

## SUELO FLOTANTE DE CONSTRUCCIÓN EN SECO. SOLERA RIGIDUR. PRE-FABRICATED FLOOR ELEMENT. RIGIDUR FLOOR

PACS: 43.55.Rg

Calvo Jerónimo, Alberto<sup>1</sup>; Arines Rodríguez, Susana<sup>2</sup>; Pérez Abendaño, Mariana<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SAINT GOBAIN PLACO IBÉRICA

Paseo de la Castellana nº 77. 28046 Madrid. España

Tel: +34 913 264 932. Fax: +34 914 057 624

E-mail: [alberto.calvo@saint-gobain.com](mailto:alberto.calvo@saint-gobain.com)

<sup>2</sup> TECNALIA.

C/ Geldo – Parque Tecnológico de Bizkaia

Edificio 700. 48160 Derio. Bizkaia. España

Tel: +34 946 073 300. Fax: +34 946 073 349

E-mail: [susana.arines@tecnalia.com](mailto:susana.arines@tecnalia.com)

E-mail: [mariana.perez@tecnalia.com](mailto:mariana.perez@tecnalia.com)

### ABSTRACT

The exigencies of transmission of noise of impacts between enclosures that DBHR-CTE establishes, force to construct systems for floating floor, so that the rigid unions between the floors and the their elements of completion are eliminated, as well as with the rest of structural elements and the vertical elements that delimit the enclosures.

Framed within the Project BALI, a new specific system for the construction of a floating floor, the Rigidur floor element has been developed, that constructed in dry, combines the advantages of this type of construction with its acoustic properties.

Information / results shown in this communication are the result of the researching work carried out under BALI PROJECT funded by the MINISTRY OF SCIENCE AND INNOVATION (MICINN) and EUROPEAN REGIONAL DEVELOPMENT FUND (FEDER). The mentioned results are then the exclusive property of entities that generated such these results.

### RESUMEN

Las exigencias de transmisión de ruido de impactos entre recintos que establece el DBHR-CTE, obligan a ejecutar en obra sistemas constructivos para soleras que sean flotantes, de modo que se eliminen las uniones rígidas entre el forjado y sus elementos de terminación, así como con el resto de elementos estructurales y los elementos verticales que delimitan los recintos.

Enmarcado dentro del Proyecto BALI, se ha desarrollado un nuevo sistema específico para la construcción de un suelo flotante, la Solera Rigidur, que construido en seco, combina las ventajas de este tipo de construcción con sus propiedades acústicas.

La información/resultados que se exponen en la presente comunicación son fruto de los trabajos de investigación realizados en el marco del Proyecto BALI, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) y Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) dentro

del programa Proyectos Singulares Estratégicos. Dichos resultados son, pues, propiedad exclusiva de las entidades que generaron dicha información / resultados en el ámbito del Proyecto BALI.

## **NORMATIVA ACÚSTICA. DOCUMENTO BÁSICO HR**

Una de las novedades que la entrada en vigor del Documento Básico protección frente al ruido DB HR establece en comparación con la anterior NBE-CA-88, es el incremento en cuanto a las exigencias de aislamiento acústico entre recintos a ruido aéreo ( $D_nT_A$ ) y de impactos ( $L'_{nT,w}$ ) de los elementos de separación horizontal:

**Tabla 1. Exigencias de aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos  $L'_{nT,w}$  (dB)**

Recinto receptor	Recinto Protegido	Recinto Habitable
<b>Recinto emisor</b>		
<b>Recinto Protegido y Habitable de distinta unidad de uso</b>	65	(1)
<b>Recinto de Instalaciones</b>	60	60
<b>Recinto de Actividad</b>	60	60

(1) No hay requisito

En el diseño de los edificios, se ha de evitar la propagación del ruido de impacto, puesto que debido a la alta rigidez de la mayoría de elementos constructivos, la excitación inicial inducida por el impacto, se transmite rápidamente y con elevada intensidad por la estructura del edificio. De este modo, las vibraciones de estos paramentos ponen en movimiento las partículas de aire contiguas a ellos, lo cual induce la aparición de ruidos aéreos, no solo en el recinto bajo el forjado excitado por el impacto, sino también en el resto de recintos del edificio debido a la existencia de uniones rígidas y solidarias <sup>(1)</sup>.

No obstante, el buen comportamiento a ruido aéreo de un forjado, en general de una masa elevada, no implica una buena atenuación a los ruidos de impacto. Una buena solución para reducir el ruido de impacto recibido en el recinto receptor, consiste en la ejecución de suelos flotantes, que independizados del forjado que le sirve de apoyo y de los elementos verticales que delimitan el recinto (elementos de separación vertical, tabiquería interior y pilares del edificio) mediante la interposición entre éstos y el elemento de solera de un material elástico, permiten disminuir la energía vibratoria que se trasmite por el forjado al resto de elementos del edificio.

## **OBJETO DEL ESTUDIO**

Si bien el uso de suelos flotantes es de uso generalizado, combinando diferentes elementos elásticos (lanas minerales de alta densidad, membranas de polietileno, poliestireno, etc.) con losas de armadas de mortero u hormigón (por lo general 5 cm de espesor), no lo es tanto el empleo de suelos secos, que combinan las ventajas de este tipo de construcción (como son su industrialización, rapidez de instalación, etc.) con unas óptimas prestaciones acústicas.

Enmarcado dentro del Proyecto Singular Estratégico BALI (Building Acoustics for Living), cuyo objetivo ha consistido en diseñar nuevos productos y sistemas constructivos de altas prestaciones acústicas que tengan aplicación directa y específica en la construcción de edificios, esta iniciativa se ha centrado en el desarrollo de un sistema de suelo flotante de

construcción en seco, con elevado grado de prefabricación, ligero y de espesor reducido, de instalación rápida y sencilla, que aporte elevadas mejoras acústicas a ruido aéreo y a ruido de impacto sobre los forjados de los edificios, para su aplicación en la rehabilitación de edificios y en obra nueva.

## ESTIMACIONES TEÓRICAS DEL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DE LAS ALTERNATIVAS DE PRODUCTO

A la hora de caracterizar un suelo flotante, los índices de aislamiento acústico considerados en laboratorio son  $\Delta R_A$  (Mejora del índice global de reducción acústica, ponderado A, expresado en dBA), y  $\Delta L_w$  (reducción del nivel global de presión de ruido de impactos, expresado en dB).

Aunque la mejora acústica aportada por las soleras flotantes depende en gran medida del elemento base sobre el que se encuentren ubicados, se han realizado estimaciones teóricas de la mejora de aislamiento acústico a ruido aéreo y a ruido de impactos aportada por el suelo flotante a una losa de hormigón macizo de 15 cm de espesor (forjado de referencia homogéneo normalizado). Como alternativas se han estudiado:

- Dos placas de yeso laminado especiales (de mayor resistencia mecánica y de alta densidad), machihembradas, pegadas entre sí mediante un adhesivo.
- Distintos tipos de lana mineral como material absorbente acústico (a ruido aéreo e impactos).

El material aislante (lana mineral) es clave en el diseño acústico de la solución, puesto que influye de forma importante en los rangos de frecuencia protegidos acústicamente por el sistema completo. Para las simulaciones, se ha establecido una capa exterior común a todos los sistemas, formada por placas especiales de yeso desarrolladas específicamente para su aplicación en el sistema de suelo flotante, considerando requerimientos y prestaciones de resistencia mecánica. Los resultados de las simulaciones teóricas realizadas se indican en la *tabla 2*.

Las características técnicas de los materiales que componen el sistema analizado y los parámetros utilizados para su modelización (algunos estimados, otros facilitados por fabricante) son los siguientes:

- Material absorbente: lana mineral de espesor 15-25 mm, densidad 55-75 kg/m<sup>3</sup>, rigidez dinámica 4-10 MN/m<sup>3</sup>. Fibras orientadas paralelamente a la superficie.
- Dos placas de yeso laminado especiales de 10 mm de espesor, densidad estimada 1.000 kg/m<sup>3</sup>, adheridas entre sí.

Se han realizado estimaciones (Aislamiento acústico a ruido aéreo y de impacto) considerando distintos tipos de forjados base homogéneos (aislamientos comprendidos entre 45 y 60 dBA), así como diferentes materiales aislantes (en función de su rigidez dinámica). Los resultados son los siguientes:

<p><b>Tabla 2. Resultados de simulaciones teóricas</b></p>
--

Aislante de la solera flotante	$\Delta L_w$ (dB) aportado sobre distintos forjados base
Lana Mineral rigidez 4 MN/m <sup>3</sup>	30-35
Lana Mineral rigidez 10 MN/m <sup>3</sup>	25-30
Lana Mineral rigidez 17 MN/m <sup>3</sup>	20-25

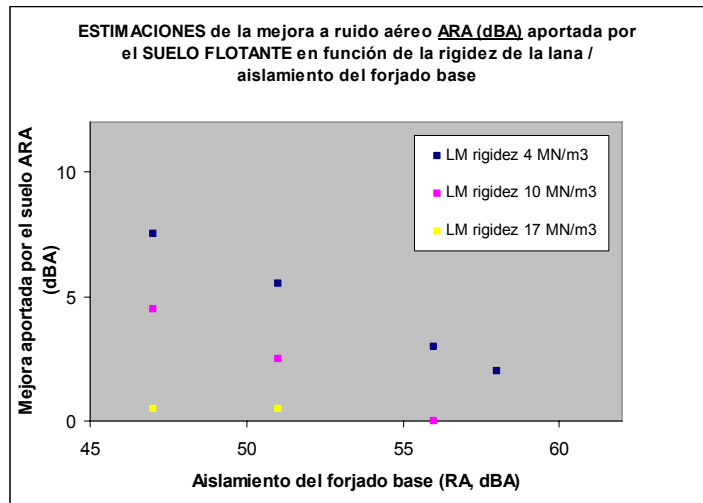


Gráfico 1. Análisis teórico del comportamiento acústico de los sistemas de suelo flotante.

Como resumen de este estudio teórico se extraen las conclusiones siguientes:

- Las estimaciones teóricas se han realizado considerando forjados base homogéneos (losa de hormigón). Otro tipo de forjados (como forjados de madera o multimaterial) se encuentran fuera del alcance del estudio, dada la variedad de sistemas existentes y su complejidad acústica.
- En función de los resultados de las simulaciones, se considera que el sistema de suelo flotante propuesto mejoraría las prestaciones acústicas de un forjado base, especialmente a ruido de impactos.
- Cuanto mayores sean las prestaciones del forjado base (su aislamiento acústico), menor será la mejora aportada por un mismo sistema de suelo flotante.
- Los sistemas con LANA MINERAL de baja rigidez dinámica son los que presentan mejor comportamiento acústico.
- El sistema se considera competitivo, y apto para el cumplimiento de los requisitos del CTE en distintas situaciones.

## SOLUCION DESARROLLADA

Se ha desarrollado el sistema **Solera Rigidur** (de baja rigidez dinámica, entorno a  $10 \text{ MN/m}^3$ ), para su desarrollo dentro del proyecto. Estas características de rigidez son adecuadas para cumplir otras exigencias requeridas al sistema. Además de las prestaciones acústicas, otras ventajas que aportan los sistemas de suelo flotante de construcción en seco frente a las soleras flotantes tradicionales húmedas son, su bajo espesor y la construcción en seco (fundamentales en el campo de la rehabilitación), sencillez de instalación, buen comportamiento en cuanto a resistencia y reacción al fuego y bajo peso que no incrementa en exceso el peso propio del forjado, permitiendo a su vez la mejora del aislamiento térmico.

Las características de los materiales empleados son:

**Elemento Base: Solera Rigidur.**

Elemento machihembrado de 20 mm de espesor, y  $24,1 \text{ kg/m}^2$  de peso, formado por dos placas de yeso reforzadas con fibras y adheridas entre sí, de alta resistencia mecánica.



**Material aislante: Panel Solado L.**

Panel rígido de lana de roca de alta resistencia a compresión, de 20 mm de espesor y de densidad  $90 \text{ kg/m}^3$ .

La solera desarrollada presenta un espesor total de 40 mm, siendo su masa total de  $27 \text{ kg/m}^2$ . De fácil instalación, una vez situada la lana mineral sobre el forjado se colocan las placas Solera Rigidur, contrapeando las juntas entre ambos elementos. La unión de las placas Solera Rigidur se realiza a tope mediante el machihembrado que presentan, empleando para su unión dos cordones del adhesivo Rigidur Nature Line. A continuación, se fijan las placas entre sí mediante tornillos de 20 mm de longitud.

La validación del estudio teórico se ha realizado mediante la realización de un ensayo de laboratorio, sobre forjado de hormigón macizo (Tipo I, losa normalizada). De igual modo, se han realizado diferentes ensayos de laboratorio sobre diferentes tipologías de forjados de madera (Tipo II, III, IV y V), representativos de este tipo de construcciones, para su caracterización de cara a su uso en la rehabilitación acústica de edificios. A modo de resumen, los resultados se expresan en la tabla 3.

<b>Tabla 3. Resumen resultados de ensayos de laboratorio.</b>		
<b>Sistema ensayado</b>	<b><math>\Delta R_A</math></b>	<b><math>\Delta L_w</math></b>
Tipo I: Losa hormigón normalizada + suelo flotante	7 dBA	25 dB
Forjado de madera + suelo flotante (2)	4-15 dBA	11-23 dB

(2) En función del forjado base de madera sobre el que hayan sido ensayados.

**RESULTADOS DE MEDICIONES EN LABORATORIO SEGÚN TIPO DE FORJADO DE MADERA**

Los resultados de los diferentes ensayos realizados sobre forjados de madera se indican en la tabla 4.

<b>Tabla 4. Resultados de ensayos de laboratorio.</b>					
	<b>Índice Global</b>	<b>Tipo de forjado</b>			
		<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>
<b>Forjado base</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	25,1	36,1	52,3	50,0
	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	92	80	80	79
<b>Forjado base+ Suelo flotante</b>	<b>R<sub>A</sub> (dBA)</b>	40,7	48,5	56,5	56,1
	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	76	67	55	56
<b>Forjado base + Suelo flotante + carga</b>	<b>L<sub>n,w</sub> (dB)</b>	78	69	57	59
<b>Aportación de suelo flotante</b>	<b>ΔR<sub>A</sub> (dBA)</b>	14	11	23	20
	<b>ΔL<sub>n,w</sub> (dB)</b>	15,6	12,4	4,2	6,1

**R<sub>A</sub>**: Índice global de reducción acústica ponderado A, en dBA, entre 100 y 5000 Hz.

**L<sub>n,w</sub>**: Nivel global de presión de ruido de impactos normalizado, en dB, calculado según la norma UNE-EN ISO 717-2.

**ΔR<sub>A</sub>,direct**: R<sub>w</sub> forjado+suelo flotante - R<sub>w</sub> forjado.

**ΔL<sub>n,w</sub>,direct,carga**: L<sub>n,w</sub> forjado - L<sub>n,w</sub> forjado+suelo flotante+carga.

Nota: Suelo flotante de tipo II, según UNE-EN ISO 140-8:1998 y UNE-EN ISO 10140-1:2011 (sustituye junto con parte de familia de normas UNE-EN ISO 10140 a la UNE-EN ISO 140-8). Indicación de ensayar dicho revestimiento bajo carga normalizada, para determinar la mejora del aislamiento a ruido de impactos, en ambas normas.

Las características de cada uno de los forjados ensayados son:

**Tipo I**: Losa maciza de hormigón armado normalizada de 14 cm de canto y masa 351 kg/m<sup>2</sup>. Masa total forjado + suelo flotante: 377,6 kg/m<sup>2</sup>.

**Tipo II**: Forjado de vigas de madera de pino (densidad 800 kg/m<sup>3</sup>) y de sección 150 x 100 mm, moduladas a 580 mm. Tarima de pino (densidad 425 kg/m<sup>3</sup>) de 22 mm de espesor. Masa del forjado 30 kg/m<sup>2</sup>. Masa total forjado + suelo flotante: 57 kg/m<sup>2</sup>.

**Tipo III**: Forjado de vigas de madera de pino (densidad 800 kg/m<sup>3</sup>) y de sección 150 x 100 mm, moduladas a 580 mm. Tarima de pino (densidad 425 kg/m<sup>3</sup>) de 22 mm de espesor. Falso techo realizado a base de teguillos de madera (densidad 800 kg/m<sup>3</sup>) fijados a las vigas, y de sección 20 x 30 mm, separados entre sí 10 mm, revestidos mediante guarnecido de yeso de 10 mm de espesor. Masa del forjado 57 kg/m<sup>2</sup>. Masa total forjado + suelo flotante: 84 kg/m<sup>2</sup>.

**Tipo IV**: Forjado de vigas de madera de pino (densidad 800 kg/m<sup>3</sup>) y de sección 150 x 100 mm, moduladas a 580 mm. Entrevigado realizado mediante arco de ladrillo cerámico de dimensiones 29 x 105 x 235 mm (masa superficial 57 kg/m<sup>2</sup>), apoyado en listones de madera (densidad 425 kg/m<sup>3</sup>) de sección 20 x 20 mm fijados a las vigas, y relleno de arena (densidad aparente 1.370 kg/m<sup>3</sup>) hasta alcanzar la cara superior de las vigas. Como terminación, se emplea un solado de terrazo de dimensiones 400 x 400 mm (masa superficial 81,8 kg/m<sup>2</sup>) y de 34 mm de espesor, sobre capa de mortero de cemento de 30 mm de espesor (densidad 2.000 kg/m<sup>3</sup>). Masa del forjado 273 kg/m<sup>2</sup>. Masa total forjado + suelo flotante: 300 kg/m<sup>2</sup>.

**Tipo V:** Forjado de vigas de madera de pino (densidad  $800 \text{ kg/m}^3$ ) y de sección  $150 \times 100 \text{ mm}$ , moduladas a  $580 \text{ mm}$ . Entrevigado realizado mediante arco de ladrillo cerámico de dimensiones  $29 \times 105 \times 235 \text{ mm}$  (masa superficial  $57 \text{ kg/m}^2$ ), apoyado en listones de madera (densidad  $425 \text{ kg/m}^3$ ) de sección  $20 \times 20 \text{ mm}$  fijados a las vigas, y relleno de arena (densidad aparente  $1.370 \text{ kg/m}^3$ ) hasta alcanzar la cara superior de las vigas. Como terminación, se emplea un solado de terrazo de dimensiones  $400 \times 400 \text{ mm}$  (masa superficial  $81,8 \text{ kg/m}^2$ ) y de  $34 \text{ mm}$  de espesor, sobre capa de mortero de cemento de  $30 \text{ mm}$  de espesor (densidad  $2.000 \text{ kg/m}^3$ ). Falso techo realizado a base de teguillos de madera (densidad  $800 \text{ kg/m}^3$ ) fijados a las vigas, y de sección  $20 \times 30 \text{ mm}$ , separados entre sí  $10 \text{ mm}$ , revestidos mediante guarnecido de yeso de  $10 \text{ mm}$  de espesor. Masa del forjado  $300 \text{ kg/m}^2$ . Masa total forjado + suelo flotante:  $327 \text{ kg/m}^2$ .

## CONCLUSIONES

- A base de una **combinación eficiente entre lana mineral y placas de yeso (Solera Rigidur)** de alta densidad y resistencia mecánica, se ha desarrollado un sistema de suelo flotante de construcción en seco aplicable tanto a rehabilitación de edificios como a obra nueva que con **mínimo espesor** ( $4 \text{ cm}$ ), que aporta mejoras a ruido de impacto de  $25 \text{ dB}$  en forjados tradicionales, y a ruido aéreo de hasta  $7 \text{ dBA}$ .
- Sobre **forjados de madera** representativos de los forjados a rehabilitar, las mejoras aportadas por el sistema de suelo flotante desarrollado son especialmente ventajosas: de  $12\text{-}15 \text{ dB}$  a ruido aéreo, y  $11\text{-}14 \text{ dB}$  a ruido de impactos. Este tipo de forjados, por sí solos, presentan niveles de aislamiento acústico muy bajos, con lo cual la aplicación de este tipo de suelos flotantes contribuye en gran medida al **confort acústico en los edificios a rehabilitar**.
- La aplicación del suelo flotante desarrollado permite el cumplimiento de los requisitos requeridos a ruido de impactos en el CTE, en las **situaciones más exigentes** (por ejemplo, entre recintos de instalaciones y actividad).
- Una de las principales **ventajas de futuro** que aportan los sistemas de suelo flotante es la evolución del mercado de la edificación hacia la renovación. Considerando la creciente preocupación por el aislamiento acústico, se prevé que este tipo de sistemas tengan altos potenciales de crecimiento.
- Constituye una **solución ventajosa para la rehabilitación de edificios**, en donde el ahorro de espacio y la construcción en seco son fundamentales. La solución permite incrementar el aislamiento acústico tanto aéreo como a ruido de impacto del elemento de separación vertical (forjado), incrementando en menor medida (en comparación con soleras flotantes tradicionales húmedas) el peso propio del forjado.
- Se considera una **solución de carácter innovador y competitiva en el mercado**, puesto que además de sus prestaciones acústicas, su instalación es rápida y sencilla, presenta un buen comportamiento en cuanto a resistencia y reacción al fuego, es ligera y de bajo espesor, mejorando además el aislamiento térmico del forjado.

## BIBLIOGRAFIA

<sup>(1)</sup> Guía acústica de la construcción. Francisco Javier Rodríguez Rodríguez: Javier de la Puente Crespo; César Díaz Sanchidrián.