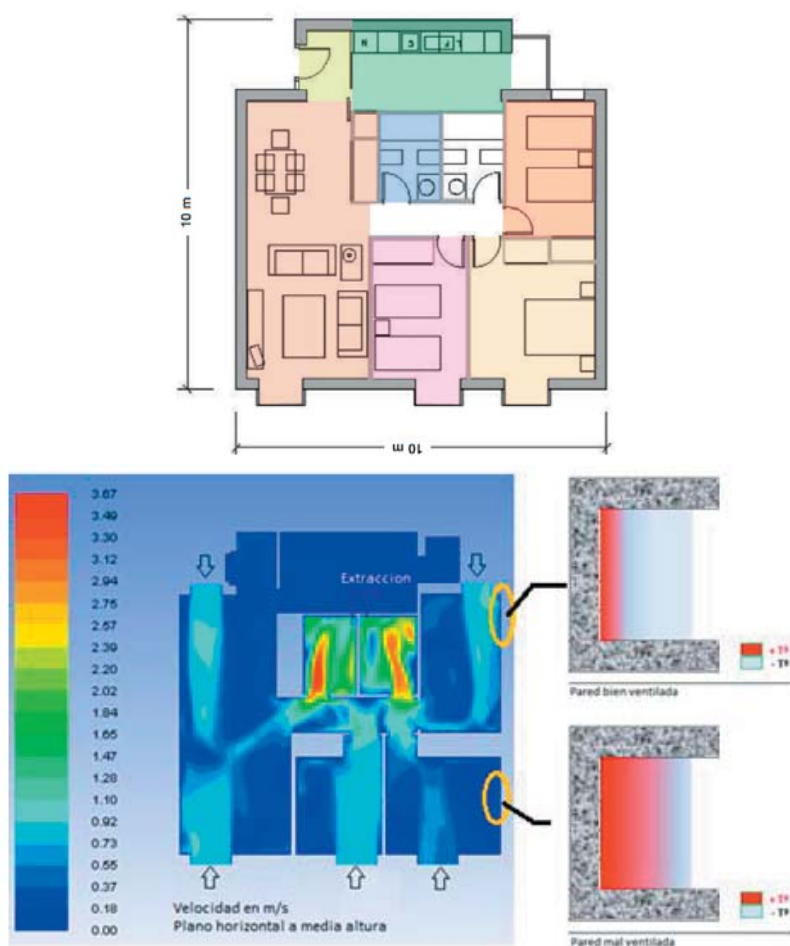
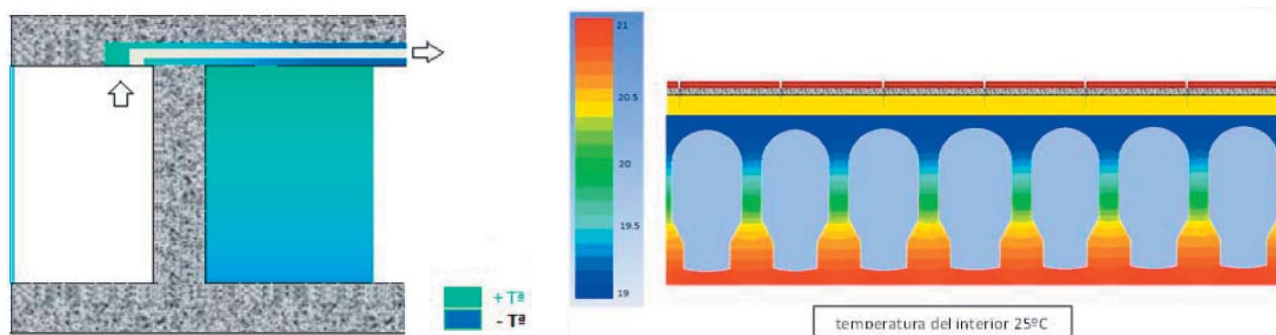


Figura 12. Forjado ventilado



hormigón (pared bien ventilada), el enfriamiento de dicho cerramiento es mucho más eficaz que en la estancia en la que la ventana se encuentra alejada de dicho cerramiento (pared mal ventilada).

Este sistema de refrigeración es acotado y tiene un límite en el número máximo de renovaciones/hora admisibles para evitar cierta incomodidad en el usuario (las velocidades de flujo muy elevadas mejoran la refrigeración pero siempre causan incomodidad en los habitantes).

Este problema se puede evitar si se utiliza en el diseño de la vivienda un forjado ventilado. En este caso, el aire de refrigeración circula por los alveolos interiores del forjado y no está en contacto con el usuario, por lo que la velocidad del flujo no está condicionada por la posible ausencia de confort del usuario (ver figura 12).

Además, como se ha comentado previamente, la utilización de los techos como elemento masivo de activación presenta la ventaja de que el intercambio de calor con el aire de la estancia es mucho más eficiente por la ausencia de elementos que impiden dicho intercambio.

Como estrategia de diseño, la ventilación nocturna es sencilla de aplicar a la vez que resulta intuitiva. Sin embargo, la mayor parte de los programas de simulación energética presentan limitaciones en su modelización.

El intercambio de calor entre una superficie y el aire depende de tres variables:

- el área de la superficie,
- el gradiente térmico entre la superficie y el aire
- el coeficiente de película, que a su vez depende múltiples variables entre las que destacan el tipo de convección (forzada o natural), el régimen del fluido (laminar o turbulento) y la velocidad de flujo.

Tanto la superficie como el gradiente de temperatura son parámetros fáciles de calcular y todos los programas informáticos los utilizan en sus cálculos. Sin embargo, el coeficiente de película suele ser un parámetro mucho más difícil de evaluar. Por ejemplo, la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC), programa oficial de la Administración Española, utiliza un coeficiente de película por defecto que no varía en función del esquema de ventilación del edificio, lo que en la mayoría de los casos supone una reducción de la capacidad de enfriamiento de los elementos masivos.

En la mayor parte de los casos, y HULC no es una excepción, el usuario puede modificar el coeficiente de película, si bien es complicado adoptar un valor determinado sin un análisis numérico complejo. Por este motivo, se considera necesario tabular los coeficientes de los casos más habituales de manera que los proyectistas puedan simular correctamente estas estrategias de refrigeración en la evaluación de la eficiencia energética de un edificio.

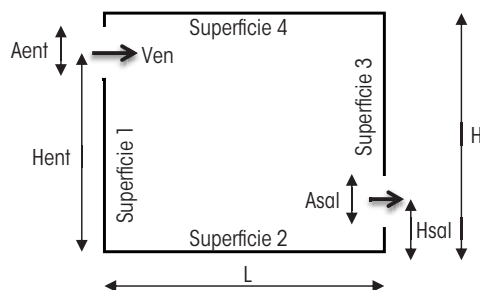
A continuación, se muestran las consideraciones necesarias en el diseño de las habitaciones con el objetivo de que se den las condiciones para lograr un coeficiente de película determinado en una superficie concreta del espacio (estas consideraciones son el resultado del proyecto de investigación SINHOR, liderado por el Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla, financiado por la Junta de Andalucía y que contó con la participación de IECA). Estas consideraciones dependen de la situación de entrada y salida del aire, las dimensiones de estas aperturas, la velocidad de entrada, y por supuesto, de la forma del espacio.

Se definen dos tipologías distintas.

Tipología 1

La tipología 1 se refiere a ventilación cruzada, donde la abertura de entrada y salida se encuentran en paredes opuestas. Los parámetros a estudiar son los mostrados en la figura 13:

Figura 13. Esquema de circulación de aire para la tipología 1



Donde:

- H = altura del espacio
- L = longitud del espacio
- A_{ent} = anchura de la apertura de entrada
- A_{sal} = anchura de la apertura de salida

- H_{ent} = cota del centro de la apertura de entrada
- H_{sal} = cota del centro de la apertura de salida
- V_{en} = velocidad de entrada.

Se presentan también las tablas en las que se realiza un análisis de sensibilidad para ver qué condiciones se deben dar en cada pared de cada tipología para obtener coeficientes de película superiores a 2, 4 y 6 W/m^2K , diferenciando entre recintos cuadrados y rectangulares (tablas 1, 2 ó 3 y 1a, 2a ó 3a respectivamente).

Las tablas se muestran coloreadas de menor a mayor intensidad para reforzar los casos en los que el coeficiente de película se consigue con mayor viabilidad o donde las condiciones para cumplir los requisitos marcados son más fáciles de lograr. Es en estos paramentos en los que el proyectista debe situar los elementos de elevada inercia térmica, ya que su activación es más sencilla.

Tabla 1. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a 2 W/m^2K ($L/H=1$)

Recinto Cuadrado $L/H=1$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	
Tipo 2 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40
Tipo 3 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20
Tipo 4 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	
Tipo 5 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40

Tabla 1a. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a 2 W/m²K (L/A=2)

Recinto Rectangular L/H=2	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 		Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	
Tipo 2 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20
Tipo 3 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 10
Tipo 4 		Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 10	
Tipo 5 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20

Tabla 2. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a 4 W/m²K (L/H=1)

Recinto Cuadrado L/H=1	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	
Tipo 2 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	
Tipo 3 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40
Tipo 4 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	
Tipo 5 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	

Tabla 2a. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a 4 W/m²K (L/H=2)

Recinto Rectangular L/H=2	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	
Tipo 2 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40
Tipo 3 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20
Tipo 4 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	
Tipo 5 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40

Tabla 3. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a 6 W/m²K (L/H=1)

Recinto Cuadrado L/H=1	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40		
Tipo 2 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40		
Tipo 3 				
Tipo 4 				
Tipo 5 				

Tabla 3a. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=2$)

Recinto Rectangular $L/H=2$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 2 Renov. Hora = 20		
Tipo 2 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	
Tipo 3 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40
Tipo 4 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 40	
Tipo 5 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 40	

Se observa en las tablas que las renovaciones-hora juegan un papel importante en los coeficientes de película.

En el análisis de sensibilidad se han probado valores de renovaciones-hora desde 1 a 40 que originan un aumento de los coeficientes de película de todas las paredes, en todas las configuraciones.

En las tipologías 1, 2 y 4, los valores más altos de renovaciones-hora se dan en la pared 2 (ver dibujos en las tablas), mientras que en las tipologías 3 y 5 los máximos corresponden a las paredes 3 y 4, teniendo todas las tipologías en común que el valor mínimo se encuentra siempre en la pared 1.

Comparando las 5 tipologías entre sí, se observa que el valor más alto de coeficiente de película se da en la tipología 1 para la pared 2, que alcanza un valor de 13 m/s para el caso de 40 renovaciones hora.

Se puede afirmar que tanto el aumento del ancho de la apertura de entrada, como el de la apertura de salida, hacen disminuir los coeficientes de película en todas las paredes y tipología, si bien, esta disminución es mucho más acusada con el aumento de la apertura de entrada.

También se puede ver como varía el coeficiente de película con la posición de estas aperturas: fijar la posición de la apertura de salida y variar la de la entrada, es comparar las tipologías 2 con la 5, mientras que fijar la entrada y variar la salida, es comparar las tipologías 1, 2 y 3.

En ambos casos la conclusión es la misma: separar las aperturas de entrada o salida de la pared 2, hacen que disminuya el coeficiente de película sobre dicha pared, mientras aumenta el del resto de paredes.

Por último, aumentar la distancia de separación entre las paredes con las aperturas de entrada y salida, supone una ligera disminución en todos los coeficientes de película sobre todas las paredes y en todas las tipologías.

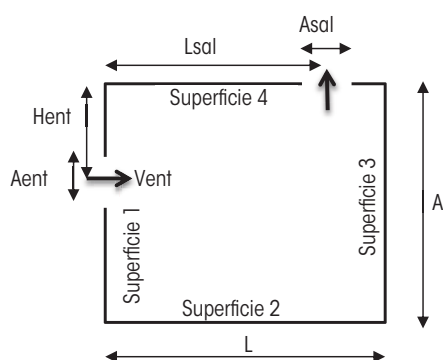
En las paredes 1 y 4 rara vez se supera este valor, que en todo caso sólo ocurre para valores de renovaciones horas muy altas. Lo contrario ocurre en las paredes 2 y 3 (especialmente en la 2 para la que las condiciones para superar el valor anterior son poco exigentes).

En cualquier caso, incluso para las situaciones menos exigentes, siempre es necesario tener al menos 5 renovaciones hora, una apertura de entrada menor de $0,8 \text{ m}$, y una de salida menor de $1,7 \text{ m}$.

Tipología 2

La tipología 2 se refiere a ventilación cruzada, donde la abertura de entrada y salida se encuentran en paredes contiguas. Los parámetros a estudiar son los mostrados en la siguiente figura:

Figura 13. Esquema de circulación de aire para la tipología 2



Donde:

- A = anchura del espacio
- L = longitud del espacio
- A_{ent} = anchura de la abertura de entrada
- A_{sal} = anchura de la abertura de salida
- H_{ent} = cota del centro de la abertura de entrada
- L_{sal} = cota del centro de la abertura de salida
- V_{ent} = velocidad de entrada.

Se presentan a continuación las tablas en las que se realiza un análisis de sensibilidad para ver qué condiciones se deben dar en cada pared de cada tipología para que se supere el coeficientes de película de 2, 4 y 6 W/m^2K , diferenciando también entre recintos cuadrados y rectangulares (tablas 4,5 ó 6 y 4a,5a ó 6a respectivamente).



Tabla 4. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=1$)

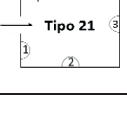
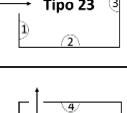
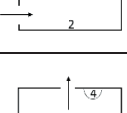
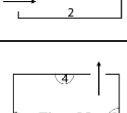
Recinto Cuadrado $L/H=1$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 20			Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 2 				
Tipo 3 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.5 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 4 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 5 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 6 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 7 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 8 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 9 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10

Tabla 4a. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=2$)

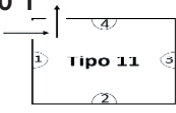


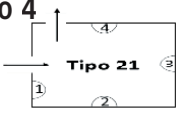
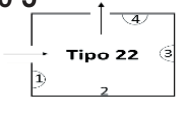
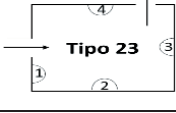
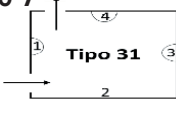

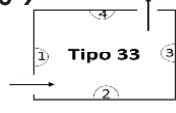
Recinto Rectangular $L/A=2$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10		Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 2 				
Tipo 3 			Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 4 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 5 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 6 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 7 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 8 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2
Tipo 9 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2	Ancho entrada = 1.2 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 2

Tabla 5. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=1$)

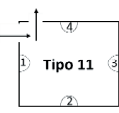
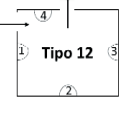




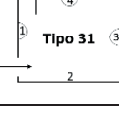

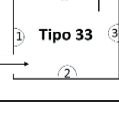
Recinto Cuadrado $L/A=1$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 				Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 2 				
Tipo 3 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 4 				Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 5 				Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 6 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 7 	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15
Tipo 8 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15
Tipo 9 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15

Tabla 5a. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $4 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=2$)



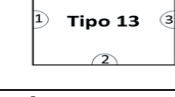

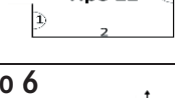
Recinto Rectangular $L/A=2$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1  Tipo 11				Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 2  Tipo 12				
Tipo 3  Tipo 13			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 4  Tipo 21	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 5  Tipo 22			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 6  Tipo 23		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5
Tipo 7  Tipo 31	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 8  Tipo 32	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 9  Tipo 33		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 5	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10

Tabla 6. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=1$)

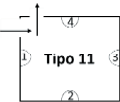



Recinto Cuadrado $L/A=1$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1 				
Tipo 2 				Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15
Tipo 3 				
Tipo 4 				
Tipo 5 				
Tipo 6 			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 20	
Tipo 7 				
Tipo 8 				
Tipo 9 		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 20	

Tabla 6a. Condiciones necesarias para que el coeficiente de película sea superior a $6 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($L/A=2$)

Recinto Rectangular $L/A=2$	Superf. 1	Superf. 2	Superf. 3	Superf. 4
Tipo 1  Tipo 11				Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 2  Tipo 12				
Tipo 3  Tipo 13			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 4  Tipo 21	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.1 Renov. Hora = 20			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 5  Tipo 22			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 6  Tipo 23			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10
Tipo 7  Tipo 31	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15
Tipo 8  Tipo 32			Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 15	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15
Tipo 9  Tipo 33		Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 20	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 1.2 Renov. Hora = 10	Ancho entrada = 0.1 Ancho salida = 0.5 Renov. Hora = 15

En todas las tipologías los valores más altos se dan en las superficies 3 y 4, que corresponden a la pared donde se encuentra la abertura de salida, y en la pared opuesta a la abertura de entrada (ver dibujos en las tablas).

De todas las variables analizadas, se observa que la el tamaño de la abertura de entrada y el número de renovaciones son las variables que más influyen en los coeficientes de película.

Tanto el aumento del ancho de la apertura de entrada, como el de la apertura de salida, hacen disminuir los coeficientes de película en todas las paredes y tipologías, si bien, esta disminución es mucho más acusada con el aumento de la apertura de entrada.

Por último, manteniendo el número de renovaciones, si aumenta la distancia de separación entre las paredes junto a las aperturas de entrada y salida, se obtiene un ligero aumento en todos los coeficientes de película de todas las paredes en todas las tipologías.

4.3 Activación térmica de estructuras de hormigón

Las estructuras activadas térmicamente son un paso más en el aprovechamiento de la inercia térmica de los edifi-

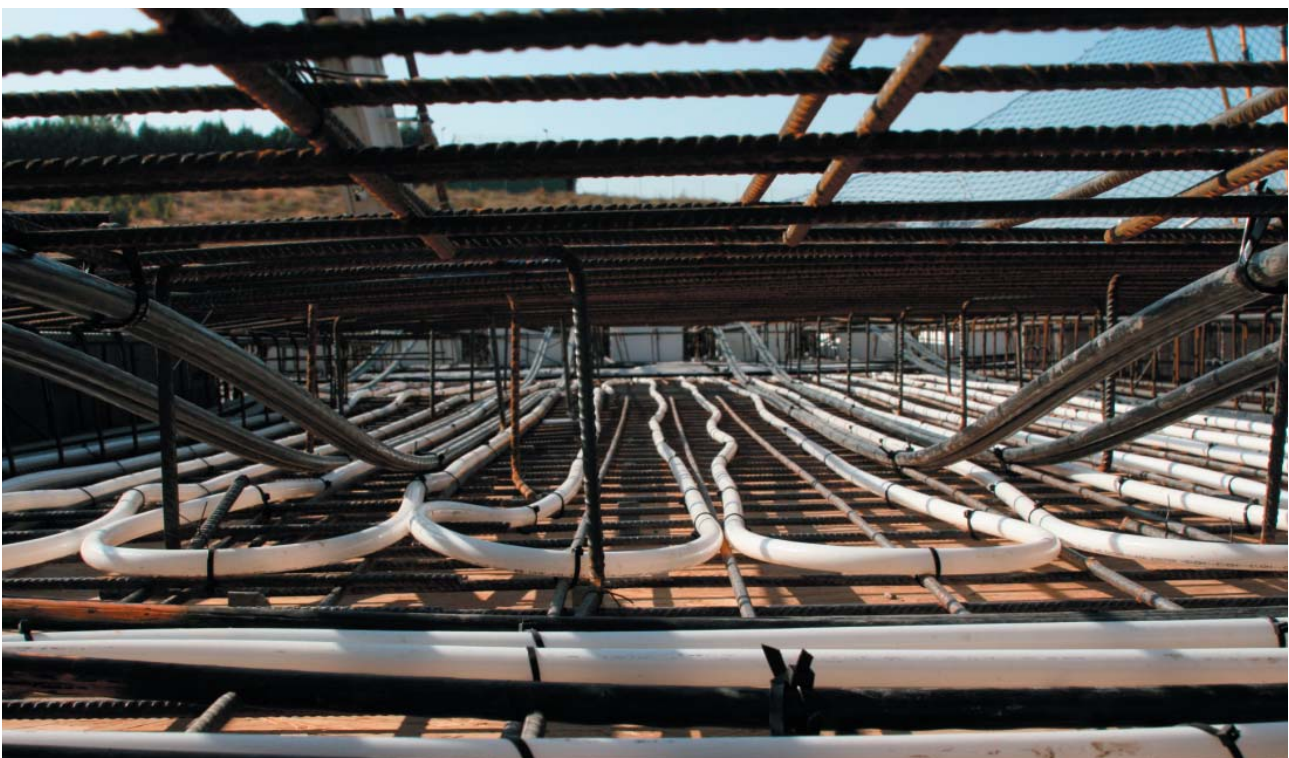
cios masivos. En ellas, se hace circular agua por unos tubos embebidos en la estructura, controlando la temperatura de la misma, mientras esta estructura, gracias a su inercia térmica, actúa como sumidero o fuente de calor en función de las necesidades, y estabiliza la temperatura interior del edificio.

La activación térmica de la estructura permite así controlar mecánicamente la temperatura de la masa térmica del edificio y maximizar los beneficios de la inercia térmica.

Una de las principales ventajas de la activación térmica de la estructura es que la temperatura del agua que circula por los tubos es relativamente baja cuando el sistema funciona en modo calefacción (aproximadamente unos 28°C), mientras que resulta alta para el sistema funcionando en modo refrigeración (aproximadamente 18°C). Esta característica incrementa la eficiencia de las energías renovables y redunda en una mejora sustancial del comportamiento energético del edificio.

La colocación de los tubos en el interior la estructura es una operación relativamente sencilla, ya que es posible atarlos con bridas a las armaduras tanto si se construye con elementos prefabricados, como si se realiza in situ (ver figura 15). Previamente es necesario determinar la densidad de los tubos por metro cuadrado para garantizar que la temperatura de activación de la estructura es uniforme.

Figura 15. Posicionamiento de los tubos de activación sobre la armadura de un forjado (fuente: IDOM)



Por lo general, los tubos están fabricados con un material plástico, son estables dimensionalmente, poseen una elevada capacidad de carga y resultan flexibles. Además, deben proporcionar una resistencia mínima y una durabilidad acorde a la estructura en la que se van a embeber.

Aunque se trata de un sistema ideal para la utilización de energías renovables, no se trata de un sistema exclusivamente asociado a las mismas.

Cuando el sistema funciona en modo calefacción, es posible la utilización de energía geotérmica o energía solar. En el primer caso, el sistema cuenta con una bomba de calor eléctrica que alcanza rendimientos (coefficient of performance, COP) de hasta 5. Esto quiere decir que por cada kWh eléctrico consumido por la bomba de calor, el sistema es capaz de generar 5 kWh. Por el contrario, en el caso de utilizar un sistema de calefacción tradicional en base a radiadores, el rendimiento del sistema se reduce a 2. En el caso de utilizar energía solar, es necesario disponer de un sistema de apoyo tradicional (caldera), si bien, se estiman ahorros de entre un 30 y un 40% gracias a la activación térmica de la estructura.

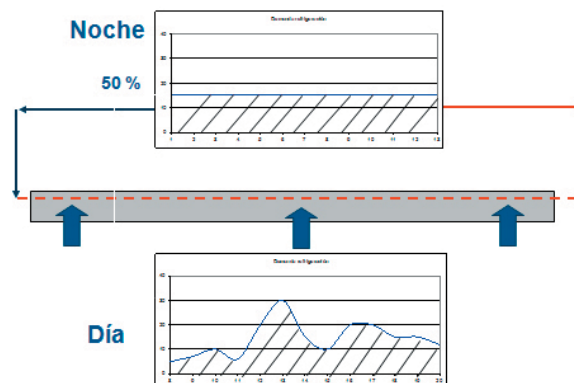
Cuando el sistema funciona en modo refrigeración, no es necesario utilizar una enfriadora en la mayor parte de los casos y es suficiente con una torre de refrigeración que permita el intercambio de calor del fluido con la bóveda celeste. Con carácter general, se puede estimar que en el periodo nocturno es necesario reducir la temperatura de los forjados en aproximadamente 2°C, que es el incremento de temperatura que sufren a lo largo del día tras recibir todas las cargas térmicas del edificio (radiación externa y cargas internas de equipos y usuarios).

Independientemente del tipo de energía que se utilice para la activación de la estructura, las dos principales ventajas desde el punto de vista del consumo que aportan estos sistemas son:

- Se desacopla el consumo y la demanda, por lo que la acumulación de energía se hace de manera constante, eliminando picos y, por lo tanto, reduciendo el tamaño y la potencia de los equipos de climatización. Esto se traduce en cierta economía y una reducción del consumo.
- La acumulación de energía se hace durante las horas valle, cuando el coste de la energía es menor.

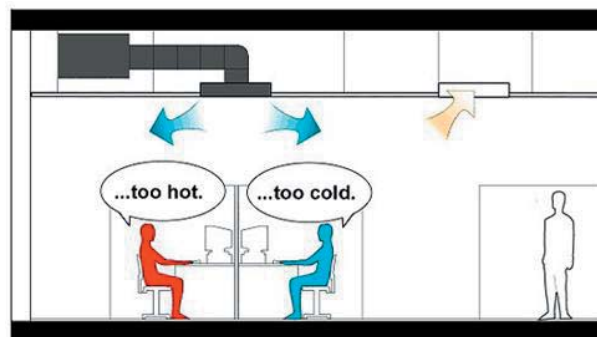
En la figura 16 se puede observar el principio de funcionamiento de una estructura activada térmicamente cuando funciona en modo refrigeración.

Figura 16. Esquema de funcionamiento de un sistema inercial activado térmicamente (fuente: Antonio Villanueva Peñalver, IDOM)



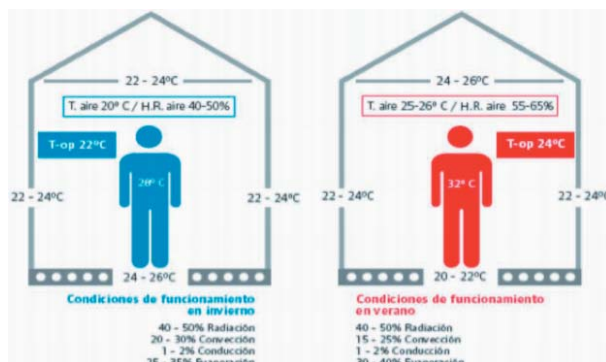
Por último, indicar que, desde un punto de vista de confort térmico, estos sistemas proporcionan parámetros fríos o cálidos, mucho más agradables que las corrientes de aire procedentes de otros sistemas de climatización, tal y como se muestra en la figura 17, y es muy común en edificios de oficinas.

Figura 17. Problemas de confort en los sistemas de refrigeración mediante flujos de aire



Por el contrario, en los sistemas inerciales, las temperaturas son mucho más estables, como se muestra en la figura 18.

Figura 18. Condiciones de confort térmico en sistemas inerciales (fuente: Israel Ortega Cubero, UPONOR)



4.4 Almacenamiento de energía en la estructura

En los próximos años, uno de los grandes retos del sector de la construcción será la implantación en 2020 de los llamados edificios de consumo de energía casi nulo, ECCN, o NZEB por sus siglas en inglés.

Se define como edificio de consumo de energía casi nulo a aquel edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, que se determinará de conformidad con el anexo I de la Directiva 2010/31/UE. La cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida «in situ» o en el entorno. Además, los requisitos mínimos que deben satisfacer estos edificios son los que se determinen en el Código Técnico de la Edificación.

La utilización de energías renovables presenta dificultades de gestión debido a su limitada predictibilidad en su generación.

Por otro lado, el desequilibrio creciente entre la demanda de energía y la generación intermitente de la energía renovable ha puesto de manifiesto la necesidad de que los consumidores sean más flexibles en sus pautas de consumo.

La única vía para superar estos problemas es el almacenamiento de energía, bien a escala de red o bien de manera distribuida en los hogares.

El almacenamiento de energía a nivel de red mediante baterías situadas en las centrales es prácticamente irrealizable a gran escala. Para ponerlo en contexto, la batería más grande de este tipo está en China, ocupa el mismo espacio que un campo de fútbol y almacena 36 MWh, que sería suficiente para alimentar tan solo 12.000 hogares durante una hora. La hibridación en centrales termosolares con almacenamiento de sales fundidas consigue llegar a ciclos de medio día en los mejores casos.

Por lo tanto, la opción más interesante es guardar la energía de forma distribuida en baterías en los hogares y su entorno cercano. Sin embargo, las baterías son todavía caras, por lo general, y tienen un coste de mantenimiento.

En este contexto, la utilización de los sistemas inerciales de la estructura de los edificios como baterías alternativas es una opción viable y de gran potencial. La alta inercia térmica de los edificios masivos, junto con un incremento de la electrificación de los sistemas climatización, ha hecho que el almacenamiento de energía térmica en las estructuras de hormigón se haya convertido en una solución técnica y económicamente adecuada, ya que no solo permite una mejor gestión de la red, sino también ahorros significativos en el consumo, tal y como se ha visto en los puntos anteriores.

De hecho, ya existe una experiencia piloto en Austria en la que se analizó la posibilidad de cubrir la demanda energética de climatización de un edificio de hormigón únicamente con energía eólica, utilizando los forjados de la vivienda como baterías. Se trata de una vivienda unifamiliar de dos plantas en la que los forjados estaban activados térmicamente mediante bombas de calor y frío alimentadas exclusivamente con energía eólica.

Los resultados fueron, con carácter general, muy satisfactorios, aunque hubo pequeñas islas de 5-6 días en los que la demanda del edificio no se pudo cubrir únicamente con energía eólica y fue necesario recurrir a fuentes alternativas.

Esta limitación en la gestión de las energías renovables se debe a que la capacidad de almacenamiento de los forjados activados térmicamente está acotada, pero puede resolverse mediante la activación de otros elementos estructurales (como los cerramientos) o mediante la utilización de materiales innovadores que se integren en la estructura y permitan incrementar la capacidad de almacenamiento natural del hormigón.

Figura 19. fotos de la vivienda unifamiliar objeto de estudio en Austria



(Fotos: © Z+B/Herfert)

5. Conclusiones

Los edificios con contorno de hormigón ofrecen al usuario prestaciones que, de manera relevante, están relacionadas con la mejora de las condiciones acústicas, el ahorro energético por su eficiencia energética y la mayor seguridad frente al fuego que facilitan por su mejor comportamiento.

El aprovechamiento conjunto de todas ellas incrementa la sostenibilidad e impulsa la innovación, tanto en los materiales como en el modo de emplearlos, para construir edificios sin duda más confortables, más seguros, más económicos para el usuario, quien gastará menos energía durante la vida útil del edificio, más competitivos y, con todo ello, más sostenibles para el conjunto de la sociedad.

En el campo energético, no es suficiente con la construcción de un edificio masivo o la utilización de determinados materiales. Solo un diseño correcto permite aprovechar todo el potencial de su inercia térmica y un diseño adecuado debe incluir:

- Una orientación correcta adecuadamente elegida.
- Un correcto aislamiento, eliminando puentes térmicos.
- Un factor de forma óptimo.
- Se debe conocer la incidencia de la radiación solar en función del porcentaje de acristalamiento y de la geometría del edificio.

- Y por último, se deben considerar todas las variables que determinan el intercambio de calor entre la estructura y el ambiente.

Solo de esta manera es posible evaluar el potencial real de un edificio de hormigón, ya que un mal diseño o una simulación incorrecta llevarán necesariamente a resultados insatisfactorios. Como referencia, sirva de base que los estudios realizados hasta la fecha cifran los ahorros energéticos medios de un edificio masivo de hormigón sin ningún tipo de activación en un 16%, mientras que se puede incrementar estos ahorros por encima del 50% mediante la activación de los paramentos pasivos con una ventilación forzada.

Si la tecnología utilizada es la activación térmica mediante la circulación de agua por su interior, cuya utilización es cada vez más frecuente, los ahorros obtenidos serán importantes, considerándose siempre por encima del 40% del consumo total de un edificio tipo.

Aunque es una tecnología siempre en desarrollo, se estima que el almacenamiento de energía térmica en la estructura de un edificio de hormigón permitirá alcanzar el objetivo de edificio de consumo de energía casi nulo ECCN, además de los beneficios que la gestión flexible de la demanda aportará a la red de energía.

6. Aplicación real de estructuras activadas de hormigón

Edificio terciario - Cultural público. Centro cultural y Teatro infantil Daoiz y Velarde en Madrid	34
Edificio terciario - Administrativo público. Rehabilitación de palacete para oficinas en Madrid	36
Edificio terciario - Administrativo privado. Construcción centro tecnológico en Barcelona	38
Edificio terciario - Administrativo privado. Construcción de edificio de oficinas en Madrid	40
Edificio terciario - Administrativo privado. Rehabilitación integral de edificio de oficinas en Madrid	42
Edificio terciario - Administrativo privado. Construcción de edificio de oficinas en Madrid	44
Edificio residencial - Vivienda plurifamiliar. Construcción de Viviendas de Protección Oficial de alquiler para jóvenes en Mataró	46
Edificio residencial - Vivienda unifamiliar. Construcción experimental para Viviendas de Protección Oficial en Extremadura	48
Edificio residencial - Vivienda unifamiliar. Construcción de vivienda unifamiliar en Galapagar	50

Edificio terciario - Cultural público. Centro cultural y Teatro infantil Daoiz y Velarde en Madrid

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Teatro Infantil y Centro Cultural en el Conjunto de Daoiz y Velarde

Situación / Location:
Calle Alberche, s/n, Madrid (Madrid).

Propiedad / Client:
Área de Gobierno de las Artes. Dirección General de Patrimonio Cultural

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:
10.107.671,15 €

Superficie construida / Built area:
6850,50 m².

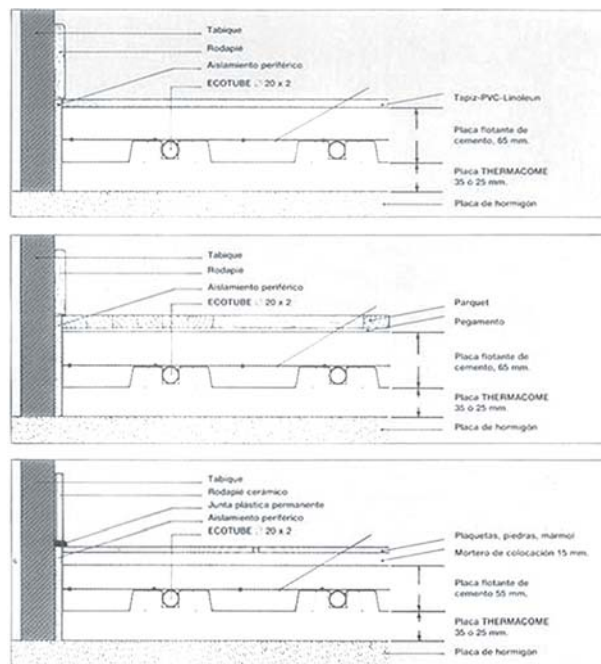
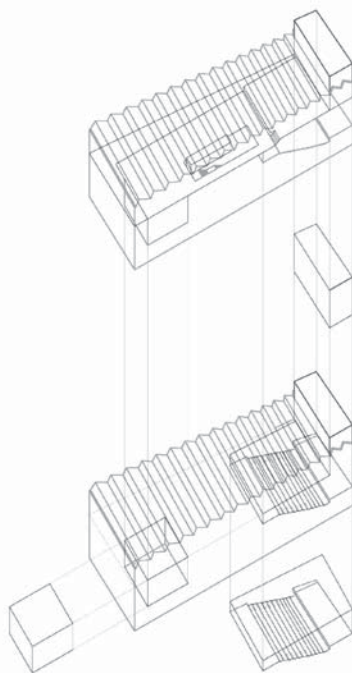
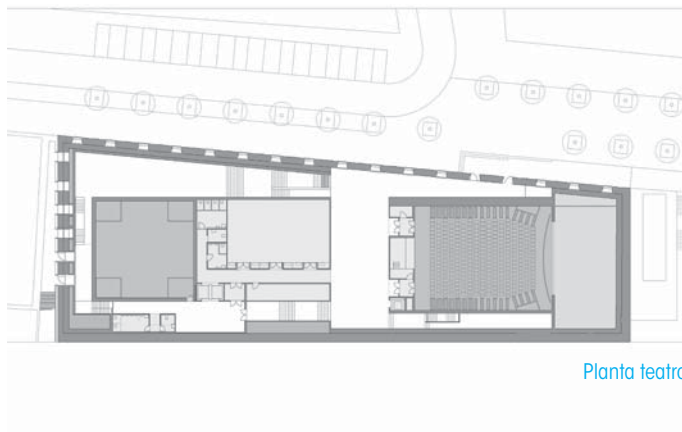
Arquitecto / Project author:
Rafael de La-Hoz Castanyes

Arquitecto director de obra / Building manager architect:
Ángel Rolán - Silvia Villamor

Arquitecto técnico / Building surveyor:
Elena Elósegui - Javier Fernández

Empresa constructora / Construction Company:
Fernández Molina, Obras y Servicios, S.A.

Premios / Prizes:
Nominado al Premio de Arquitectura Contemporánea de la Unión Europea – Premio Mies van der Rohe 2015
Premio Asprima 2014. Primer premio y Mención Especial en la Categoría 'Rehabilitación energética'
COAM Honor Especial 2014
2016 Nominado al Premio Brick 2016 (Austria)



Rehabilitación de una nave perteneciente al Conjunto de Antiguos Cuarteles de Daoíz y Velarde en Madrid, para la ejecución de un centro cultural y teatro infantil.

Partiendo de la idea de respetar la geometría general del edificio existente, así como la estructura metálica y la fachada de fábrica de ladrillo, se vacía el interior de la nave que pasa a ser una envolvente para el Teatro Infantil y el Centro Cultural.

Así, la envolvente del edificio queda constituida por una única pieza de hormigón que forma toda la estructura, tanto exterior como enterrada del mismo.

Los dos espacios de la nave, Centro y Teatro, se configuran como dos elementos independientes con accesos y circulaciones separados pero con una fuerte conexión visual y espacial y con la posibilidad de adaptarse a diferentes tipos de actos.

Se crea un espacio intermedio de separación entre la antigua nave y los nuevos usos que potencia el carácter del edificio existente y crea una zona de filtro y protección del exterior. Estos espacios intersticiales permiten establecer una conexión visual que propicia diferentes experiencias espaciales. Se crea un amplio espacio común en los accesos. Un lugar de convergencia, orientación y exposición que funciona como un ágora protegida, una extensión de la plaza exterior en el interior del edificio.

Por lo que concierne a la masa térmica de la estructura, durante el invierno, la luz solar difusa calentará el aire y el calor se almacenará en los elementos estructurales macizos. En verano esos elementos, enfriados de noche, incrementarán la inercia térmica de la construcción.

Se desarrolla una cubierta altamente tecnificada capaz de aprovechar la luz y la ventilación natural.

Se aprovecha la colocación de las placas solares sobre las cubiertas para alimentar el suelo radiante, colocado en la mayoría de las plantas.

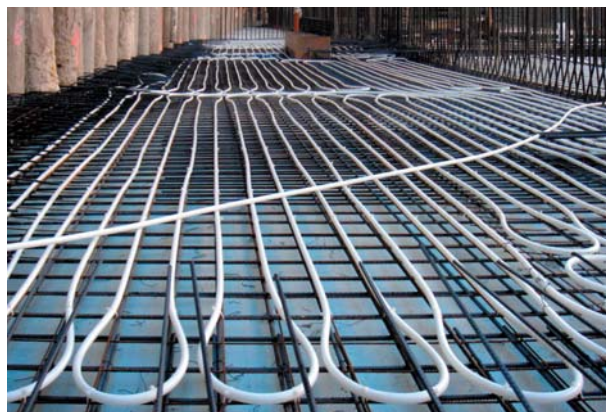
Este suelo radiante se embebe en el hormigón para aumentar la inercia térmica. Se remata por un pavimento en hormigón, piedra natural o tarima de madera.

En la instalación del suelo radiante, el montaje de los tubos se hace embebiendo los mismos en la placa flotante de hormigón, a cuyo vertido se procede tras el prescriptivo ensayo de estanqueidad y a presión adecuada. Durante el vertido, los tubos están llenos de agua y a presión de 3 kg/cm² hasta total la terminación del suelo. Para evitar deterioros debidos a heladas, se procura una mezcla homogénea de etil-glicol al 15-30%. La puesta en marcha será progresiva.

Desde el punto de vista energético el proyecto tiende a idear el centro cultural y el teatro de la manera más au-

tónoma posible en cuanto a gastos de agua y de energía para la iluminación, la calefacción y la ventilación.

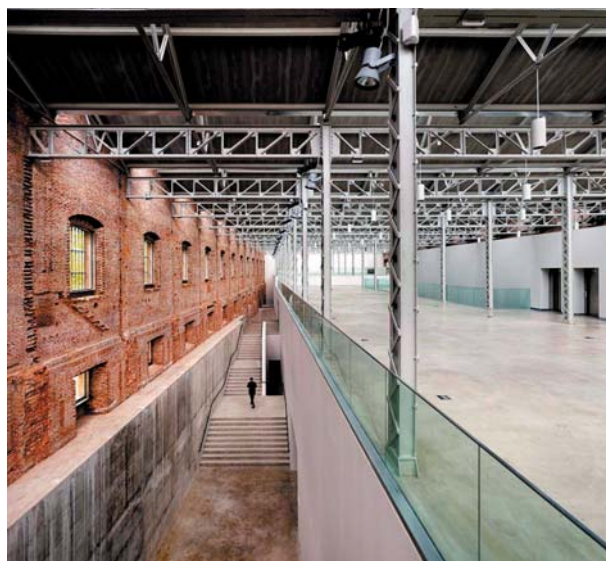
Destaca como solución bioclimática el uso de la masa térmica de los materiales: la inercia térmica de los muros perimetrales de la nave, de los suelos y elementos estructurales de hormigón.



Obra. Colocación suelo radiante.



Estado reformado. Exterior.



Estado reformado. Interior.

Edificio terciario - Administrativo público

Rehabilitación del Palacete de los Duques de Arévalo del Rey como oficinas para la Administración del Estado

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:

Rehabilitación del Palacete de los Duques de Arévalo del Rey como oficinas para la Administración del Estado

Situación / Location:

Manuel Silvela 4, Madrid (Madrid)

Propiedad / Client:

Ministerio de Economía y Hacienda

Presupuesto de ejecución material / Construction budget:

16.875.824,42 euros

Superficie construida / Built area:

3.933 m²

Arquitecto director del proyecto / Project Manager Architect:

Ignacio Mendaro Corsini

Arquitectos colaboradores en concurso / Contributing architects in the competition:

Blanca Rosa Gutiérrez

Arquitectos colaboradores / Contributing architects:

Daniel González Ochoa (proyecto/project)

Jose Ignacio Isasi Zaragoza (estructuras/structures)

Cronología / Chronology:

Concurso/Competition: 2006; Proyecto de ejecución/Execution project: 2007; Obra/Works: 2008-2011.

Arquitecto técnico / Building surveyor:

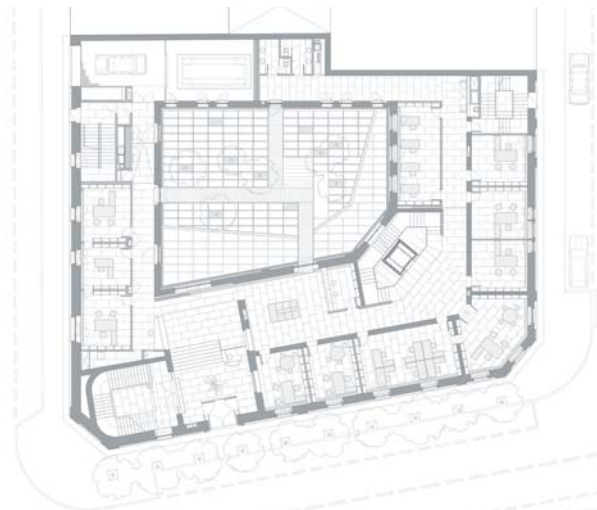
Raquel Benítez Reina

Empresa constructora / Construction company:

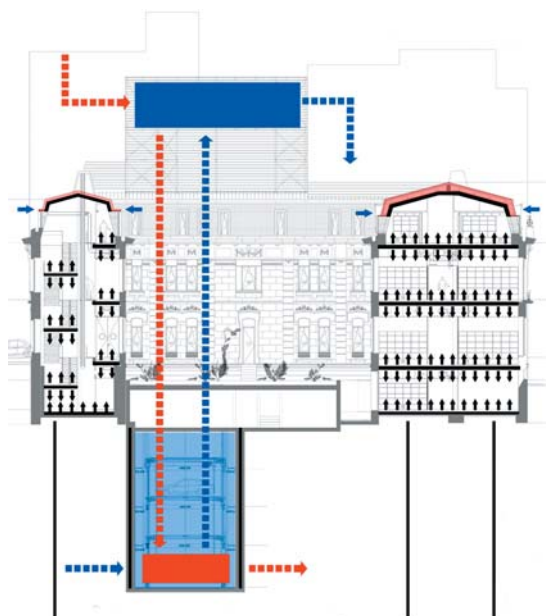
Fernández Molina Obras y Servicios

Premios / Prizes:

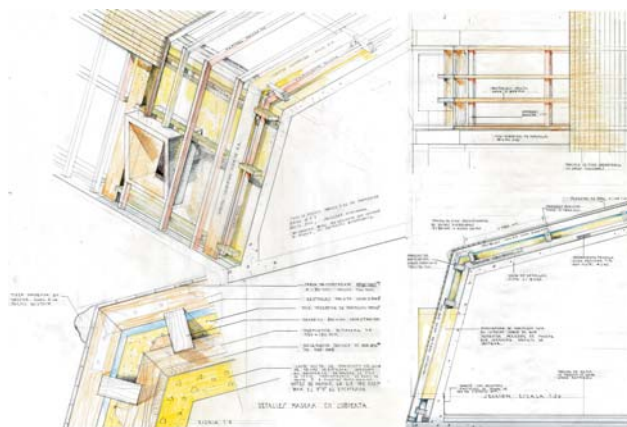
Premio Endesa a la Rehabilitación más sostenible de 2011.



Planta de acceso.



Esquema energético.



Detalle cubierta.

Una de las principales cualidades de esta intervención es que se ha logrado incluir la eficiencia energética en este palacete de 1905, algo que parecía reservado a los edificios de nueva planta.

La exigencia funcional de un aparcamiento robotizado, junto con la necesidad estructural de sustitución de los forjados, condujeron a la incorporación de la geotermia sin apenas elevar los costes de construcción.

Las estructuras de hormigón armado tales como pilotes, muros de contención, muros pantalla o losas de cimentación, pueden ser aprovechadas para la obtención de energía geotérmica del terreno o del nivel freático.

El terreno también nos proporciona un buen sistema de almacenaje para el exceso de energía, es decir, que el calor almacenado en el terreno durante el periodo de refrigeración del edificio, puede ser aprovechado para el periodo de calefacción y viceversa.

La energía absorbida es transportada a las diferentes partes del edificio por medio de un fluido caloportador que circula por tuberías incorporadas a la estructura horizontal del edificio que funcionan como dispositivo termoactivo.

En verano, durante el periodo nocturno las bombas de calor geotérmicas funcionarán para enfriar los forjados de manera que el edificio al día siguiente se encuentre preenfriado y de esta manera se corten los picos de potencia al iniciarse la actividad habitual que se desarrolla en el edificio.

La intervención integral consigue un 75% de ahorro frente a sistemas convencionales.

En invierno, durante el periodo nocturno las bombas de calor geotérmicas funcionarán para mantener calor en los forjados y evitar picos de arranque por la mañana siguiente.

Este sistema permite mantener la masa del forjado a una temperatura constante que será regulada por el sistema de control del edificio.

Se incorporan además sistemas pasivos de calentamiento y enfriamiento de aire.

No se cuenta con un buen soleamiento en invierno a causa de la altura de los edificios colindantes, pero si se puede captar radiación en la cubierta y, a través de una cámara de aire creada a este efecto, generar un volumen muy significativo de aire caliente que a través de las unidades de tratamiento de aire se incorporan al edificio.

Asimismo, cuando las condiciones exteriores sean de verano, se ha previsto un sistema de pretratamiento de aire a través de la introducción del mismo del parking robotizado enterrado, que provoca un sensible enfriamiento de aire que entra en la unidad de tratamiento.

Cuando sea necesario, se puede refrigerar directamente mediante "direct cooling", o en caso de calefactarlo, el mismo sistema puede utilizarse para extraer energía por medio de una bomba de calor. Cuando éste sea insuficiente, las bombas de calor reversibles instaladas podrán funcionar en modo refrigeración para dar el apoyo extra que se necesite.

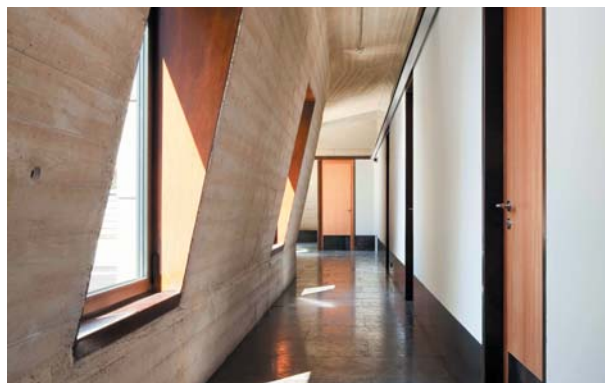
El conjunto de sistemas, perfectamente integrado, constituye una instalación muy innovadora en su concepción y extraordinariamente eficiente en su consumo, en su mantenimiento y en su calidad térmica.



Obra. Hormigonado de losa.



Estado reformado. Patio interior.



Estado reformado. Interior.

Edificio terciario - Administrativo privado Construcción centro tecnológico en Barcelona

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Centro tecnológico LEITAT.

Situación / Location:
Districte 22@, Poble Nou, Barcelona (Barcelona).

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:
5.239.883,89 €.

Superficie construida / Built área:
3.824,27 m².

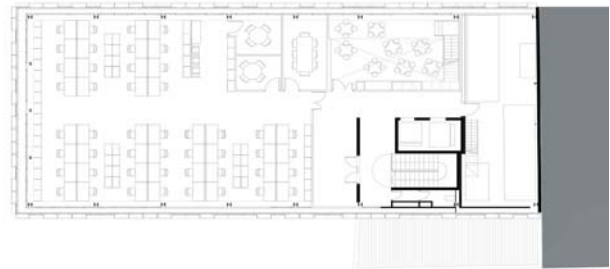
Arquitecto / Project author:
Felip Pich-Aguilera Baurier y Teresa Batlle i Pagès.

Arquitecto director de obra / Building manager architect:
Ute Müncheberg.

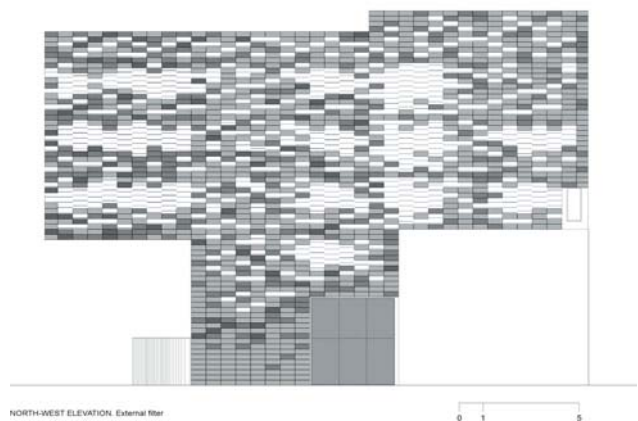
Arquitecto técnico / Building surveyor:
Jordi Altes, G3 Gestió de Projectes i Obres.

Empresa constructora / Construction company:
BSO. Baldo Serveis i Obres.

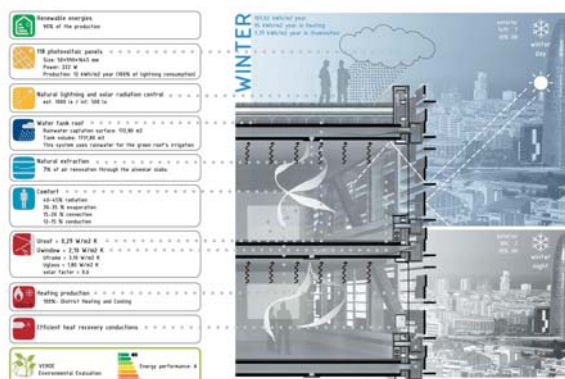
Premios / Prizes:
Premio a nivel Estatal al mejor edificio terciario. Premios a la mejor Construcción Sostenible, otorgados por la Consejería de Obras Públicas de la Comunidad Castilla-León.



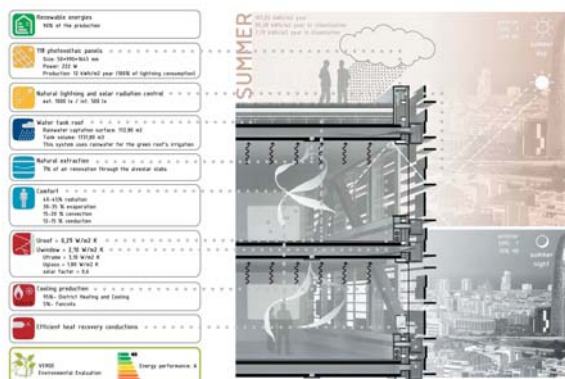
Planta quinta.



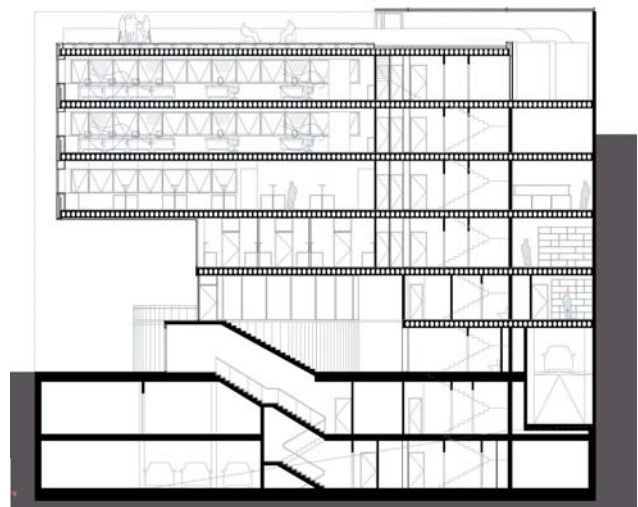
Alzado.



Sección bioclimática invierno



Sección bioclimática verano.



Sección longitudinal.

Proponemos un edificio concebido desde componentes independientes que pueden producirse industrialmente y ser ensamblados en el lugar, para conseguir un cuerpo edificado muy flexible a los usos posteriores, incluso a su deconstrucción.

Nuestro proyecto propone un cuerpo edificado muy flexible que cuenta con una envolvente eficiente que da respuesta a todos los requerimientos físicos de la edificación – estructura, tamización de luz natural, aislamiento y suministro de servicios, de forma que las plantas interiores son del todo diáfnas y aptas para cualquier adaptación funcional.

Así pues, esta envolvente está compuesta por una primera capa exterior formada por paneles prefabricados de hormigón de altas prestaciones (UHPC), que difracta el rayo de sol para producir una luz interior no direccional y a la vez evitar un sobrecalentamiento. Estos paneles tienen además propiedades fotocatalíticas, que reducen, bajo los efectos del sol, la contaminación y descomposición de los óxidos más contaminantes (NOx) de la ciudad. A continuación, la cámara de aire ventilada tiende a evacuar el calor acumulado. En esta misma cámara se disponen, en una cadencia adecuada, todos los trazados verticales de las instalaciones necesarias, de forma que sólo hay que prever la conexión y el trazado horizontal, que puede ser flexible en cada caso.

En este sentido, los trazados interiores del aire acondicionado pueden pasar por dentro de los alveolos de las placas pretensadas que componen el forjado, evitando así, una merma de la altura libre y permiten la contribución por radiación de las propiedades térmicas de la inercia del forjado en la obtención de un clima interior más confortable.

Así pues, la activación de las placas alveolares de hormigón supone un valor más de innovación introducido en la estructura; a través de ellas extraemos y renovamos el aire del interior por un lado y por el otro aportamos por radiación al interior toda la inercia del material: el calor o frescura del interior se almacena en las placas y se irradia hacia el interior a lo largo de la noche, consiguiendo atemperar y conservar la temperatura, reduciendo la demanda energética del edificio.

A continuación, tenemos una capa integrada de cierre y aislamiento continuo y la estructura metálica que actúa como viga en celosía integrados y donde se apoyan los forjados de las plantas, compuestos de una única luz que va de fachada a fachada.

En este sentido la arquitectura ha sido pensada para actuar como interfase o equilibrador entre las condiciones del clima exterior e interior, como membrana que filtra.

Finalmente, la cubierta se resuelve mediante un sistema vegetal aljibe, lo cual permite evitar un sobrecalentamiento de la planta bajo cubierta.

De este modo propondremos una arquitectura que en sí misma es capaz de reducir el gasto energético, tanto en la construcción como en su uso y que a la vez puede ser reciclada en su 80%.

En este sentido podemos decir que su expresión quiere ser contemporánea a medida que intenta responder a los nuevos retos ambientales de nuestra sociedad.

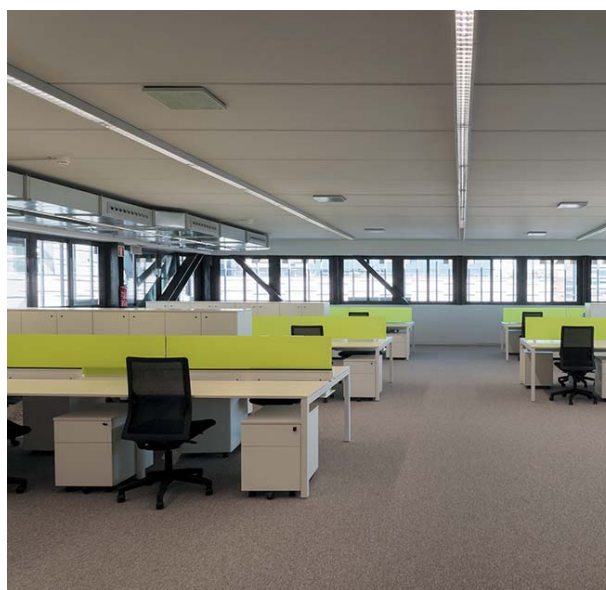
Un edificio contemporáneo con soluciones actuales.



Obra. Estructura.



Obra terminada. Exterior.



Obra terminada. Interior.

Edificio terciario - Administrativo privado Construcción edificio de oficinas en Madrid

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Nueva Sede de IDOM en Madrid

Situación / Location:
Av. Monasterio de El Escorial 4, Madrid (Madrid).

Propiedad / Client:
IDOM Consulting, Engineering, Architecture SAU

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:
13.450.000 €

Superficie construida / Built área:
16.000 m²

Arquitecto / Project author:
Jesús María Susperregui Virto (IDOM) y Jorge Martínez Bermejo (IDOM)

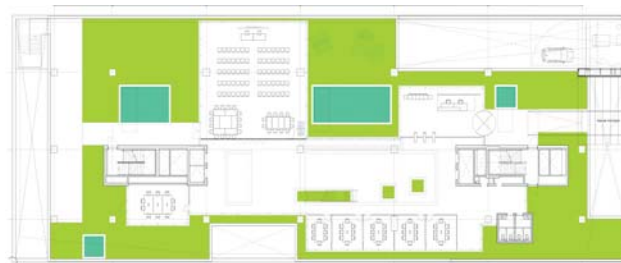
Arquitecto director de obra / Building manager architect:
Jesús María Susperregui Virto (IDOM) y Jorge Martínez Bermejo (IDOM)

Ingeniero / Engineer:
Antonio Villanueva Peñalver (IDOM) y Ramón Gutiérrez Fernández-Cuervo (IDOM)

Arquitecto técnico / Building surveyor:
Jon Andueza Mugarza (IDOM)

Empresa constructora / Construction Company:
FORCIMS y ELECSA

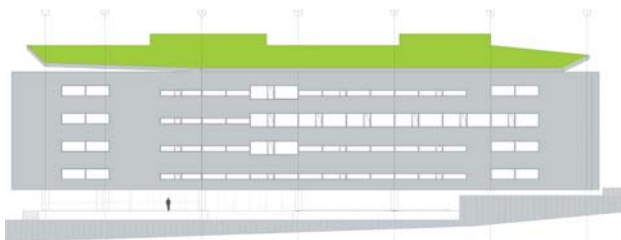
Premios / Prizes:
Finalista en los premios SEE (Sustainable Energy Europe Awards).
Comisión Europea.
Finalista en la IX Sao Paulo International Architecture Biennale



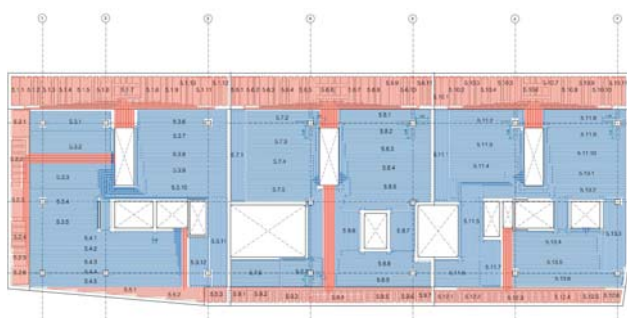
Planta baja



Planta quinta.



Alzado.



Detalle planta de instalaciones.



Sección longitudinal.

El edificio ha sido diseñado con criterios de funcionalidad, sencillez y calidad. A partir de un sistema de estructura termoactivada (TABS: Thermally Active Building System), adaptándolo por primera vez a la climatología española.

Las dos principales características del sistema son, por una parte, que la demanda de energía del edificio y la producción se desacoplan en el tiempo debido a la capacidad de almacenar energía de la estructura. Y por otro lado, las temperaturas de los fluidos caloportadores son mucho más parecidas a la temperatura ambiente (sistemas de baja energía).

La estructura activada y la posibilidad de utilizar fuentes de energía renovables confieren valores de consumo de edificios de Energía Casi Nula.

En la propia arquitectura del edificio se plantea, con miras a minimizar todo lo posible la demanda energética del edificio, la adecuada implantación del edificio, el factor de forma, orientaciones de los volúmenes y su apertura de huecos, muy buen aislamiento térmico en envoltente, tanto en paños ciegos como en vidrios, y protecciones solares selectivas.

El edificio cuenta con estructura activada para ser efectivos en la retirada de energía interna. Esto posibilita extraer una proporción importante de energía en forma de freecooling hidráulico. Esta acumulación de energía en el hormigón de la estructura permite separar la producción de energía de la demanda y de ese modo el freecooling hidráulico pueda ser nocturno (diferencia de 8-10 horas entre demanda y producción). Así la masa térmica del edificio en contacto con el ambiente interior, tanto la activada como la no activada, provoca gran inercia.

Para conseguir los objetivos se ejecuta la activación de la estructura en fase de hormigonado embutiendo 500 circuitos hidráulicos (unos 100 por planta) en el interior de las losas de hormigón.

El sistema TABS de estructura activada se ha dotado de un sistema de control que además de la regulación del mismo permite una monitorización de su funcionamiento. El sistema se organiza con 12 colectores por planta, cada uno de los cuales tiene entre 10 y 12 circuitos y funciona como una unidad. Cada colector dispone de una sonda de temperatura superficial del hormigón colocada en un punto medio de uno de los circuitos, una sonda de temperatura de retorno a la salida del colector y una válvula de dos vías con control PID.

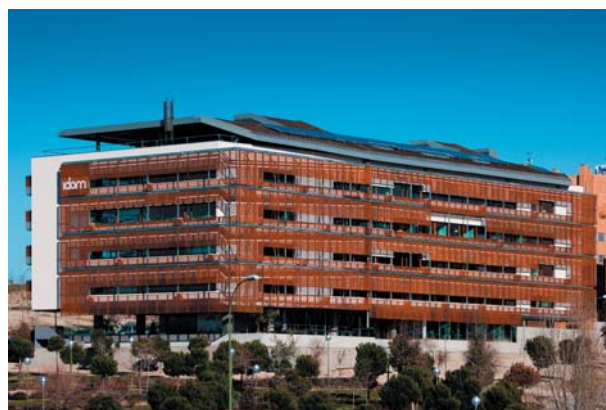
Durante el día los circuitos no se activan, actuando el hormigón de forma completamente pasiva. Durante las noches, el sistema TABS entra en funcionamiento retirando la energía de la estructura.

Para ser considerado edificio de Energía Casi Nula, se hace necesario compensar dicha energía primaria mediante el empleo de energías renovables, disponiendo del total de la superficie de la cubierta del edificio para instalar placas solares fotovoltaicas.

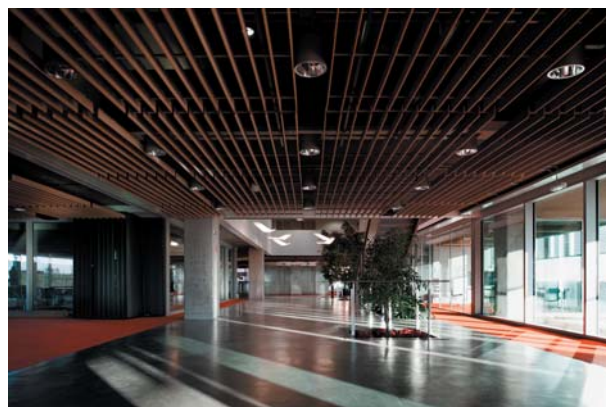
El cuidado en los elementos arquitectónicos de la envoltente y la incorporación de la tecnología de estructura termoactivada es lo que proporciona al edificio la posibilidad de liberar una buena parte de su energía interna de modo casi gratuito. La combinación de la estructura termoactivada con el enfriamiento evaporativo, y la realización de freecooling hidráulico nocturno es esencialmente lo que hace que los consumos eléctricos del edificio se minimicen hasta valores compensables mediante fuentes de energía renovables en el propio edificio.



Obra. Armado y tubos.



Obra terminada. Exterior.



Obra terminada. Interior.

Edificio terciario - Administrativo privado. Rehabilitación integral de edificio de oficinas en Madrid

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Rehabilitación integral de edificio de oficinas.

Situación / Location:
Calle Apolonio Morales 29, Madrid (Madrid).

Propiedad / Client:
Eneres.

Superficie construida / Built área:
800 m²

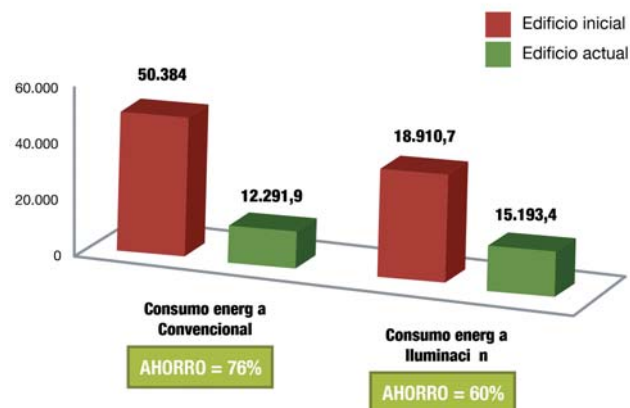
Cronología / Chronology:
2008-2009

Arquitecto / Project author:
Luis de Pereda y Manuel Mallo.

Empresa constructora / Construction Company:
Fernández Molina Obras y Servicios.

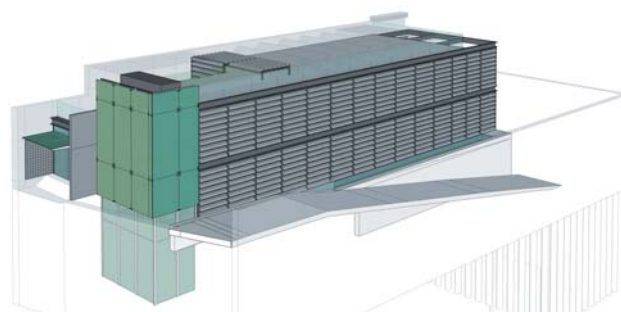
Empresas colaboradoras / Contributing:
Eneres, Fernández Molina Obras y Servicios.

Premios / Prizes:
Primera Mención Especial en los Premios a la mejor instalación Geotérmica en el sector Industrial y de Servicios 2009 en la Comunidad de Madrid.

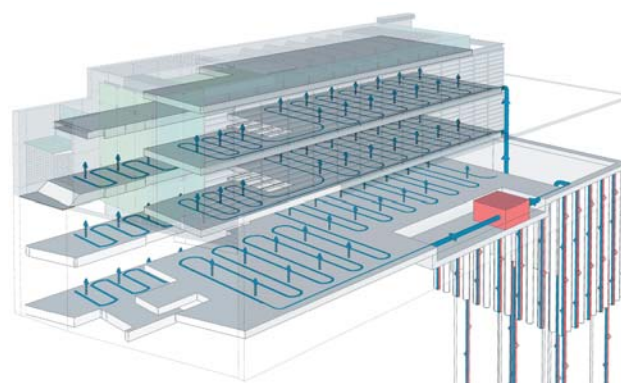
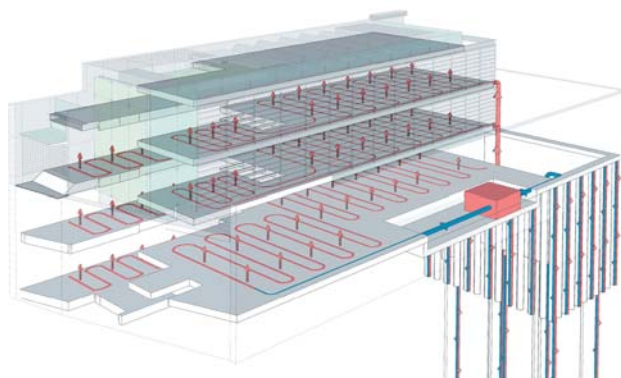


Descripción del elemento	Potencia elctrica instalada (kW)	Potencia media abs (kW)	Consumo anual (kWh/a o)
Bomba de calor 1	25,90	20,80	15.017,60
Bomba de calor 2	25,90	20,80	15.017,60
Ventilador 1	2,20	2,20	1.755,60
Ventilador 2	2,20	2,20	1.755,60
Resist. elctrica apoyo	18,00	18,00	1.080,00
Resist. elctrica conducto	6,00	6,00	360,00
Ventilador climatizador	2,20	2,20	1.755,60
Humectador vapor	3,70	3,70	953,50
Bombas circulaci n tipo 1	3,00	3,00	2.394,00
Bombas circulaci n tipo 1 (2 uds. 1,5kw c/u)			
Bombas circulaci n tipo 1 (2 uds. 1,8kw c/u)	7,20	7,20	5.745,60
12 Fancoils 250 w	3,00	3,00	2.394,00
2 Fancoils 200 w	0,40	0,40	319,20
13 Fancoils 175 w	2,30	2,30	1.835,70
	102,00	91,80	50.384,00

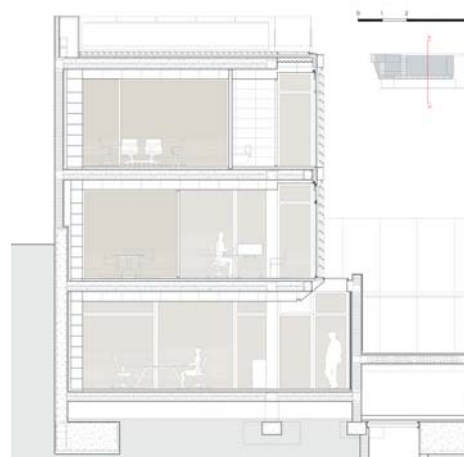
Descripción del elemento	Potencia elctrica instalada (kW)	Potencia media abs (kW)	Consumo anual (kWh/a o)
Bomba de calor geot. mica 1	12,80	5,95	3.578,87
Bomba de calor geot. mica 2	12,80	5,95	3.578,87
Bomba circulaci n bucle geot. 1	0,57	0,74	443,72
Bomba circulaci n bucle geot. 2	0,57	0,74	443,72
Clim. aire ext. UTA-1 Vent. Retorno	1,50	1,50	1.579,50
Clim. aire ext. UTA-1 Vent. Retorno	0,75	0,75	789,75
Bomba circulaci n BHI-1	0,57	0,74	647,16
Bomba circulaci n BHI-2	0,09	0,15	76,34
Bomba circulaci n BHI-3	0,05	0,12	64,50
Bomba circulaci n BHI-4	0,35	0,25	298,82
Bomba circulaci n BHI-5	0,57	0,58	694,45
Ventilador Paneles Grammer	0,37	0,37	96,20
	30,99	17,84	12.291,90



Perspectiva.



Esquema energético.



Sección transversal.

En el año 2008, se aborda la rehabilitación integral que supuso un cambio sustancial de la concepción funcional, operativa y energética del edificio.

La rehabilitación integral permite recuperar y generar recursos económicos, a corto y largo plazo, donde se está gastando mucho dinero en paliar la ineficiencia económica, social y ambiental.

De todos los recursos que se recuperan gracias a las acciones de la rehabilitación integral se consiguen: el aumento del valor del edificio, los ahorros en el consumo de los recursos y la mejora de la habitabilidad.

La envolvente se configura como un medio de intercambio que aprovecha el alto grado de exposición e interacción con el medio, fuente de importantes oportunidades energéticas.

La fachada tiene una proporción muy importante de acristalamiento, el 100% de la cubierta recibe radiación solar directa, y, el edificio tiene una superficie considerable en contacto directo con el terreno.

Una vez resuelta con la máxima eficiencia la calidad del aire, la transferencia y absorción de calor para calentar y refrigerar, se realiza mediante la transformación en dispositivos termoactivos y radiantes de los forjados existentes en interacción con la estructura enterrada, que actúa como intercambiador geotérmico.

La estructura termoactiva resuelve el almacenamiento de energía, su gestión y la interactividad de la transferencia radiante ente el edificio y los usuarios.

El sistema geotérmico es incorporado a la estructura del vaso que contiene el aparcamiento mecánico. Resuelve la cobertura eficiente de la totalidad de la demanda, el almacenamiento y la gestión de la energía procedente de recursos bioclimáticos, salto térmico y flujo térmico del agua subterránea. Situado bajo el patio trasero, es un contenedor de 6 metros de profundidad con pilotes de 10 metros. Éstos, activados para su uso como intercambiadores geotérmicos reducen el consumo energético en un 80% respecto a aparcamientos convencionales.

El sistema de climatización se completa con el uso de dos bombas de calor geotérmicas de 25 Kw, y sistemas inerciales de acumulación, transmisión o absorción de energía asociados al uso de la masa de los forjados en todo el edificio.

Los forjados originales son activados con circuitos de agua y una masa suplementaria de hormigón de 7 cm para conseguir una masa activada de unos 300 kg/m².

El aumento de la componente radiante de la transmisión y la absorción de calor eleva también el bienestar de los usuarios, la calidad y la interactividad del sistema de climatización.

La recuperación del valor se cifra respecto de la situación de partida en una reducción del 86% del consumo energético anual, reducción del 63% de los costes de mantenimiento; recuperación del 15% de la superficie por instalaciones eliminadas; consecución de una excelente calidad ambiental y de salubridad.

Gracias a la adopción de los sistemas inerciales los usuarios resaltan la mejora de la habitabilidad en el edificio.



Obra. Hormigonado.



Obra terminada. Exterior.



Obra terminada. Interior.

Edificio terciario - Administrativo privado. Construcción edificio de oficinas en Madrid

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Edificio ALL 87

Situación / Location:
Calle Ponzano 87, Madrid (Madrid).

Propiedad / Client:
ALL 87 INVERSIONES S.L.

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:
1.290.000,00 €

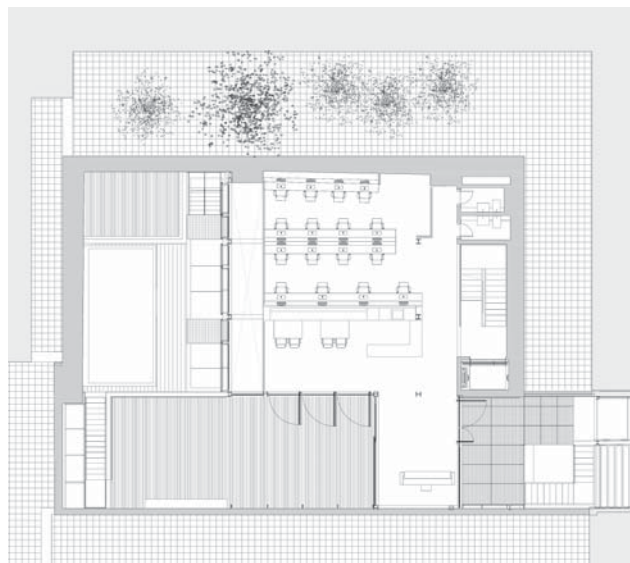
Superficie construida / Built area:
1.290.000,00 €

Arquitecto / Project author:
Gabriel Allende Gil de Biedma, allende arquitectos

Arquitecto director de obra / Building manager architect:
Gabriel Allende Gil de Biedma, allende arquitectos

Arquitecto técnico / Building surveyor:
Mario Jorge de Castro, allende arquitectos.

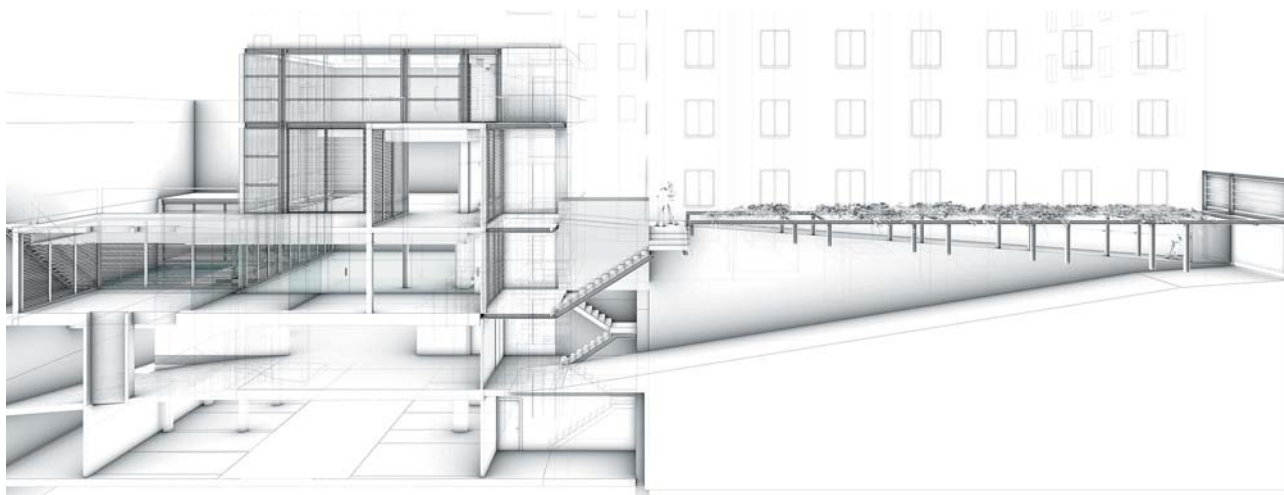
Empresa constructora / Construction Company:
Fernández Molina, Obras y Servicios.



Planta baja.



Perspectiva.



Sección en perspectiva.

El origen del proyecto es dar continuidad al P.E.R.I. (Plan Especial de Reforma Interior) aprobado para el solar, y que transforma el uso original industrial en terciario oficinas.

La parcela, con forma de "L", es un polígono irregular que tiene la mayor parte de su superficie situada en el interior de un gran patio de manzana consolidado. Esta posee un único frente de fachada, con un ancho de 5,40 m accesible desde la calle Ponzano, que hace las veces de paso de carruajes y acceso a su fondo. La delimitación de la parcela se completa lateralmente, por las medianeras de los edificios residenciales colindantes.

El edificio consta de dos niveles sobre rasante, planta baja y planta primera, ambos destinados en su totalidad a oficinas. Bajo rasante se plantea un nivel de semisótano también destinado a oficinas e iluminado naturalmente mediante un patio de generosas dimensiones, y dos niveles de sótano, de uso aparcamiento.

Por su ubicación y a la proximidad con los inmuebles que lo rodean, el edificio se proyecta de tal forma que capta la luz interior sin alterar la privacidad de las viviendas próximas, mediante la utilización de elementos que impiden comunicaciones visuales directas.

Este concepto integrador se potencia aún más con las cubiertas planas vegetales ajardinadas que coronan el edificio y que además actúan como aislante natural con el exterior, reduciendo así el consumo energético.

Con la premisa en su concepción de ser una edificación altamente sostenible se han utilizado las últimas tecnologías de eficiencia energética, tales como los forjados inerciales y la geotermia como base de la climatización del edificio, obteniéndose así unos elevados aprovechamientos energéticos.

La instalación geotérmica se basa en el aprovechamiento de la importante diferencia de temperatura existente entre el ambiente y el terreno, manteniéndose en invierno el suelo más caliente que el ambiente y en verano más frío.

A través de las estructuras de hormigón, tales como pilotes energéticos e intercambiadores verticales de 150 m de longitud, se crea un circuito cerrado por el que la energía geotérmica de la tierra se absorbe y se transporta a la construcción, haciendo pasar un fluido a través de las tuberías que se encuentran enterradas y en contacto con el terreno.

El primer modo de funcionamiento se basa en la producción de frío mediante una bomba de calor agua-agua (bomba de calor geotérmica), empleando el terreno como sumidero de calor y enfriando el agua de condensación a través del mismo. De forma análoga, la producción de calor se realiza mediante la bomba de calor geotérmica, calentando el agua de condensación a través del terreno.

Por último, el modo de funcionamiento "Geo-Cooling" es utilizable para dar servicio al forjado inercial directamente desde el terreno, determinándose a través de las sondas de temperatura ubicadas en los colectores. En este caso las bombas de calor geotérmicas no estarían en funcionamiento.

El sistema de climatización se completa con una unidad de tratamiento de aire, de caudal y temperatura variable, con sección de recuperación y freecooling.

Se obtiene así la máxima flexibilidad de las instalaciones de cara a la utilización del edificio y una optimización aún mayor del consumo energético.



Obra. Armado y tubos.



Obra terminada. Exterior.



Obra terminada. Interior.

Edificio residencial - Vivienda plurifamiliar. Construcción de Viviendas de Protección Oficial de alquiler para jóvenes en Mataró

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:

Edificio de Viviendas de Protección Oficial de Alquiler para Jóvenes.

Situación / Location:

Calle Teià 5-9 del barrio de la Llàntia, Mataró (Barcelona).

Propiedad / Client:

Sociedad Municipal Promocions Urbanístiques de Mataró SA (PUMSA).

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:

1,375.000 € (2.002)

Superficie construida / Built área:

2.520 m²

Arquitecto / Project author:

Durán & Grau Arquitectes i Associats SL (Jerónimo Durán Pérez y Lluís Grau Molist).

Arquitecto técnico / Building surveyor:

Joan Valls Casanovas

Empresa constructora / Construction Company:

UTE SURAVA- RABASSA Construcción

Premios / Prizes:

Mención a la mejor idea completa de edificio en el concurso de ideas convocado por INCASOL-Generalitat de Catalunya, para la incorporación de nuevos sistemas y tecnologías para proyectar la construcción de viviendas. Barcelona, Diciembre 2002.

1er Premi Puig i Cadafalch d'Arquitectura, 10ª Edición, organizado por el Ayuntamiento de Mataró. Mataró, Noviembre 2004.

Premio Ex - aequo para Edificios de Nueva Planta de Uso Público

en la 1ª Triennial de Arquitectura del Maresme. Organizado por la Demarcación de Barcelona del COAC. Barcelona, Noviembre 2004.

Edificio seleccionado para el Comité Ejecutivo del Equipo Español

GBC (Green Building Challenge) para representar a España en

la Conferencia Internacional "Sustainable Building 2005". Mejor

aportación, por países, de la conferencia. Tokyo, Septiembre 2005.

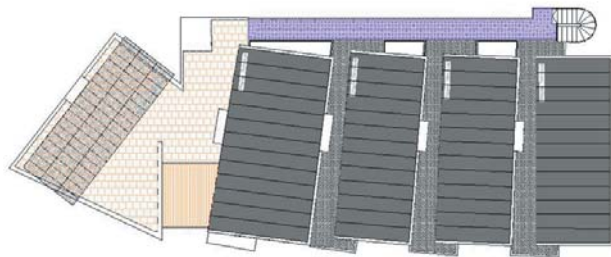
Seleccionado para la exposición Habitar el Presente. Vivienda en

España: sociedad, ciudad, tecnología y recursos. Edificio mejor

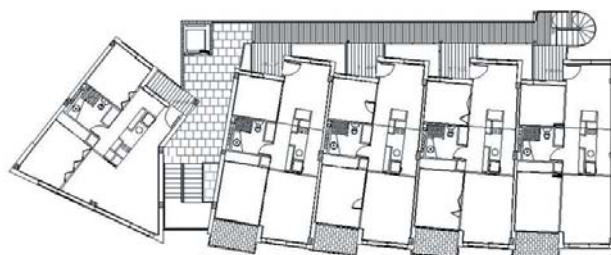
valorado. Organizada por el Ministerio de la Vivienda y coordinada

por la Fundación Politécnica de Cataluña. Sala de exposiciones

Arquerías de Nuevos Ministerios. Madrid, Noviembre 2006.



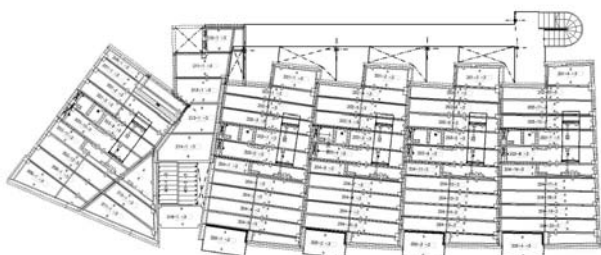
Planta de cubierta y planta tipo.



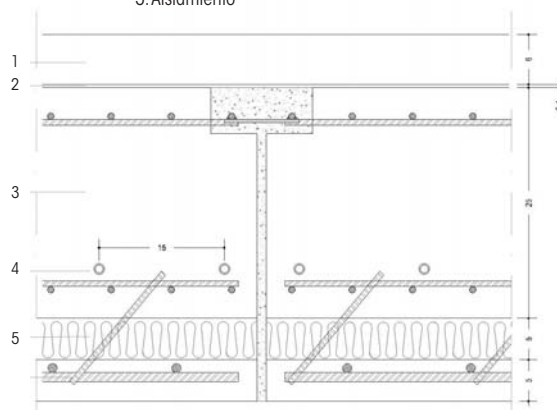
Sección longitudinal.



Sección en perspectiva.



1. Pavimento de hormigón pulido
2. Manta de espuma
3. Losa de hormigón
4. Suelo radiante
5. Aislamiento



Detalle de losa. Sección.

El edificio se caracteriza por afrontar los retos de la sostenibilidad en la edificación en los tres momentos de su existencia: en el momento de su construcción, durante su vida útil y en el momento de su desaparición.

Se ha adoptado un sistema constructivo industrializado consistente en el despiece de toda la obra en plafones macizos de hormigón que se fabrican a pie de obra y, posteriormente, se montan, en semi-seco.

Este sistema ha mejorado las prestaciones técnicas inicialmente previstas (aislamiento acústico,...), y ha dotado al conjunto de una gran rigidez y de una gran inercia térmica.

Todo esto habilita al hormigón como material de acabado y que, como producto sistematizado en su fabricación y montaje, ha resultado más económico y se ha consumido menos energía que los sistemas tradicionales; y, finalmente, producido una reducida cantidad de residuo de obra.

El sistema permite el total aislamiento de los elementos interiores con total ausencia de puentes térmicos (incluidos los balcones en voladizo).

Se consigue que el consumo por vivienda alcance un ahorro energético del 42,7 % frente a la vivienda media, conservándose el bienestar térmico.

La composición general permite la total integración, con orientación al Sur, de un aparato solar concebido para latitudes medias, compuesto por captadores térmicos no vidriados.

Éste acaba constituyéndose como cubierta metálica alternativa.

Dota al edificio de la energía para calentar el agua caliente sanitaria -con apoyo de una caldera de gas- y de calefacción por suelo radiante -losa termoactivada- durante los meses de invierno.

En las noches de verano, los mismos captadores -por no ser vidriados- enfrían la estructura al ceder a la bóveda del cielo todo el calor que aquella haya acumulado durante el día.

Se cumple el objetivo, como prestación del edificio, que la temperatura no baje de 17º C en el interior de la vivienda, aún en el caso de que la temperatura exterior bajara, en invierno, a 0º C, a coste extremadamente reducido y comunitario.

Para que el edificio pueda cerrar el ciclo de vida sus componentes y materiales han sido elegidos de forma que puedan ser reciclados para su uso después de la vida útil.

Así el material más abundante es el hormigón armado que se ha tratado a la pintura al silicato en los exteriores y sin enyesado interior para no dificultar su aprovechamiento posterior.



Obra. Colocación de tubos.



Obra terminada. Exterior.



Obra terminada. Exterior.

Edificio residencial - Vivienda unifamiliar. Construcción experimental para Viviendas de Protección Oficial en Extremadura

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Demostradores Experimentales en Energía y Arquitectura
Centro de Innovación y Calidad de la Edificación.

Situación / Location:
Extremadura.

Propiedad / Client:
JUNTA DE EXTREMADURA (Consejería de Sanidad y Políticas Sociales-
Dirección General de Arquitectura)

Gestor de la infraestructura:
INTROMAC (Instituto Tecnológico de Roca Ornamental Y Materiales
de construcción)

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:
2.384.647 €

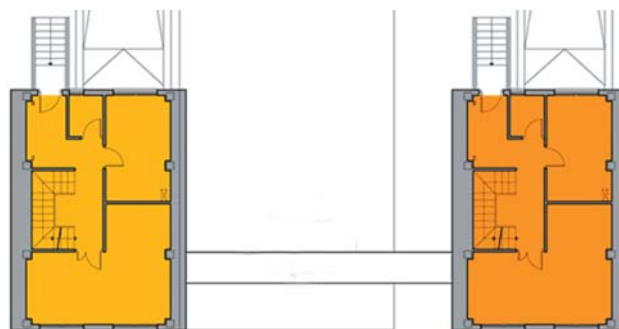
Arquitecto / Project author:
GOP OFICINA DE PROYECTOS

Ingeniero / Engineer:
VALLADARES INGENIERÍA

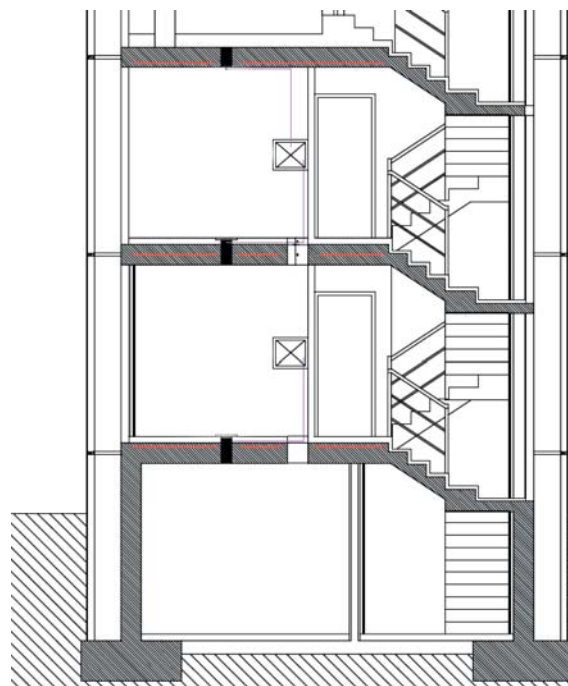
Arquitecto técnico / Building surveyor:
Eduardo Montero

Empresa constructora / Construction Company:
PLACONSA

Premios / Prizes:
EDEA: Efficient Development of Eco-Architecture: Methods and
Technologies for Public Social Housing Building in Extremadura.
Best LIFE Project Environment category 2014.



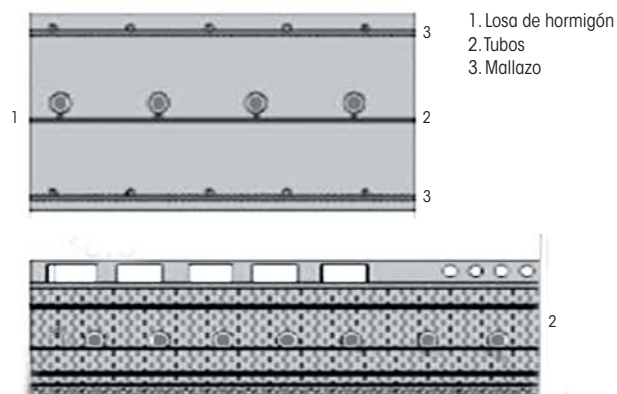
Plantas.



Sección.



Perspectiva.



Detalles losa termoactivada.

El objetivo que se propone con el Proyecto EDEA es la búsqueda de la mejora del confort al menor coste posible del usuario de vivienda social. Para ello se toma como demostradores experimentales unas viviendas tipo, experimental y patrón, que son objeto de los ensayos y comparación de resultados.

Deteniéndonos en la climatización, la vivienda experimental cuenta con diferentes unidades emisoras de energía térmica como radiadores, fan-coils y losa termoactiva.

La losa de inercia térmica forma parte de las estrategias activas de ahorro energético instaladas en el demostrador experimental y utiliza como fuentes de energía renovable la geotermia, termo-solar y la biomasa.

La estrategia del ensayo a destacar es la calefacción con caldera de biomasa y losa térmica. La opción de la biomasa viene determinada por el bajo coste del combustible, sus bajas emisiones de dióxido de carbono y al abaratamiento paulatino de su tecnología. Su combinación con losa térmica no es muy utilizada debido al alto coste de instalación de la unidad terminal, sin embargo, es objeto de este estudio subrayar el confort e integración que se alcanza con este sistema.

La losa termoactiva, como instalación de elevado carácter innovador, se embebe en la losa de hormigón. Formada por un conjunto de tubos de polietileno de alta densidad en forma de serpentín. Se obtiene, de esta manera, una gran inercia térmica que da lugar a un gran confort térmico, pues el calor se cede desde el suelo y no se producen zonas frías en las estancias.

Para el desarrollo del proyecto EDEA, INTROMAC ha implementado un detallado proyecto de monitorización de las losas de inercia térmica instaladas. Cada losa se corresponde con los forjados de la vivienda experimental.

A lo largo de su recorrido se han instalado sensores térmicos, en diferentes puntos de la losa de hormigón, para identificar la homogeneidad de la temperatura y el confort obtenido en el interior de las estancias climatizadas.

Es importante destacar el bienestar térmico obtenido en las estancias con esta estrategia. La temperatura del techo es homogénea, y normalmente el suelo está ligeramente más caliente.

Este comportamiento es el más confortable. No obstante, el suelo radiante como unidad terminal de prestaciones térmicas tiene un tiempo de respuesta largo y necesita una inversión de ejecución elevada; factores que, a la larga, son compensados por el ahorro en el consumo y el nivel de confort real del usuario.

Se concluye que, en función de la instalación y temperatura exterior, el ahorro alcanza el 65% del consumo energético, con una óptima estratificación.

La mejora del confort se asegura al menor coste posible en la vivienda social.



Obra. Armado y tubos.



Obra terminada. Exterior.



Caldera de biomasa.

Edificio residencial - Vivienda unifamiliar. Construcción de vivienda unifamiliar en Galapagar

Ficha técnica / Technical Data

Nombre oficial del proyecto / Official name of the project:
Prototipo edificación modular ecoeficiente . Casa F

Situación / Location:
Galapagar (Madrid).

Propiedad / Client:
Francisco Saiz Sánchez.

Presupuesto de ejecución material / Construction Budget:
80.672,26 €

Superficie construida / Built área:
92m²

Arquitecto / Project author:
Francisco Saiz Sánchez, MODULAB

Ingeniero / Engineer:
GV408 office, Ismael Caballero

Arquitecto técnico / Building surveyor:
Pablo Rodríguez

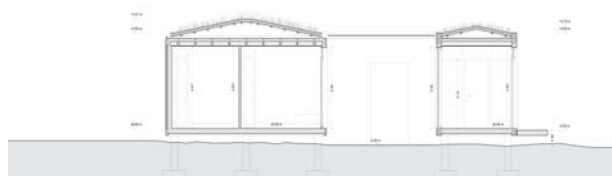
Empresa constructora / Construction Company:
Neoblock

Premios / Prizes:

Laureados con el sello CQFD (Coste, Calidad, Fiabilidad y Plazos) del ministerio de Ecología Francés, Accésit Premios Construcción Sostenible de Castilla y León 2009-2010, Finalista Premios Endesa a la promoción inmobiliaria más sostenible, Finalista BIG 5 Gaia Awards (Dubai) 2009.

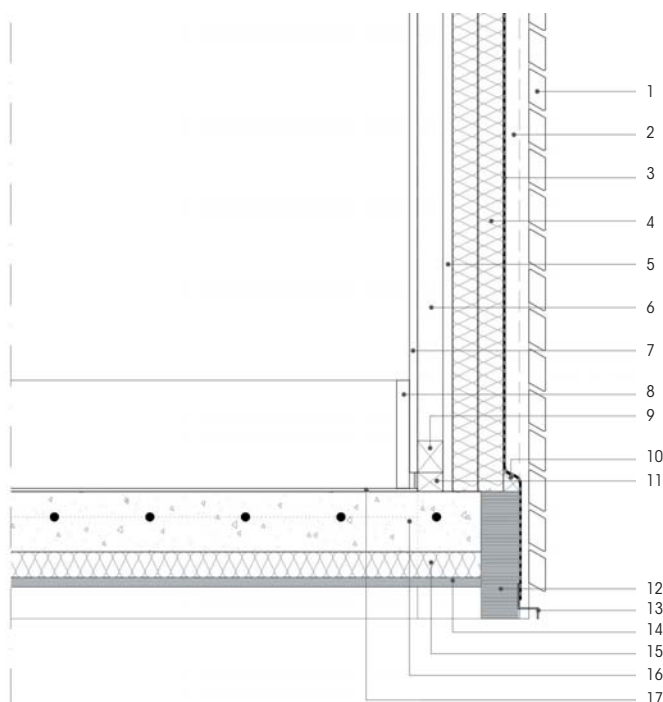


Planta de cotas.



Sección.

1. Remate inferior de la fachada ventilada
2. Cámara de aire ventilada
3. Lámina higroscópica reguladora de vapor
4. Aislante térmico de corcho negro aglomerado
5. Tablero
6. Cámara de aire sin ventilar para el paso de instalaciones
7. Tablero de fibras-yeso
8. Rodapié
9. Listón de montaje
10. Listón de montaje
11. Listón de madera maciza
12. Viga transversal
13. Remate inferior
14. Tablero
15. Aislante térmico de corcho negro aglomerado
16. Losa de hormigón armado (HA 25 BLANDA Arido 20 mm. II/A-M 42.5 R) de espesor 90 mm (Armadura: B-500 T). Activada térmicamente mediante sistema de tubería de climatización wwanclada a la armadura
17. Pavimento



Detalle. Encuentro losa con cerramiento.

El sistema constructivo desarrollado en 2007 de edificación modular se basaba en un bastidor de estructura de madera laminada que permitiera la máxima flexibilidad de apertura de huecos tanto en fachada como en las particiones, permitiendo además optimizar costes de transporte y montaje.

El prototipo, de bajo impacto debía aunar robustez y ligereza para el transporte y el montaje, además de mantener los criterios de bajo impacto de todo el proyecto.

El sistema de cerramiento basado en los sistemas de entramado ligero de madera, aunaba las características que se buscaban, gran capacidad aislante, optimización de las superficies construidas e incorporación de sistemas de construcción y montaje en seco.

En los climas continentales, como el que hay en la mayor parte de la península ibérica, es fundamental, además del aislamiento térmico, la inercia de los propios sistemas constructivos y éste es el aspecto que perdemos, o no podemos incorporar, en sistemas de construcción ligeros.

Al sumar los sistemas activos se consigue la edificación más energéticamente eficiente posible.

Para abordar el criterio de inercia térmica se opta por dos soluciones, una prefabricada y activa desarrollada "off-site" consistente en una losa de hormigón armado y otra pasiva realizada "in-situ" de cubierta ajardinada aljibe.

La solución de losa activa consiste en un sistema emisor con aportación de calor o frío mediante unos conductos de PE-X con barrera de oxígeno.

El sistema puede conectarse a los diferentes sistemas de climatización de producción de agua caliente y fría. En esta vivienda, actualmente, está conectada a una caldera de biomasa para calefacción y a un aljibe con dos intercambiadores de serpentín para la refrigeración.

El sistema dispone, además, de aislamiento bajo la losa que permite el intercambio con la estancia y una mayor eficiencia en la acumulación para la inercia térmica.



Obra terminada. Exterior.



Obra terminada. Interior.



Obra terminada. Exterior.

7. Bibliografía

- Proyecto de investigación SINHOR (www.ieca.es/reporte.asp?id_rep=690).
- "Guía sobre estructuras termoactivas y sistemas inerciales en la climatización de edificios", FENERCOM, Madrid, 2014.
- "Structural thermal energy storage in heavy weight buildings. Analysis and recommendations to provide flexibility to the electricity grid", Cembureau, Bruselas, noviembre 2016.
- "General guidelines for using thermal mass in concrete buildings", European Concrete Platform, Bruselas, abril 2009.
- Burón, M.: Eficiencia energética de los edificios construidos con hormigón. Cemento Hormigón nº 905, septiembre 2007.
- Plataforma Europea del Hormigón: Hormigón para edificios energéticamente eficientes. Los beneficios de la inercia térmica. Cemento Hormigón nº 911, febrero 2008.
- Plataforma Tecnológica Española del Hormigón: Eficiencia energética utilizando hormigón. Cemento Hormigón nº 911, febrero 2008.
- Tenorio, J.A.; Vega, L.; Turmo, J.; Burón, M.; Alarcón, A.; Martín Consuegra, F.; Burón, A.; D'Andrea, R.: Los requisitos del Código Técnico de la Edificación. Eficiencia energética e incremento de la sostenibilidad. Aplicación a los edificios de hormigón. Cemento Hormigón nº 937, marzo abril 2010.
- Turmo, J.: Optimización estructural de edificios de alta inercia térmica y acústica realizados en hormigón. Universidad de Castilla La Mancha. Marzo 2009.
- Vega, L.; Tenorio, J.A.; Martín Consuegra, F.; Gaviria, M.J.: Investigación sobre el comportamiento del hormigón como material de alta inercia térmica. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Septiembre 2007.
- Plataforma Arquitectura (www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-340740/centro-cultural-daoiz-y-velarde-rafael-de-la-hoz).
- Rehabilitación de un palacete patrimonio del Estado. Mendaro Corsini, Ignacio. ETSA Barcelona. 2012.
- Construcción 21 (www.construction21.org/espana/case-studies/es/rehabilitacion-de-un-palacete-patrimonio-del-estado.html).
- Archdaily (www.archdaily.com/776056/technology-center-leitat-picharchitects).
- Plataforma Arquitectura (www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-161723/oficinas-idom-de-madrid-acxt-arquitectos).
- Proyecto EDEA. Desarrollo de la Eficiencia Energética en la Arquitectura. Cuaderno 4-Ensayos experimentales. Primeros resultados. Gobierno de Extremadura.
- Ensayo de calefacción con instalación solar térmica y losa térmica (<http://www.renov.proyectoede.com/es/content/accion-4-ensayos-en-ambiente-controlado>).
- López, Alejandro; "Hacia el objetivo de los edificios de consumo de energía casi nula: la masa térmica en los prefabricados de hormigón", Revista Ecoconstrucción, Madrid, Junio-Agosto 2016.
- López, Alejandro y Tenorio, José Antonio; "Una característica no aprovechada en los elementos prefabricados de hormigón: la masa térmica", Revista Cemento Hormigón, Nº 970, Septiembre-October 2015, ISSN: 0008-8919. PP.: 36-41, Madrid.

8. Agradecimientos

Este manual no habría sido posible sin los trabajos previos realizados por el Grupo de Termotecnia de la Universidad de Sevilla, en concreto, los trabajos desarrollados por D. Rafael Salmerón y por D. Servando Álvarez a lo largo de los proyectos ECHOR y SINHOR, que constituyen la base del conocimiento para la elaboración de esta publicación.

También nos gustaría destacar la labor de revisión del documento realizada por D. Alejandro López de la Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón (AN-DECE); así como sus aportaciones puntuales al mismo.

Agradecer igualmente a la Asociación Sostenibilidad y Arquitectura (ASA), y en concreto a D. Manuel Fonseca y a D^a Mireya Reguart, por los casos prácticos aportados y su implicación tanto en la redacción del manual como en su edición.

Por último, aunque con carácter anónimo, dar las gracias a todos los técnicos que han trabajado en la utilización de la inercia térmica del hormigón para la mejora de la eficiencia energética de los edificios y cuyos trabajos están citados o referenciados a lo largo de este libro.



ASOCIACIÓN
SOSTENIBILIDAD
Y ARQUITECTURA