

Soluciones cerámicas acústicas para el cumplimiento del DB-HR

Alejandro J. Sansegundo Sierra.
Arquitecto. Especialista Acústico en la Construcción.

Introducción:

Durante el proceso de elaboración del documento básico DB HR, se ha tenido muy en cuenta los sistemas constructivos más utilizados en nuestro país.

Los elementos cerámicos se encuentran de una u otra forma, en casi la totalidad de las obras que se ejecutan, por lo tanto y como no podía ser de otra manera, en el contenido del DB HR se aprecia la gran importancia de las prestaciones de los materiales cerámicos y de su tradicional uso.

Durante los últimos años, a través de la asociación española de fabricantes de ladrillos y tejas de arcilla cocida **Hispalyt**, se han unificado esfuerzos, desarrollado, analizado y ensayado muchas de las soluciones constructivas habituales, con las que se cumplía NBE CA88.

La implantación del DB HR exige un superior grado de aislamiento en la edificación. Hispalyt ha procedido a desarrollar novedosas soluciones constructivas basadas en los criterios de instalación citados en el documento básico, con las que se alcanzan los nuevos valores de aislamiento exigidos.

Un concepto que hemos de asimilar y que hasta ahora no se había tenido en cuenta, es que los aislamientos se miden entre dos estancias, la emisora y la receptora, por lo tanto la composición de materiales, la superficie del elemento separador, el volumen de las estancias y el tipo de unión entre los paramentos constructivos, serán entre otros parámetros, fundamentales para determinar el aislamiento entre las mismas.

Tanto para la opción simplificada como para la general, se seguirán utilizando los parámetros R_w y $R(A)$ para calcular el aislamiento acústico de un paramento en laboratorio. Los datos los podremos encontrar dentro del Catálogo de Elementos Constructivos, la herramienta informática de Hispalyt Sileniss u otras bases de datos acreditadas.

Pero realmente, si recorremos en el documento dicha opción, podremos comprobar que el camino de selección de los paramentos que conforman el emisor y el receptor, están relacionados.

1. Aplicación de los materiales cerámicos para el aislamiento acústico en el DB HR

1. Dentro de las alternativas que aporta la opción simplificada del documento DB HR (3.1.2.3), en cuanto a la **separación vertical entre dos unidades de uso distinto**, aparecen los elementos cerámicos en dos de los tres sistemas constructivos recomendables para dar respuesta a las exigencias marcadas.

Además de elegir un sistema de separación vertical, el documento nos relaciona el forjado, el suelo flotante y el techo suspendido.

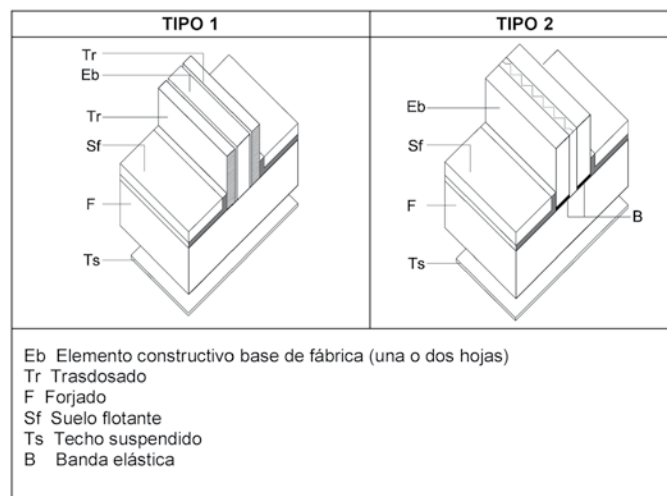
Por lo tanto no se trata de seleccionar un paramento de separación entre usuarios distintos de forma aislada, sino que hemos de tener en cuenta otros tres elementos.

La opción simplificada aporta un sistema constructivo múltiple mediante la ligazón de elementos constructivos independientes, que instalados de una forma específica, alcanzan determinadas prestaciones acústicas.

Por otra parte el documento al ser prestacional, no nos obliga a utilizar exclusivamente las soluciones en él descritas, sino a comprender la importancia del tipo de relación constructiva entre los diferentes paramentos y a poder elegir entre determinadas soluciones contrastadas con las que podremos alcanzar los objetivos de aislamiento exigidos entre las diferentes estancias.

1º. En el primer caso, **TIPO 1**, en el cual los **elementos cerámicos (elemento base)** juegan un papel importante, consiste en la ejecución de un elemento base que en algún caso, puede disponer de un trasdosado a ambas caras.

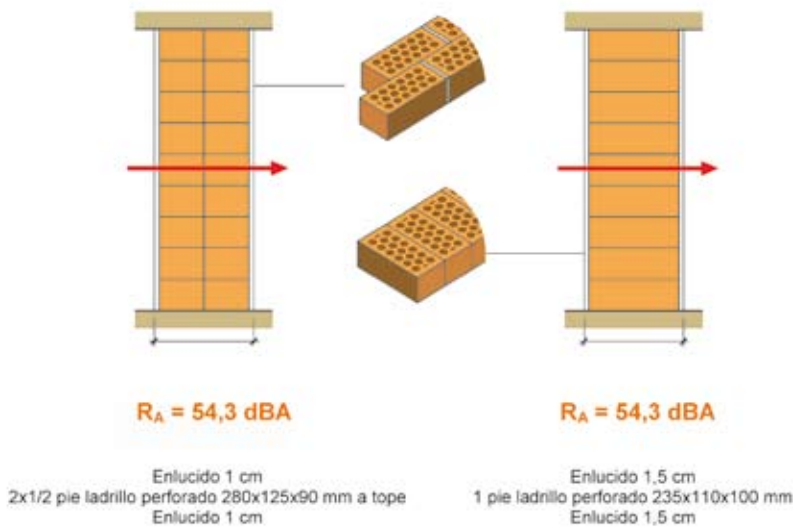
Al utilizar este sistema, se producirá un incremento del aislamiento inicial $R(A)$ del elemento base, provocado por el trasdosado. Este incremento se denominará $\Delta R(A)$. Mediante ensayos de laboratorio, como los ya realizados en el L. Torres Quevedo de Madrid, a través de la base de datos que nos proporciona el Catálogo de Elementos Constructivos u otros catálogos, podremos completar las fichas justificativas del DB HR.



Elementos de separación verticales entre recintos (apartado 3.1.2.3.4)			Características de proyecto exigidas	
Elementos constructivos	Tipo			
Elemento de separación vertical	Elemento base		m (kg/m ²)=	≥
	Trasdoso		R_A (dBA)=	≥
			ΔR_A (dBA)=	≥

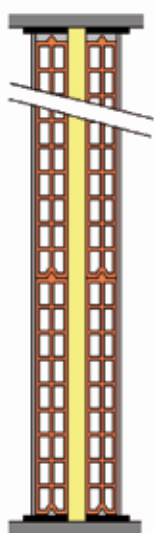


Pero como vamos a comprobar, los trasdosados no son necesarios si optamos por una solución cuyo aislamiento R_A sea superior a 50 dBA, como por ejemplo las paredes similares al ejemplo:



La variedad de elementos cerámicos es amplia y los resultados obtenidos en ensayo nos indican su comportamiento, ya sean con enlucido o además con guarnecido (ver tabla).

Bloque Cerámico	Dimensión	m (kg/m ²)	e (cm)	R(A)	Enlucido (cm)	Guarnecido (cm)
	300x290x190	289	32	52	1,5	-
	300x240x190	261	26,6	54,3	0,3	1
	280x180x75	333	20	54,4	1	-
	280x180x75	377	20,5	55,4	0,3	1
	250x160x75	314	19	54,5	1,5	-
	250x160x75	332	19,6	55,2	0,3	1,5



f (Hz)	R (dB)
100	43,0
125	43,1
160	49,3
200	52,5
250	53,0
315	47,3
400	46,8
500	50,4
630	52,1
800	55,2
1000	55,7
1250	59,2
1600	61,8
2000	67,2
2500	71,1
3150	75,2
4000	79,8
5000	80,4

Su aislamiento alcanza hasta los 55,4 dBA, por lo tanto según la solución escogida, se dispone de un margen de seguridad amplio para conseguir insitu un valor $D_nT(A) = 50$ dBA.

2°. En el segundo caso, **TIPO 2**, la opción de los **elementos cerámicos con bandas** perimetrales, (**TIPO 2A** en las dos hojas o en una hoja **TIPO 2B** en una sola hoja), aporta un peso más reducido a la estructura, y un sistema constructivo para conseguir alcanzar el cumplimiento de las exigencias, con los materiales más utilizados en el sistema constructivo actual.

Como ejemplo y para la solución constructiva analizada (**TIPO 2A**), el aislamiento alcanzado según la NBE CA 88 fue de 56,1 dBA y según la Norma UNE-EN ISO 717-1 $R_w(C;C_{tr})$ de 56 (-1,-3) dB, aporta la garantía de la consecución del aislamiento acústico en las condiciones ensayadas. (Ver esquema).

Nuevamente los datos de masa y aislamiento serán necesarios para completar las fichas justificativas.

Elementos de separación verticales entre recintos (apartado 3.1.2.3.4)			
Elementos constructivos		Tipo	Características de proyecto exigidas
Elemento de separación vertical	Elemento base		m (kg/m ²)= IV R _e (dBA)= IV

Por lo tanto, instalando en obra dicha solución con sistemas constructivos similares al ensayado (LGF(70)–LM40mm–LGF(70) + bandas perimetrales), nos garantiza la aproximación al resultado y por lo tanto el cumplimiento de la exigencia.

Los ensayos realizados en los últimos años por Hispalyt para este sistema constructivo con bandas perimetrales, han proporcionado una amplia base de datos. (Ver tabla):

Elementos constructivos	m	R(A)
LHDGF 7 cm + LM 4 cm + LHDGF 5 cm Bandas perimetrales de EEPS y enlucido 1 cm en ambas hojas	111 Kg/m²	53 dBA
LHDGF 7 cm + LM 4 cm + LHDGF 7 cm Bandas perimetrales de EEPS y enlucido 1 cm en ambas hojas	123 Kg/m²	56 dBA
LHD 7 cm + LM 4 cm + LHD 7 cm Bandas perimetrales de EEPS y enlucido 1 cm en ambas hojas	171 Kg/m²	54 dBA
LHD 8 cm + LM 4 cm + LHD 8 cm Bandas perimetrales de EEPS y enlucido 1 cm en ambas hojas	164 Kg/m²	56 dBA
LHDGF 9 cm + LM 4 cm + LHDGF 9 cm Bandas perimetrales de EEPS y enlucido 1 cm en ambas hojas	170 Kg/m²	56 dBA
PPCY 6 cm + LM 6 cm + PPCY 6 cm Bandas perimetrales de EEPS en ambas hojas	133 Kg/m²	56 dBA

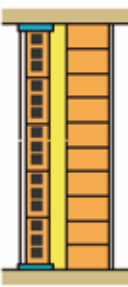
La instalación de la banda, una vez realizadas diversas visitas de obra y conversado con los instaladores sobre su colocación, no parece que vaya a plantear dificultades. Ha sido asumida con escepticismo inicial pero con fluidez una vez que se comprueba su facilidad de manejo y su posterior y beneficioso efecto.

Se ha de tener en cuenta que la banda elástica, sólo hay que instalarla en los siguientes casos:

1. En los paramentos de separación entre usuarios distintos, en todo el perímetro.
2. En algunas de las soluciones de encuentro entre un paramento y su apoyo en el forjado, y en algunos casos en su unión vertical entre dos paramentos.

Para la instalación de estos elementos cerámicos, hay que tener en cuenta las condiciones exigidas en el apartado 3.1.2.3.4 (Condiciones mínimas de los elementos de separación vertical), y la tabla 3.2 con sus especificaciones adjuntas en cuanto a la masa y aislamiento mínimo para cada caso.

Según la clasificación del sistema Silensis de Hispalyt, el **TIPO 2B** en el cual se aplica la **banda a una sola de las hojas (la ligera)**, los valores de aislamiento obtenidos son superiores. Estas soluciones al alcanzar valores de R(A) superiores a 60 dBA, son apropiadas para resolver las exigencias de aislamiento en los casos de separación entre una unidad de uso y un recinto de actividad o de instalaciones, cuyo aislamiento in situ ha de ser superior a 55 dBA. (Ver tabla de aislamientos)

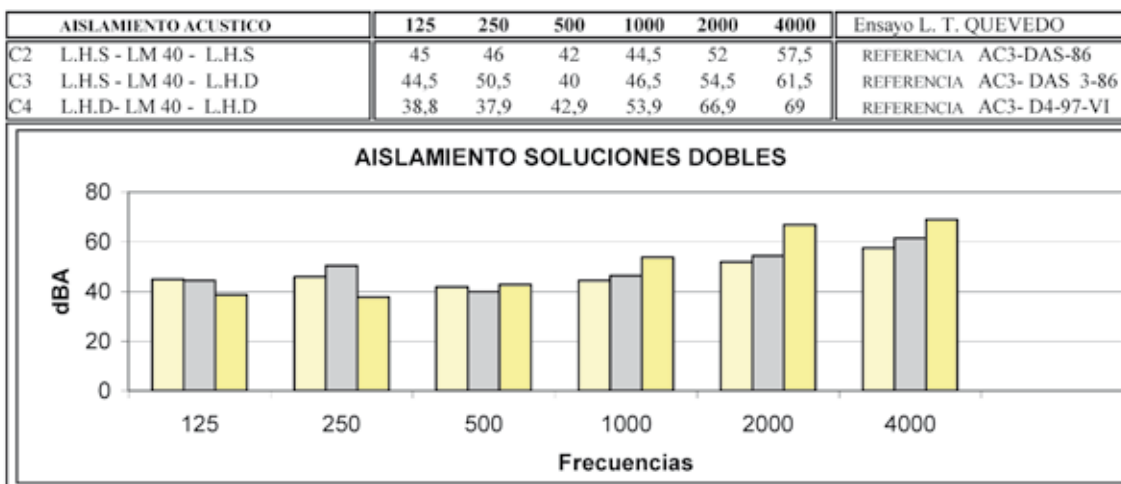
Bloque Cerámico	Descripción	m (kg/m ²)	e (cm)	R(A)	Enlucido (cm)
	1/2 pie LP + LM 4 cm + LHS 5 cm + banda perimetral EEPS	230		62	1
	BC 300x240x140 mm +LM 4cm + LHS 5 cm + banda perimetral EEPS	237		63	1

Se ha de destacar el importante beneficio que se obtiene **instalando la banda perimetral**, al romper los puentes acústicos de contacto entre la hoja y la estructura.

El propio Catálogo de Elementos Constructivos nos indica que el aislamiento en laboratorio **sin la banda perimetral**, alcanza **sólo entre 43 y 45 dBA**. Si escogemos esta solución para la separación entre usuarios distintos empleando ladrillos huecos (LH y LGF) sin banda, con una masa total entre 110 y 170 kg/m², queda demostrado que **sería insuficiente sin la colocación de bandas perimétricas. (Ver tabla).**

Código	Sección	Hojas de fábrica HF	HE ⁽⁶⁾	HR ⁽⁷⁾	
			R (m ² K/W)	R _A (dBA)	m (kg/m ²)
P2.1 ⁽⁸⁾		LH	0,37+R _{AT}	44 [45]	130 [170]
		LGF	0,71+R _{AT}	43 [44]	110 [130]

Se han analizado el comportamiento de los materiales cerámicos en laboratorio sin bandas contando con una gran información, no solo con valores globales, sino también por frecuencias:



El Catálogo nos indica que para la misma solución constructiva, el aislamiento en laboratorio **con la banda perimetral**, alcanza entre **53 y 55 dBA**, válida para la separación entre usuarios de distinto uso.

Al instalar las **bandas perimetrales en las dos hojas** la ganancia de aislamiento en el entorno de **+ 12 dBA**. Queda demostrada la gran importancia de la elasticidad en la unión del paramento divisorio respecto al perímetro.

Dicha elasticidad no puede quedar truncada con la unión de enlucidos, como así se exige en el apartado 5.1.1.1 del DB HR. Entre los enlucidos de la hoja que lleva bandas elásticas en su perímetro y el enlucido del techo se prolongará la banda elástica o se realizará un corte en los enlucidos, cuya junta podrá rematarse con cintas de celulosa microperforada.

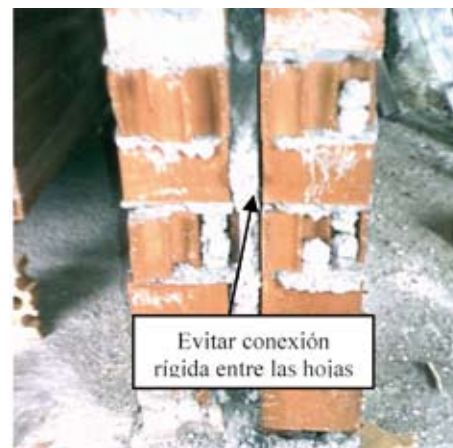


Como **conclusión** a este apartado podemos asegurar que según los ensayos realizados en laboratorio y con las posteriores validaciones de las soluciones al comprobar los resultados en obra, para las soluciones constructivas empleadas hasta ahora, si introducimos las bandas perimetrales, alcanzamos el cumplimiento más exigente del DB HR.

Los **sistemas Silensis de Hispalyt**, aportan los datos necesarios para su correcta instalación.

En cuanto a las **rozas**, las pérdidas de aislamiento quedan anuladas si las macizamos. Hispalyt ha realizado ensayos que demuestran la nula incidencia sobre el resultado final. El documento básico en su apartado 5.1, nos indica que para las piezas de fábrica o paneles prefabricados pesados y trasdosados de fábrica:

- 1. Deben rellenarse las llagas y los tendeles con mortero.
- 2. Deben retacarse con mortero las rozas hechas para el paso de instalaciones de tal manera que no se disminuya el aislamiento acústico inicialmente previsto.



En el apartado 5.1.1, elementos de separación vertical y tabiquería, quedan señaladas cómo se deben realizar los cajeados, enchufes, juntas con las cajas y paso de instalaciones. Por lo tanto seamos conscientes de su relativa importancia y de su **fácil solución**.

Por último en el apartado 5.1.1.1.3, se destaca otro factor importante a la hora de conseguir el aislamiento: la **cámara entre las dos hojas**. No deben existir conexiones rígidas entre ellas.

Para ello una vez construida la primera hoja, se ha de **limpiar las posibles rebabas** de mortero. Seguidamente se colocará la **lana mineral** sujeta de forma adecuada y posteriormente se realizará la segunda hoja. Este procedimiento nos asegura la no creación involuntaria de puentes acústicos por rigidización con los morteros caídos entre ellas. (Ver foto).

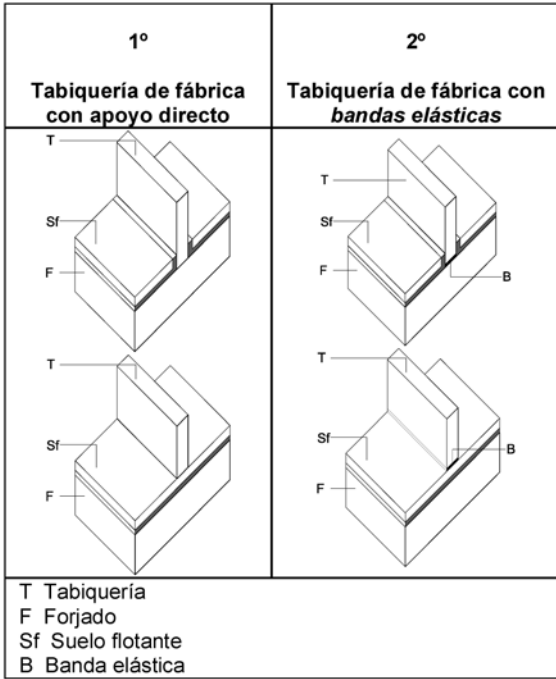
2. Por otra parte y dentro de las alternativas que aporta la opción simplificada del documento DB HR (3.1.2.3), en cuanto a la **separación vertical entre estancias de una misma unidad de uso**, también aparecen varias tipologías de elementos cerámicos.

En este ocasión las bases de datos juegan un papel importante, ya que a diferencia del caso anterior, (separación entre una unidad de uso respecto a usuarios distintos, zonas comunes, recinto de instalaciones, recintos de actividad), las exigencias que plantea el documento básico, son exclusivamente de laboratorio (o mediante formulación válida), sin posibilidad de comprobación de su aislamiento in situ. (Ver tabla 3.1)

Tipo	m Kg/m ²	R _A dBA
1º. Fábrica o paneles prefabricados pesados con apoyo directo	70	35
2º. Fábrica o paneles prefabricados pesados con bandas elásticas	65	33
3º. Entramado autoportante	25	43

Como se puede comprobar, la masa **m** y el **R_A** son las únicas exigencias. Hispalyt nuevamente ha aportado los datos necesarios para el empleo de los elementos cerámicos como sistema de separación vertical en tabiquería y para el cumplimiento de las fichas justificativas.

Tabiquería. (apartado 3.1.2.3.3)			
Tipo	Características de proyecto exigidas		
		m (kg/m ²)=	IV
	R _A (dBA)=	IV	



Como se puede comprobar, la instalación de la tabiquería con elementos cerámicos en la edificación se plantea de formas diferentes:

- 1º. Sin bandas acústicas en el apoyo de la tabiquería en el suelo.
- 2º. Con bandas acústicas en el apoyo de la tabiquería en el suelo.

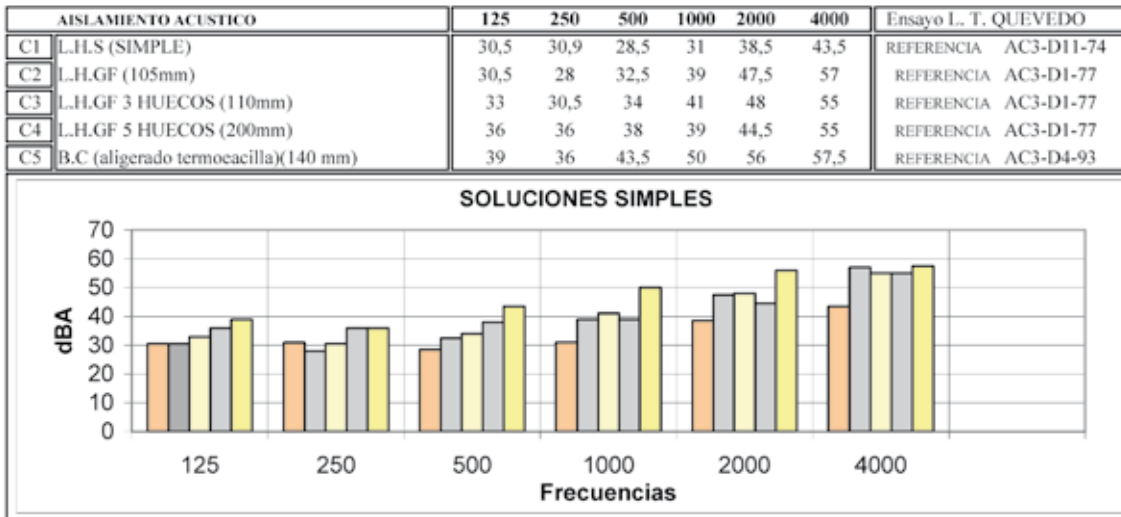
A su vez cada una de ellas se puede colocar sobre el forjado directamente o sobre un suelo flotante que previamente habremos construido.

En las instalaciones supervisadas se ha optado por realizar el replanteo de la tabiquería sobre el forjado, se han instalado las bandas en aquellos casos en las que eran necesarias y en el resto sin bandas.

Posteriormente se han ejecutado los suelos flotantes independientes para cada estancia.

Cualquiera de ellos es adecuado y dependerá del proceso de ejecución que elijamos.

A través de los ensayos realizados, muchos de ellos en el Laboratorio Leonardo Torres Quevedo de Madrid, se puede comprobar el aislamiento incluso por frecuencias, para comprender mejor el comportamiento de los mismos.



En el Catálogo de Elementos Constructivos (apartado 4.4.1.1), en el elemento base de una sola hoja para la compartimentación interior vertical gracias al gran número de ensayos realizados en los últimos años por Hispalyt, aparecen los datos de masa y aislamiento de las diferentes soluciones constructivas. (Ver tabla).

Código	Sección	Hoja de fábrica HF	HE ⁽⁷⁾		HR ⁽⁸⁾	
			R (m ² K/W)	R _A (dBA)	m (kg/m ²)	
P1.1 ⁽⁹⁾		LH	0,21	36 [37]	89 [97]	
P1.2 ⁽⁹⁾		LGF	0,38	33 [34]	70 [80]	
P1.3		LH	0,28	40 [42]	127 [160]	

Suelo flotante y techo suspendido (Sf) y (Ts) en función de la tabiquería del recinto receptor							
Forjado ⁽¹⁾ (F)		Tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pesados con apoyo directo			Tabiquería de fábrica o paneles prefabricados pesados con bandas elásticas		
		Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁴⁾	Suelo flotante ⁽²⁾⁽³⁾		Techo suspendido ⁽⁴⁾
m kg/m ²	R _A dBA	ΔL _w dB	ΔR _A dBA	ΔR _A dBA	ΔL _w dB	ΔR _A dBA	ΔR _A dBA
300	52	27	18 (18)	0 (19)	23	11 (11)	0 (14)
		(32)	(18)	(19)	(28)	(11)	(14)

3. Por último y dentro de las alternativas que aporta la opción simplificada del documento DB HR, en cuanto a la **separación horizontal entre dos unidades de uso**.

Además dentro del Documento Básico, y partiendo del dato previo del tipo de tabiquería que hayamos elegido, el tratamiento flotante será diferente.

La exigencia doble para un forjado queda especificada por el cumplimiento de la masa (por ejemplo) al menos de 300 kg/m² y del aislamiento, que para este caso ha de ser al menos de 52 dBA, según la Tabla 3.3 del DB HR.

El catálogo de Soluciones Constructivas, nos aporta datos de los diferentes materiales y sistemas para cumplir con las exigencias. (Ver Apartado 3.18 Forjados y losas alveolares).

Forjados unidireccionales								
Descripción		HE					HR ⁽⁷⁾	
Forjado con	Canto mm	m ⁽⁴⁾ kg/m ²	ρ ⁽⁴⁾ kg / m ³	R ⁽²⁾ m ² ·K/ W	c _p J / kg·K	μ	R _A dBA	L _{n,w} dB
Piezas de entrevigado cerámicas	250	305	1220	0,28	1000	10	52	81
	300	333	1110	0,32	1000	10	53	80
	350	360	1030	0,35	1000	10	55	78

Si nos fijamos en el dato de la tabla anterior, un forjado unidireccional de piezas de entrevigado cerámico de masa 305 kg/m², aporta un aislamiento de 52 dBA, por lo tanto cumpliría con la doble exigencia.

Una vez elegido el forjado (elemento base) a través del tipo de tabiquería escogida (apoyo directo o sobre banda), nos queda solucionar la mejora a ruido de impacto y el incremento de aislamiento necesario por la instalación del suelo flotante.

Como **conclusión** a este apartado, vemos que también en los paramentos horizontales, los elementos cerámicos tradicionales aportan aislamientos que dan cumplimiento al documento básico DB HR.

4. Por último quisiera recordar que los elementos cerámicos, aportan **soluciones complementarias**, como para resolver el paso de instalaciones, la creación de patinillos con suficiente aislamiento respecto a los recintos colindantes, dispone de elementos de masa superior a 150 kg/m² necesarios para anclar las conducciones hidráulicas de tuberías colectivas, (apartado 3.3.3.1), etc.

5. En cuanto a **fachadas**, el elemento cerámico es fundamental. Se puede comprender esta afirmación al comprobar el gran número de soluciones que aparecen en apartado 4.2 de Fachadas en el Catálogo de Soluciones Constructivas, aportando la masa m y el aislamiento del sistema analizado R_A.

Código	Sección	Datos entrada	HS	HE ⁽²⁾	HR	
		RE	GI ⁽¹⁾	U (W/m ² K)	R _A ⁽³⁾⁽⁴⁾ (dBA)	m ⁽³⁾ (kg/m ²)
F 3.1		R1	3	1/(0,54+R _{AT})	48 [49]	220 [240]
		R3 o B3	5			

2. Aplicación de los materiales cerámicos para el acondicionamiento acústico en el DB HR

1. Por último he de hacer mención al **acondicionamiento acústico**.

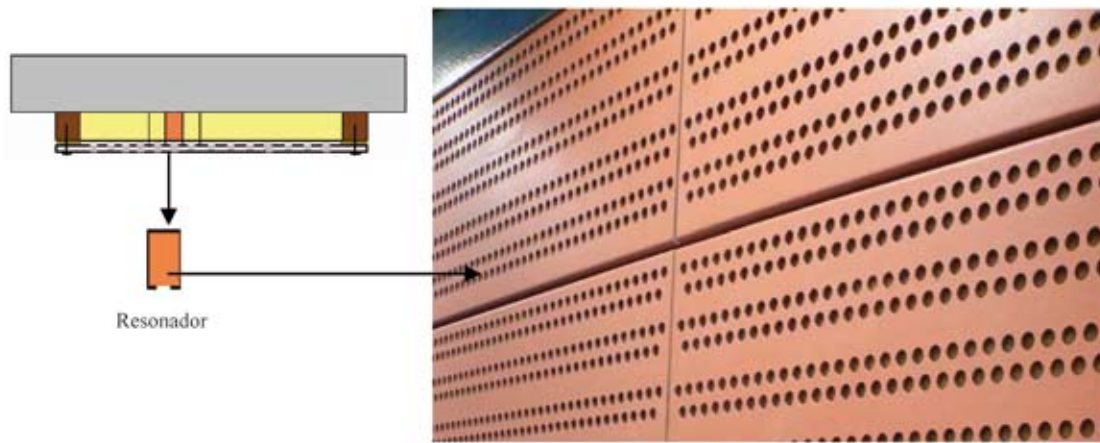
Hasta ahora no habíamos tomado conciencia de este concepto en la edificación y menos en la residencial.

Deberemos aportar a determinados paramentos que conforman un recinto, propiedades absorbentes en aquellos casos en los cuales el DB HR nos lo exige.

Las piezas cerámicas tradicionales, no poseen un rendimiento absorbente, como podemos comprobar en la tabla del Catálogo. El coeficiente de absorción α , cuyo valor adimensional puede oscilar entre 0 (nula absorción) y 1 (máxima absorción), para los elementos cerámicos se sitúa entre 0,02 y 0,04.

Acabados de interiores paredes, techos y suelos				
ELEMENTOS CERÁMICOS Y SUS ACABADOS SEGUN EL DB HR	HR			
	α			α_m
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	
Ladrillo cerámico vistos	0,03	0,04	0,05	0,04
Ladrillo cerámico pintados	0,02	0,02	0,02	0,02
Enfoscado de mortero	0,06	0,08	0,04	0,06
Enlucido de yeso	0,01	0,010	0,02	0,01

No obstante, determinadas piezas prefabricadas han sido diseñadas para conseguir unas buenas prestaciones aportando soluciones de acondicionamiento acústico en recintos como, platós de televisión, salas de doblaje, polideportivos, salas de conferencia, teatros, restaurantes, cines, zonas comunes, etc.



Cada perforación actúan como un resonador. Por lo tanto estas piezas forman un conjunto de resonadores (multiresonadores), con un excelente comportamiento absorbente, reduciendo el tiempo de reverberación de las estancias. El rango de frecuencias variará en función de las dimensiones de las perforaciones, el ancho de la pieza, el volumen del aire de la cavidad, de la existencia de material absorbente en la cámara, etc. Son sistemas absorbentes y de gran resistencia al envejecimiento y al impacto.

CONCLUSIONES FINALES

Los elementos cerámicos tradicionales en nuestro país, han aportado soluciones válidas para el cumplimiento de la Norma Básica, NBE CA 88.

Para cumplir con los nuevos valores de aislamiento exigidos en el DB HR, el sistema constructivo hasta ahora utilizado ha de modificarse, sustancialmente con la aparición del suelo flotante y con el apoyo sobre bandas elásticas. Esto implica necesariamente, un mayor rigor y control en la ejecución de las obras.

Las nuevas exigencias de aislamiento acústico se han incrementado pero gracias a que contamos con una larga experiencia y tradición en el empleo de sistemas cerámicos y con un mayor conocimiento de su comportamiento acústico, conseguiremos alcanzar el cumplimiento de las exigencias del DB HR con soluciones viables, ensayadas en laboratorio y testadas en obra.