

COMPARACIÓN DE TÉCNICAS DE CARACTERIZACIÓN DE SUELOS FLOTANTES

PACS: 43.40.-r.

Autores: Segovia Enrique; Torres Jeniffer; Carbajo Jesús; Ramis Jaime

Institución: Universidad de Alicante

Dirección: Carretera San Vicente del Raspeig s/n - 03690 San Vicente del Raspeig - Alicante

Población: Alicante.

País: España.

Tel: 0034 96 590 3400

Fax: 0034 96 590 3464

E-Mail: enrique.gonzalo@ua.es.

RESUMEN

Como es sabido, la propiedad de rigidez dinámica del material elástico usado en suelos flotantes determina la mejora del aislamiento acústico de la solución constructiva. La norma UNE EN ISO 9052:1989 establece un método para la obtención de dicha rigidez dinámica. En un anterior trabajo se presentó una metodología experimental alternativa, la cual propone el uso de prototipos que simulan situaciones constructivas habituales para analizar la influencia de la geometría en la rigidez dinámica. En este trabajo se presenta una formulación numérica en elementos finitos con el objeto de compararla con los datos experimentales.

COMPARATIVE OF METHODOLOGIES FOR CHARACTERIZATION OF FLOATING FLOORS

ABSTRACT

As well know, the dynamic stiffness property of the elastic material used in floating floors establishes the acoustical insulation improvement in the constructive solution. The standard UNE EN ISO 9052:1989 sets up a methodology for the obtaining of the cited dynamic stiffness. In a previous work, an alternative experimental methodology was presented, which proposes the use of the prototypes that simulate usual constructive situations in order to analyze the influence of the geometry in the dynamic stiffness. In this work, a numerical formulation using finite elements simulations is presented in order to compare with the experimental results.

1. INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO

Por lo general, las predicciones analíticas del aislamiento acústico a ruido de impacto [1] y las medidas realizadas en el laboratorio [2], suelen desviarse de los valores obtenidos en medidas “in situ”. Este problema se asocia por lo general a las transmisiones laterales a través de los elementos que forman un sistema constructivo. Por ello, es necesario cuantificar estas desviaciones y dotarse de herramientas analíticas y numéricas, así como de datos experimentales para que las predicciones se ajusten más a los resultados de las medidas en las construcciones finalizadas.

En el caso de los suelos flotantes, han sido desarrolladas soluciones constructivas para minimizar la interferencia del ruido de impacto a las paredes laterales, por ejemplo, usando capas elásticas debajo del piso flotante.

El parámetro que determina el funcionamiento de estas capas elásticas es la Rigidez Dinámica [3]. Esta norma considera al sistema de medida como un sistema resonante de un grado de libertad. Por lo general, se usan señales impulsivas (con un martillo de impactos) para obtener la frecuencia de resonancia f_r de la vibración vertical del sistema masa-muelle, donde la masa corresponde a la placa de carga y el muelle a la muestra del material elástico bajo ensayo. La figura 1 muestra la situación típica de medida.

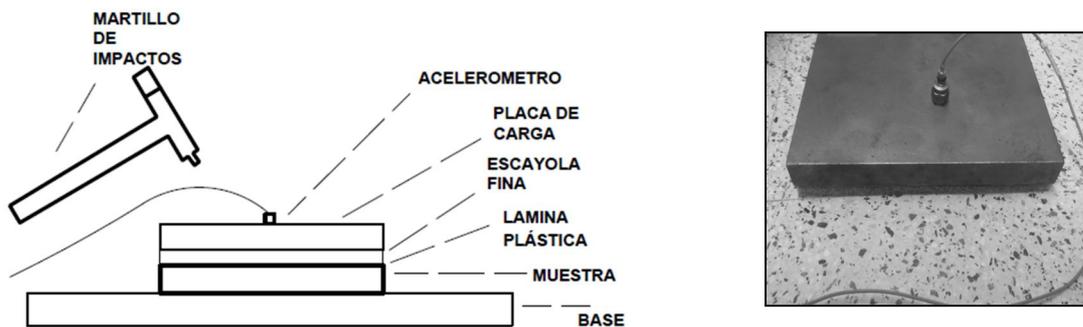


Figura 1. Configuración de medida según EN 29052-1:1992 (ISO 9052:1989) [3]

La rigidez dinámica aparente por unidad de superficie s'_t de la muestra se obtiene según:

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

En MN/m^3 , siendo m_t la densidad superficial de la masa total empleada durante el ensayo. El valor de la rigidez dinámica por unidad de superficie s' puede calcularse a partir de la resistividad al flujo de aire r [3] según un término correctivo s'_a que depende de la porosidad de la muestra de material elástico. La ecuación resultante es:

$$s' = s'_t + s'_a \quad (2)$$

Siendo $s'_a = \frac{\rho_0}{d \cdot \varepsilon}$ siendo ρ_0 la densidad del aire en Kg/m^3 , d el espesor y ε la porosidad de la muestra bajo ensayo. Así mismo, la frecuencia de resonancia obtenida nos permite calcular la reducción del nivel de presión acústica de impactos ΔL en dB de la combinación de estos materiales en suelos flotantes asfálticos según [1] como:

$$\Delta L = 40 \log \frac{f}{f_r} \quad (3)$$

Siendo válida para valores de f por encima de f_r .

La norma [3] tiene algunas limitaciones, una de las más importantes es que los valores obtenidos se basan en una configuración experimental que dista de las condiciones reales, como muestra el esquema de la figura 2, como ejemplo de una instalación típica en el conjunto del suelo flotante y elementos constructivos horizontales.

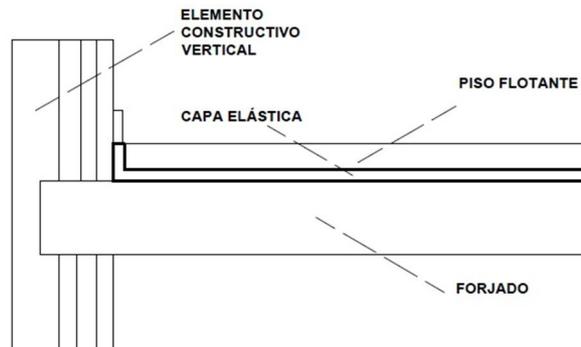


Figura 2. Esquema de la situación real de edificación de los elementos constructivos

Lo anteriormente expuesto justifica la búsqueda de metodologías alternativas para la determinación de la rigidez dinámica [4] así como para predecir el efecto en las transmisiones laterales [5, 6]. En este sentido, la utilización de configuraciones a escala [7] provee una opción realista para la obtención de predicciones del aislamiento acústico, con buenos resultados ya que permite recrear sistemas de medida próximos a la instalación real.

En este trabajo se describe el procedimiento realizado para diseñar una configuración experimental a escala usando una serie de modelos numéricos empleando el método de los elementos finitos MEF. Las características mecánicas de los materiales que conforman el sistema se obtuvieron por medio de ensayos normalizados [1] y [8].

En primer lugar se realizó un análisis modal del set-up experimental propuesto para cuatro diferentes condiciones de contorno (libre, simplemente soportado, rígido y muelle). A continuación un análisis armónico con una metodología inspirada a en [2] la cual especifica los criterio de medición para caracterizar la transmisión por flancos de uno o varios elementos constructivos en laboratorio.

2. CONFIGURACIÓN EXPERIMENTAL

La configuración experimental propuesta se visualiza en la figuras 3. La estructura de medida es un cuadrante simple construido de piedra Bateig. Se eligió este material por su similitud con los materiales usados en la construcción. Se estudian tres diferentes tipos de inter-capas elásticas de polietileno. Las propiedades mecánicas de todos los materiales que constituyen el sistema de medida se indican en la tabla 1.

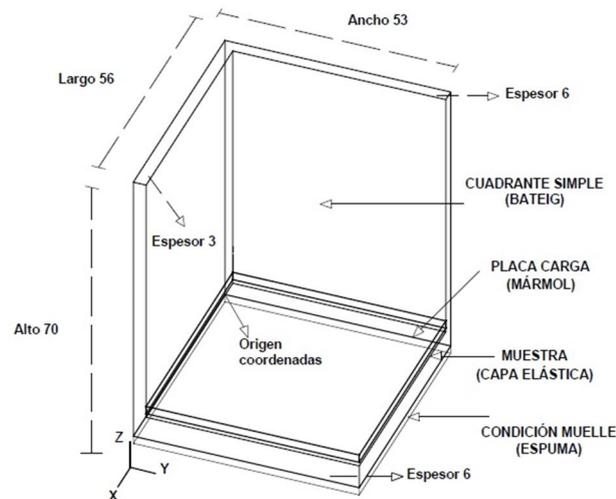


Figura 3. Sistema de medida de la metodología alternativa propuesta: Cuadrante Simple (todas las medidas en centímetros)

Tabla 1. Materiales implementados en los modelos					
MATERIAL	BATEIG	MARMOL	A	B	C
Esesor (e) (mm)	60	20	3	5	10
Densidad (ρ) (kg/m^3)	2314,81	2800	20	20	35
Modulo Young (E) (Mpa)	32×10^3	80×10^3	37.95	37.15	59.70
Coefficiente de Poisson (μ)	0.23	0.30	0.45	0.45	0.45

El módulo de Young para los materiales elásticos se dedujo a partir de las medidas obtenidas con el ensayo de la rigidez dinámica. El factor de pérdidas general de los modelos es del 1%. Se considerará el amortiguamiento de todos los materiales del tipo histerético.

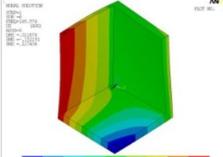
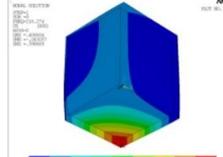
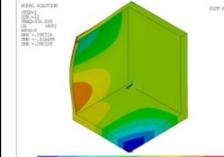
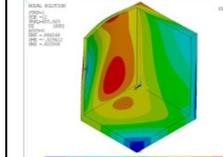
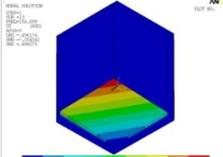
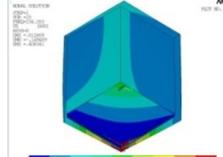
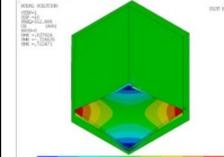
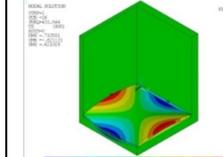
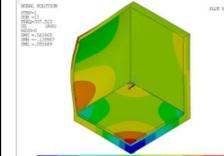
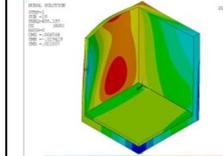
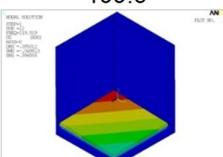
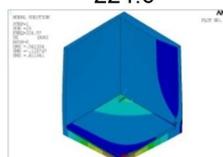
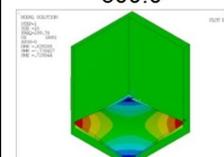
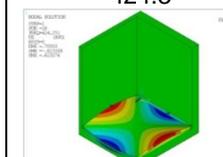
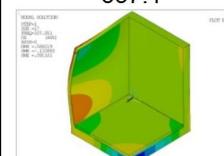
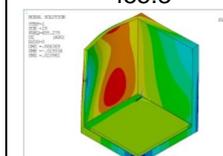
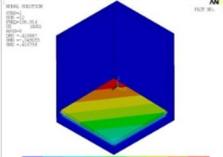
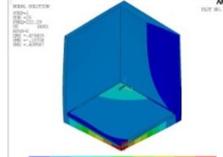
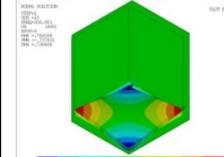
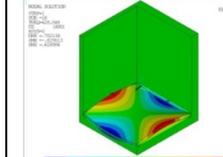
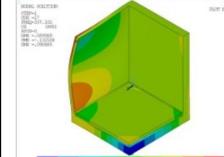
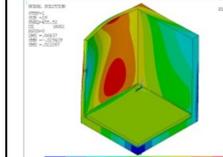
3. MODELOS NUMÉRICOS

El modelo numérico recreó el esquema presentado en la figura 3. Se realizaron dos tipos de experimentos, el primero de ellos del tipo modal, con el fin de estudiar cuatro diferentes condiciones de contorno (libre, simplemente soportado, rígido y muelle), con el propósito de estudiar qué configuración prestaba mejores facilidades para recrear una futura configuración real del experimento. Elegida una condición de contorno se realizó un segundo análisis del tipo armónico en un rango de frecuencia de 0Hz a 1200 Hz es pasos de 5 Hz. Aproximadamente todos los modelos realizados tenían un número de elementos del orden de 11000 y un número de nodos de 54000.

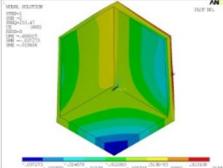
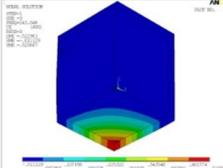
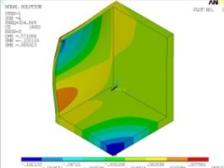
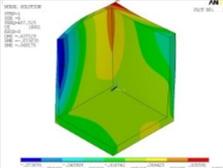
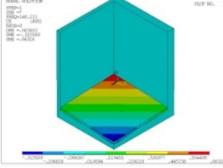
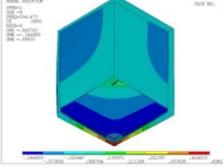
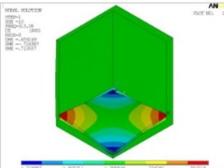
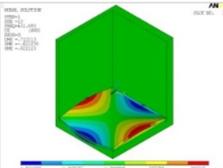
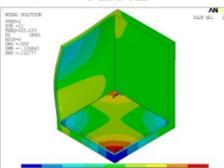
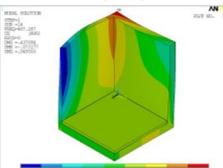
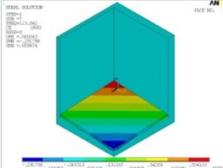
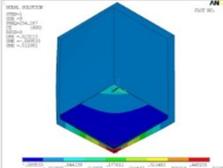
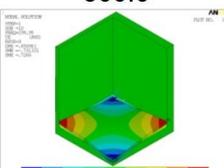
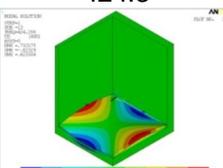
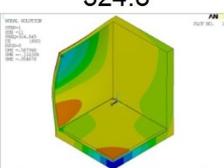
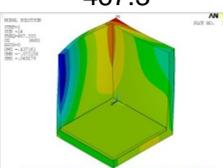
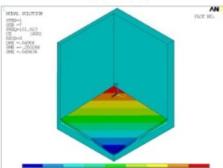
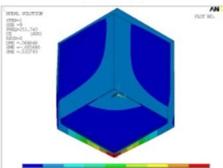
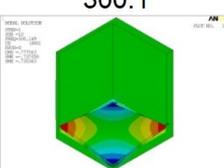
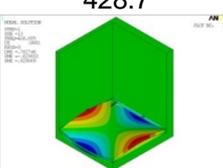
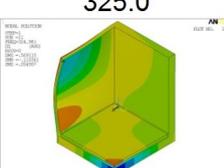
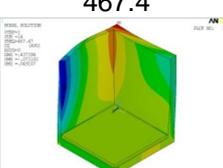
3.1. Análisis Modal para Diferentes Condiciones de Contorno de la Placa Base

Como se dijo anteriormente, se estudiaron 4 condiciones de contorno diferentes. El propósito de esto es la practicidad en el momento de realizar una medición real. Como es sabido la condición de contorno tipo libre es un ideal matemático para expresar que toda la estructura está libre de

movimiento. El uso de sistemas de muelle para sostener la estructura se aproxima a esta configuración. El resumen de los resultados obtenidos se expresa en la tabla 2. Se presentan los resultados agrupados en cuatro grupos de frecuencia y para cuatro situaciones: El cuadrante simple y los 3 correspondientes a la estructura más la losa flotante conformada por cada uno de los tres materiales elástico bajo test y la capa de carga de mármol

Tabla 2. Resumen de las formas modales para la condición de contorno libre y muelle				
Rango frecuencia (Hz)	100-200	200-300	300-400	400-500
Cuadrante sin flexible	185.6 	216.3 	336.8 	455.6 
Cuadrante + Flexible A	154.9 	243.3 	312.7 	431.6 
			337.0 	455.2 
Cuadrante + Flexible B	199.5 	224.6 	300.0 	424.3 
			337.1 	455.3 
Cuadrante + Flexible C	106.9 	222.3 	300.1 	428.6 
			337.1 	455.5 

Con el ánimo de estudiar otro tipo de condiciones de contorno se incluyó en el estudio las condiciones la simplemente soportada por el borde conformado por las paredes del cuadrante y la condición rígida, encontrando formas modales casi idénticas entre ellas. La tabla 3 resume las formas modales encontradas.

Tabla 3. Resumen de las formas modales para la condiciones Rígida y simplemente soportado					
Rango frecuencia (Hz)	100-200	200-300	300-400	400-500	
Cuadrante sin flexible	153.5 	243.6 	324.9 	467.5 	
	Cuadrante + Flexible A	148.2 	264.5 	313.0 	431.7 
				325.2 	467.3 
	Cuadrante + Flexible B	113.6 	254.3 	300.0 	424.3 
			324.8 	467.3 	
Cuadrante + Flexible C	101.6 	251.7 	300.1 	428.7 	
			325.0 	467.4 	

Es importante indicar que en el anterior resumen de resultados, en los 12 modelos donde está la configuración del suelo flotante (capa de elástico + losa de mármol) fueron descartados los tres primeros modos pertenecientes a los desplazamientos de la losa de mármol en su plano, estos tres movimientos oscilan entre los 35 Hz-58 Hz.

3.2. Experimento Armónico para la Condición Tipo Muelle

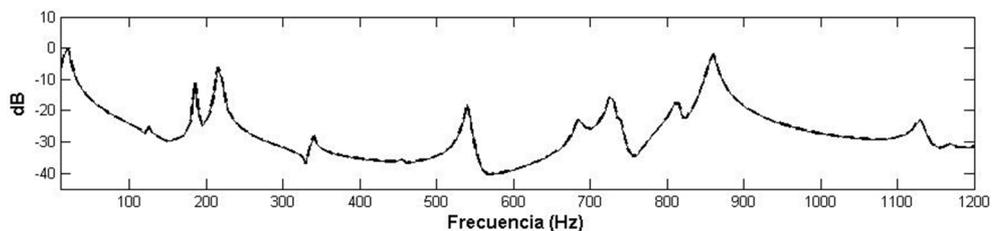
Una vez realizado en análisis modal, la configuración de medida con mejores prestaciones para realizar medidas experimentales futuras fue la condición tipo muelle. El colchón de espuma que se ubicó debajo de la placa vertical del cuadrante simple tenía 0.02 (m) de espesor. Como muestra el esquema de medida en la figura 3

El registro de información se hizo según la metodología expresada en [2]. Al ser un modelo reducido a las condiciones reales del laboratorio que propone la norma, se adaptaron los criterios de distancias mínimas para la elección de los puntos de la siguiente manera:

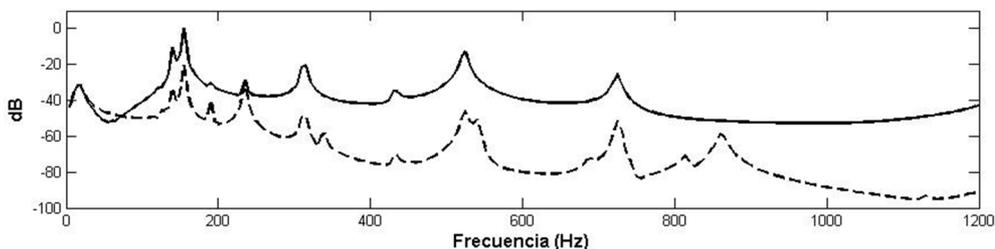
- 5 cm entre los puntos de excitación y los límites del elemento bajo ensayo
- 10 cm entre los puntos de excitación y las posiciones del transductor
- 2.5 cm entre las posiciones del transductor y los límites del elemento bajo ensayo
- 5 cm entre cada posición de transductores

La técnica de recolección de datos numéricos consistió en la combinación de tres posiciones de fuente por seis registros de recepción, tres en la cara superior del mármol y tres en la cara inferior de la placa de Bateig. Las posiciones fueron distribuidas aleatoriamente y de manera no simétrica.

Los resultados expresan el nivel de la función de transferencia de movilidad (velocidad (m/s) – fuerza (N)) normalizadas, para el promedio de los registros arriba y debajo de la estructura. La figura 4 indica los resultados obtenidos para las 4 configuraciones.



a. Estructura sola



b. Estructura más placa flotante con material A

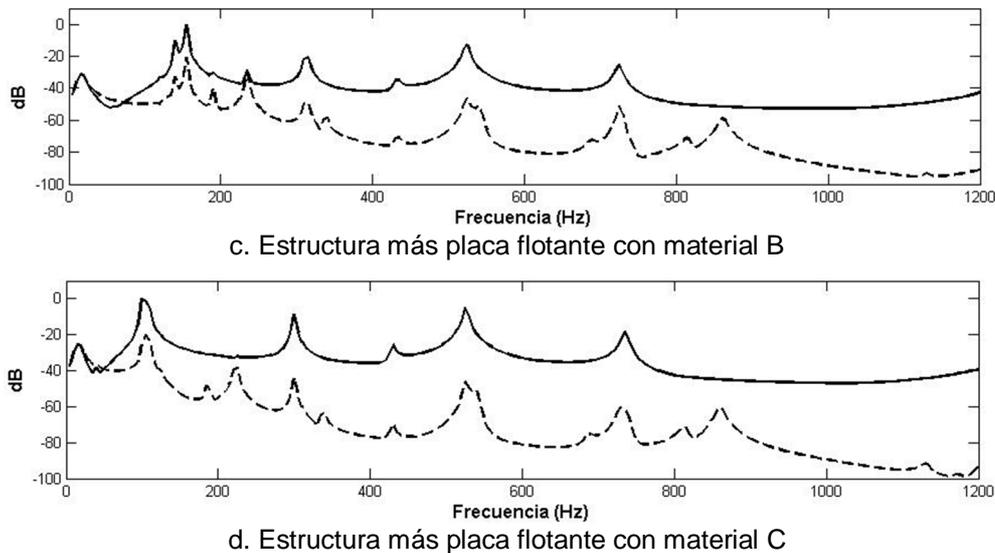


Figura 4: Resultados obtenidos del nivel de movilidad para las cuatro configuraciones para el experimento armónico con condiciones de contorno tipo muelle.

En el anterior figura se muestra la diferencia de nivel entre la parte superior (línea continua) e inferior (línea interrumpida) de la losa. Como se puede ver en la figura 4.a cuando la estructura no tiene piso flotante el nivel es el mismo. Así mismo, dependiendo del tipo de inter-capas existe mayor o menor aislamiento acústico al instalar un sistema de piso flotante.

4. CONCLUSIONES

En este trabajo se propone el uso de modelos numéricos en MEF para el diseño de metodologías alternativas en la obtención del nivel de reducción sonora a ruido de impacto estudiando la influencia de las condiciones de contorno y la rigidez dinámica de la inter-capas elástica para futuras medidas experimentales con un modelo a escala.

Agradecimientos

Este trabajo se ha podido realizar gracias a la ayuda concedida por la Generalitat Valenciana para la realización de proyectos de I+D para grupos de investigación emergentes (expediente GV/2013/019).

REFERENCIAS

- [1] UNE-EN-ISO 12354-2_2000. Acústica de la edificación, Estimación de las características acústicas de la edificación a partir de las características de sus elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos.
- [2] UNE-EN-ISO 10848-12006. Acústica: Medida en laboratorio de la transmisión por flancos del ruido aéreo y del ruido de impacto entre recintos adyacentes.
- [3] UNE-EN ISO 9052:1989: Determinación de la rigidez dinámica. Parte1: materiales utilizados bajo suelos flotantes en viviendas.
- [4] Ramis, J., Carbajo, J., Hervás, C., Alba, J. Una alternativa para la caracterización de la lámina flotante en suelos flotantes. 41º Congreso Nacional de Acústica 6º Congreso Ibérico de Acústica. Tecniacústica-León 2010.
- [5] Clasen D., Langer S. Finite Element Approach for Flanking Transmission in Building Acoustics, Building Acoustics, 14, 1, 1–14. (2007)
- [6] Ramis J., Segovia E. Alba J. Carvajo J. Godinho L. Numerical Evaluation of the Vibration Reduction Index for Structural Joints. Archives of Acoustics. Vol. 37, No. 2pp. 189–197. (2012).
- [7] Kling C. Investigations into Damping in Building Acoustics by Use of Downscaled Models, Ph.D. Thesis, Aachen, Aachener Beiträge zur Technischen Akustik. (2008),
- [8] UNE 83316:1996 Concrete tests, determination of the Modulus of Elasticity in compression.