



EVOLUCIÓN EN EL AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LAS VENTANAS UTILIZADAS EN VIVIENDAS

Susana Lopez de Aretxaga Escudero^{1,2*}
María José de Rozas López^{1,2}

¹TECNALIA, Basque Research and Technology Alliance (BRTA). Parque Científico y Tecnológico de Gipuzkoa. Mikeletegi Pasealekua, 2, 20009 Donostia-San Sebastián (Gipuzkoa) España

²Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco; Dirección de Vivienda, Suelo y Arquitectura; Dpto. de Planificación Territorial, Vivienda y Transportes. C/ Aguirrelanda, 10, 01013 VITORIA-GASTEIZ (Araba-Álava) España.

RESUMEN

El hueco de fachada, entendido como el conjunto de ventana, cajón de persiana y, en ocasiones, rejilla de ventilación, es un elemento vital en la protección frente al ruido de los usuarios de viviendas. Desde la entrada en vigor de DB-HR del CTE y, posteriormente, la Orden de Control Acústico del País Vasco, aumentan las promotoras y constructoras que desean verificar el aislamiento de estos sistemas previo a su colocación en obra, y garantizar la prestación establecida en proyecto. Debido a esto, el Área de Acústica del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco dispone de un alto número de datos experimentales de aislamiento acústico, ensayados por Tecnalia. Valores acústicos analizados desde distintos puntos de vista, para visibilizar la evolución de este tipo de sistemas y la influencia de sus componentes.

Esta comunicación presenta el análisis, los resultados y las conclusiones de dicho estudio.

ABSTRACT

The façade opening, understood as the set of window, rolling shutter and, sometimes, air-inlet, is an important element to protect the users of a dwelling against the noise. Since DB-HR of CTE came into force, and afterwards, the Order of Acoustic Control of the Basque Country, the number of development and construction companies that wish to verify the sound insulation of these systems before placing them on site, with the purpose of guarantee the performance established in the project, has increased. Due to this fact, many sound insulation experimental data are available in the Acoustics Area of the Laboratory for Building Quality Control of the Basque Government, tested by Tecnalia.

Acoustic data analyzed from different points of view, to make visible the evolution of this type of systems and the influence of their components.

This communication presents the analysis, results, and conclusions of this study.

Palabras Clave— Ventanas, aislamiento acústico, viviendas.

1. INTRODUCCIÓN

El hueco de fachada, entendido como el conjunto de ventana, cajón de persiana y, en ocasiones, sistemas de admisión de aire, es un elemento vital en la protección frente al ruido de los usuarios de las viviendas.

Es un elemento complejo debido a los múltiples y variados componentes que influyen en su aislamiento acústico: vidrio, perfilera, tamaño, cierres, tipo de cajón, etc.

2. EL HUECO DE FACHADA Y SU CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA

La caracterización acústica del hueco de fachada, previo a la entrada en vigor del DB-HR del CTE [1] se centraba en la ventana y en su valor de aislamiento acústico R_A , dado que se exigía un aislamiento mínimo de 30 dBA (R_A) al cerramiento de la fachada.

Los fabricantes de ventanas, para la declaración de prestaciones acústicas de acuerdo con la norma de producto UNE-EN 14351-1:2006+A2:2017 [2] para el mercado CE [3], realizan los ensayos iniciales de tipo de aislamiento a ruido aéreo sobre ventanas de 1,23 x 1,48 m.

Con la entrada en vigor del DB-HR del CTE [1] y para garantizar al usuario de la vivienda la protección frente al

* **Autor de contacto:** susana.lopezdearetxaga@tecnalia.com

Copyright: ©2023 First author et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 3.0 Unported License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

ruido exterior, se establece en fase de diseño el valor mínimo de aislamiento acústico, $R_{A, tr}$, que debe cumplir el hueco de fachada, incluyendo todos los elementos del hueco: cajón de persiana, etc. Este valor mínimo, $R_{A, tr}$, se puede establecer aplicando la opción simplificada del DB-HR del CTE [1].

Se empieza a incorporar a la ventana el cajón de persiana ‘monoblock’ y se ensayan ventanas con cajón de persiana con el paño subido. A partir de 2011, la familia de norma de ensayos de aislamiento acústico en laboratorio establece en el anexo I de la norma UNE-EN ISO 10140-1 [4], la realización de los ensayos de ventanas que incorporan persiana con ésta repliegada y extendida. El requisito de aislamiento acústico al hueco de fachada, $R_{A, tr}$, establecido en el DB-HR del CTE se asocia a la situación de paño de persiana subido [5].

Así mismo, la incorporación de requisitos de calidad de aire en el interior de las viviendas en el CTE [6] puede llevar al uso en las carpinterías exteriores de un sistema de admisión de aire, en adelante aireador, que repercute en el aislamiento acústico del sistema.

La determinación del aislamiento acústico de un hueco de fachada concreto se obtiene mediante ensayo en laboratorio [7][8] de todo el conjunto y también existe la opción de estimar su valor aplicando la norma UNE-EN ISO 12354-1 [9], a partir del aislamiento suministrado por los fabricantes de cada uno de los componentes [7] [8] [10]:

- Cajón de persiana: $D_{ne,w}(C;C_{tr})$ ó $R_w(C;C_{tr})$
- Ventana: $R_w(C;C_{tr})$:
 - Vidrio
 - Juntas
 - ...
- Rejilla de ventilación: $D_{ne,w}(C;C_{tr})$

Desde la publicación de la Orden de control acústico de la edificación, en 2016 [11], la verificación acústica in situ de las viviendas del País Vasco es de obligado cumplimiento; sin embargo, promotoras públicas, como VISESA y también privadas de Euskadi, ya integraban previamente en su control de calidad, la verificación en laboratorio de los huecos de fachada, como fase previa a la posterior verificación del aislamiento acústico de la fachada en la obra terminada

El control del aislamiento acústico de las ventanas, que se diseña y/o instalan en obra, se realiza sobre la ventana en su tamaño y composición real (puntos de cierre, ajuste, tamaño de cajón de persiana, etc).

3. COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DEL HUECO DE FACHADA

3.1. Datos analizados

Se ha realizado el estudio de los resultados de 286 configuraciones de hueco de fachada, ensayados según la norma UNE-EN ISO 10140-2 [8] o UNE-EN ISO 140-3) [7], en el Área Acústica del Laboratorio de Control de la Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco gestionada por Tecnalia.

La tipología de ventanas ensayadas es muy variada en cuanto al tamaño, material de perfilaría (aluminio, PVC, etc.), número de puntos de cierre, tipología de hojas (practicables, correderas, correderas elevables, con o sin hojas fijas añadidas). 183 de las configuraciones analizadas disponen de cajón de persiana y 44 de aireador.

El parámetro analizado es el índice global de aislamiento al ruido exterior de tráfico, $R_w + C_{tr}$, según norma UNE-EN ISO 717-1 [10] denominado en adelante $R_{A, tr}$, por considerarse el más representativo respecto a los requisitos establecidos en el DB-HR del CTE.

Se ha establecido el rango de aislamiento acústico obtenido en función de los componentes del hueco, el objeto de los ensayos, y se ha comparado con los rangos de aislamiento acústico actuales requeridos a los huecos de fachada. Así mismo se ha analizado la influencia de la colocación del paño de persiana en el aislamiento del hueco, y se ha establecido el rango de variación del índice global $R_{A, tr}$ frente al utilizado anteriormente y también en la actualidad, R_A .

3.2. Rango de aislamiento requerido

El requisito mínimo exigido al conjunto ventana, dependerá del nivel de ruido exterior L_d , el aislamiento de la parte ciega de la fachada, la superficie del hueco,Se indican los requerimientos mínimos de $R_{A, tr}$ para el hueco de fachada recogidos en la tabla 3.4 del DB-HR-Opción simplificada, para el caso de dormitorios (para salones, los requisitos son iguales o menores), que comprenden un rango de 25 dBA a 49 dBA. Si se quisiera considerar ruido de aeronaves, los requisitos se incrementarían en 4 dBA.

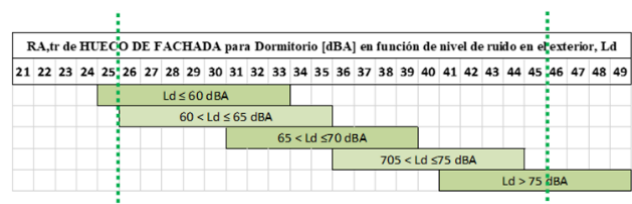


Gráfico 1. Rango de aislamientos mínimo $R_{A, tr}$ exigidos al hueco de ventana de dormitorio, en función de L_d , tamaño hueco y aislamiento parte ciega fachada. Opción simplificada DB-HR de CTE.

3.3. Objeto de los ensayos: control de obra

Un 71% de los casos analizados corresponden a ensayos de control de obra. 204 conjuntos de ventanas ensayados previo a su colocar en viviendas en construcción, solicitados por promotoras, constructoras o laboratorios de control de calidad, entre el 2010 y 2023.

Se han analizado 286 datos de huecos de fachada, respecto al índice de ruido de tráfico $R_{A, tr}$. 204 datos

corresponden a ensayos de control de obra y el resto, 82 huecos, son datos de fabricantes.

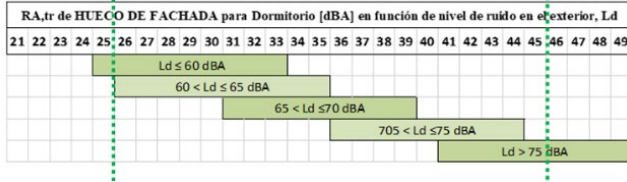
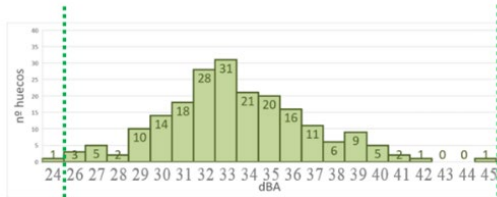


Gráfico 2. Control de obra. Distribución de $R_{A,tr}$ de las 204 composiciones de huecos de fachada. Comparación frente a requisitos mínimos exigidos en dormitorios por DB-HR de CTE.

El resto de los ensayos analizados se han realizado a solicitud de fabricantes, que abarcan datos desde 1999 hasta 2021, siendo un 63% de los mismos ensayados en tamaño normalizado.

Tabla 1. Datos analizados-Tipo de hojas, componentes y rangos de aislamiento.

Nº huecos	Superficie hueco (m ²)	Periodo	Tipo	Entrada de aire	Ubicación aireador
286	1 a 8,2	1999-2023	Practicables*, correderas, con o sin hojas fijas	Aireador higrorregulable*, otros	En cajón*, en perfilera

*La mayoría

Rango de resultados de aislamiento acústico, RAtr				
		Nº huecos	Superficie hueco (m ²)	RAtr
Practicables, 1 a 4 hojas, con o sin hojas fijas	Sin cajón, sin aireador	95	1 a 8,2	28-45 dBA
	Sin cajón, con aireador	1	2,9	27 dBA
	Con cajón, sin aireador	136	1,3 a 5,5	26-42 dBA
	Con cajón, con aireador	41	1,6 a 4,4	24-40 dBA
Correderas, correderas elevables, 1 ó 2 hojas con o sin hojas fijas	Sin cajón, sin aireador	5	1,2 a 1,8	21-34 dBA
	Sin cajón, con aireador	0	---	---
	Con cajón, sin aireador	6	1,8 a 6,7	26-35 dBA
	Con cajón, con aireador	2	7,7 a 8,1	36 dBA

Algunos de estos datos están publicados en la base de datos de acceso gratuito dBMat-Índices globales [12], publicada por el Área Acústica del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco.

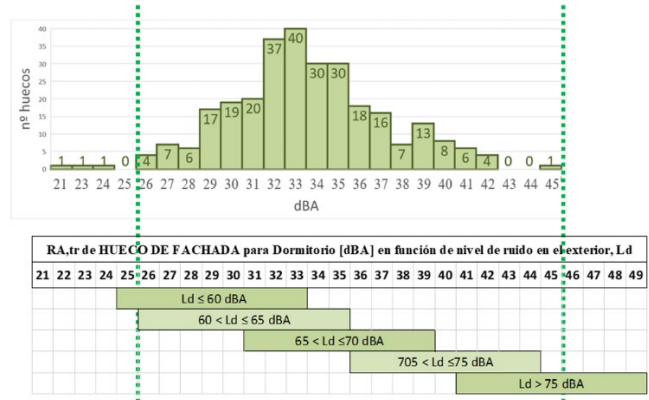


Gráfico 3. Distribución de $R_{A,tr}$ de las 286 composiciones de huecos de fachada. Comparación frente a requisitos mínimos exigidos en dormitorios por DB-HR de CTE.

Un amplio rango de valores de huecos de fachada cumple las especificaciones requeridas para niveles de ruido exterior L_d de hasta 65-70 dBA. Hay casos que incluso pueden alcanzar los requisitos solicitados para L_d (70-75) dBA. De ellas, 6 son de hojas practicables, con cajón de persiana y 1 con aireador.

3. EVOLUCIÓN DE LOS ENSAYOS

3.1. Ventanas con cajón de persiana

Se presentan los datos de 183 soluciones una gran variedad de huecos de fachada ensayados, que incorporan el cajón de persiana y que se han ensayado desde 2011. Los cajones son a su vez variados en cuanto a tipología y en cuanto al material en su interior, pudiendo estar vacíos o alojar EPS, láminas de alta densidad, combinación de ambos, etc.

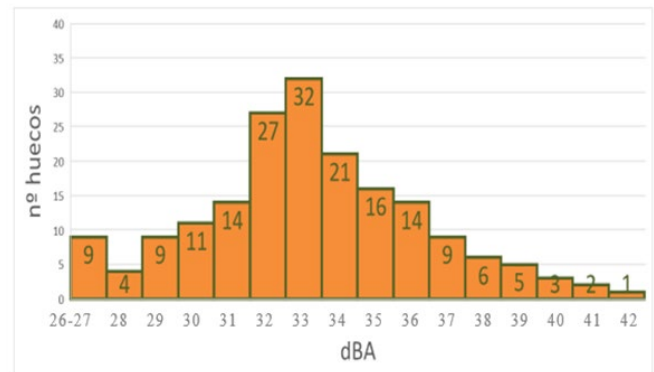


Gráfico 4. Ventana con cajón de persiana. Distribución aislamiento $R_{A,tr}$.

El rango de aislamiento acústico $R_{A,tr}$ alcanzado varía entre los 26 a 42 dBA, los resultados se centran en torno a 32-34 dBA, estando el 92% de casos entre 28 y 39 dBA.

3.2. Efecto de posición del paño de persiana subido o bajado

Se han analizado los resultados de 174 ventanas con cajón de persiana con el paño subido y bajado.

Tabla 2. Ventanas con cajón de persiana y paño de persiana subido y bajado analizadas.

Nº huecos	Superficie hueco (m ²)	Período	Tipo	Rango- R _{A,tr}	
				Persiana subida	Persiana bajada
174	1.3 - 8.1	2011-2023	Practicables*, correderas, con o sin hojas fijas. Cajón de persiana monoblock. 24% con aireador. *La mayoría	26-42 dBA 5 correderas 32-36 dBA	24-42 dBA 5 correderas 30-36 dBA

Cuando el paño de persiana se extiende, el aislamiento acústico global $R_{A,tr}$ del hueco, experimenta un empeoramiento en el 50 % de los casos, no se ve afectado en el 32 % y mejora en el resto de los casos. Los resultados de persiana bajada afectan en un rango de -7 a +3 dBA, centrándose un alto porcentaje entre -1 y 0 dBA.

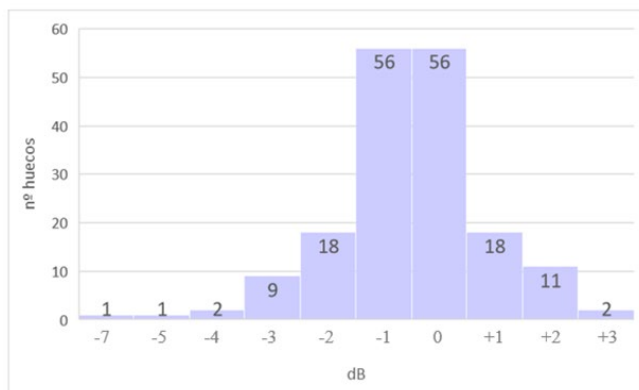


Gráfico 5. Efecto en la bajada de persiana en el aislamiento acústico frente al ruido de tráfico rodado $R_{A,tr}$ del hueco.

Este análisis complementa al estudio previo [13] realizado sobre ventanas con cajón de persiana de tamaño normalizado de 1,82 m² (1,23 m ancho x 1,48 m alto). Se han analizado un número y tipología de ventanas con cajón de persiana más amplio, utilizadas en viviendas: rango de anchura de 0,9 a 3,3 m y de altura entre 1 y 2,5 m alto, con o sin aireador, y diferentes configuraciones de perfilerías, vidrios, cajones, etc.

En las ventanas con cajón de persiana que disponen de aireador, 41 en total, la bajada de persiana produce una variación del aislamiento entre -2 a +2 dBA, estando en siendo -1 a +1 dBA en el 85% de los casos. En el 44% empeora, 32% no afecta y 24% mejora la prestación.

3.3. Huecos de fachada con aireador

El rango de aislamiento de los 44 huecos de fachada de control de obra que incorporan aireador ensayados en el periodo 2010-2023 está entre 24 y 40 dBA. Todos los valores excepto uno, son de huecos de control de obra.

Tabla 3. Huecos de fachada con aireador analizados y rango de aislamiento

Nº huecos	Superficie hueco (m ²)	Período	Tipo	Entrada de aire	Ubicación aireador
44	1,6 a 8,1	2010-2023	Practicables*, correderas, con o sin hojas fijas	Aireador higrorregulable*, otros	En cajón*, en perfilería
*La mayoría					
Rango resultados aislamiento acústico, R _{A,tr}					
43 con persiana subida		41 con persiana bajada		1 sin cajón	Efecto bajar persiana
24 - 40 dBA		27 - 39 dBA		27 dBA	-2 a +2 dBA

El 58% de los huecos de fachada presentan rango de aislamiento $R_{A,tr}$ entre 32 y 35 dBA. El 98% de casos, todos menos uno, dispone de un aislamiento $R_{A,tr}$ entre 26 y 40 dBA.

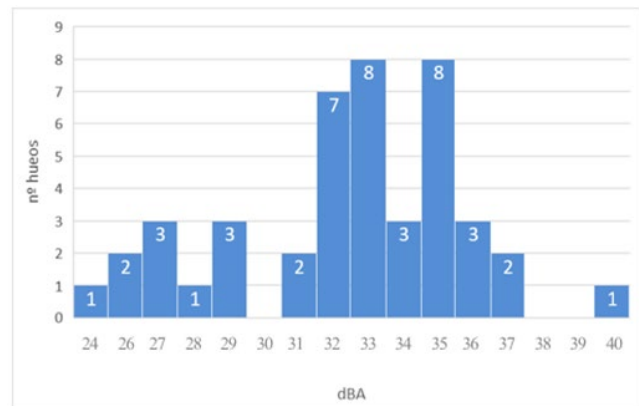


Gráfico 6. Distribución de los resultados $R_{A,tr}$ de 44 huecos de fachada, que integran sistema de admisión de aire.

Se ha analizado una misma ventana con cajón de persiana, con aireador en perfilería, con el mismo aireador en el cajón y con un aireador diferente en el cajón. Los resultados son de 26, 27 y 29 dBA respectivamente. También se incluye otra ventana con cambio de tipo de aireador en el cajón, que pasa de 36 a 37 dBA.

El valor mínimo de 26 dBA supera el requisito mínimo de 25 dBA recogido en la Tabla 1, aplicable cuando el % hueco de la fachada no supera el 15% de la superficie y la parte ciega tiene un aislamiento $R_{A,tr} \geq 55$ dBA. La ventana con cajón de persiana de mayor aislamiento, 40 dBA, da cumplimiento al requisito in situ mínimo de $D_{2m,nT,A,tr} \geq 42$

dBa, que implica una ventana de $R_{A,tr} \geq 40$ dBa para un % de hueco en la fachada entre 16 y 30% y una fachada ciega aislamiento m de superficie ciega mínimo de 50 dBa.

3.4. Aislamiento del hueco de fachada: $R_{A,tr}$ VS R_A

Se ha centrado el análisis del aislamiento acústico en el parámetro $R_{A,tr}$. En ocasiones puede ser necesario disponer del valor de índice $R_A = R_W + C_{tr}$ [10]

Se presentan los rangos de empeoramiento del valor $R_{A,tr}$ y R_A , basado en el aislamiento de 460 de huecos de fachada.

Tabla 4. Valor aislamiento global de huecos de fachada. Diferencia entre $R_{A,tr}$ y R_A .

Superficie hueco (m2)	Período	Tipo	DIFERENCIA DE ÍNDICES GLOBALES: $R_{A,tr} - R_A$ [dBa]		
1,0 a 8,2	1999-2023	Practicables*, correderas, con o sin hojas fijas * La mayoría	103 ventanas sin cajón de persiana	183 ventanas con persiana subida	174 ventanas con persiana bajada
			-6 a 0 dBa -4 a -2 dBa [89%]	-5 a -1 dBa -3 a -2 dBa [80%]	-7 a -2 dBa -5 a -4 dBa [86%]

Para todos los datos analizados, excepto uno, el parámetro $R_{A,tr}$ es inferior al R_A . El rango de empeoramiento está comprendido entre -1 y -7 dBa, estando el 97% entre -5 y -1 dBa y el 63% entre -4 y -3 dBa. Para ventanas sin cajón de persiana y con cajón con persiana subida, un alto porcentaje se centra en una diferencia de -4 a -2 dBa. Para los datos de persiana bajada, la diferencia es mayor, entre -5 y -4 dBa.

4. CONCLUSIONES

Los datos de ventanas con cajón de persiana pueden alcanzar valores de aislamiento similares a los de sin cajón de persiana. Para ello, será necesario atender a las prestaciones de todos los componentes del hueco, tanto del vidrio, como del cajón de persiana, aireador,...

En cuanto a la influencia de bajar el paño de persiana en el aislamiento global $R_{A,tr}$ del hueco de fachada: A tenor de los resultados, puede extraerse que en un 50% de casos el resultado con persiana bajada disminuye entre -1 y -3 dBa respecto a la situación con persiana subida.

El CTE establece exigencias tanto de protección contra el ruido como de calidad de aire interior, para asegurar un confort mínimo del usuario de la vivienda. Los sistemas de aireación son necesarios para conseguir una calidad de aire adecuada; sin embargo, la colocación de sistemas de admisión en fachada puede perjudicar al aislamiento acústico de la misma. El aislamiento acústico mínimo de un hueco de fachada a colocar en obra dependerá del nivel de ruido en el exterior, del % que ocupa el hueco de fachada y del aislamiento de la superficie ciega de fachada. El aislamiento de los huecos de fachada con aireador analizados está comprendido entre 24 a 40 dBa ($R_{A,tr}$) por lo que puede

concluirse que existen ventanas con aireador incorporado, la mayoría de tipo higrorregulable y ubicado en el cajón de persiana, que pueden cumplir un amplio rango de los requisitos establecidos por el DB-HR del CTE.

A tenor de los resultados de ensayo analizados, se puede concluir que a pesar de la incorporación de nuevos elementos críticos para el aislamiento acústico de hueco de fachada, y parámetros de valoración más exigentes, se han desarrollado soluciones que satisfacen un amplio rango de requerimientos del DB-HR del CTE. Así mismo hay datos de ventanas con cajón de persiana, incluso con aireador, que satisfacen requerimientos elevados.

Un control de obra en el que se verifique el aislamiento del conjunto ventana, ha ayudado a detectar y mejorar posibles deficiencias previo a su colocación, y en general ayuda a garantizar un resultado in situ de aislamiento frente al ruido exterior acorde con los requisitos de proyecto.

5. REFERENCIAS

- [1] Documento Básico DB-HR Protección frente al ruido del Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 1371/2007, 19 de octubre.
- [2] UNE-EN 14351-1:2006+A2:2017. Ventanas y puertas. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas exteriores peatonales.
- [3] Reglamento (UE) No 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011.
- [4] UNE-EN ISO 10140-1:2011. Acústica. Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 1: Reglas de aplicación para productos específicos. (ISO 10140-1:2010).
- [5] Guía de aplicación del DB-HR Protección frente al ruido. V.03 Diciembre de 2016. Tabla 2.1.4.23.
- [6] Documento Básico DB-HS Salubridad del Código Técnico de la Edificación.
- [7] UNE-EN ISO 140-3:1995. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción (ISO 140-3:1995).
- [8] 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. (ISO 10140-2:2021).

[9] UNE-EN ISO 12354-1:2018: Acústica de edificios. Estimación del rendimiento acústico de los edificios a partir del rendimiento de los elementos. Parte 2: Aislamiento acústico a ruido aéreo entre recintos. (ISO 12354-1:2017).

[10] UNE-EN ISO 717-1:2021. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. (ISO 717-1:2020).

[11] Orden de 15 de junio de 2016, del Consejero de Empleo y Políticas Sociales, sobre Control Acústico de la Edificación.

[12] Base de datos dBMat-Índices globales. <http://acoubat-dbmat.com/base-de-datos-dbmat-2-2-2-2/>

[13] A. Javier López, María José De Rozas and Susana Lopez de Aretxaga. “Ventana y cajón de persiana: estudio del comportamiento acústico en diferentes situaciones”, in 41º Congreso Español de Acústica. 6º Congreso Ibérico de Acústica. TECNIACÚSTICA 2010, (León, Spain).