

## COMPARATIVA MEDIANTE LA RIGIDEZ DINÁMICA Y COMPRESIBILIDAD DE DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES UTILIZADOS PARA LA MEJORA AL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO

PACS: 43.35 Mr

Maderuelo, R.<sup>1</sup>; Navia, J.A.<sup>2</sup>; Martín, M.<sup>1</sup>; Rodríguez, M.<sup>1</sup>

### 1. INTROMAC

Campus Universidad e Extremadura, Ctra. Trujillo, s/n. 10071, Cáceres. España

Tel.: (34) 927 18 10 42, Fax: (34) 927 18 10 41

E-mail: [rmaderuelo@intromac.com](mailto:rmaderuelo@intromac.com)

### 2. IBERCAL MORTEROS, S.L.

Ctra. Badajoz, km 55.800, 06200 Almendralejo, Badajoz. España.

Tel.: (34) 924 677 002, Fax: (34) 924 670 005

E-mail: [gerencia@ibercalmorteros.es](mailto:gerencia@ibercalmorteros.es)

## ABSTRACT

Floating floor is one of the most effective building technologies to protect against impact sound and vibration propagation in structures, such as footfall noise and other structural transmissions. In this paper the acoustical performance and mechanical properties of an innovative material used as underlayer in floating floors are investigated on the basis of apparent dynamic stiffness measurement according UNE EN 29052-1:1994 and compressibility according UNE EN 12431:1999. The quantification of dynamic stiffness allows to compare the performance of different materials and will be used to predict the impact sound attenuation by using expressions of the UNE EN 12354-2:2001.

## RESUMEN

El uso de diferentes materiales resilientes tales como espumas, moquetas, etc., colocados sobre diferentes tipos de forjados utilizados en la construcción, son práctica habitual para obtener una reducción de las vibraciones estructurales transmitidas mediante ruido de impacto. Estos materiales presentan una serie de propiedades dinámicas, tales como la rigidez dinámica, íntimamente relacionada con la capacidad que presentan para atenuar el ruido de impacto. Este trabajo presenta los resultados obtenidos en laboratorio según UNE EN 29052-1:1994 de la rigidez dinámica, compresibilidad según UNE EN 12431:1999 de diferentes tipos de materiales y la mejora al ruido de impacto según UNE EN 12354-2:2001.

## INTRODUCCIÓN

El Documento Básico de protección frente al ruido CTE DB-HR (Real Decreto 1371/2007), sustituto de la NBE-CA-88, supone un cambio significativo respecto a lo exigido y realizado hasta el momento, en cuanto a limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de

utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Para satisfacer uno de estos objetivos, los elementos constructivos de separación horizontales que conforman los recintos de un edificio, deben tener unas características adecuadas para reducir la transmisión al ruido de impactos. Esto exige que no se superen los valores límite de nivel de presión de ruido de impactos (aislamiento acústico a ruido de impactos) que se establecen en 65 dBA, para el caso más general, entre recintos protegidos que pertenezcan a unidades de uso diferentes. Para ello el CTE DB-HR obliga de forma generalizada a la disposición de suelos flotantes (comprende el solado con su capa de apoyo y el de una capa de un material aislante a ruido de impactos) y a conocer de antemano las propiedades acústicas de los distintos elementos constructivos (y los forjados no son una excepción) [1].

La construcción habitual de este tipo de cerramientos de separación horizontal entre recintos, está basada en la utilización de un forjado base que, habitualmente, está compuesto por bovedilla cerámica de hormigón o de poliestireno expandido, capa de compresión de hormigón armado y acabado inferior, y un revestimiento superior que suele estar constituido por capa de nivelación con baldosa, parqué, tarima, moqueta, losa flotante, etc, en la que se intercala una lámina o capa (lana mineral, polietileno, poliestirero expandido elastificado o espuma de poliuretano aglomerado) con objeto de mejorar el aislamiento a ruido de impacto.

Las láminas anti-impacto ofrecen posibilidades como elementos de construcción y otras posibles aplicaciones. En lo que se refiere a características acústicas de los materiales destinados a esta aplicación, éstas pueden ser modelizadas en función de sus propiedades físico-mecánicas tales como densidad, rigidez dinámica y estática, compresibilidad, módulo de Poisson, etc. Así mismo, se observa la conveniencia de establecer relaciones analíticas entre la composición de una determinada formulación y estas características físico-mecánicas.

## MATERIALES

Los materiales empleados en este trabajo, son láminas que pretenden ser utilizadas en la construcción de cerramientos horizontales de los edificios, fabricadas de forma que se facilite su colocación en obra (por ejemplo mediante el extendido de una pasta de forma manual o mediante maquinaria), teniendo como material constituyente cal, resinas, aditivos y residuos inorgánicos (por ejemplo lodos de pizarra o granito) en diferentes proporciones. Se han estudiado 5 materiales diferentes (Tabla 1) y comparado con una muestra comercial.

Todos los materiales han sido elaborados por Ibercal Morteros, S.L., dedicada a la fabricación de morteros de restauración y rehabilitación, de edificios singulares, también utilizados en la ejecución de la obra nueva.

**Tabla 1.** Espesores y densidades de las diferentes muestras ensayadas.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 6
<b>Espesor (mm)</b>	4.1	5.5	8.8	7.0	7.8
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	818.3	633.6	679.0	612.9	546.5



Figura 1. Detalle de las muestras utilizadas en este trabajo.

## METODOLOGÍA

La rigidez dinámica se obtiene según la norma UNE EN 29052-1:1994 [2] en la que el suelo flotante se modela mediante una capa elástica sobre la que se sitúa una placa metálica de masa determinada. Esta configuración se supone que se comporta como un sistema masa muelle. La norma fija el tamaño de la placa (200 x 200 mm.) y su masa (8 Kg.), lo que equivale a una masa por unidad de superficie de 200 Kg/m<sup>2</sup>. Esta disposición se excita mediante un martillo de impactos. Los equipos utilizados fueron un sistema multi-analizador PULSE de 4 canales de Brüel & Kjaer, modelo 3560 C, acelerómetros Deltratron y martillo de impactos Endevco, modelo 2302-100.

La rigidez dinámica se obtiene mediante la frecuencia de resonancia del sistema a través de la ecuación [2]:

$$s' = 4\pi^2 m' f_0^2$$

Para obtener la frecuencia de resonancia se mide la aceleración de la placa mediante un acelerómetro, situado en el centro y se golpea la placa mediante un martillo provisto de acelerómetro en un área situada alrededor del acelerómetro, para evitar posibles efectos indeseados. En este estudio se efectuaron 30 respuestas en frecuencia de cada uno de los materiales para evaluar la variabilidad de los impactos así como de las distintas muestras del mismo material.

Si tenemos en cuenta el Anexo C, de la norma UNE-EN 12354-2:2000 [3], podemos estimar la reducción del nivel de ruido de impactos,  $\Delta L_w$ , mediante la siguiente fórmula de Cremer [4]:

$$\Delta L_w = 30 \log \frac{f}{f_0}$$

La norma UNE EN 12431:1999 [5], especifica el procedimiento para determinar el espesor de los productos aislantes para el aislamiento a ruido de impacto en aplicaciones de suelos flotantes. El espesor de estas láminas resilientes, se evalúa bajo tres diferentes cargas estáticas, con un ciclo de carga-descarga en un corto periodo. Para evaluar la compresibilidad, es preciso en primer lugar, obtener el espesor ( $d_L$ ) de la lámina bajo una carga constante de 250 Pa aplicada durante 120 segundos. Seguidamente se aplica una carga de 2 kPa, durante otros 120 segundos, obteniendo  $d_F$ . Posteriormente se aplica una carga de 50 kPa, durante otros 120 segundos para finalizar con una carga de 2 kPa durante otros 120 segundos ( $d_B$ ), durante los cuales, la lámina debe de expandirse libremente sin que exista ninguna fricción en ella. La prensa utilizada ha sido una Shimadzu SERVOPULSER U Series Body Frame.

Las muestras que se utilizan en este ensayos son las mismas que las utilizadas para obtener la rigidez dinámica. La compresibilidad,  $c$ , es el valor absoluto obtenido de la diferencia entre  $d_L$  y  $d_B$ . Para evaluar la variación de espesor de forma adimensional, se define el valor  $h(c)$  [6], de forma que:

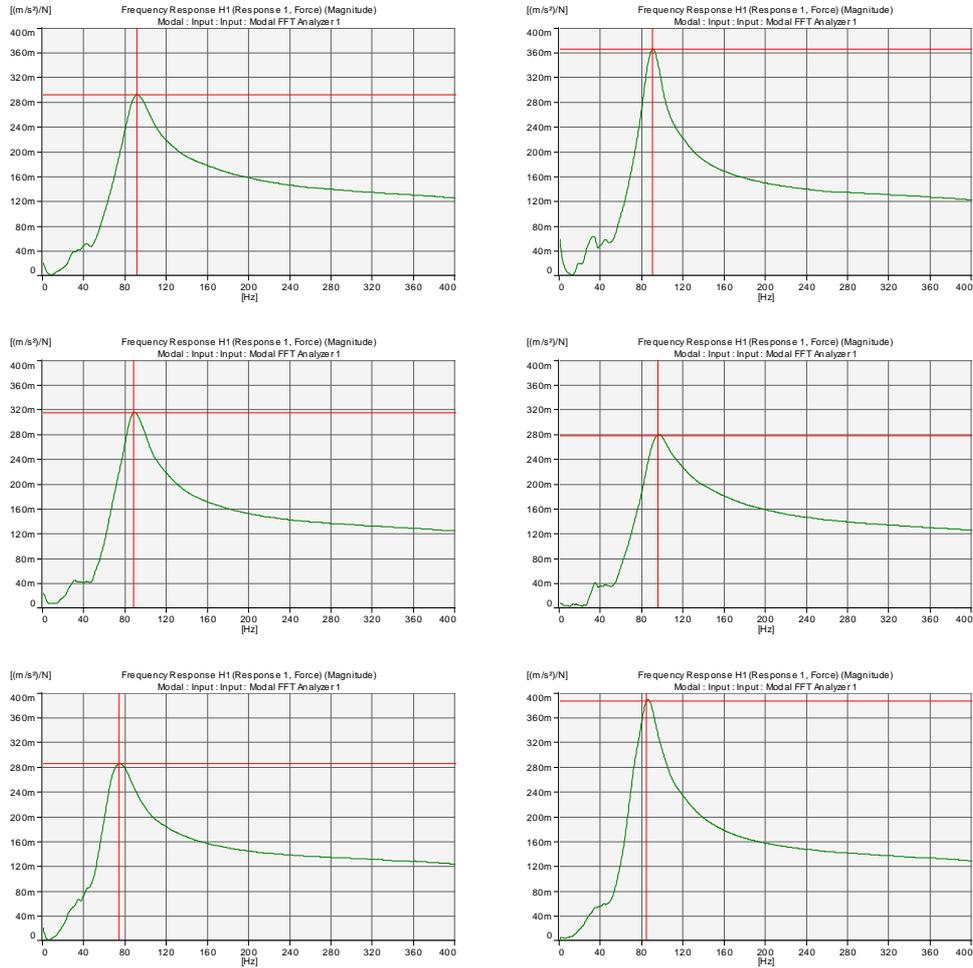
$$h(c) = \left( 1 - \frac{d_B}{d_L} \right) \cdot 100$$

## RESULTADOS

Los resultados de las diferentes frecuencias de resonancia, rigidez dinámica y mejora al ruido de impacto, obtenidos para las distintas muestras los podemos apreciar en la figura y la tabla 2.

**Tabla 2.** Frecuencia de resonancia, rigidez dinámica y mejora a ruido de impacto de las muestras ensayadas.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 6	M. Comercial
$f_r$ (Hz)	91.0	94.5	88.5	95.5	74.0	83.0
$s'$ (MN/m <sup>3</sup> )	65.4	70.5	61.8	72.0	43.2	54.4
$\Delta L_w$ (dB)	22.2	21.7	22.6	21.6	24.9	23.4



**Figura 2.** Detalle de las diferentes frecuencias de resonancia obtenidas en las muestras.

Los diferentes valores obtenidos de acuerdo a la norma UNE EN 12431:1999 se muestran en la tabla 3:

**Tabla 3.** Espesor bajo carga medido de acuerdo a la norma UNE EN 12431:1999

	Espesor $d_L$ (mm)	Espesor $d_F$ (mm)	Espesor bajo 50 KPa (mm)	Espesor $d_B$ (mm)	c (mm)	h(c) (%)
<b>Muestra 1</b>	4,1	4,0	3,2	3,8	0,2	5,9
<b>Muestra 2</b>	4,0	4,0	3,4	3,9	0,1	3,3
<b>Muestra 3</b>	4,1	4,1	3,8	4,0	0,1	2,9
<b>Muestra 4</b>	4,0	4,1	2,9	3,8	0,2	5,0
<b>Muestra 6</b>	3,9	3,8	2,6	3,5	0,5	12,2

## CONCLUSIONES

Se puede apreciar como las muestras estudiadas presentan frecuencias de resonancia y valores de rigidez dinámica relativamente bajos. Todas las muestras presentan una buena mejora a ruido de impacto con espesores bastante pequeños. Estos valores son comparables con los que presentan algunos productos ya comercializados. Cabe destacar la muestra número 6, que presenta una mejora a ruido de impacto de 24.9 dB con un espesor de 7 mm.

Los valores de compresibilidad obtenidos, nos hacen ver que este tipo de material, es capaz de soportar grandes cargas. Los valores de  $h(c)$  de las muestras 2 y 3, muestran una baja aptitud a ser punzadas. La muestra 6, presenta una compresibilidad mayor que el resto, no obstante, mediante el valor obtenido de  $h(c)$ , indica una gran capacidad de recuperación frente a las deformaciones que pueda llegar a soportar.

La novedad que introduce este tipo de materiales en cuanto a su forma de aplicación, unido a las propiedades acústicas y mecánicas que presentan, las hace adecuadas para su uso como láminas anti-impacto bajo suelo flotante, adecuándose de manera satisfactoria a lo que establece de DB-HR.

Se continuará con el estudio de este tipo de materiales, introduciendo variaciones tanto en su composición y dosificación, como en su proceso de conformado.

## AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado mediante las ayudas concedidas por el III Plan Regional de Investigación, Desarrollo e Innovación (III PRI+D+I, 2005-2008) de la Vicepresidencia Segunda y Consejería de Economía, Comercio e Innovación de la Junta de Extremadura, con el número de expediente PDT08A065.

## REFERENCIAS

- [1] Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico "DB-HR Protección frente al ruido" del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. BOE. Boletín Oficial del Estado, 23 de Octubre 2007 (núm. 254).
- [2] UNE-EN 29052-1:1994, "Acústica. Determinación de la rigidez dinámica. Parte 1: materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas".
- [3] UNE-EN 12354-2:2001, "Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos".
- [4] L. Cremer et al.: Structure-borne sound: structural vibrations and sound radiation at audio frequencies, 2nd Edition (1973), Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- [5] UNE-EN 12431:1999, "Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del espesor de los productos de aislamiento de suelos flotantes".
- [6] Schiavi, A.; Pavoni A.; Russo, F.; Corallo, M. "Acoustical and mechanical characterization of an innovative expanded sintered elasticized polystyrene (EPS-E) used as underlayer in floating floors". 19<sup>th</sup> International Congress on acoustic, Madrid 2007.