



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO DE SISTEMA CONSTRUCTIVO INDUSTRIALIZADO CON ELEMENTOS CERÁMICOS PARA PARTICIONES VERTICALES NO ESTRUCTURALES

Pacs: 43.55.Rg

Casla Herguedas, M^a Belén ⁽¹⁾; Romero Fernández, Amelia ⁽¹⁾; Tenorio Ríos, José Antonio ⁽¹⁾; Pérez-Fenoy, José ⁽²⁾; Romero Cárdenas, Pedro ⁽²⁾; Laguna Martínez, José Ángel ⁽²⁾

(1) Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja
c/ Serrano Galvache 4. 28033 Madrid. España

Tel.: 34 913 020 440; Fax: 34 913 020 700

(2) Fundación Innovarcilla.

Pol. Ind. El Cruce. C. Los Alamillos, 25. 23710. Bailén, Jaén, España

Tel.: 34 953 678 559; Fax: 34 953 678 560

Palabras Clave: Tabiquería cerámica, industrialización, aislamiento acústico.

ABSTRACT

This paper develops the evaluation of the acoustic airborne noise insulation properties, in standardised test chambers according to the standard UNE-EN ISO 10140-2, of an innovative industrialized construction system developed from traditional-used large format ceramic materials by changing the construction phase of the wall. Ceramic pieces are dry-mounted, with the provision of metallic support elements between them which are lost inside the construction element and that help the formation of the horizontal joint providing stability in the dry-execution phase.

RESUMEN

La siguiente comunicación desarrolla la evaluación del comportamiento acústico a ruido aéreo en cámaras de ensayo normalizadas, según norma UNE-EN ISO 10140-2, de un nuevo sistema constructivo industrializado desarrollado a partir de materiales cerámicos de gran formato de uso tradicional, modificando la fase de ejecución de la partición. Las piezas cerámicas son montadas en seco, con la disposición de elementos de sustentación metálicos entre ellas, quedando perdidos en el interior del elemento constructivo, y que ayudan a la formación de la llaga horizontal de la solución constructiva, aportando estabilidad en su fase de ejecución en seco.

INTRODUCCIÓN

Es una realidad la pérdida de cuota de mercado de los sistemas cerámicos de tabiquería y particiones frente a otras soluciones. Las soluciones basadas en paneles de cartón yeso en entramado metálico se imponen cada día más no solo en obras de rehabilitación sino en edificios de nueva construcción.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Las soluciones cerámicas se ven desplazadas entre otros motivos debido a que su puesta en obra conlleva una mayor suciedad, residuos y demás inconvenientes de un proceso húmedo.

Conscientes de la necesidad de buscar soluciones innovadoras industrializadas, Fundación Innovarcilla (Centro Tecnológico de la Cerámica) y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja - CSIC comenzaron el proyecto de investigación "Proyecto CINCO (Cerámica industrializada en la Construcción)" para diseñar y evaluar nuevas soluciones. El Proyecto CINCO ha tenido financiación de la Diputación Provincial de Jaen.

Los resultados que se presentan son los relativos a una de las soluciones desarrolladas en la que se separan las etapas de colocación y relleno de llagas mediante una solución seca, totalmente industrializada de tabiquería autoportante.

En esta comunicación se muestran los resultados en cuanto al comportamiento acústico de la solución.

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO

A través del Proyecto CINCO, Innovarcilla y el IETcc-CSIC han desarrollado con materiales cerámicos de uso tradicional, un sistema constructivo para particiones verticales no estructurales, capaz de facilitar un mayor grado de prefabricación e industrialización en su fase de puesta en obra.

Para ello, el sistema está basado fundamentalmente en la modificación de la fase constructiva de la partición. Desde el inicio de la ejecución, las piezas cerámicas son montadas en seco, con la disposición entre ellas de elementos de apoyo metálicos o plásticos, que quedan perdidos en el interior del elemento constructivo, y que le aportan, por un lado, un espesor igualitario en la llaga horizontal del elemento constructivo, y por otro, su estabilidad en su fase constructiva en seco, hasta las últimas fases de montaje, relativas al rejuntado de llagas y a la aplicación de revestimientos.

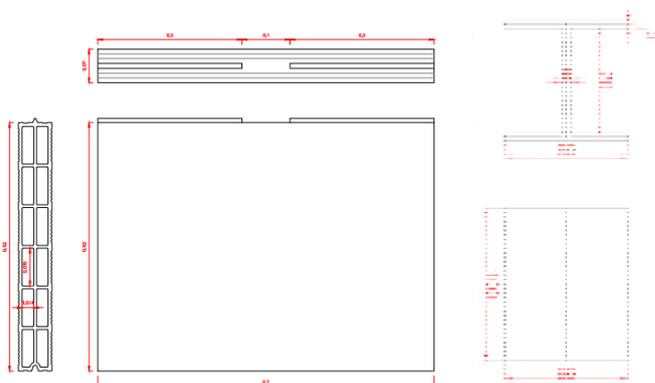


Figura 1. Pieza cerámica y elemento de conexión.

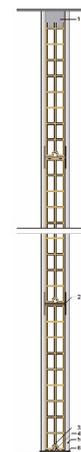


Figura 2. Esquema de la solución constructiva del Sistema CINCO.

El sistema constructivo consta de piezas cerámicas tradicionales de gran formato, que incorporan una discontinuidad en el relieve del machihembrado, así como la incorporación de un conector en forma de H. La descripción detallada de este sistema constructivo es: Ladrillo hueco gran formato (700 x 520 x 70 mm) con piezas auxiliares H de espesor 3 mm en alas y 6 mm en el alma. Banda elástica perimetral EEPS de 110 mm de ancho y 10 mm de espesor. Rigidez dinámica 6-8 MN/m3 adherida a soporte mediante pegamento base escayola. Pegamento base

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre

escayola aplicado en la base de la 1ª hilada. Retacado de yeso en la parte superior de espesor 20-50 mm. Guarnecido y enlucido de yeso espesor 15 mm aplicado en ambas caras.

El proceso genérico de ejecución del sistema consiste en:

1. **Preparación de superficie, modulación y colocación de reglas.** Al igual que en el montaje tradicional de un tabique mediante piezas cerámicas de gran formato, previo al levantamiento del tabique, se realiza una limpieza de la superficie de apoyo, un replanteo de las piezas cerámicas y la colocación de reglas telescópicas cada 60cm–80cm.
2. **Disposición de bandas EEPS y ejecución de la primera hilada.** Se disponen bandas de EEPS en la base o perímetro de las hojas, según requerimientos y especificaciones. La banda EEPS queda fijada al soporte mediante pegamento base escayola. Del mismo modo, la primera hilada de piezas cerámicas se fija a la banda EEPS mediante pegamento base escayola manteniendo una llaga vertical entre piezas de 5 a 6mm. Las piezas quedan ubicadas de forma centrada en la banda EEPS.
3. **Montaje en seco del tabique.** Una vez colocada la primera hilada, se procede al montaje del resto del tabique en seco. Para ello, se emplean unos elementos de conexión en forma de H, que permitirán ir trabando las piezas cerámicas entre sí. La pieza cerámica cuenta con un rebaje en el machihembrado dispuesto en el canto superior de la misma que permite alojar el elemento de conexión y aportarle estabilidad al conjunto. El alma del elemento de conexión cuenta con espesor de 6 mm, que permite guardar una llaga horizontal homogénea y de ese mismo espesor entre piezas cerámicas, con el objetivo de facilitar el posterior proceso de rejuntado de llagas. La junta vertical entre piezas cerámicas también se mantiene en torno a 5-6 mm.
4. **Retacado superior.** Una vez completado el montaje en seco se lleva a cabo el retacado superior, empleando pasta de yeso, que permite fijar la solución constructiva entre soportes o forjados.
5. **Canalizaciones.** Ejecución de las canalizaciones para ubicación de instalaciones.
6. **Rejuntado de llagas horizontales y verticales.** Ejecución de rejuntado de llagas realizado de forma mecánica mediante útiles destinados a tal fin, que permiten la distribución y penetración adecuada de la pasta de agarre en las llagas horizontales y verticales de 5-6 mm de espesor.
7. **Eliminación de restos y aplicación de acabado.** Finalizada la fase de rejuntado se repasan las llagas sellando y eliminando el material sobrante, para pasado el tiempo de curado, aplicar el guarnecido y enlucido de yeso.

A continuación, se muestra una tabla comparativa con el cómputo de componentes empleados en el montaje del *Sistema CINCO*, frente al obtenido en el montaje de un sistema tradicional.

Componentes	Cómputo m ²	
	Montaje <i>Sistema CINCO</i>	Montaje Sistema tradicional
Piezas cerámicas	3,0 ud	3,0 ud
Pasta rejuntado	1,7 kg	-
Pegamento base escayola	0,8 kg	3,8 kg

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Elementos de conexión	2,0 ud	-
Yeso retacado	1,7 kg	1,4 kg
Banda EEPS	0,34 ud	0,34 ud

Tabla 1. Comparativa de rendimientos en el sistema.

La comparativa del rendimiento de colocación y montaje de ambos sistemas constructivos, permite obtener las siguientes conclusiones:

- El consumo de componentes es similar al sistema tradicional;
- Se aprecian diferencias en el consumo de pastas de agarre empleados, siendo ligeramente favorable en el nuevo sistema empleado;
- El nuevo sistema constructivo emplea elementos de conexión como componentes auxiliares, que no son empleados en un montaje tradicional;
- No obstante, en el nuevo sistema de montaje se consiguen otras ventajas como, una fase de colocación más limpia y ordenada a partir de una primera etapa ejecutada en seco, reducción de pastas de agarre y ejecución en obra más rápida.

DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS ACÚSTICOS

Se realizaron cuatro montajes de diferentes soluciones constructivas para la realización de los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo con el objeto de valorar las prestaciones acústicas del nuevo sistema constructivo y compararlo con el sistema tradicional. A continuación se indican las cuatro muestras ensayadas:

Ensayo	Descripción de la muestra
Ensayo 1	<i>Sistema CINCO</i> : Tabique LHGF 7 cm, con pieza en H intermedia y rejuntado posterior de mortero por ambas caras.
Ensayo 2	<i>Sistema CINCO</i> - Enlucido: Tabique LHGF7 cm, con pieza H intermedia y rejuntado posterior de mortero por ambas caras + enlucido de yeso 1,5 cm en ambos lados.
Ensayo 3	Sistema tradicional: Tabique LHGF7 cm.
Ensayo 4	Sistema tradicional - Enlucido: Tabique LHGF7 cm + enlucido 1,5 cm a ambos lados.

Tabla 2. Descripción de las muestras ensayadas.

EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO

Para evaluar el comportamiento acústico de la nueva solución constructiva descrita anteriormente se realizaron cuatro ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo. Los ensayos se realizaron en las cámaras acústicas normalizadas de transmisión horizontal del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Dichas cámaras están compuestas por una cámara emisora y una cámara receptora separadas por una abertura de ensayo donde se instala la muestra a ensayar.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

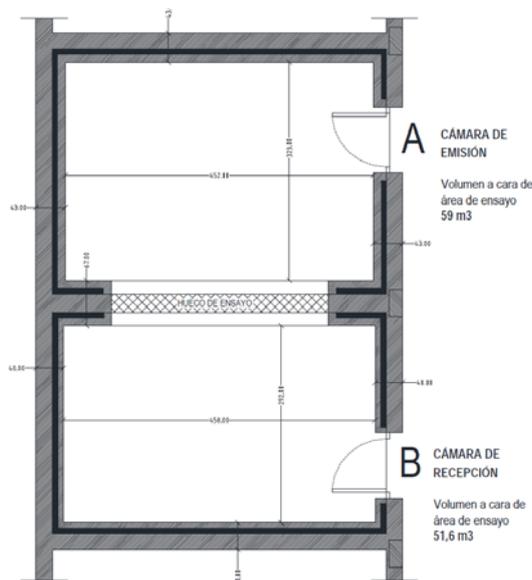


Figura 3. Esquema de las cámaras acústicas normalizadas

Las características del espacio que comprende las cámaras acústicas, una vez interpuesto el elemento a ensayar, son conformes con las especificaciones de la norma UNE-EN ISO 10140-5:2011 [1].

Para las medidas de aislamiento acústico a ruido aéreo en laboratorio se ha procedido según lo establecido en las normas UNE-EN ISO 10140-2:2011 [1] y UNE-EN ISO 10140-4:2011 [1], utilizándose la cámara A como local de emisión y la cámara B como local de recepción.

En la Tabla 3 se presentan los resultados globales del índice de reducción acústica (R_w) de los ensayos realizados y sus correspondientes correcciones espectrales para ruido rosa (C) y para ruido de tráfico (C_{tr}) calculados conforme a la norma UNE-EN ISO 717-1:2013 [2]. Así mismo, se muestran los resultados del valor global de aislamiento acústico a ruido aéreo con corrección para ruido rosa (R_A) y para ruido de tráfico ($R_{A,tr}$), calculados de acuerdo a lo indicado en el DB-HR Documento Básico de Protección frente al ruido de septiembre del 2009 [3].

	ISO 717-1 (100-3.150Hz)	ISO 717-1 (100-5.000Hz)	CTE-HR (100-5.000Hz)	
	R_w (C; C_{tr}) dB	R_w (C; C_{tr}) dB	R_A (dBA)	$R_{A,tr}$ (dBA)
Ensayo 1	31 (0 ; -1)	31 (0 ; -1)	30,7	29,8
Ensayo 2	37 (0 ; -2)	37 (1 ; -2)	37,9	34,9
Ensayo 3	30 (0 ; -2)	30 (0 ; -2)	30,1	28,2
Ensayo 4	36 (0 ; -2)	36 (1 ; -2)	36,7	33,7

Tabla 3. Resultados globales.

A continuación se presentan los valores del índice de reducción acústica de las soluciones ensayadas, expresado en decibelios en función de la frecuencia, expresada en Hz.

Frecuencia (Hz)	Índice de reducción acústica, R (dB)			
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

50	30	33,1	28,5	30,1
63	28,5	31,8	32,7	30,3
80	36,4	40,2	34,8	44,2
100	31,5	36,2	31,1	39,9
125	30,1	36,5	28,8	28,7
160	30,9	30,2	23,9	25,8
200	29,9	30,3	23,8	31,3
250	29,4	29,2	23,6	29,9
315	27,0	30,8	24,7	29,6
400	25,4	31,3	25,1	28,6
500	27,4	33,6	27,8	32,0
630	29,1	34,1	28,3	33,6
800	29,7	35,0	28,7	34,0
1.000	30,7	35,7	28,6	35,4
1.250	31,6	38,2	30,4	37,7
1.600	32,8	42,2	32,0	40,9
2.000	34,6	44,6	33,4	43,5
2.500	34,7	47,2	34,2	46,1
3.150	31,6	49,5	35,2	48,7
4.000	29,4	52,0	31,2	51,0
5.000	30,9	53,3	31,9	53,2

Tabla 4. Resultados. Espectros.

Al realizar la comparativa entre las distintas soluciones constructivas ensayadas se observa un comportamiento similar, dos a dos, entre las soluciones constructivas enlucidas y entre las que se montaron sin enlucido.

El nuevo sistema constructivo se comporta de manera similar al sistema tradicional de ladrillo gran formato hueco doble, tal y como puede apreciarse en los gráficos.

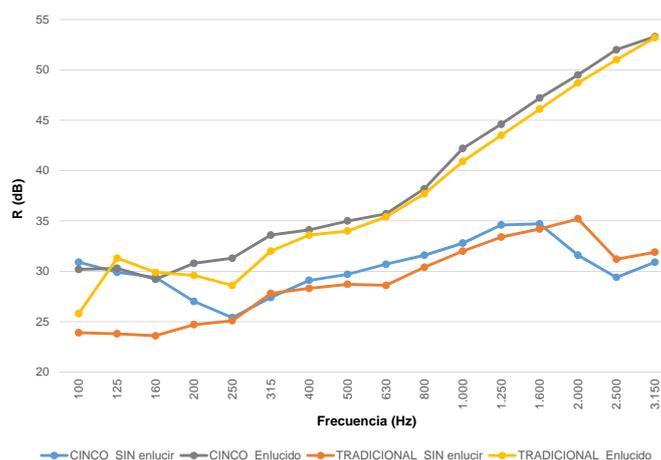


Gráfico 1. Comparativa de las cuatro soluciones ensayadas.

Las soluciones constructivas ensayadas sin enlucido dieron aislamientos similares en torno a los 30 dBA.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

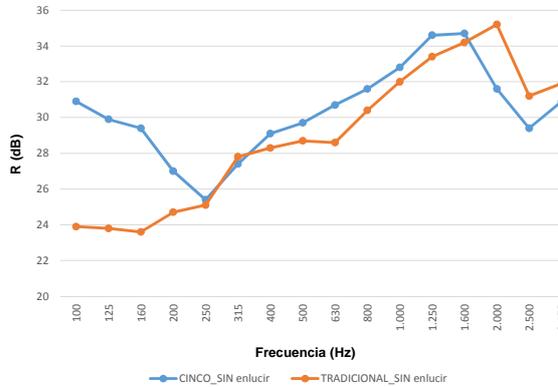


Gráfico 2. Comparativa de las soluciones ensayadas sin enlucido.

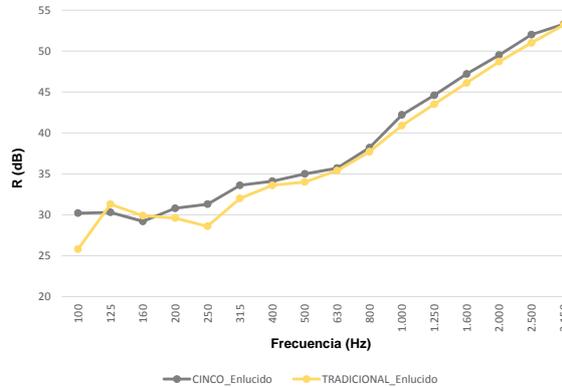


Gráfico 3. Comparativa de las soluciones ensayadas con enlucido.

Las soluciones constructivas con enlucido incrementaron sus aislamientos, obteniéndose un aislamiento aproximado de 37 dBA con un comportamiento similar los dos sistemas constructivos.

Además de los ensayos de aislamiento acústico a ruido aéreo, se ha realizado la estimación teórica del aislamiento acústico ponderado A, a partir de la masa por unidad de superficie de la muestra ensayada.

Para ello se han utilizado las ecuaciones conocidas como “Ley de masa”, indicadas en el Documento Básico de Protección frente al Ruido, DB HR [3], obteniendo los resultados que se muestran en la Tabla 5.

Las ecuaciones de la Ley de Masa aplicadas son las siguientes:

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 16,6 \cdot \lg m + 5 \quad [\text{dBA}]$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2 \quad R_A = 36,5 \cdot \lg m - 38,5 \quad [\text{dBA}]$$

	Ley de Masa		Ensayo
	m (kg/m ²)	R _A (dBA)	R _A (dBA)
Ensayo 1	49,01	33,1	30,7
Ensayo 2	94,95	37,8	37,9
Ensayo 3	50,45	33,3	30,1
Ensayo 4	96,39	37,9	36,7

Tabla 5. Aislamiento acústico teórico conforme a la Ley de masa.

A la vista de los datos de la Tabla 5, puede observarse que los resultados obtenidos por medio de la Ley de masa y los obtenidos mediante ensayo de laboratorio son similares en las soluciones enlucidas, tanto en el montaje tradicional como en el nuevo sistema constructivo. Sin embargo, en los montajes sin enlucir el valor teórico obtenido es mayor que el valor medido en laboratorio, comportándose igual ambos sistemas constructivos.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

CONCLUSIONES

Después de estudiar el nuevo sistema constructivo de ladrillo cerámico descrito anteriormente, y compararlo con el sistema de montaje del ladrillo hueco de gran formato de manera tradicional, se puede concluir que, como resultado final, se obtiene una solución constructiva en la que se aporta un mayor grado de industrialización en la fase de ejecución sin afectar a las prestaciones acústicas finales obtenidas, frente a la misma solución constructiva realizada mediante un montaje tradicional.

En cuanto a la fase de montaje y puesta en obra, son varias las ventajas que se han obtenido con el sistema empleado en comparación con un montaje tradicional:

- Facilidad de ejecución, concentrando la fase constructiva en húmedo a su parte final, junto con la aplicación del revestimiento de acabado.
- Reducción de los tiempos de ejecución.
- Facilidad de ejecución de instalaciones.
- Mayor limpieza y orden en obra.
- Reducción del uso de morteros o pastas de agarre.

Cabe destacar que, sobre las labores ejecutadas durante el desarrollo del proyecto, existen márgenes de mejora y optimización, principalmente en lo relativo a rendimientos de operación de montaje y viabilidad de mercado. En este sentido, la valoración económica del nuevo método de montaje es muy dependiente del coste final del elemento auxiliar de conexión, que a su vez está condicionado a su producción en forma masiva, siendo en estos casos dicho coste, claramente compensado con el ahorro generado a partir de la reducción en los tiempos de ejecución.

En cuanto al comportamiento acústico, tal y como se puede observar en las gráficas 2 y 3, se puede concluir que el tabique montado con el nuevo sistema de pieza de aluminio en H tiene unas prestaciones similares al tabique montado sin dichas piezas, de la manera tradicional.

Tanto los resultados obtenidos mediante ensayo acústico a ruido aéreo de las muestras, como los cálculos teóricos realizados, indican que el comportamiento acústico es similar tanto en las muestras sin enlucido como en las que llevan un enlucido a cada lado.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias a la financiación de la Diputación Provincial de Jaén y a la colaboración de MAPEI SPAIN, S.A.

REFERENCIAS

- [1] **UNE-EN ISO 10140: 2011** Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Partes 1, 2, 4 y 5 (ISO 10140: 2010).
- [2] **UNE-EN ISO 717: 2013** Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo (ISO 717-1: 2013)
- [3] **DB-HR Documento Básico de protección frente al ruido** de septiembre del 2009.