

MEJORA DE PRESTACIONES ACÚSTICAS DE FORJADOS DE MADERA MEDIANTE SISTEMAS AMORTIGUADOS

PACS: 43.55.Rg.

Arenaz Gombau, Ángel; Merillas Fernández, Marcos; Espinel Valdivieso, Ana Esther
Audiotec Ingeniería Acústica S.A. C/ Juanelo Turriano, 4 Parque Tecnológico de Boecillo,
47151 Boecillo (Valladolid) 617372247 laboratorio@audiotec.es
Lopetegi, Iñaki; Irazustabarrena, Jon; Goenaga, Beñat
AMC MECANOCAUCHO. Pol. Zona A – parc. 35. 20159 Asteasu (Spain).+34943696102

Palabras Clave: Aislamiento acústico, techo madera, techo amortiguado, cámaras normalizadas

ABSTRACT.

In recent years, there has been a growth in the utilization of wooden floors and structures in the construction of new buildings. Those constructive systems, due to their lightness, don't contribute to a high acoustic performance from the start, so it is convenient to strengthen them with other systems that improve the acoustic performance of the whole. In this line, the company AMC has carried out a research study focused on determine the improvement in the acoustic performance of lightweight wooden floors through the installation of damped suspended ceilings, obtaining optimal results that allow not only to comply with the DB HR requirements, but also reaching high acoustic insulation for the approach of noisy enclosures.

RESUMEN.

En los últimos años está creciendo la utilización de forjados y estructuras de madera en la construcción de nuevos edificios. Dichos sistemas constructivos, debido a su ligereza, no aportan de partida unas elevadas prestaciones acústicas, por lo que es conveniente reforzarlos con otros sistemas que mejoren la prestación acústica del conjunto. En esta línea, la empresa AMC ha llevado a cabo un estudio de investigación encaminado a determinar la mejora en las prestaciones acústicas de forjados de madera mediante la instalación de sistemas de falsos techos amortiguados, obteniéndose unos resultados óptimos que permiten no sólo justificar el cumplimiento del DB HR, sino también alcanzar elevados aislamientos acústicos para el tratamiento de recintos ruidosos.

1. INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de estructuras más ligeras y sostenibles en la edificación, la utilización de la madera en la construcción aumenta día a día en España. Este tipo de arquitectura, con más tradición en los países del norte de Europa o Norteamérica, cuenta con poca investigación nacional, existiendo en el Código Técnico de la Edificación escasas referencias para edificios con características de este tipo.

En este proyecto de investigación se ha partido de la construcción y el análisis de las prestaciones acústicas de un forjado ligero de madera, analizando posteriormente las posibles soluciones aplicables de cara a mejorar su comportamiento acústico para cumplir con las distintas exigencias del DB-HR del CTE para diferentes tipos de recintos.

Por otra parte también se ha profundizado en la investigación sobre soluciones en base a techos amortiguados para ser empleadas en el aislamiento acústico de recintos ruidosos.

Partiendo de un forjado ligero de madera, el cual por sí solo no cumple con las exigencias básicas de aislamiento acústico contempladas en el DB HR, se plantearon tres objetivos:

1. El cumplimiento del requisito mínimo de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos protegidos contemplado en el DB-HR: 50 dBA.
2. El cumplimiento del requisito mínimo de aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos de instalaciones/actividad y recintos protegidos contemplado en el DB-HR: 55 dBA.
3. La obtención de valores de aislamiento elevados para la aplicación de estos sistemas en recintos ruidosos (bares, gimnasios, etc) contemplados en muchas ordenanzas locales y autonómicas.

Tabla 1 – Ejemplo de exigencias de aislamiento para recintos de actividad (Ley del Ruido de Castilla y León)

Tipo de actividad	Horario de funcionamiento	Aislamiento acústico mínimo	
		A viviendas D _{nT,A} (dBA)	A exteriores D _A (dBA)
Tipo 1	Horario diurno	55	35
	Horario nocturno	65	35
Tipo 2	Horario diurno	60	40
	Horario nocturno	70	45

2. DEFINICIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto se ha desarrollado en las cámaras de ensayo normalizadas de AUDIOTEC Ingeniería Acústica S.A. localizadas en el Parque Tecnológico de Boecillo (Valladolid), las cuales cumplen con los requisitos de la norma UNE EN ISO 10140-5, y siguiendo los procedimientos de ensayo de aislamiento a ruido aéreo de la norma UNE EN ISO 10140-2 y UNE EN ISO 10140-1, Anexo G (ensayo de mejora de aislamiento a ruido aéreo).

Los requisitos de montaje, presentes también en la norma UNE EN ISO 10140-5, proponen tres soluciones distintas para construir un forjado de referencia ligero de madera, C1, C2, y C3. Tras valorar las tres opciones, se eligió el forjado C1 por ofrecer una mayor versatilidad a la hora de instalar distintos sistemas de techo, así como por ser más similar a los tipos de forjados de madera que se ejecutan actualmente. Como se puede observar en la figura 1, la estructura soporte del forjado la constituían unas vigas de madera de 120 x 180 mm de sección que se apoyaron sobre la cámara receptora. A estas vigas se atornilló por encima un panel de madera aglomerada de 22 mm y por debajo se instalaron unos listones transversales a las vigas, sobre los que se dispusieron 100 mm de lana mineral, cerrando el sistema finalmente con una placa de yeso de 12.5 mm.

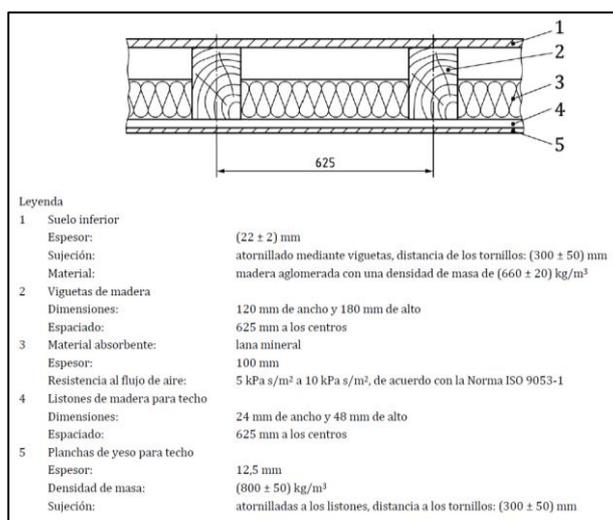


Figura 1 – Esquema del forjado de referencia ligero tipo C1 según la norma UNE EN ISO 10140-5

En primer lugar, se ensayó el elemento base (forjado ligero de madera) para conocer la situación de partida, así como para su posterior utilización en los cálculos de mejora de aislamiento acústico de los distintos sistemas amortiguados objeto de este proyecto de investigación.

A continuación, para tener una referencia con la que poder comparar la efectividad de los techos amortiguados, se optó por ensayar un sistema de techo acústico con la misma configuración que se empleará para los techos amortiguados, pero sin amortiguadores. Dicho techo estaba descolgado mediante varillas M6 que, mediante horquillas de cuelgue rápido sujetaban una primera perfilera de perfiles F-530. A su vez se instaló transversalmente una perfilera secundaria de los mismos perfiles, mediante tornillos. Sobre esta perfilera se colocaron dos capas de lana mineral de 45 mm, y se cerró con dos placas de yeso laminado de 12.5 mm, dejando un plenum (distancia entre la parte inferior del forjado y la parte superior de la primera placa) de 280 mm.

Para los ensayos de techo amortiguados, se definieron 3 sistemas en cada cual se sustituyó la horquilla de cuelgue rápida empleada en el techo sin amortiguar por un tipo de amortiguador de techo de AMC (modelos “Akustik Super T47 + Sylomer”, “Springtec Super T47” y “Akustik Super T47 A-45”). Los ensayos de estos 3 techos se replicaron también para un sistema de menor rendimiento, con una sola capa de lana mineral de 45 mm y un plenum de 180 mm. En la Figura 2 se presentan los tres amortiguadores utilizados, así como la horquilla de cuelgue empleada en el sistema sin amortiguar.



Figura 2 – Fotografías de los amortiguadores y la horquilla de cuelgue empleados

Una vez analizados los resultados de los 4 techos ensayados, se definió un sistema completo “Suelo + forjado + techo” de cara a la consecución de un aislamiento suficiente para cumplir la totalidad de los límites contemplados en las normativas en cuanto a recintos ruidosos (en los otros ensayos no se había instalado un suelo por la parte superior del forjado).

Para este sistema se utilizó el techo amortiguado con el amortiguador Akustik Super T47 + Sylomer y por encima del forjado se instaló un suelo amortiguado. Dicho suelo se instaló sobre los amortiguadores para suelos “Akustik + Sylomer 25 Floor Mount” de AMC, sobre los que se instalaron rastreles separados 500 mm a ejes. Entre los rastreles se instaló una lana mineral de 45 mm de espesor y se cerró el sistema con una placa de solera seca reforzada de 20 mm y una placa final de fibryeso de 13 mm.

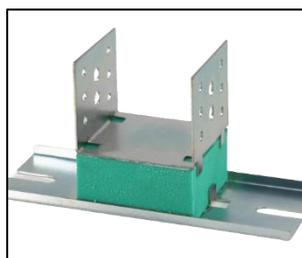


Figura 3 – Amortiguador de suelo utilizado

3. REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

3.1. Marco normativo y procedimiento de ensayo

Los ensayos se llevaron a cabo siguiendo las normas ISO de aplicación para ensayos de aislamiento a ruido aéreo. En primer lugar, las cámaras de ensayo de AUDIOTEC cumplen con las disposiciones y requisitos de la norma UNE EN ISO 10140-5.

El procedimiento de ensayo está estipulado en las normas UNE EN ISO 10140-1 Anexo G (Revestimientos acústicos. Mejora del aislamiento al ruido aéreo.), UNE EN ISO 10140-2 (Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo) y 10140-4 (Procedimientos y requisitos de medición).

Los resultados se presentan en aislamiento acústico R, medido en decibelios, en cada una de las bandas de tercio de octava comprendidas entre 100 y 5000 Hz. Además, existen dos parámetros de aislamiento global: R_w , medido en decibelios y calculado según la norma UNE EN ISO 717-1; y $R(A)$, valor que se calcula a partir de los resultados en cada banda de tercio de octava tras aplicarle los criterios de cálculo contemplados en el DB-HR del Código Técnico de la Edificación.

3.2. Configuraciones definidas

A continuación se presenta un esquema con la configuración de los techos empleados en el proyecto.

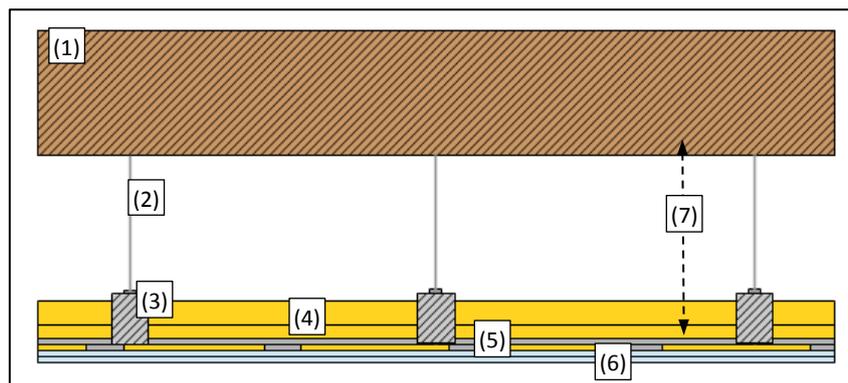


Figura 4 - Sistema 0. Techo suspendido con horquilla de cuelgue rápida.

Leyenda:

- | | |
|----------------------------------|---|
| (1) Forjado ligero de referencia | (5) Perfilera F-530 primaria y secundaria |
| (2) Varilla M6 | (6) Doble placa de yeso laminado de 12.5 mm |
| (3) Amortiguador / horquilla | (7) Plenum de 280 mm |
| (4) Lana mineral (2 x 45 mm) | |

En todos los casos, para los ensayos con plenum de 280 mm, la configuración es la presentada en la figura 4, en la que únicamente el elemento (3) cambiaría en cada sistema.

La Figura 5 muestra el sistema “Suelo + forjado + techo” definido en el apartado anterior.

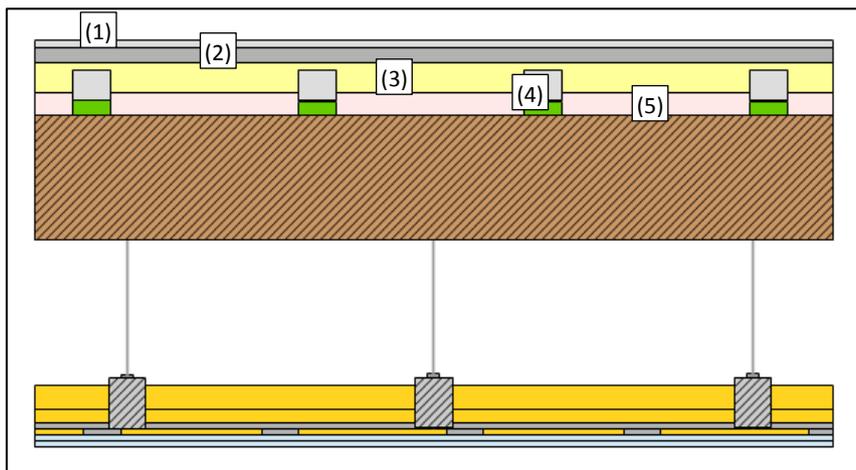


Figura 5 – Sistema 4. Suelo amortiguado + forjado ligero + techo suspendido amortiguado

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| (1) Placa de fibroyeso de 12.5 mm | (4) Amortiguador de suelo |
| (2) Placa de solera seca de 20 mm | (5) Lana mineral de 45 mm |
| (3) Rastrel de madera de 50x50 mm | |

4. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

A continuación se define la nomenclatura de los sistemas como se reflejan en las tablas y gráficas que se exponen.

Tabla 2 – Nomenclatura de los sistemas instalados

Forjado	Forjado ligero de madera de referencia según Figura 1
Sistema 0	Forjado ligero de madera + techo suspendido según Figura 3 con horquilla de cuelgue rápida
Sistema 1	Forjado ligero de madera + techo suspendido amortiguado según Figura 3 con amortiguador "Akustik Super T47 + Sylomer"
Sistema 2	Forjado ligero de madera + techo suspendido amortiguado según Figura 3 con amortiguador "Springtec Super T47"
Sistema 3	Forjado ligero de madera + techo suspendido amortiguado según Figura 3 con amortiguador "Akustik Super T47"
Sistema 4	Suelo amortiguado según Figura 5 Forjado ligero de madera + techo suspendido amortiguado con amortiguador "Akustik Super T47 + Sylomer"

4.1 RESULTADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO

En la figura 6 y la tabla 3 se exponen los resultados de aislamiento a ruido aéreo para los 5 sistemas citados en la tabla 2.

En la tabla 3, además de los resultados en bandas de tercio de octava, se presentan también los índices de aislamiento globales R_w y $R(A)$. En la figura 7 y la tabla 4, a su vez, se muestran los resultados de mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo de cada sistema sobre el forjado base.

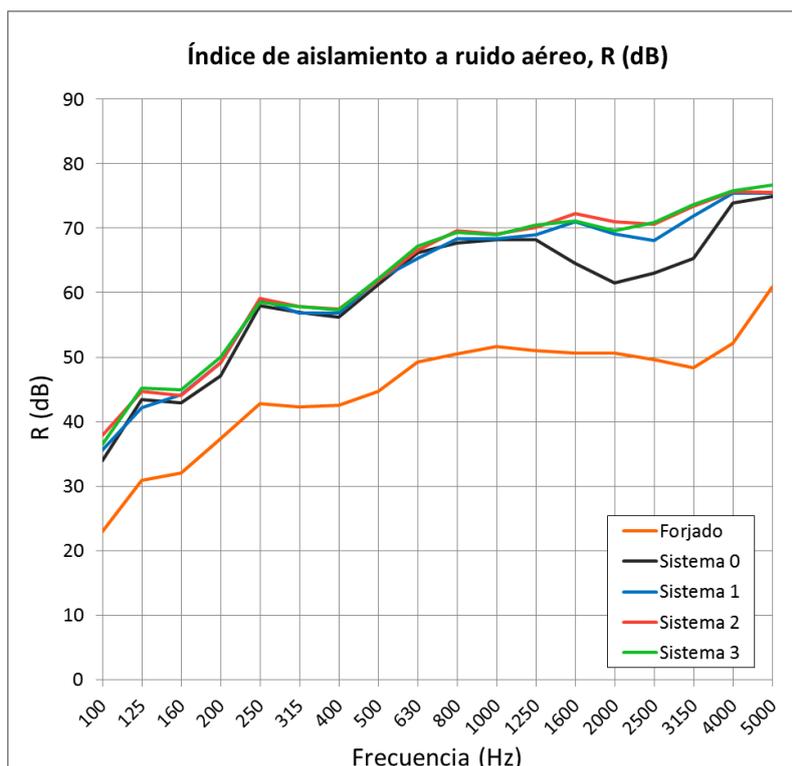


Figura 6 – Resultados de aislamiento a ruido aéreo en bandas de tercio de octava

Tabla 3 - Resultados de aislamiento a ruido aéreo en bandas de tercio de octava y globales

Frec. (Hz)	Índice de aislamiento acústico a ruido aéreo, R (dB)				
	Forjado	Sistema 0	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
100	23,0	33,9	35,6	37,9	36,5
125	30,9	43,4	42,2	44,7	45,2
160	32,1	42,9	44,1	44,0	44,9
200	37,4	47,1	49,1	49,1	50,0
250	42,8	58,0	59,0	59,2	58,5
315	42,3	57,0	56,9	57,9	57,8
400	42,6	56,2	56,8	57,5	57,3
500	44,7	61,2	62,0	61,9	62,2
630	49,2	66,2	65,3	66,6	67,3
800	50,5	67,7	68,3	69,7	69,3
1000	51,6	68,3	68,3	69,2	69,0
1250	51,0	68,2	69,0	70,1	70,5
1600	50,7	64,6	71,0	72,2	71,1
2000	50,6	61,5	69,1	71,0	69,6
2500	49,6	63,1	68,0	70,6	70,8
3150	48,4	65,3	71,9	73,4	73,7
4000	52,1	73,9	75,4	75,6	75,8
5000	60,9	75,0	75,5	75,6	76,7
R _w	48	61	63	64	64
R(A)	46,6	59,3	60,8	62,0	61,9

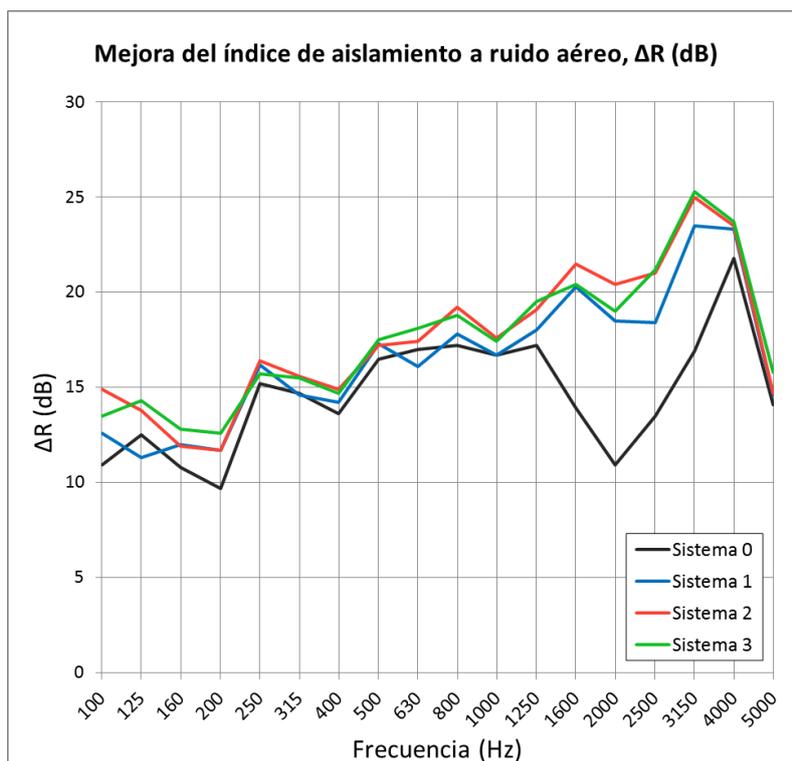


Figura 7 – Resultados de mejora del aislamiento a ruido aéreo en bandas de tercio de octava

Tabla 4 - Resultados de mejora del aislamiento a ruido aéreo en bandas de tercio de octava y globales

Frec. (Hz)	Índice de mejora de aislamiento a ruido aéreo, ΔR (dB)			
	Sistema 0	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
100	10,9	12,6	14,9	13,5
125	12,5	11,3	13,8	14,3
160	10,8	12,0	11,9	12,8
200	9,7	11,7	11,7	12,6
250	15,2	16,2	16,4	15,7
315	14,7	14,6	15,6	15,5
400	13,6	14,2	14,9	14,7
500	16,5	17,3	17,2	17,5
630	17,0	16,1	17,4	18,1
800	17,2	17,8	19,2	18,8
1000	16,7	16,7	17,6	17,4
1250	17,2	18,0	19,1	19,5
1600	13,9	20,3	21,5	20,4
2000	10,9	18,5	20,4	19,0
2500	13,5	18,4	21,0	21,2
3150	16,9	23,5	25,0	25,3
4000	21,8	23,3	23,5	23,7
5000	14,1	14,6	14,7	15,8
ΔR _w	15	16	16	13
ΔR(A)	14	15	15	13

Figura 8 - Resultados de aislamiento a ruido aéreo en bandas de tercio de octava y globales para el Sistema 4

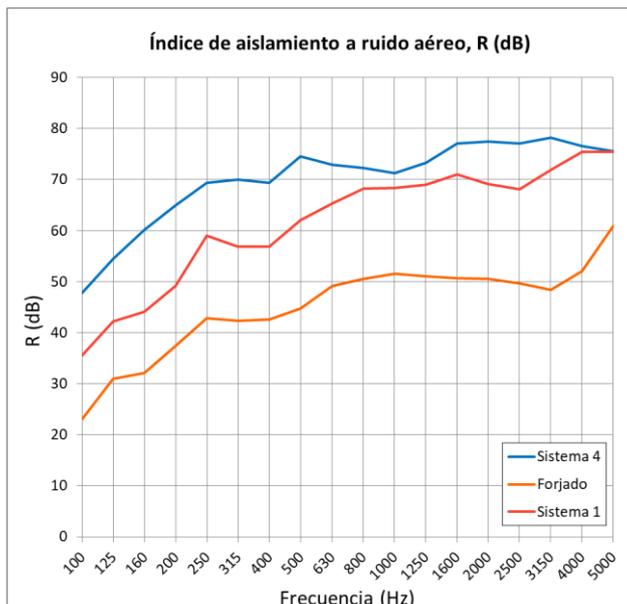


Figura 9 - Resultados de aislamiento a ruido aéreo en bandas de tercio de octava y globales para el Sistema 4 (suelo+forjado madera+techo amortiguado)

Tabla 5 – Resultados de aislamiento en bandas de tercio de octava y globales para el Sistema 4 (suelo + forjado + techo amortiguado)

Frec. (Hz)	R (dB)
100	47,8
125	54,5
160	60,1
200	64,9
250	69,4
315	70,1
400	69,3
500	74,6
630	72,8
800	72,3
1000	71,3
1250	73,3
1600	77,1
2000	77,5
2500	77,0
3150	78,2
4000	76,6
5000	75,5
Rw	73
R(A)	71,9

5. RESUMEN COMPARATIVA DE RESULTADOS

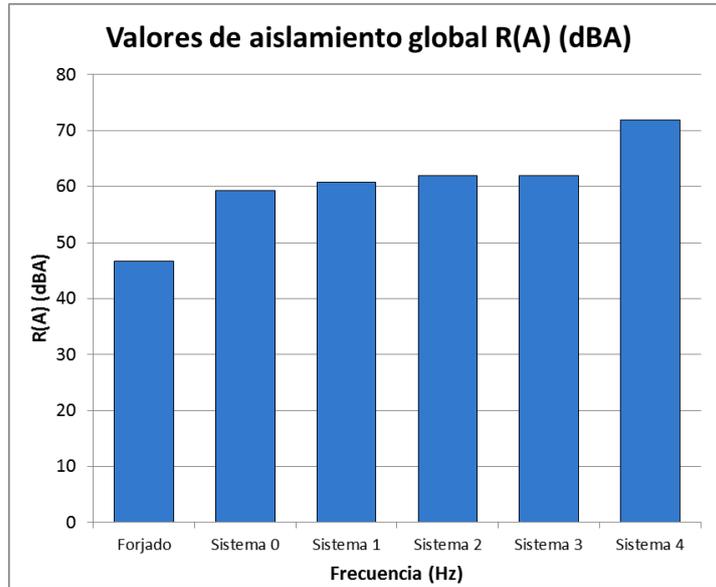


Figura 10 – Comparativa de niveles globales de aislamiento acústico en dBA obtenidos en los ensayos para las distintas configuraciones

6. CONCLUSIONES

Como puede observarse en el ensayo inicial del forjado de madera sin ningún tipo de techo suspendido, el resultado de aislamiento acústico de partida: $RA = 46,6$ dBA no serviría para justificar el cumplimiento básico de aislamiento acústico establecido en el DB-HR entre recintos protegidos: 50 dBA. Por tanto, se considera necesario reforzar acústicamente estos sistemas base de forjados de madera para poder dar cumplimiento a los requisitos establecidos en el DB HR. La instalación de techos suspendido es una de las soluciones más extendidas para este cometido.

Como se puede observar en este proyecto, un techo suspendido sin amortiguación puede ofrecer la mejora necesaria para llegar a los 50 dBA de aislamiento, pero se quedaría por debajo de 60 dBA, otro límite bastante común en las normativas para ciertos tipos de actividades ruidosas. Este aislamiento se puede conseguir implementando en el techo suspendido los amortiguadores empleados en este proyecto. Además de aumentar el desempeño general del sistema, se observa como la instalación de amortiguación hace que aumente significativamente la mejora (hasta 10 dB en la banda de 2000 Hz) en la zona de la gráfica más débil para el techo no amortiguado.

Empleando techos amortiguados se pueden obtener valores de aislamiento acústico a ruido aéreo suficientes para cumplir de forma holgada los requisitos establecidos en el DB HR entre recintos de actividad/instalaciones y recintos protegidos: 55 dBA. Sin embargo, para los recintos ruidosos estos valores de aislamiento seguirían siendo insuficientes en el caso en que se requieran aislamientos acústicos superiores a 65 dBA. Es por esto que se optó por construir el Sistema 4, complementando el sistema de forjado de madera + techo amortiguado con un suelo amortiguado por la parte superior del forjado. Al ensayar dicho sistema, se ha comprobado que de esta forma se alcanzarían resultados de aislamiento acústico superiores a 70 dBA.

De esta manera, se ha demostrado que los techos amortiguados son una solución óptima para mejorar las prestaciones acústicas de forjados de madera, mejorando considerablemente el comportamiento acústico del conjunto y llegando a cumplir con cualquier límite establecido en el DB HR del Código Técnico. Igualmente, complementando estas soluciones con suelos amortiguados, también se pueden obtener resultados óptimos para cumplir con los requisitos establecidos en recintos ruidosos (bares, gimnasios, salas de máquinas,...).

REFERENCIAS

- [1] UNE EN ISO 10140-1:2022 Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos.
- [2] UNE EN ISO 10140-2:2022 Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 2: Medición del aislamiento acústico al ruido aéreo.
- [3] UNE EN ISO 10140-4:2022 Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 4: Procedimientos y requisitos de medición.
- [4] UNE EN ISO 10140-5:2022 Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 5: Requisitos para instalaciones y equipos de ensayo.
- [5] UNE EN ISO 717-1:2021 Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.