

Nueva versión ponencia 137

VENTAJAS Y CONDICIONANTES DE FACHADAS VENTILADAS FRENTE A LOS REQUISITOS BÁSICOS DE LA EDIFICACIÓN (CTE)

Reig Cerdá, Lucia¹; Bogdan Dale, Remus²; Tendero Reolid, Tebelio²; Bellmunt Conde, Santiago²

¹Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción

²ETSCE – Arquitectura Técnica
Universitat Jaume I – España

RESUMEN

La cerámica ha sido usada desde la antigüedad como material de cerramiento y revestimiento de los edificios por su resistencia mecánica, durabilidad e impermeabilidad superficial o en masa.

La aplicación tradicional de cerámica adherida en fachada recientemente ha sido complementada con la colocación mediante anclajes mecánicos que ha permitido la colocación de mayores formatos y la separación del revestimiento respecto del cerramiento, dejando una cámara de aire que puede conformar una fachada ventilada, solución ya utilizada con otros materiales, piedra, madera, metales,...

De otro modo, las cada vez más numerosas y estrictas regulaciones de la edificación dan mayor importancia a las prestaciones del edificio, y en particular a la envolvente del mismo. En el caso español dicha regulación sintetizada en las exigencias básicas de la edificación definidas en el Código Técnico de la Edificación, y precisadas en los Documentos Básicos de dicho Código.

En otros países de la Unión Europea podemos encontrar regulaciones semejantes, pues todos ellos están obligados al cumplimiento de la Directiva de libre circulación de productos de la construcción y por tanto se derivan unas exigencias semejantes.

En la presente ponencia se realiza un análisis de estos requisitos básicos de seguridad (estructural, de incendios y de utilización) y de Habitabilidad (Energía y Salubridad) de las soluciones de fachadas ventiladas, manifestando sus virtudes, y los condicionantes que imponen estos requisitos en el diseño de la fachada.

A modo de conclusiones previas del trabajo cabe reseñar que las ventajas son importantes, fundamentalmente en el ahorro de energía, pero que para ello, hay que cumplir algunos condicionantes en la utilización de los materiales y en el diseño de la fachada.

1. LA FACHADA VENTILADA FRENTE A LOS CERRAMIENTOS TRADICIONALES.

La fachada ventilada es un paramento exterior de un edificio compuesto por una hoja externa, cuyo peso es transmitido a un cerramiento convencional o a la propia estructura del edificio. El sistema permite colocar el aislamiento térmico de forma continua sobre la hoja interior, que funciona como cerramiento, dejando una cámara de aire continua entre éste y la hoja externa, que supone el acabado estético y protección del edificio, figura 1.

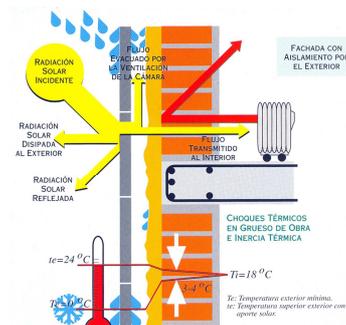


Fig. 1. Esquema fachada ventilada [1]

Comparado con los sistemas convencionales de fachada, la fachada ventilada se considera más eficaz para solucionar el aislamiento del edificio, pues la disposición en continuo del aislante abrigando a la hoja interior y protegiendo los cantos de forjado minimiza los indeseables puentes térmicos, reduciendo con ello los problemas de condensación y mejorando el comportamiento térmico e higrométrico del edificio.

El calentamiento del aire de la cámara, debido a la radiación incidente sobre la hoja exterior, favorece la ventilación continua por el conocido "efecto chimenea". La incidencia del sol sobre la piel exterior del edificio provoca el calentamiento del aire de la cámara por radiación al disminuir su densidad, lo que genera una corriente de aire ascendente que es renovado por aire fresco. En los meses cálidos este fenómeno evita la acumulación de calor en el paramento y, junto con el aislante térmico permite ahorrar energía. En los meses fríos dicha ventilación permite, con un dimensionado adecuado de la entrada y salida del aire, evacuar el vapor de agua procedente tanto del interior como del exterior del edificio, manteniendo el aislamiento seco y obteniendo un mejor rendimiento de éste. Ello, unido a la reducción de puentes térmicos, repercute en un mayor ahorro del consumo energético.

Además de lo beneficioso del efecto chimenea, la existencia de una piel exterior separada del edificio por una cámara ventilada elimina las radiaciones directas y protege a la hoja interior y estructura de las inclemencias meteorológicas, lo que contribuye a reducir las patologías que afectan a los edificios construidos con sistemas tradicionales. Además, si el diseño del sistema de fachada es adecuado, permitirá el libre movimiento tanto de la hoja exterior en relación a la interior, como de los componentes que conforman la hoja exterior, reduciendo las posibles tensiones generadas por la restricción de movimientos diferenciales entre materiales distintos.

Cabe indicar además que determinados sistemas permiten sustituir piezas enteras, por lo que la cámara ventilada puede ser registrable y, por tanto, accesible a

posibles instalaciones. De igual modo, las piezas podrían reutilizarse, modificando la estética del cerramiento de forma sencilla.

Finalmente, en el caso concreto de la fachada cerámica, el desprendimiento de piezas adheridas provocó una gran desconfianza en el material, lo que impulsó a los fabricantes a desarrollar nuevos sistemas de colocación basados en la fijación mecánica, y con mayores garantías frente al riesgo de desprendimiento.

A pesar de todo, la fachada ventilada también posee determinados inconvenientes. Entre ellos, cabe citar que hoy en día estos sistemas son más caros en relación a sistemas tradicionales como la fachada de ladrillo caravista, lo que se debe a su menor estandarización.

Por otra parte, pese a que un diseño adecuado puede reducir el riesgo de desprendimiento, es necesario analizar previamente el sistema y controlar la puesta en obra, garantizando que la pieza quedará sujeta ante acciones meteorológicas intensas o una eventual rotura. De igual modo, la facilidad de sustitución de piezas depende del diseño del sistema, por lo que en ocasiones puede resultar compleja.

Pese a que la fachada ventilada presenta generalmente reducida resistencia al impacto en la zona del arranque, dicho inconveniente puede mitigarse bien intercalando perfiles intermedios, incrementando el espesor de las piezas en esta zona, o rellenando con mortero de arlita, aunque en ésta última solución deberíamos dejar canales sin rellenar para permitir la ventilación [2].

Cabría exigir además determinadas características al aislamiento térmico pues, dado que se coloca al exterior, deberá ser impermeable y no higroscópico. Por otra parte, cuando sea inflamable deberá limitarse el riesgo de transmisión de fuego entre plantas.

2. LA FACHADA VENTILADA CERÁMICA FRENTE A OTROS MATERIALES Y SISTEMAS.

La especialización de funciones para cada uno de los materiales que compone la fachada ventilada ha posibilitado que un gran número de materiales puedan funcionar como revestimiento exterior [1]. Así, materiales tan diversos como el aluminio, hormigones reforzados con fibras, pétreos naturales y artificiales, como la cerámica, son capaces de conformar la piel exterior del edificio.

En este sentido, la tabla 1 compara algunas de las características más relevantes de cara a un uso en fachada ventilada.

Tabla 1. Comparativa entre materiales para el revestimiento de fachadas [2].

Muestra	Masa/Superficie g/cm ²	Módulo rotura MPa	Expansión por humedad, mm/m	Coef. Dil. térmica, °C ⁻¹ ·10 ⁻⁶	Absorción agua caravista g/cm ²
G. Porcelánico	1.85	45-57	<0.1	6.0	<0.001
Mármol	5.32	10-11	<0.1	4.1-4.6	0.006
Caliza	5.20	9-12	<0.1	4.4-4.6	0.013
Granito	5.43	11-16	<0.1	7.1-7.9	0.013
HPL	1.39	107	0.6/1.5	9.4-19.4	0.008
Fenólico	1.38	108	0.6/1.5	9.4-19.7	0.007
Aluminio	0.54	Deformable	< 0.1	23.1	0.001

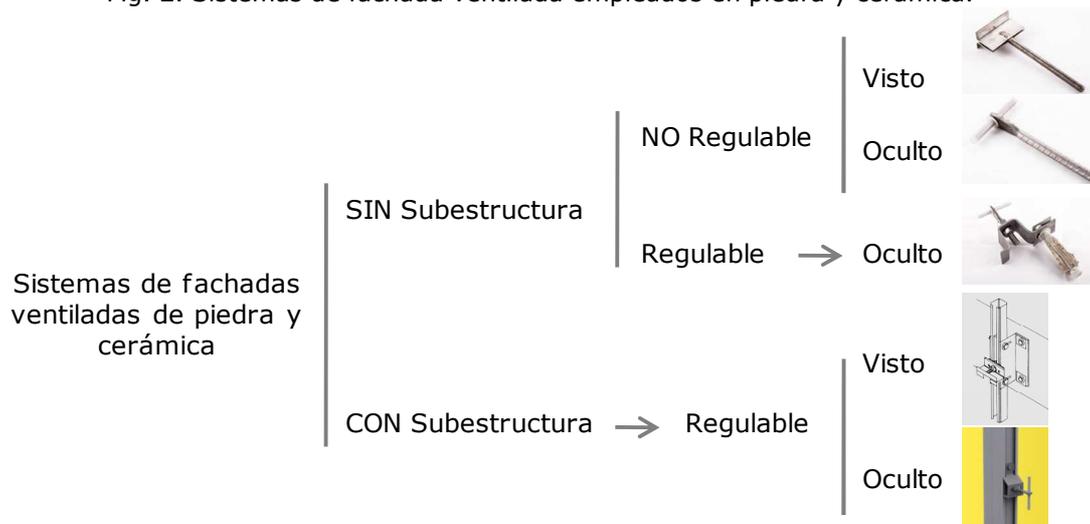
Tal como se observa, las placas laminadas a alta presión (HPL) y los tableros fenólicos presentan la máxima resistencia, lo que permite que su espesor sea reducido. No obstante, su problemática reside principalmente en la elevada

expansión por humedad y temperatura, por lo que requieren sistemas que permitan la libre dilatación sin generar abombamientos. De igual modo, pese a que los sistemas basados en aluminio no modifican sus dimensiones por humedad, presentan la máxima dilatación por temperatura. Por otra parte, su principal inconveniente reside en su gran deformabilidad, por lo que su uso no resulta aconsejable colocarlos en zonas bajas del edificio.

Cabe destacar como la reducida porosidad del gres porcelánico motiva tanto una reducida absorción de agua, como elevada resistencia. Ello, unido a la homogeneidad inherente a un producto industrial, permite reducir el espesor de las placas utilizadas, lo que influirá tanto en el cálculo de los anclajes necesarios, como en el peso del cerramiento resultante. Por el contrario, la menor resistencia de los pétreos naturales y su mayor heterogeneidad motivan que el espesor mínimo recomendado sea de 3 cm [2], lo que condiciona tanto el peso, como las dimensiones de la placa, pues deben permitir su manipulación.

En definitiva, las características del material condicionan tanto su comportamiento, como el diseño del sistema de colocación, lo que ha dado lugar a la aparición de una amplia gama de sistemas. La figura 2 recoge, de forma esquemática, tipologías de sistemas de colocación comúnmente utilizados en fachadas ventiladas pétreas y cerámicas.

Fig. 2. Sistemas de fachada ventilada empleados en piedra y cerámica.



Las características de la cerámica han motivado su colocación principalmente en sistemas con subestructura, lo que se debe fundamentalmente a la mayor facilidad de regulación y rendimiento en la colocación, pues permiten montar la subestructura de forma independiente a la colocación de las piezas. Dentro esta tipología de sistemas, los fabricantes han desarrollado numerosas formas de fijación de la pieza cerámica a la subestructura, tabla 2. Pese a que depende del diseño en concreto, la mayoría de ellos son seguros y permiten sustituir una pieza fácilmente en caso de rotura. Aunque, dado que la tonalidad depende de parámetros inherentes al proceso de fabricación, resulta aconsejable guardar piezas una vez finalizado el revestimiento de la fachada, con el fin de mantener un tono semejante en el caso de que sea necesario reemplazar la pieza.

Tabla 2. Sistemas de fijación de la pieza cerámica a la subestructura.

Clase de Cerámica	Posibles sistemas de colocación
Extrudida terracota	
Extrudida gres	
Prensada (G. Porcelánico)	
Extrudida o Prensada	

Tal como se observa, el tipo de cerámica también condiciona el diseño del sistema de anclaje. Así, dentro de la cerámica prensada el gres porcelánico es el material más ampliamente utilizado pues, como se ha visto, su reducida porosidad le confiere gran resistencia, lo que permite reducir su espesor y, por tanto, el peso del revestimiento y de la subestructura necesaria para su colocación. Además, su carácter ácido y reducida absorción facilitan su limpieza y el mantenimiento de propiedades con el tiempo. Pese a que la cerámica extrudida presenta mayor porosidad, permite aprovechar el proceso de fabricación para generar las costillas que permitan colgar posteriormente la pieza en fachada.

3. COMPORTAMIENTO ANTE LAS EXIGENCIAS NORMATIVAS ESTABLECIDAS POR EL CTE.

En el presente apartado se analizará de forma comparativa el comportamiento frente a las actuales exigencias establecidas por el CTE, de un cerramiento convencional y una fachada ventilada. Se entiende como cerramiento convencional el compuesto por dos hojas de obra de fábrica con aislamiento térmico y cámara no ventilada.

3.1. DB HE1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA.

De acuerdo con el CTE DB-HE1, "La demanda energética de los edificios se limita en función del clima de la localidad en la que se ubican, según la zona climática y carga interna en sus espacios". Para ello se establecen 12 zonas climáticas identificadas mediante una letra (invierno) y un número (verano). Además de los valores tabulados establecidos en el apéndice D, la zona climática puede determinarse a partir de registros contrastados.

Para justificar la transmitancia del cerramiento, los espacios se consideran habitables o no habitables, pudiendo ser los primeros de alta o baja carga interna,

en función del calor que se disipe en su interior. De igual modo, para el cálculo de condensaciones éstos se clasifican en función de la humedad que se genera en su interior, pudiendo ser de higrometría 3, 4 o 5.

Establecidas las condiciones de partida, se exige que el cerramiento cumpla con unas transmitancias límite (U_{LIM}) y máxima (U_{MAX}). U_{LIM} se determina como el promedio de las distintas soluciones constructivas que componen la fachada, incluyendo los puentes térmicos integrados, tales como contorno de huecos, pilares en fachada, cajas de persianas u otros. Por el contrario, U_{MAX} se establece para cada elemento por separado y su objeto es evitar descompensaciones entre la calidad térmica de diferentes espacios. Además, deben evitarse condensaciones superficiales y limitarse las intersticiales de forma que no supongan una merma de prestaciones térmicas o riesgo de degradación.

El cumplimiento de estas condiciones puede comprobarse mediante la opción General, empleando para ello el software "LIDER", o la opción Simplificada, en la que nos centraremos en el presente estudio. U_{MAX} (W/m^2K) se determina como la inversa de la resistencia térmica total de cerramiento (R_T), calculándose ésta como la suma de la aportación de cada capa, figura 3. La diferencia entre una fachada convencional y una ventilada¹ estriba en la cámara. Así, cuando ésta es no ventilada, el CTE aporta en su DB HE1 una tabla con los valores a adoptar en función del espesor de la cámara, figura 3 a. Por el contrario, "para cámaras de aire muy ventiladas, la resistencia térmica total del cerramiento se obtiene despreciando la resistencia térmica de la cámara de aire y las de las demás capas entre la cámara de aire y el ambiente exterior, e incluyendo una resistencia superficial exterior igual a la resistencia superficial interior del mismo elemento"[3], figura 3 b. Por tanto, según la Opción Simplificada, la transmitancia de la fachada ventilada será superior, pues la simplificación no contempla el efecto chimenea ni la protección de la radiación directa, despreciando en el cálculo la contribución de la hoja exterior.

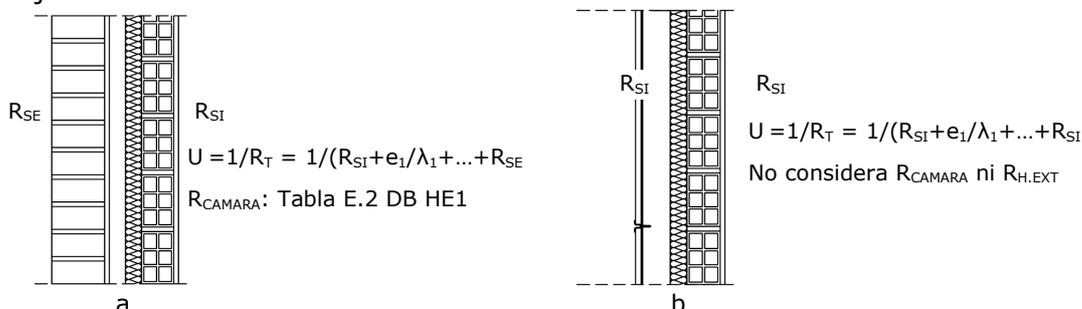


Fig. 3. Cálculo de transmitancia de un cerramiento según la opción simplificada del DB HE1.

No obstante, dado que la máxima contribución a la resistencia térmica la aporta el aislante térmico, generalmente la simplificación realizada por el CTE a nivel de cálculo no implica un incremento del espesor de aislante. Además, este efecto se ve mitigado en el cálculo de U_{LIM} (más restrictivo que U_{MAX}), pues aunque no considera puentes térmicos de encuentro (como frentes de forjado...), si tiene en cuenta los puentes integrados.

Por tanto, la mejora de comportamiento que implica la colocación del aislamiento térmico de forma continua por el exterior y la existencia de una cámara ventilada únicamente se reflejada en el cálculo de la U_{LIM} , pero no de la U_{MAX} ni a nivel de condensaciones. Pese a ello, es evidente que proteger la hoja interior de la

¹ DBE HE1: Se considera cámara de aire muy ventilada aquella en que los valores de las aberturas exceden 1500 mm^2 por m de longitud contado horizontalmente.

radiación y de la acción directa de la intemperie implica una reducción de la demanda energética del edificio, al igual que la ventilación de la cámara y reducción de puentes térmicos reduce el riesgo de condensaciones.

3.2. DB HS1. PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD.

El CTE, en su DB HS1 exige un grado de impermeabilidad (GI) mínimo a las fachadas, que depende de la zona pluviométrica y del grado de exposición al viento. Así, se establecen cinco grados de impermeabilidad, de forma que grado 1 se asocia a edificios de reducida altura, no expuestos y situados en una zona poco lluviosa, mientras que un grado 5 pertenecería a la máxima exposición. Para cada grado de impermeabilidad exige que las soluciones constructivas cumplan unas determinadas condiciones, recogidas en la tabla 3 [4].

Tabla 3. CTE DB HS1. Condiciones de las soluciones de fachada [4].

		Con revestimiento exterior				Sin revestimiento exterior			
Grado de impermeabilidad	≤1	R1+C1 ⁽¹⁾				C1 ⁽¹⁾ +J1+N1			
	≤2					B1+C1+J1+N1 C2+H1+J1+N1 C2+J2+N2 C1 ⁽¹⁾ +H1+J2+N2			
	≤3	R1+B1+C1	R1+C2		B2+C1+J1+N1	B1+C2+H1+J1+N1	B1+C2+J2+N2	B1+C1+H1+J2+N2	
	≤4	R1+B2+C1	R1+B1+C2	R2+C1 ⁽¹⁾	B2+C2+H1+J1+N1		B2+C2+J2+N2	B2+C1+H1+J2+N2	
	≤5	R3+C1	B3+C1	R1+B2+C2	R2+B1+C1	B3+C1			

⁽¹⁾ Cuando la fachada sea de una sola hoja, debe utilizarse C2.

Donde el índice R se refiere a la resistencia a la filtración del revestimiento exterior; B, a la resistencia a la filtración de la barrera contra la penetración de agua; y los coeficientes C, H, J y N hacen referencia a la hoja principal, aludiendo a su composición; higroscopicidad; resistencia a la filtración de las juntas y resistencia a la filtración del revestimiento intermedio en la cara interior de ésta. Dado que mayor GI implica exigencias más altas, un mayor número de bloque corresponde a una mejor prestación, por lo que la solución constructiva podrá emplearse en todos los anteriores (P. Ej. R3 podría utilizarse también en R2 y R1).

De esta forma, el revestimiento exterior de la fachada ventilada, compuesto por un aislamiento térmico no hidrófilo², una hoja exterior y una cámara ventilada dispuesta por el lado exterior del aislante, están considerados R3 "revestimiento exterior de muy alta resistencia a la filtración" y B3 "Barrera de resistencia muy alta a la filtración", lo que implica que satisfacen cualquier grado de impermeabilidad. Lógicamente, con la adopción de una solución de fachada ventilada (R3 + B3) deja de ser necesario establecer condiciones particulares en relación a la higroscopicidad del material que compone la hoja principal (H), la resistencia a la filtración de las juntas o del revestimiento interior de la hoja principal (J y N respectivamente). Por otra parte, el comportamiento del cerramiento de fachada ventilada anteriormente descrito permite que el espesor de la hoja principal sea medio (C1) en lugar de alto (C2).

Cabe puntualizar que, para que la cámara se considere ventilada deben disponerse aberturas de ventilación de cómo mínimo 120 cm² cada 10 m² de paño de fachada.

² NO HIDRÓFILO: absorción de agua < 1Kg/m² en inmersión parcial durante 24 horas. Clasificación WS en el mercado CE de los productos de lana de vidrio.

Para ello pueden utilizarse juntas abiertas con una anchura mínima de 5 mm u otra solución similar.

3.3. DB HR. PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO AÉREO.

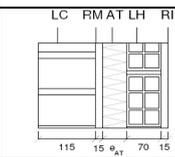
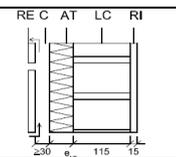
El aislamiento acústico a ruido aéreo ($D_{2m,nT,Atr}$) requerido a un cerramiento de fachada oscila entre 30 y 47 dBA, en función del índice ruido día de la zona (L_d), del uso del edificio y de la estancia que delimita (tabla 2.1 del DB HR [7]). Pese a que L_d puede adoptarse de mapas de ruido o de datos ofrecidos por las administraciones, en ausencia de datos se tomará, para uso residencial, un índice de ruido día de 60 dBA. En fachadas menos expuestas (patios de manzana cerrados o interiores, zonas tranquilas...) L_d podrá reducirse en 10 dBA, mientras que si el ruido exterior dominante es de aeronaves, el valor se incrementará en dBA.

El cumplimiento del aislamiento acústico a ruido aéreo exigido puede comprobarse mediante la opción General, empleando para ello la herramienta de cálculo correspondiente [5], o la opción Simplificada, en la que nos centraremos en el presente estudio. Según esta opción, el aislamiento que debe presentar la parte ciega del cerramiento depende del porcentaje de huecos existente en la fachada y del aislamiento acústico de éstos. Como ejemplo, un cerramiento de fachada situado en una zona con un L_d de 67 dBA y que delimite un dormitorio del exterior se le exige un $D_{2m,nT,Atr}$ de 37 dBA como mínimo (tabla 2.1 CTE DB HR [7]). Para ello, tal como se observa en la tabla 4 (adaptada de [7]), si no existen ventanas el aislamiento de la parte ciega deberá ser de 39 dBA mientras que, cuando existen huecos, dicho aislamiento depende tanto de la superficie ocupada por éstos como de las características de la ventana y del aireador, tabla 4. Por tanto, si el aislamiento de las ventanas es elevado, se exigirá que la parte ciega tenga un aislamiento acústico R_A de 40 dBA, por lo que soluciones habituales como las recogidas en la tabla 5, cumplirán (42 dBA) [6].

Tabla 4. Aislamiento acústico mínimo de un cerramiento de fachada según porcentaje de huecos [Adaptado de Ref.7].

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % R_A , dBA	Parte ciega \neq 100 % R_A , dBA	Huecos, Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de la ventana y de la caja de persiana y $D_{n,e,Atr}$ del aireador, dBA				
			< 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
			$D_{2m,nT,Atr} = 37$	39	40	35	37
		45	32	35	37	38	
		50	31	34	37	38	

Tabla 5. Aislamiento acústicos de soluciones constructivas habitualmente empleadas³ [Adaptado de Ref.6].

Sección, mm	HR ⁴		Sección, mm	HR ²	
	R_A , dBA	m, Kg/m ²		R_A , dBA	m, Kg/m ²
	49	240		43	168

³ LC: Fábrica de ladrillo cerámico, RM: Revestimiento Intermedio, AT: Aislante no hidrófilo, LH: Fábrica de ladrillo hueco, LGF: Ladrillo gran formato, BC: Fábrica de bloque cerámico, HF: Obra de fábrica, RI: Revestimiento interior, RE: Revestimiento exterior discontinuo, C: Cámara de aire ventilada.

⁴ Valores medios.

	LH: 45 LGF: 44	LH: 170 LGF: 130		44	167
--	-------------------	---------------------	--	----	-----

No obstante, a diferencia de la norma básica anterior (NBE CA-88), el CTE DB HR confiere una gran importancia a las transmisiones indirectas, por lo que las características del cerramiento de fachada vienen fuertemente condicionadas por el tipo de elemento de separación entre viviendas. Así, en fachadas de dos hojas⁵ se exige que el elemento de separación entre viviendas llegue hasta la hoja exterior del cerramiento de fachada, interrumpiendo por tanto la hoja interior. En cambio, dado que esto no es posible en fachadas ventiladas, pues a efectos acústicos se consideran de una hoja, las transmisiones indirectas por flancos resultan muy superiores, lo que provoca que las limitaciones establecidas por la opción simplificada, tabla 6, sean mucho más restrictivas en este caso.

Tabla 6. Características exigibles a un cerramiento de fachada en función del elemento de separación entre viviendas.

ELEMENTO DE SEPARACIÓN	FACHADA A LA QUE ACOMETE	
	DOS HOJAS	UNA HOJA
TIPO 1	Hoja exterior $m > 130 \text{ Kg/m}^2$	R_A fachada $> 41 \text{ dBA}$ $m > 130 \text{ Kg/m}^2$
TIPO 2, $m < 170 \text{ Kg/m}^2$		No pueden acometer
TIPO 2, $m > 170 \text{ Kg/m}^2$		R_A fachada $> 50 \text{ dBA}$ $m > 225 \text{ Kg/m}^2$
TIPO 3		

El DB HR considera elementos *tipo 1* los compuestos por un elemento base de una o dos hojas de fábrica, hormigón o paneles prefabricados pesados, sin trasdosado o con un trasdosado por ambos lados; los *tipo 2* se diferencian de los primeros en la disposición de bandas elásticas en los encuentros de, al menos, una de las hojas con forjados, suelos, fachadas... y los *tipo 3* de son elementos de dos hojas de entramado autoportante.

Por tanto, soluciones habitualmente ejecutadas como hoja interna en fachada ventilada, tabla 7, únicamente cumplirían con elementos de separación de tipo 1, mientras que a fachadas de dos hojas podría acometer cualquier elemento de separación vertical, con la única condición de que la masa de la hoja exterior fuese superior a 130 Kg.

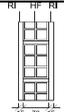
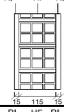
En definitiva, según la opción simplificada del DB HR, las soluciones constructivas convencionalmente adoptadas para ejecutar la hoja interior de una fachada ventilada son suficientes para aislar acústicamente del ruido aéreo exterior, pero resultan insuficientes como aislamiento acústico entre viviendas cuando se empleen elementos de separación con bandas elásticas en su perímetro o de entramado

⁵ CTE DB HR, Apartado 3.1.2.3.1. Se consideran fachadas:

- de una hoja las *fachadas* ventiladas y *fachadas* con aislamiento por el exterior;
- de dos hojas aquellas que disponen de una hoja interior que puede ser de fábrica o *paneles prefabricados pesados* con apoyo directo o con *bandas elásticas*, así como de *entramado autoportante*.

autoportante. Por tanto, el beneficio aportado al disponer una cámara ventilada por el exterior del aislamiento térmico, mediante el cual el DB HS1 permite emplear hojas interiores de espesor medio (véase apartado 3.2), entraría en contradicción con las exigencias acústicas y con determinadas ventajas inherentes a las fachadas ventiladas, como son el hecho de reducir el peso sobre la estructura.

Tabla 7. Masa de fábricas habitualmente empleadas como soporte en fachada ventilada [Tomado de Ref.6].

Sección, mm	m, Kg/m ²	Sección, mm	m, Kg/m ²
	LH: 97 LGF: 80		160
	LH: 160		198
	161		276

En este sentido, puede concluirse que, debido a la importancia de las transmisiones indirectas, la opción simplificada limita en gran medida las posibles soluciones a adoptar en cerramientos de fachada ventilada. Por ello, cuando los elementos de separación sean del tipo 2 o 3, convendría simular la situación real mediante el uso de la opción general, tratando con ello de justificar las exigencias del CTE en lo que a protección frente al ruido se refiere sin incurrir en un sobredimensionado excesivo.

3.4. DB SI. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.

De acuerdo con las condiciones establecidas por el CTE en su DB SI, "los edificios se deben compartimentar en sectores de incendio según las condiciones que se establecen en la tabla 1.1" [8], según la cual en residencial vivienda se debe sectorizar cada 2500 m², y los elementos que separen viviendas entre sí o éstas de zonas comunes del edificio deberán ser al menos EI 60 (E= Estabilidad; I = Aislamiento térmico). Además, se establecen unos locales y zonas con riesgo especial, entre los que cabría incluir los trasteros en residencial vivienda.

En relación a esta sectorización se establece que "con el fin de limitar el riesgo de propagación vertical del incendio por fachada, entre dos sectores de incendio o entre una zona de riesgo especial alto y otras zonas más altas del edificio, dicha fachada debe ser al menos EI 60 en una franja de 1 m de altura, como mínimo, medida sobre el plano de la fachada". Por tanto, cabe interpretar que dicha resistencia al fuego debe ser ofrecida por la hoja interior. No obstante, en el caso de que el aislamiento térmico fuese inflamable, la existencia de una cámara continua por el exterior podría conllevar un fuerte riesgo de cara tanto a la transmisión del incendio, como a la pérdida de resistencia de los anclajes, con el consecuente riesgo de desprendimiento de las piezas que conforman la hoja exterior del cerramiento.

En este sentido, el CTE establece en su DB SI que, en fachadas cuyo arranque sea accesible al público, bien desde la rasante exterior o bien desde una cubierta, así como en toda fachada cuya altura exceda de 18 m, la clase de reacción al fuego de los materiales que ocupen más del 10% de la superficie del acabado exterior o de la superficie interior de la cámara ventilada sea de clasificación B-s3 d2 o mejor.

De acuerdo con la norma UNE EN 13501-1 [9], la primera letra hace referencia a la Euroclase (A1, A2, B, C, D ó E), la "s" a la producción de humo (s1, s2, s3), mientras que la "d" a la caída de gotas o partículas inflamadas (d0, d1, d2). Índices menores o iguales satisfacen las condiciones de la clase posterior. Por ejemplo, un índice principal "B" implica una contribución al fuego muy limitada, por lo que cumpliría la clase C y posteriores, pero no la A. De igual modo, una clasificación d0 cumplirá las posteriores, d1 y d2.

De forma practica, puede decirse que la clase B-s3 d2 equivale al M1 establecido por la norma UNE EN 23727 [10], es decir, que cuando se dan las condiciones descritas, el aislante térmico debería ser combustible, pero no inflamable.

Los aislantes térmicos mas habitualmente empleados en fachada ventilada son el poliuretano in situ, con una cuota de mercado del 95%, y la lana de roca impermeable, que copa el resto [2]. Por una parte, la espuma de poliuretano sin recubrir no podría utilizarse en fachadas de mas de 18 metros no compartimentadas ni en fachadas con arranque accesible al publico, pues pertenece a la Euroclase E, con una reacción al fuego superior a la exigida. Pese a que si podría emplearse tras un enlucido o enfoscado, se perderían las ventajas económicas que ocasiona su gran rendimiento en la colocación. Por el contrario, pese a que el precio de la lana de roca es mayor, se comporta mejor a efectos de incendios. Otros aislantes a base de fibras (de vidrio o lana de roca) se comportan mejor frente al fuego pero requieren una protección frente a la humedad para no perder efectividad como aislamiento térmico.

En definitiva, a pesar que el DB SI permite emplear aislantes térmicos como la espuma de poliuretano sin recubrir en determinadas situaciones, resulta más recomendable emplear materiales que no contribuyan a la propagación del incendio por la cámara, minimizando con ello tanto la transmisión del fuego como el riesgo de desprendimiento por pérdida de resistencia de los anclajes.

4. CONCLUSIONES.

En el presente trabajo se ha comparado la fachada ventilada con otros cerramientos convencionales, analizado las ventajas e inconvenientes tanto a nivel cualitativo, como de cara al cumplimiento de las exigencias establecidas por el CTE. Se ha analizado además el comportamiento de la fachada ventilada cerámica frente a otro tipo de materiales y los sistemas de colocación más comúnmente empleados.

A nivel de limitación de la demanda energética las diferencias más significativas residen en la minimización de puentes térmicos, lo que repercute en el cálculo de la transmitancia límite. Por otra parte, el comportamiento de la fachada ventilada se ve reflejado en el DB HS1, pues permite su uso para cualquier grado de impermeabilidad, y con una hoja interior de espesor medio. No obstante, la importancia que confiere el CTE DB HR a las transmisiones indirectas por flancos establece cierta contradicción con el apartado de salubridad (HS1). Así, la opción simplificada del DB HR, limita en gran medida las posibles soluciones a adoptar en cerramientos de fachada ventilada cuando los elementos de separación entre viviendas descansan sobre bandas elásticas o son del tipo entramado. Por ello, en estos casos conviene simular la situación real mediante el uso de la opción general, tratando con ello de justificar las exigencias en materia de aislamiento acústico sin incurrir en un sobredimensionado excesivo.

Finalmente, pese a que el DB SI limita el uso de materiales que contribuyan a la transmisión del incendio por el exterior, debería emplearse siempre aislantes

térmicos incombustibles o no inflamables, lo que reduciría el riesgo tanto de propagación del incendio, como de debilitamiento de los anclajes.

5. BIBLIOGRAFIA.

- [1] L. Reig, *Estudio Técnico-Económico de materiales y sistemas de fachada*, IX Congreso Mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico, Qualicer 2006.
- [2] E. Montero, J. Pérez, A. Álvarez, *Manual básico fachadas ventiladas y aplacados. Requisitos constructivos y estanqueidad*, Ed. Consejería de Obras Públicas, Vivienda y Transporte de C. Murcia, 2007.
- [3] CTE DB HE: Ahorro de energía. HE1 Limitación de demanda energética.
- [4] CTE DB HS: Salubridad. HS1 Protección frente a la humedad.
- [5] www.codigotecnico.org
- [6] *Catálogo de elementos constructivos del CTE*.
- [7] CTE DB HR: Protección frente al ruido.
- [8] CTE DB SI: Seguridad en caso de incendio. SI1 Propagación Interior.
- [9] UNE EN 13501-1 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación.
- [10] UNE EN 23727 Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción.