

## ESTUDIO DE LA RIGIDEZ DINÁMICA DE ESPUMAS RECICLADAS DEL TEXTIL

PACS: 43.55.Vj

Del Rey Tormos, Romina<sup>1</sup>; Alba Fernández, Jesús<sup>1</sup>; Sanchís Rico, Vicente J.<sup>2</sup>

1 Instituto para la Gestión Integral de las Zonas Costeras I-GIC.

Departamento de Física Aplicada; Escuela Politécnica Superior de Gandía; Universidad Politécnica de Valencia

C/ Paraninfo nº 1, 46730 Grao de Gandia. Valencia. España

Tel: 962 849 314 – 962 849 300

Fax: 962 849 309

E-mail: [jesalba@fis.upv.es](mailto:jesalba@fis.upv.es), [roderey@doctor.upv.es](mailto:roderey@doctor.upv.es)

2 Director técnico de la empresa PIEL S.A.

Polígono industrial "Casa felisio", s/n. 46890 Agullent. Valencia

Tel: 962 907 400 Fax: 962 907 522

E-mail: [calidad@pielsa.es](mailto:calidad@pielsa.es)

### ABSTRACT

The dynamic stiffness is an important property in the materials used as floating floor. The Standard UNE EN 29052-1:1992 [1] allows to obtain this parameter. This document describes the procedure for obtaining the dynamic stiffness under certain conditions. Another important parameter is the loss factor, which can also be obtained by this procedure. Foams of textile recycled have been characterized in this work. We have obtained the dynamic stiffness and loss factor of these foams, in different load conditions, according to the procedure described in [1]. It has been sought the relationship between the two parameters and the load.

**Keywords:** recycled materials, materials absorbents, building acoustics.

### RESUMEN

Una de las propiedades importantes a tener en cuenta de los materiales que se utilizan como láminas flotantes en un suelo flotante es la rigidez dinámica. La normativa para la obtención de este parámetro es la UNE EN 29052-1:1992 [1]. En ella se evalúa la rigidez dinámica en ciertas condiciones definidas de carga sobre la lámina. Otro parámetro importante es su factor de pérdidas, que también se puede obtener por este procedimiento. En este trabajo se caracterizan espumas recicladas del textil, obteniendo la rigidez dinámica y el factor de pérdidas en diferentes condiciones de carga a partir del procedimiento de medida descrito en [1], buscando la relación con ésta.

**Palabras Clave:** materiales reciclados, materiales absorbentes, acústica de la edificación.

## INTRODUCCION

La aparición del Documento Básico de Protección contra el Ruido (DB-HR) del Código Técnico de la Edificación (CTE) plantea el uso de soluciones constructivas donde en prácticamente todas las soluciones reconocidas es necesaria la colocación adecuada de una lámina flotante para reducir los niveles de ruido de impacto, vibraciones y la transmisión del ruido a través de flancos. La utilización de materiales elásticos como recubrimiento de pavimentos o para formar parte de un suelo flotante es una práctica muy común.

Una de las propiedades dinámicas de los materiales elásticos es la rigidez dinámica. La rigidez dinámica de un material indica la capacidad del mismo para actuar como muelle y consecuentemente como atenuador acústico. Existe una normativa para la obtención de la rigidez, es la UNE EN 29052-1:1992 [1]. "Acústica. Determinación de la Rigidez Dinámica. Parte 1: Materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas", donde a partir de la frecuencia de resonancia se obtiene el valor de la rigidez dinámica aparente y es posible, a partir del ancho de banda de esta resonancia fundamental obtener el amortiguamiento y el factor de calidad.

Existen distintos autores que utilizan el método descrito en esta normativa para obtener estos parámetros [2,3,4,5]. Por otra parte, el estudio del factor de pérdidas de un material es esencial para conocer el comportamiento del mismo frente a la transmisión de energía. En acústica de edificación, es el factor de pérdidas de distintos elementos constructivos el que determina la transmisión de la potencia vibratoria a partir de estos, aunque se estudie de forma indirecta a partir de otras magnitudes, como por ejemplo, el tiempo de reverberación estructural.

Al mismo tiempo se ha convertido en una necesidad poder reutilizar desechos de diferentes ámbitos dándole de nuevo una vida útil. En este trabajo se estudia la posibilidad de determinar el factor de pérdidas de espumas recicladas provenientes de la industria del textil. Además se estudia la relación entre el régimen estático lineal del material reciclado, comportándose como un muelle simple, y la evolución de la rigidez dinámica aparente con la carga de ensayo.

## RIGIDEZ DINÁMICA APARENTE, RIGIDEZ ESTÁTICA Y FACTOR DE PÉRDIDAS

En la Norma UNE EN 29052-1.1992 [1] se describe el procedimiento para la determinación de la rigidez dinámica por unidad de superficie para materiales elásticos con superficies lisas. Este procedimiento se basa en un método de resonancia en el que se mide la frecuencia de resonancia de la vibración vertical fundamental de un sistema masa-muelle, siendo el muelle una muestra del material a estudio y la masa una placa de carga. Las magnitudes que se pueden medir directamente son la frecuencia de resonancia y el amortiguamiento. La rigidez dinámica aparente por unidad de superficie de la muestra,  $s'_t$  ( $N/m^3$ ) se puede obtener mediante la siguiente expresión:

$$s'_t = 4\pi^2 m'_t f_r^2 \quad (1)$$

Donde:

$m'_t$  es la masa total por unidad de superficie empleada durante el ensayo, en kilogramos por metro cuadrado y  $f_r$  es la frecuencia de resonancia, en hertzios. Quien determina el valor de  $m'_t$  es la masa de carga utilizada en el ensayo. En [1] se permiten valores de  $m'_t$  entre  $187,5 \text{ Kg/m}^2$  y  $212,5 \text{ Kg/m}^2$

Las condiciones de ensayo, así como el equipamiento utilizado quedan totalmente descritas en [5].

Si reescribimos la ecuación (1) de la siguiente forma

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'_t}{m'_t}} \quad (2)$$

se observa que al aumentar  $m'_t$  la frecuencia de resonancia del sistema disminuye. No es fácil determinar las frecuencias óptimas de ensayo, ya que estas determinan la resolución del espectro obtenido. Puede ocurrir que sea necesario una carga lo suficientemente pesada para disminuir la frecuencia de resonancia de todo el sistema, obteniendo así una mayor resolución a frecuencias bajas. Esto sería conveniente para realizar el estudio con materiales que presenten valores de rigidez dinámica bajos. También podría darse el caso inverso, estudio de materiales con frecuencias de resonancias tan elevadas que sea necesario aumenta el rango frecuencial de estudio, en este caso, se reduciría la masa de carga. Pensando en esta filosofía se han realizado los ensayos con diferentes placas de carga y se ha estudiado la evolución del valor de  $s'_t$  con la masa de estas.

Por otra parte, si visualizamos el esquema de montaje del ensayo de rigidez dinámica utilizado y descrito en [1], figura 1, observamos que en los materiales estudiados reciclados, al depositar la masa de carga, éstos se comprimen. Se ha estudiado la evolución del espesor efectivo de las muestras de materiales reciclados al depositar sobre ellas distintas placas de carga, estudiando así el comportamiento en régimen estático (lineal) e intentando relacionar el procedimiento de medida de la rigidez dinámica con la rigidez estática.

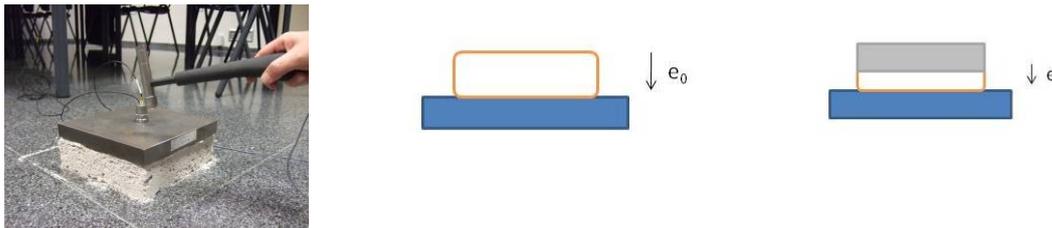


Figura 1. Esquema de los ensayos de rigidez dinámica

Las ecuaciones básicas que rigen el comportamiento estático de los materiales sometidos a distintas cargas son las que se describen a continuación.

$$P = F \quad (3)$$

$$mg = K(e_0 - e) \quad (4)$$

$$\frac{m}{S} g = \frac{K}{S} (e_0 - e) \quad (5)$$

Donde  $P$  y  $F$  son el peso y la fuerza que soporta el material al tener la placa de carga encima,  $K$  con dimensiones de  $N/m$  es una constante elástica,  $S$  es la superficie de la placa de carga, en  $m^2$  y  $K/S$  en  $N/m^3$  es la rigidez estática.

En la figura 2 se observan algunos ejemplos de las curvas de resonancia que nos permiten obtener los valores de la rigidez dinámica de los materiales estudiados. A partir del ancho de banda de estas resonancias se puede obtener el factor de pérdidas mediante la expresión genérica [6]:

$$\eta = \left( \frac{1}{\sqrt{\left(10^{\frac{n}{20}}\right)^2 - 1}} \right) \frac{\Delta f}{f} \quad (6)$$

Donde  $n$  son los “dB” de caída a partir de la frecuencia central,  $\Delta f$  son las frecuencias a las cuales se produce la caída energética y  $f$  es la frecuencia central de resonancia.

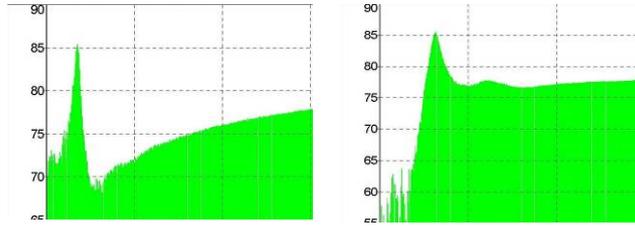


Figura 2. Respuesta en frecuencia de los picos de resonancia de algunos ensayos de rigidez dinámica.

## RESULTADOS

Se han estudiado tres espumas recicladas de residuos de la industria del textil, los valores de rigidez dinámica que se obtienen mediante el procedimiento de ensayo descrito en [1] se pueden observar en la tabla 1.

Muestra	S' (MN/m <sup>3</sup> )
D60	2
D80	3
D120	8

Tabla 1. Rigidez dinámica para las espumas recicladas estudiadas.

En las figuras 3, 4 y 5 (a) se puede observar el estudio de la rigidez estática de las espumas D60, D80 y D120 respectivamente. La pendiente de las rectas que se observan es la rigidez estática. En las figuras 3, 4 y 5 (b) se puede observar la evolución de los valores de la rigidez dinámica con la masa de carga aplicada en el ensayo, el término independiente de los ajustes que aparecen en estas rectas es la rigidez estática. Ambas variables; pendiente de las rectas de los ajustes de figuras a) y término independiente de los ajustes de las figuras b) deberían coincidir.

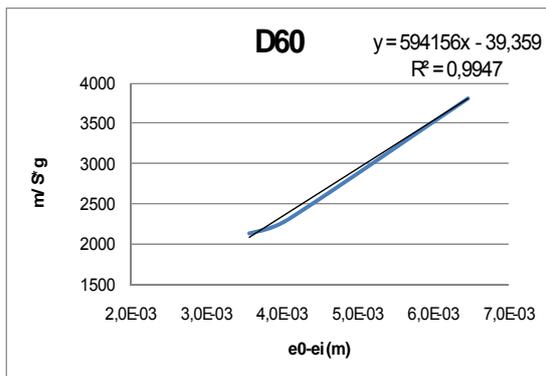


Figura 3a) Estudio de la rigidez estática para la espuma D60

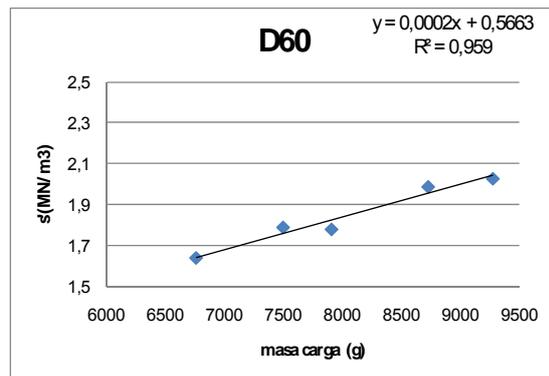


Figura 3b) Evolución de la rigidez dinámica con la masa de carga para la espuma D60

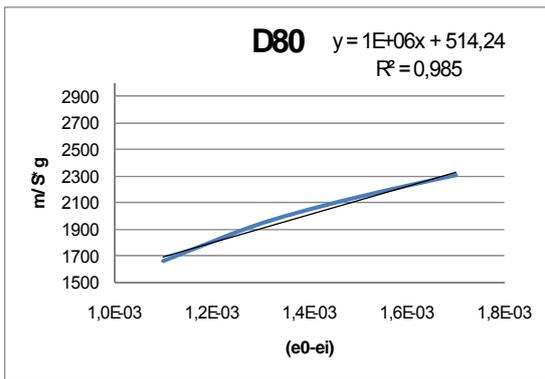


Figura 4a) Estudio de la rigidez estática para la espuma D80

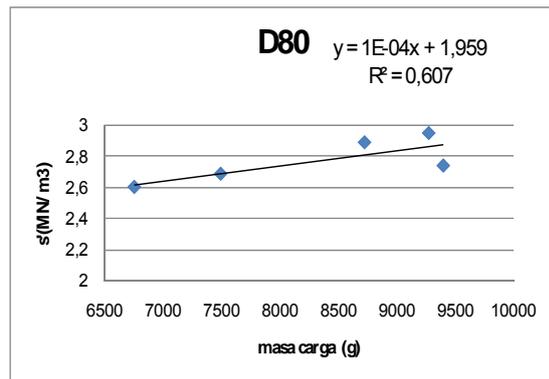


Figura 4b) Evolución de la rigidez dinámica con la masa de carga para la espuma D80

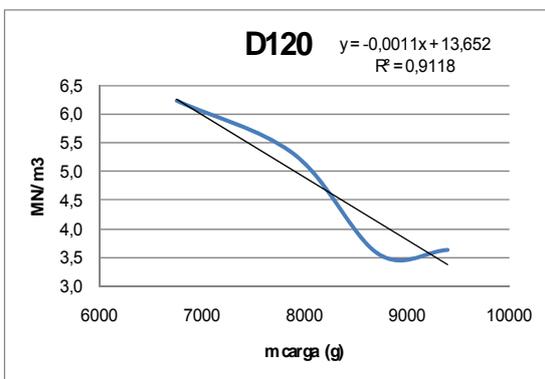


Figura 5a) Estudio de la rigidez estática para la espuma D120

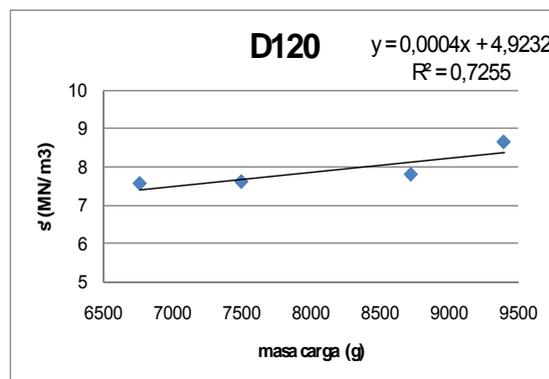


Figura 5b) Evolución de la rigidez dinámica con la masa de carga para la espuma D120

A partir de los anchos de banda de los ensayos de rigidez dinámica se ha estudiado la estabilidad del valor del factor de pérdidas, a partir de la expresión (6) el factor de pérdidas de cada una de las espumas estudiadas, representando el valor del factor de pérdidas en función de los dB de caída. Se han realizado un promedio de 30 ensayos por material, de los cuales un 42% no se han considerado como válidos por obtener coeficientes de correlación lineal bajos y un 58% de los coeficientes de correlación superan el valor de 0.80.

En la figura 6 se observan los resultados promedios para las espumas D60 (figura 6 a)), D80 (figura 6 b)) y D120 (figura 6 c)).

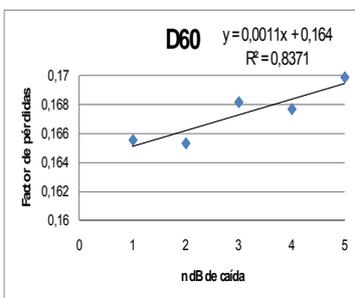


Figura 6 a)

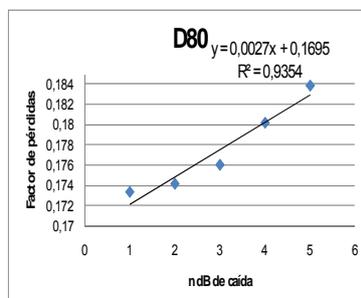


Figura 6 b)

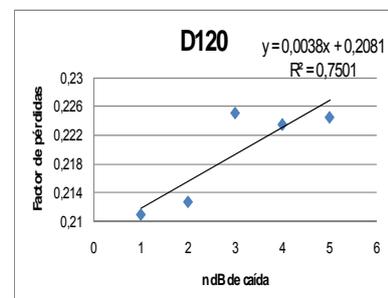


Figura 6 c)

Figura 6. Estudio del factor de pérdidas para las espumas D60, D80 y D120

## CONCLUSIONES

Los ensayos normalizados realizados para la obtención de la rigidez dinámica aparente de las tres espumas recicladas estudiadas según [1] nos dan valores de  $s'$  que coinciden con los valores que se han obtenido estudiando la rigidez dinámica aparente con distintas cargas de masa (valores de tabla 1 con figuras 3b, 4b y 5b). A partir de estos resultados se puede concluir que el estudio de la evolución de la rigidez dinámica con la masa de carga, no conduce a una caracterización errónea de las propiedades elásticas del material, sino que, gracias a este estudio se podrá obtener información adicional.

Dentro de esta información adicional, se ha podido comprobar cómo, al observar la tendencia a masa de carga nula, los valores de la rigidez dinámica coinciden con los valores de la rigidez en el estudio estático. Esta coincidencia no se da para todos los materiales por igual; en el caso de D60 (figuras 3a) y 3b)) el valor de rigidez en estudio estático es de  $0.59 \text{ N/m}^3$  frente al valor a carga cero en estudio dinámico que es de  $0.56 \text{ N/m}^3$ . Los valores se alejan bastante más en el caso de D120 (figuras 5a) y 5b)). A partir de estos resultados se pone de manifiesto la necesidad del estudio particular de cada material en concreto, o la búsqueda de la relación de las propiedades elásticas con propiedades intrínsecas del propio material.

Por último, con el estudio de la estabilidad de la obtención del factor de pérdidas a partir de las curvas de resonancia de los ensayos de rigidez dinámica, se han obtenido valores del factor de pérdidas de 0.164 para D60, 0.169 para D80 y 0.208 para D120 (figuras 6).

La estabilidad de estos datos se puede considerar como buena, ya que en un porcentaje elevado de ensayos los valores del coeficiente de correlación han superado el valor de 0.85. Además, el hecho de que para materiales reciclados de la misma familia se obtengan valores del factor de pérdidas distintos, vuelve a remarcar la necesidad de estudios particularizados para cada material. También se pone de manifiesto, observando los valores del factor de pérdidas, la mayor diferencia entre estudio estático y dinámico para el material D120.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (BIA2007-68098-C02-01 y BIA2007-68098-C02-02).

## REFERENCIAS

- [1] Norma Española UNE EN 29052-1:1992. Acústica. Determinación de la rigidez dinámica. Parte 1: Materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas.
- [2] Baron, N; Boufiglio, P; Fausti, P. Dynamic Stiffness of materials used for reduction in impact noise: Comparison between different measurement techniques. Acústica 2004, Guimaraes.
- [3] Simón Francisco, K. Anthony, Fernández M<sup>a</sup> José. Estudio de cinco métodos para determinar las propiedades elásticas de capas elásticas para la mejora del aislamiento a ruido de impactos. Tecnia Acústica 2006. Gandia.
- [4] Neves Ana, Antonio Julieta, Nossa Ana. Resultados experimentais da rigidez dinámica de materiais usados sob pavimentos flutuantes. Acustica 2008. Coimbra.
- [5] del Rey, R; Alba, J; Ramis, J; Escuder, E. Estudio previo de materiales reciclados para su uso en suelos flotantes. Tecnia Acústica 2009. Cádiz.
- [6] L. Cremer, H. Heckel, E. E. Ungar, *Structure Borne Sound*. (Springer-Verlag, Berlin, 1988)