Documento: **Fa-1**

UNIDAD CONSTRUCTIVA

CONSIDERACIONES GENERALES ENERGÉTICAS Y AISLANTES

DESCRIPCIÓN

Aspectos y consideraciones generales sobre las condiciones de demanda y consumo energético en los edificios, propiedades térmicas fundamentales de los materiales aislantes y estratégicas para el confort térmico.

DAÑO

MERMA DE CONDICIONES CONFORT TÉRMICO

ZONAS AFECTADAS DAÑADAS

Los propios cerramientos y sus zonas anexas

Fig. 1: Colocación de aislamiento de aluminio reflectivo

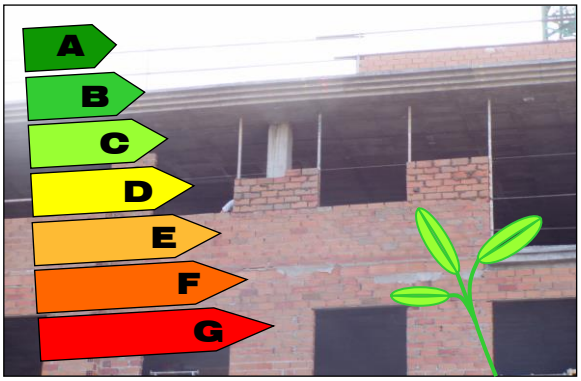

Fig. 2: La concepción térmica debe hacerse desde el proyecto

PROBLEMÁTICAS HABITUALES

Las condiciones higrotérmicas de una fachada pueden verse afectadas por varios aspectos que se repiten en bastantes ocasiones y que dan lugar a problemáticas de diversa índole, como son:

-La falta de continuidad del aislamiento
-Forma de resolución inadecuada de los puentes térmicos
-Selección incorrecta del tipo de aislante
-Insuficiente ventilación de las cámaras (en aquellas situaciones en que esté prevista)
-Drenaje-evacuación incorrecta o inexistente de la cámara (si es que estuviera considerada)
-Utilización de materiales demasiado permeables
-Filtraciones debidas a la entrada del agua por sellados ineficaces, etc…
-No adecuación del proyecto a las exigencias térmicas legales
-Diseño de edificios con exceso de consumo y demanda energética

LESIONES Y DEFICIENCIAS

Es más difícil visualizar lesiones o patologías relacionadas de manera directa con los aislamientos térmicos, que con otros elementos constructivos o materiales de construcción. Cuando una impermeabilización falla, por ejemplo, sus consecuencias son inmediatamente percibidas, dado que el agua suele ser un signo alarmante que evidencia un problema; con los aislantes esto no es así.

De esta manera, una vivienda insuficientemente aislada no presenta daños fácilmente perceptibles por el usuario, por ello, cuando llega el invierno éste *'lo resuelve'* con más tiempo e intensidad de calefacción, y por el contrario, cuando llega el verano con más refrigeración. Además, los usuarios esta situación no la han asociado tradicionalmente a una carencia edificatoria sino a la mayor severidad o no de la climatología reinante, razón por la que hay muy pocas demandas relacionadas con este aspecto.

Quizás en las situaciones donde se presenta una falta de uniformidad en el aislamiento de la envolvente *('aislamiento diferencial', donde existen zonas opacas poco aisladas próximas a carpinterías aislantes, o viceversa, huecos poco estancos con entrada directa de aire exterior, etc…)* es donde más pueden darse manifestaciones que ponen en evidencia esas deficiencias: la existencia de 'zonas frías', humedades de condensación, moho…

Sin embargo, en los últimos años debido a una mayor sensibilidad mundial en la que se aboga por una reducción de las emisiones de CO_2 y por una mayor eficiencia energética del parque inmobiliario, así como por la proliferación de convenios y tratados, ha cambiado ese paradigma y la población ha pasado a ser más exigente en esta faceta. España, fruto de esa nueva visión, se comprometió a unas mayores prestaciones con la aparición del CTE en 2006, que ha venido a completarse y afianzarse últimamente con la inclusión en el mismo, del Documento DB-HE-0 en septiembre de 2013 y otros cambios en el DB-HE-1.

El citado cambio normativo ha incrementado de manera significativa la exigencia para la protección térmica de los edificios, llegando a duplicarla para los ya existentes e incluso triplicar dicha exigencia para los de nueva construcción, según las zonas o áreas en que estemos. Así pues, el reto en los próximos años será conseguir dicho objetivo, momento en el cual muy probablemente se vean disminuidas también las deficiencias y carencias de aislamiento que ahora nos caracterizan.

En definitiva, el panorama actual y futuro de las viviendas en relación con el aislamiento y la demanda energética es muy diferente del que hemos tenido hasta hace relativamente poco. En este sentido, la implementación de la Directiva de Eficiencia Energética, la certificación energética de los edificios y los últimos cambios introducidos en el CTE/HE-2013, harán que la calidad y eficacia del parque edificatorio sea muy diferente dentro de unos lustros.

RECOMENDACIONES TÉCNICO-CONSTRUCTIVAS

❖ Aspectos generales

Un buen diseño y cálculo del aislamiento térmico, así como de las instalaciones térmicas y las de apoyo, son decisivos para conseguir edificios de consumo casi nulo *(nZEB por sus siglas en inglés)*; recordemos, que este es un objetivo para el año 2020. En este sentido, debemos valorar mucho las soluciones constructivas que conceptuamos y llevamos a cabo porque tenemos que ser conscientes de que necesitamos reducir la demanda energética de nuestros edificios de forma muy significativa. Como se ha dicho, la irrupción del Documento Básico HE-0 ha marcado un antes y un después en este sentido.

Las exigencias proyectuales en materia de aislamiento térmico en los edificios de las últimas décadas fueron poco exigentes; la verificación del cumplimiento de la norma era muchas veces realizada con poco rigor y escasa precisión con la obra finalmente ejecutada, por lo que era habitual encontrar edificios muy distintos con el mismo estudio energético. De igual modo, en muchos casos no existió un planteamiento decidido en materia de ahorro energético, que junto con la escasa definición que existía en ocasiones, hacía habitual en obra la colocación de aislantes de una forma rutinaria, según la oferta del mercado.

Como se ha indicado, patologías –entendidas como lesiones o daños apreciables y evidentes de nuestras construcciones– hay pocas en esta unidad de obra, en comparación con otras. Los problemas derivados del mal aislamiento suelen traducirse en deterioros de los acabados interiores, siendo las condensaciones superficiales las más representativas.

Llegados a este punto, deberíamos preguntarnos ¿cuáles son las causas que motivan las condensaciones superficiales en el interior de los edificios nuevos o de reciente construcción? A nuestro entender, se trata de la confluencia de varios factores, los cuales pueden ser:

a)-Uso inadecuado de la vivienda o diferente uso al previsto en el proyecto del edificio; p.ej.:

- *Los dormitorios no se ventilan o se ventilan poco, por lo que la humedad interior se incrementa con el paso de los días, llegándose a valores superiores a los recomendados.*
- *Las costumbres de los usuarios han evolucionado hacia la ocupación temporal de sus hogares, lo que hace que después de estar la vivienda vacía casi todo el día, al llegar a casa se coloque la caldera a máxima potencia, provocando un salto térmico importante y en poco periodo de tiempo.*
- *Concentración de tareas productoras de mucha humedad en el interior [1] (ducha, cocina, lavado, planchado…), que incrementan a la propia de la respiración de personas y plantas.*

b)-La mejora de las carpinterías ha aumentado la estanqueidad y ha llegado a eliminar la renovación no consciente del aire de las estancias.

c)-La existencia de puentes térmicos y/o zonas frías, especialmente cuando mejor aislado esté el edificio en general y se den condiciones de humedad interior elevada o de choque térmico.

Los requerimientos normativos para los proyectos actuales vienen a resolver estas problemáticas: la limitación de la demanda y el consumo energético (HE-0 y HE-1) exigen la reducción e incluso la anulación de los puentes térmicos tradicionales. Adicionalmente, existe la exigencia de conseguir un aire interior libre de contaminantes (HS-3), que se incrementa con la necesidad de prescribir la renovación continua del aire interior, por lo que las condensaciones dejan de producirse pues se eliminan las zonas frías y se ventila suficientemente. Pensando también en la optimización de la energía consumida, se hace necesario considerar recuperadores de calor en las aberturas de extracción.

[1] Emisión de humedad por cada hora (en gramos): Persona en reposo: 30g ; Persona con actividad ligera: 60g ; Centrifugación de ropa: 200g ; Lavado de ropa: 300g ; Ropa empapada: 500g ; Cocinar: 1000g ; Ducha: 2600g. *Por otra parte, una familia de 3 personas puede generar en un solo dia unos 12 litros de humedad.*

Reseñar de igual modo, que la buena elección, cálculo y colocación de los materiales aislantes que se incorporen a la envolvente térmica de los edificios puede ayudar de manera decisiva a la menor utilización de los equipos de climatización o a que el número y disposición de éstos sea inferior; en casos específicos y en ciertas zonas climáticas, puede hacer incluso que estos equipos puedan llegar a no ser necesarios.

❖ Aspectos sobre el diseño y ejecución

Tradicionalmente no ha existido mucho esmero a la hora de colocar lo aislantes en obra. No son deshabitúales las disposiciones discontinuas, heterogéneas y no aplicadas a toda la superficie; esto trae consigo que, aunque dichos aislantes sean buenos, el aislamiento general no lo sea. La simple caída de los paneles en algunos tramos de las fachadas hace que la capa térmica no sea continua, obteniéndose un trasdós frío en lugar de caliente; esto es, el flujo térmico es alterno y diferente al que se proyectó.

La existencia de situaciones como la anteriormente descrita, hace que se desaproveche el aislamiento y que al final tengamos un volumen de aire frío por delante del aislante, y un volumen frío por detrás. Por esta razón es recomendable utilizar sistemas de fijación y puesta en obra lo más estandarizados posibles, además de cumplir con las disposiciones previstas en el proyecto.

En relación al proyecto, las formas de prescripción y cálculo de los aislamientos han ido cambiando según iban evolucionando las normativas que las rigen; de hecho, en ciertas ubicaciones deberemos obtener espesores dobles de los que hasta no hace mucho colocábamos en las obras. Actualmente el proyecto de obra nueva o de rehabilitación integral no se limita a la justificación del cumplimiento de cada elemento componente, además, es imprescindible verificar las prestaciones higrotérmicas del edificio mediante la simulación energética de un modelo similar al edificio final, debiendo conseguir una demanda global (HE-1) y un consumo energético (HE-0) inferior al establecido según la zona climática y el tamaño del edificio. Por lo anterior, ahora el diseño previo debe tener muy presente factores como la orientación, los obstáculos remotos, la uniformidad de aislamiento en la envolvente, el control de las infiltraciones, etc.

Alcanzado el momento de la ejecución en obra, deberíamos comprobar solo que la sucesión de capas previstas en proyecto, se cumple. Así, el control de la ejecución deberá velar para que la envolvente definitiva se ajuste estrictamente a la definida en la simulación energética realizada en el proyecto, en cuanto a la organización y compatibilidad de las capas aislantes indicadas para el interior del cerramiento, colocación de las protecciones necesarias, verificación de la capacidad aislante y espesores, así como la comprobación del uso de las fijaciones recomendadas por el proveedor.

❖ Mapa conceptual de las propiedades de los materiales térmico-aislantes

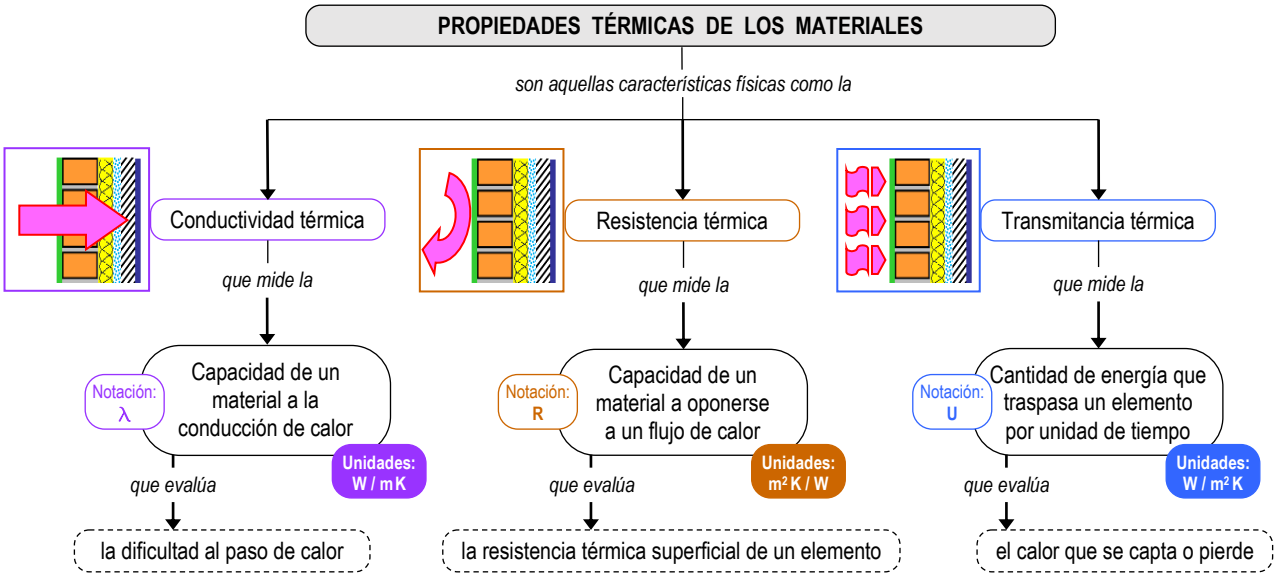

Fig. 3: Mapa conceptual sobre la conductividad, resistencia y transmitancia térmica de los materiales

❖ Vocabulario, definiciones y conceptos básicos

Aunque pueda parecer trivial, conviene recordar y tener a mano el significado fundamental y normativo de algunos conceptos y elementos que son necesarios para entender los aspectos térmicos de los edificios. Creemos que éstos son los más significativos:

➢Aislante térmico:

Elemento que tiene una conductividad térmica menor que 0,060 W/(m·K) y una resistencia térmica mayor que 0,25 m^2·K/W.

➢Cerramiento:
Elemento constructivo del edificio que lo separa del exterior, ya sea aire, terreno u otros edificios. Comprende las cubiertas, suelos, huecos, fachadas, muros y medianeras.

➢Demanda energética:
Es la energía necesaria para mantener en el interior de los edificios unas condiciones de confort definidas normativamente en función del uso del edificio y de la zona climática en la que se ubique.

➢Envolvente térmica del edificio:
La envolvente térmica del edificio está compuesta por todos los cerramientos que delimitan los espacios habitables con el aire exterior, el terreno u otro edificio, y por todas las particiones interiores que delimitan los espacios habitables con espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

➢Fachada:
Cerramiento en contacto con el aire exterior cuya inclinación es superior a 60º respecto a la horizontal.

➢Limitación de condensaciones:
Tanto en edificaciones nuevas como en edificaciones existentes, en el caso de que se produzcan condensaciones intersticiales en la envolvente térmica del edificio, estas serán tales que no produzcan una merma significativa en sus prestaciones térmicas o supongan un riesgo de degradación o pérdida de su vida útil. Además, la máxima condensación acumulada en cada periodo anual no será superior a la cantidad de evaporación posible en el mismo periodo.

➢Medianería:
Cerramiento que linda con otro edificio ya construido o que se construya a la vez y conforma una división común. Si el otro edificio se construye con posterioridad el cerramiento se considerará, a efectos térmicos, una fachada.

➢Modelo del edificio:
El modelo del edificio debe estar compuesto por una serie de espacios conectados entre sí y con el ambiente exterior mediante los cerramientos, los huecos y los puentes térmicos. La zonificación del modelo puede diferir de la real siempre que refleje adecuadamente el comportamiento térmico del edificio.
Para el cálculo del modelo, los espacios del edificio deben estar clasificados en espacios habitables y espacios no habitables. Los primeros se clasificarán además según su carga interna (baja, media, alta o muy alta) y según su nivel de acondicionamiento (espacios acondicionados o espacios no acondicionados).
Por su parte, deberá asegurarse siempre en proyecto que se defina correctamente el espesor, la densidad, la conductividad y el calor específico de las capas con masa térmica apreciable, así como considerarse la permeabilidad al aire de los cerramientos opacos y el efecto de rejillas y aireadores, en caso de existir.

➢Puente térmico:
Zona de la envolvente térmica del edificio en la que se evidencia una variación de la uniformidad de la construcción, ya sea:
-Por un cambio del espesor del cerramiento o de los materiales empleados
-Por la penetración completa o parcial de elementos constructivos con diferente conductividad
-Por la diferencia entre el área externa e interna del elemento *(como juntas entre paredes, suelos, o techos)*, etc.,
…todo lo cual conlleva una minoración de la resistencia térmica respecto al resto del cerramiento.

Los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios donde aumenta la probabilidad de producción de condensaciones. Entre los más comunes, podemos citar los siguientes:

A) Puentes térmicos integrados en los cerramientos:
1) Pilares integrados en los cerramientos de las fachadas
2) Contorno de huecos y lucernarios
3) Cajas de persianas
4) Otros puentes térmicos integrados

B) Puentes térmicos formados por encuentro de cerramientos:
1) Frentes de forjado en las fachadas
2) Uniones de cubiertas con fachadas
3) Cubiertas con pretil
4) Cubiertas sin pretil
5) Unión de fachada con losa o solera
6) Unión de fachada con muro enterrado o pantalla
7) Uniones de fachadas con cerramientos en contacto con el terreno

Nota:
Un adecuado diseño de las soluciones constructivas del edificio -desde el punto de vista de sus prestaciones térmicas- requiere un cuidado análisis de la presencia de puentes térmicos, buscando su eliminación en la medida de lo posible.
Para obtener más información sobre este aspecto, remitirse a:
- Documento Básico CTE/DB-HE-1
- Catalg. Elmtos. Constr. CEC-CTE
- Documento de Apoyo DA DB-HE/3

C) Esquinas o encuentros de fachadas, que, dependiendo de la posición del ambiente exterior se subdividen en:
1) Esquinas entrantes
2) Esquinas salientes

D) Encuentros de voladizos con fachadas

E) Encuentros de tabiquería interior con cerramientos exteriores

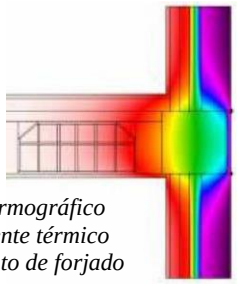

Fig. 4: Dibujo termográfico de un puente térmico en un canto de forjado

❖ **Características exigibles a los productos**

Los productos que se prevean en proyecto para utilizarlos como aislantes se caracterizarán y definirán con los siguientes parámetros, los cuales estarán reflejados convenientemente en la documentación técnica de proyecto:

Productos para los cerramientos: se definen mediante su conductividad térmica **λ** (W/m·K) y el factor de resistencia a la difusión del vapor de agua **μ**. En su caso, además se podrá definir la densidad **ρ** (kg/m^3) y el calor específico $\mathbf{c_p}$ (J/kg·K).

Productos para los huecos: se caracterizarán mediante la transmitancia térmica **U** (W/m^2·K) y el factor solar **g** para la parte semitransparente del hueco y por la transmitancia térmica **U** (W/m^2·K) y la absortividad[2] **α** para los marcos de huecos (puertas, ventanas y lucernarios). Las carpinterías de los huecos se caracterizan además por la resistencia a la permeabilidad al aire en m^3/h·m^2 o bien su clase, según lo establecido en la norma UNE EN 12207.

❖ **El estándar Passivhaus**

Según todo lo que hemos comentado anteriormente, es necesario que el comportamiento energético de los edificios sea diseñado desde el principio siguiendo los criterios de ahorro energético, razón por la cual es conveniente que se siguieran las pautas del estándar *Passivhaus (ver su guía que está disponible en internet).* Esto supone que la demanda de energía para refrigerar o calentar es tan baja que hace innecesario un sistema tradicional de aporte de energía; para conseguirlo, habría que considerar los siguientes hitos:

-Demanda máxima para calefacción de 15kWh/m^{2}año
-Demanda máxima para refrigeración de 15kWh/m^{2}año
-Para edificios con calefacción y refrigeración por aire, existe alternativa de conseguir carga <10W/m^2
-Valor del ensayo de estanqueidad al aire ≤0,6/h n_{50}
-Consumo de energía primaria no superior a 120kWh/m^{2}año
-Temperaturas superficiales interiores de la envolvente térmica de invierno >17ºC

Según publicaciones específicas de técnicos especialistas, podemos considerar que para cumplir estos objetivos deberíamos reducir la demanda energética de 2 a 3 veces. Esto hace que según estas fuentes tengamos que apostar fuerte por el diseño pasivo de los edificios, asentado en los principios siguientes:

-Eliminación de los puentes térmicos
-Mejora sustancial del aislamiento de la envolvente
-Colocación de una carpintería exterior de altas prestaciones
-Mejor aprovechamiento del calor interno y de las ganancias solares
-Verificación de las infiltraciones de aire desde el exterior

❖ **Sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE)**

Unos de los diseños pasivos que conceptualmente mejor funcionan y que más pueden ayudar a conseguir estos objetivos es colocar un SATE *(en inglés ETICS)*, de manera que esta capa fuera la más externa de las que componen las fachadas; de hecho, en las rehabilitaciones energéticas de edificios existentes es una de las opciones que siempre se baraja como medida, junto a otros parámetros de diseño activo.

Esta opción, sin embargo, puede plantear diversos problemas operacionales y constructivos, razón por la cual no está generalizado en la construcción de hoy en día. De recurrir a ésta, es todavía más conveniente utilizar sistemas estandarizados, contrastados y llevados a cabo por empresas con experiencia en ello. Además, aconsejamos que los mismos dispongan de DIT o DAU.

La instalación de un SATE *(en función de sus características concretas, el tipo de aislamiento escogido y su espesor)* puede incrementar en 3 o 4 veces el importe de colocación respecto al hacerlo por el interior; por el contrario, sus ventajas ante una rehabilitación energética son conocidas: eliminación de los puentes térmicos, conservación de la inercia térmica, minimización de los trabajos internos (y por tanto del desalojo de usuarios), no reducción de la superficie útil y renovación del aspecto de la fachada.

[2] Absortividad (α): Fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absortividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%).

❖ Propuesta del CENER para la reducción de emisiones de CO_2 aumentando el aislamiento

El Centro Nacional de Energías Renovables (CENER) realizó hace unos cuantos años un estudio de investigación para la reducción de emisiones de CO_2 en viviendas mediante el incremento de aislamiento, en el que se ponía de manifiesto que: *"El aislamiento contribuye a mejorar el diseño de los edificios, reduciendo significativamente su consumo energético. La aplicación del espesor de aislamiento adecuado en cada edificio, en función de su ubicación, su geometría y su uso es la forma más económica de reducir el consumo de energía para que los ciudadanos puedan vivir mejor".* De esta forma debemos saber que para mantener nuestro nivel de confort reduciendo el consumo de energía [uno de los grandes objetivos que debemos de cumplir como país] se requiere: a) Reducir la demanda energética –incrementando la capacidad aislante de la envolvente–; b) Instalar equipos de alto rendimiento –con muy bajo consumo– y c) La utilización de energías renovables –eólica, solar, fotovoltaica–.

Zonas Climáticas según CTE 2006	CTE 2006 (Valores U)				→	Aislamiento adicional -según estudio del CENER- calculado para obtener un confort térmico económicamente sostenible						→	Total Aislamiento propuesto por CENER	
	Fachadas		Cubiertas			Fachadas			Cubiertas				Fachadas	Cubiertas
	Aislamiento (cm)	Valor U (W/m²K)	Aislamiento (cm)	Valor U (W/m²K)		Adicional (cm)	Total (cm)	Valor U (W/m²K)	Adicional (cm)	Total (cm)	Valor U (W/m²K)		Espesor Total (cm)	Espesor Total (cm)
A3,A4	3,00	0,94	6,00	0,50		5,00	8,00	0,45	5,00	11,00	0,27		8,00	11,00
B3,B4	3,50	0,82	6,60	0,45		5,00	8,50	0,42	5,00	11,60	0,26		9,00	12,00
C1,C2,C3,C4	4,30	0,73	7,50	0,41		9,00	13,30	0,29	9,00	16,50	0,22		13,00	17,00
D1,D2,D3	4,70	0,66	8,30	0,38		9,00	13,70	0,28	9,00	17,30	0,21		14,00	17,00
E1	5,80	0,57	9,30	0,36		13,00	18,80	0,21	13,00	22,30	0,17		19,00	22,00

Tabla 1

Comparando los consumos de energía entre la NBE-CT-79 (al que le daríamos un valor del 100%), el CTE-2006 y esta propuesta del CENER, obtendríamos que por cada m²-útil-año: con el CTE-2006 se consumiría entre un 75% (vvdas. adosadas) y 83% (vvdas. en bloque) de la energía en relación a la CT-79. Por su parte, con esta propuesta se conseguiría bajar de media el consumo a un 60%, lo que significa una disminución porcentual de -40.

Con las condiciones muchas más restrictivas del CTE-2013 estos incrementos serán más elocuentes. El Apéndice E del DB-HE-1 contiene los "Valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica" e incluye las características para el predimensionado de soluciones constructivas en edificios de uso residencial en función de la zona climática. Se han realizado algunos estudios orientativos de cómo cambiaría el espesor de aislamiento entre las exigencias indicadas por el HE-1/2006 y el HE-1/2013 (ver Figura 5) y las diferencias pueden llegar a ser notables. Hay que indicar que dichos espesores son meramente preliminares y deberán aumentase o reducirse en función de la orientación, grado de permeabilidad al aire, diseño y compacidad del edificio, tipo de material aislante, etc., por lo que será necesario hacer el pertinente cálculo pues su uso directo no asegura el cumplimiento de la normativa de forma automática.

Fig. 5:
Cambios en el espesor mínimo de aislamiento comparando CTE-2006 y CTE-2013 (valores meramente orientativos según la severidad climática de invierno)

Zona climática	Cubiertas		Fachadas		Suelos	
	2006	2013	2006	2013	2006	2013
α	6	6	2	2	5	5
A	6	6	2	6	5	6
B	6	9	3	8	5	7
C	7	14	3	11	5	9
D	8	15	4	12	5	10
E	9	17	5	13	6	11

REFERENCIAS

FUNDACIÓN MUSAAT

AUTOR
● Manuel Jesús Carretero Ayuso

COLABORADOR
● Alberto Moreno Cansado

Calle del Jazmín, 66
28033 Madrid

www.fundacionmusaat.musaat.es

IMÁGENES
● Carretero Ayuso (Fig.: 1, 2 y 3)
● URSA (Fig.: 4)
● Construnario.com (Fig.: 5)

BIBLIOGRAFÍA y NORMATIVA
● CTE/DB-HS-1 ; ● CTE/DB-HE-0 ; ● CTE/DB-HE-1 ; ● CEC-CTE ; ● DA DB-HE/3 ; ● CENER-ROCKWOOL (CTE-plus)
● GUÍA DEL ESTÁNDAR PASSIVHAUS -EDIFICIOS DE CONSUMO ENERGÉTICO CASI NULO- (Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid)

CONTROL: **ISSN**: 2340-7573 ● **Volumen**: F **Sección**: A **Número**: Fa-1

NOTA: Los conceptos, datos y recomendaciones incluidas en este documento son de carácter orientativo y están pensados para ser ilustrativos desde el punto de vista divulgativo, fundamentados desde una perspectiva teórica, así como redactados desde la experiencia propia en procesos patológicos.
© del Autor
© de esta publicación, Fundación MUSAAT
Observación:
En este documento se incluyen textos de la normativa vigente