

## INFLUENCIA DE DIFERENTES MATERIALES Y ESTRATEGIAS EN EL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO DEL CAJÓN DE PERSIANA

PACS: 43.55.Gf

Melián Hernández, Amabel; Mateos Vizuete, Miguel; Etxebeste Ansa, Mikel; Fuente González, Marta.

Tecnalia Research & Innovation

Área Anardi, nº 5

20730 Azpeitia.

Tel: +34 902 760 000,

Fax: +34 946 430 850

E-mail: [miguel.mateos@tecnalia.com](mailto:miguel.mateos@tecnalia.com); [amabel.melian@tecnalia.com](mailto:amabel.melian@tecnalia.com);

[mikel.etxebeste@tecnalia.com](mailto:mikel.etxebeste@tecnalia.com); [marta.fuente@tecnalia.com](mailto:marta.fuente@tecnalia.com)

### ABSTRACT

In this work, several shutter boxes (façade elements acoustically wake) have been designed following different strategies in their design and the materials to use. This paper presents the laboratory studies and its further results analysis.

This research study has been concluded in the Framework of the BALI Project, funded by the Ministry of Science and Innovation (MICINN) and European Regional Development Fund (FEDER) within the PSE program. These results are, consequently, exclusive property of the entities that have generated the Results in the BALI Project.

### RESUMEN

En este trabajo se diseñaron diferentes cajones de persiana (elemento acústicamente débil en fachadas) siguiendo distintas estrategias en su diseño y los materiales a utilizar. Se presentan aquí los estudios realizados en laboratorio y el posterior análisis de resultados.

Los resultados que se exponen en el presente trabajo 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 dichos resultados en el ámbito del Proyecto BALI.

## INTRODUCCIÓN

Los elementos acristalados de la envolvente arquitectónica están considerados como el punto débil que determina el nivel de protección frente al ruido de la fachada o cubierta, siendo esto algo constatado tanto mediante ensayos in situ como en laboratorio. Si se une a este hecho la entrada en vigor del Documento Básico de Protección frente al Ruido del Código Técnico de Edificación y el aumento de exigencias que ello implica, se encuentra un producto que presenta problemas para su instalación en aquellas zonas donde se soportan niveles exteriores de ruido elevados, como pueden ser las edificaciones cercanas a infraestructuras viales o zonas de aeronaves.

Dentro de la envolvente de un edificio se encuentran los **cajones de persiana**, elementos que presentan en general **niveles de aislamiento acústico limitados**. En el mercado se han conseguido mejoras mediante distintas acciones: mejorando los sistemas de sellado de los cajones, incorporando materiales absorbentes en su interior, utilizando distintos sistemas de accionamiento de la persiana (manivelas, sistemas eléctricos), añadiendo cámaras de aislamiento adicionales, apantallando el cajón de persiana o modificando los sistemas de montaje (persianas por el interior). Sin embargo, estas medidas no han sido suficientes en la mayoría de los casos para conseguir los niveles de confort deseados en zonas ruidosas.

Teniendo en cuenta los niveles límites exigidos por el Documento Básico de Protección frente al Ruido, en los casos más favorables los niveles de aislamiento acústico a ruido de tráfico que debe cumplir el hueco de una fachada (así como sus elementos, entre los cuales se encuentra el cajón de persiana) está en un baremo entre 25 y 35dBA.

Nivel límite exigido $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{Atr}$ dBA	Parte ciega ≠ 100 % $R_{Atr}$ dBA	Huecos				
			Porcentaje de huecos				
			$R_{Atr}$ de los componentes de hueco				
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33
		40	25	28	30	31	
		45	25	28	30	31	
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35
		40	27	30	32	34	
		45	26	29	32	33	

Tabla 1: Valores mínimos de aislamiento acústico a ruido de tráfico,  $R_{A, tr}$  según el porcentaje de huecos de una fachada. (Fuente: CTE DB-HR).

La mayor parte de los cajones de persiana que se encuentran actualmente en el mercado presentan niveles de aislamiento acústico a ruido de tráfico entorno a 25dBA, niveles que no pueden cubrir en su totalidad las exigencias anteriormente señaladas.

Para ofrecer una solución a esta problemática, en el proyecto BALI se han estudiado varios modelos de cajones de persiana y a partir de unos cajones de persiana base se han realizado diferentes cambios en los mismos para comparar cómo varía su comportamiento acústico. Estos cambios han consistido principalmente en utilizar material viscoelástico en las paredes del cajón, lana de roca de diferentes densidades, láminas de material sintético e incluso tapando la ranura de entrada-salida del paño de persiana.

## **MÉTODOS UTILIZADOS PARA LA REALIZACIÓN DE LAS MEDICIONES EN LABORATORIO DE ENSAYOS**

Las medidas que se han realizado se llevaron a cabo en los laboratorios normalizados en la sede de Azpeitia del Centro Tecnológico Tecnalia de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 140-3:1995, parte tercera, «medida en laboratorio del aislamiento a ruido aéreo de los elementos constructivos» UNE-EN ISO 140-3:1995/A1: 2005 y UNE-EN ISO 140-3: ERRATUM de enero de 2000. Para el cálculo del valor global del índice de aislamiento acústico  $R_A$  se aplicó la Norma CTE DB-HR y para el cálculo del valor global  $R_W$  (C; C<sub>tr</sub>) la Norma UNE-EN ISO 717-1:1997.

Las muestras se instalaron en un hueco a medida (1.210x210)mm. realizado en la superficie de separación de las cámaras de ensayo mediante un muro construido con ladrillos de hormigón en pared de 17cm, lana de roca, ladrillo de 11cm y enlucido de mortero por ambas caras. Dicho muro asegura un aislamiento acústico lo suficientemente alto como para que la energía sonora transmitida a través de él no interfiera en las mediciones.

## **TIPOS DE MUESTRAS ESTUDIADAS**

A continuación se describen los cajones de persiana que se han tomado como base y las modificaciones que se llevaron a cabo sobre cada uno de ellos:

**Cajón Base Tipo A:** Cajón de persiana PVC (1.200x200)mm.

Nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo:  $R_W$  (C; C<sub>tr</sub>) = 27 (-2;-5)dB

Modificaciones sobre Tipo A:

**Tipo A1:** Aplicación de un material viscoelástico sobre la tapa del cajón de persiana.

**Tipo A2:** Aplicación de un material viscoelástico sobre la tapa del cajón de persiana cerrando la ranura de entrada-salida del paño de persiana con cinta aislante



Imagen 1. Cajón Tipo A1.

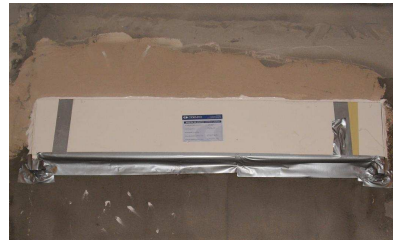


Imagen 2. Cajón Tipo A2.

**Cajón Base Tipo B:** Cajón de persiana PVC (1.200x200)mm.

Nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo:  $R_W$  (C; C<sub>tr</sub>) = 27 (-2;-6)dB

Modificaciones sobre Tipo B:

**Tipo B1:** Aplicación de lana de roca de densidad media en el interior del cajón de persiana.

**Tipo B2:** Aplicación de lana de roca de densidad media en el interior del cajón de persiana cerrando la ranura de entrada-salida del paño de persiana con cinta aislante.



Imagen 3. Cajón Tipo B1.



Imagen 4. Cajón Tipo B2.

**Cajón Base Tipo C:** Cajón de persiana PVC (1.200x200)mm.

Nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo:  $R_w (C; C_{tr}) = 26 (-1;-5)$ dB

Modificaciones sobre Tipo C:

**Tipo C1:** Aplicación de lana de roca de densidad media.

**Tipo C2:** Aplicación de lana de roca de densidad media y resonadores de Helmholtz en el interior del cajón diseñados para absorber el sonido en la banda de frecuencia entorno a los 100Hz.



Imagen 5. Cajón Tipo C1.



Imagen 6. Cajón Tipo C2.

**Cajón Base Tipo D:** Cajón de persiana PVC (1.200x200)mm.

Nivel de aislamiento acústico a ruido aéreo:  $R_w (C; C_{tr}) = 30 (-2;-6)$ dB

Modificaciones sobre Tipo D:

**Tipo D1:** Aplicación de lana de roca de densidad  $90\text{kg/m}^3$  de 10mm de espesor en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D2:** Aplicación de lana de roca de densidad  $90\text{kg/m}^3$  de 25mm de espesor en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D3:** Aplicación de lana de roca de densidad  $90\text{kg/m}^3$  de 30mm de espesor en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D4:** Aplicación de lana de roca de densidad 120kg/m<sup>3</sup> de 10mm de espesor en la tapa del cajón de persiana.

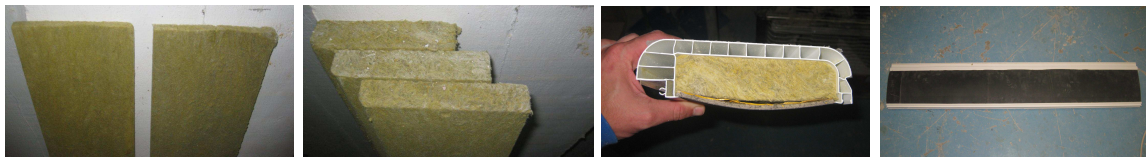
**Tipo D5:** Aplicación de lana de roca de densidad 120kg/m<sup>3</sup> de 25mm de espesor en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D6:** Aplicación de lana de roca de densidad 120kg/m<sup>3</sup> de 30mm de espesor en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D7:** Aplicación de lana de roca de densidad 120kg/m<sup>3</sup> de 25mm de espesor más lámina sintética DINAPHON en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D8:** Aplicación de lana de roca de densidad 120kg/m<sup>3</sup> de 25mm de espesor más dos láminas sintéticas DINAPHON en la tapa del cajón de persiana.

**Tipo D9:** Aplicación de lana de roca de densidad 120kg/m<sup>3</sup> de 25mm de espesor más dos láminas sintéticas DINAPHON en la tapa del cajón de persiana y lana de roca de densidad media en las esquinas interiores del cajón de persiana.



Imágenes 6 , 7, 8 y 9. Diferentes paneles de lana de roca de alta densidad y muestra del cajón de persiana Tipo D7 (perfil y planta).

## RESULTADOS DE LAS PRUEBAS EN LABORATORIO

Los resultados de los diferentes ensayos, realizados en laboratorio bajo la norma UNE-EN ISO 140-3, sobre los cajones de persiana se presentan en las siguientes tablas:

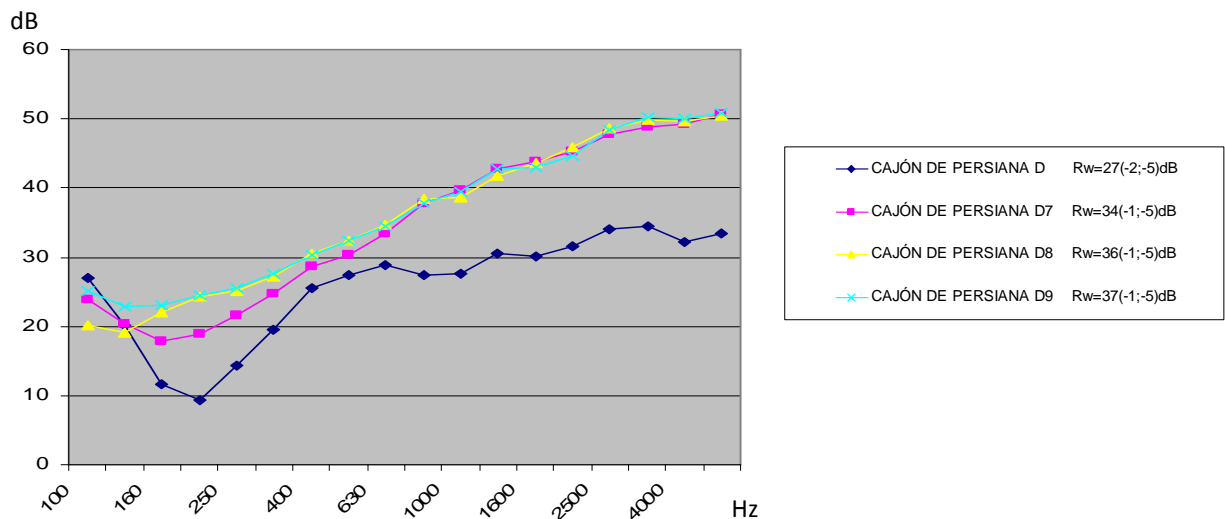
Frecuencia (Hz)	A	A1	A2	B	B1	B2	C	C1	C2
	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)
100	10,7	22,8	28,2	16,4	18,2	17,4	17,5	22,5	25,3
125	17,0	22,9	23,9	15,5	18,8	18,1	19,9	14,8	16,6
160	16,4	23,1	23,9	12,5	16,9	17,8	8,5	11,0	12,4
200	15,0	23,3	23,9	11,7	15,6	18,2	10,1	11,0	10,3
250	20,2	21,7	24,0	7,9	8,4	11,9	14,9	14,0	12,8
315	21,9	22,3	25,4	11,1	13,5	16,3	16,6	18,8	17,0
400	27,7	27,7	29,2	16,4	22,8	24,7	23,5	26,5	24,9
500	26,7	29,7	30,6	20,7	25,9	27,6	25,8	29,2	27,6
630	24,9	31,3	32,4	23,9	29,4	30,9	29,9	31,2	28,3
800	28,4	33,8	36,2	26,0	32,1	32,5	29,3	32,4	30,3
1000	32,5	33,0	37,7	29,0	34,2	34,5	26,1	35,5	33,5
1250	35,6	34,9	37,4	28,2	35,6	36,2	30,4	35,2	35,6
1600	35,9	35,2	36,1	29,2	35,1	35,4	32,1	37,7	37,1
2000	33,1	34,7	36,2	29,6	36,4	37,0	33,0	38,4	37,9
2500	36,9	36,1	37,3	29,9	37,3	37,2	35,2	41,2	38,9
3150	39,2	37,2	37,9	30,1	37,5	38,1	37,5	41,2	39,5
4000	39,8	39,2	40,1	31,5	39,2	40,4	37,1	41,8	39,3
5000	40,7	40,7	41,8	34,1	40,6	42,4	36,5	42,9	40,3
R <sub>w</sub> (C;C <sub>100</sub> ) (dB)	30 (-2;-6)	32 (0; -3)	34 (-1; -3)	24 (-2; -6)	28 (-4; -7)	30 (-3; -7)	26 (-1; -5)	29 (-2; -7)	28 (-2; -6)
R <sub>A,TR</sub> (dBA)	24	29	31	18	21	23	21	22	22

Tabla 2: Resultados de las pruebas realizadas en laboratorio a los cajones de persiana A, B y C y las modificaciones realizadas sobre los mismos A1, A2, B1, B2, C1 y C2.

	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
<b>Frecuencia (Hz)</b>	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)	R(dB)
100	27,0	25,1	26,6	21,3	22,2	25,7	22,6	23,9	20,2	25,1
125	20,1	17,5	18,4	17,0	16,9	19,6	17,0	20,4	19,0	22,7
160	11,7	13,9	13,8	14,3	13,5	13,8	14,8	17,9	22,0	23,0
200	9,4	14,5	14,6	14,6	13,7	16,0	15,1	19,0	24,3	24,6
250	14,3	17,6	18,2	17,8	17,8	20,7	19,0	21,5	25,1	25,5
315	19,6	19,7	19,7	19,3	19,7	22,7	21,0	24,6	27,3	27,6
400	25,6	25,4	25,8	24,8	25,1	27,7	26,7	28,7	30,6	30,2
500	27,4	27,9	28,3	28,2	28,1	29,5	29,1	30,4	32,3	32,4
630	28,8	30,4	30,5	30,1	30,3	31,5	30,7	33,4	34,6	34,4
800	27,4	29,8	30,0	30,4	31,3	31,7	31,9	37,9	38,3	37,7
1000	27,6	31,1	32,0	32,5	33,3	33,0	33,2	39,6	38,7	39,5
1250	30,6	33,6	35,8	35,1	35,7	34,0	35,4	42,7	41,8	42,7
1600	30,1	34,5	36,5	35,4	35,5	34,1	35,4	43,8	43,6	43,0
2000	31,5	36,6	37,4	36,6	36,4	35,7	36,2	45,2	46,0	44,7
2500	34,1	36,9	38,7	37,3	37,0	36,8	37,5	47,8	48,6	48,5
3150	34,4	37,8	40,2	39,2	38,9	38,6	39,3	48,8	49,9	50,3
4000	32,2	34,8	35,4	34,2	33,3	35,1	33,9	49,2	49,6	50,1
5000	33,3	36,0	36,5	36,4	35,6	36,2	36,5	50,6	50,5	51,0
<b>R<sub>w</sub> (C;C<sub>tr</sub>) (dB)</b>	27 (-2; -5)	30 (-2; -5)	30 (-1; -5)	30 (-2; -5)	30 (-2; -6)	31 (-1; -5)	31 (-2; -5)	34 (-1; -5)	36 (-1; -5)	37 (-1; -5)
<b>R<sub>A,TR</sub> (dBA)</b>	22	25	25	25	24	26	26	29	31	32

Tabla 3: Resultados de las pruebas realizadas en laboratorio al cajón de persiana D y las modificaciones realizadas sobre el mismo D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7, D8 y D9.

A continuación se muestra una imagen en la que se representa el aislamiento acústico a ruido aéreo en bandas de tercio de octava medido en laboratorio de los cajones de persiana Tipo D, D7, D8 y D9, donde se aprecia claramente la mejora de las soluciones planteadas.



Gráfica 1: Resultado de las medidas en laboratorio en tercios de octava del cajón base Tipo D y las modificaciones realizadas sobre el mismo D7, D8 y D9.

**R<sub>w</sub> (dB):** Índice global de reducción acústica.

**C (dB):** Término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido rosa incidente.

**C<sub>tr</sub> (dB):** Término de adaptación espectral del índice de reducción acústica para ruido de automóviles y ruido de aeronaves.

**R<sub>A</sub> (dBA):** Índice global de reducción acústica ponderado A de un elemento.

## CONCLUSIONES

En general se han obtenido mejoras sobre los cajones de persiana base entre 3 y 7dBA (sobre los índices a ruido de tráfico  $R_{A, tr}$ ). Con las mejoras de diseño aplicadas sobre el cajón base Tipo D, se han obtenido niveles de aislamiento acústico de hasta  $R_{A, tr} = 32$ dBA que, de acuerdo con la opción simplificada de diseño del CTE DB-HR, permiten el cumplimiento de los requisitos normativos establecidos en zonas expuestas a niveles sonoros elevados de hasta 70dBA ( $L_d$ , índice de ruido día).

En concreto, observando los resultados de las pruebas en laboratorio realizadas al cajón de persiana Tipo A y las modificaciones aplicadas sobre el mismo se puede apreciar que con el **material viscoelástico** (A1), se consigue un incremento del aislamiento acústico a ruido de tráfico de 5dBA. Esta mejora considerable del sistema constructivo que es debida en gran medida al aumento de la masa del cajón de persiana.

Si se comparan los resultados obtenidos con la **ranura de entrada-salida del paño de persiana abierta y cerrada** (modificaciones de los cajones A2 y B2 frente a A1 y B1), la mejora del aislamiento global es de 2dBA. Esta mejora es prácticamente despreciable teniendo en cuenta que dicho valor se encuentra dentro de la incertidumbre de medida. Por otro lado, en el análisis de los niveles obtenidos por bandas de tercio de octava no se aprecia una mejora considerable en ninguna banda concreta, con lo cual el cerramiento de la ranura del paño de persiana no se considera una solución apropiada para incrementar el aislamiento acústico global a ruido aéreo del cajón de persiana sometido a estudio.

En cuanto a las pruebas realizadas sobre el cajón de persiana Tipo C y comparando C1 y C2 para conocer la influencia de los **resonadores de Helmholtz**, se puede apreciar cómo a la frecuencia de 100Hz existe un incremento del aislamiento acústico. Sin embargo, en el resto de las frecuencias, el resultado empeora. De aquí se extrae que el resonador de Helmholtz puede aislar una frecuencia concreta pero sin implicar el incremento del aislamiento acústico a ruido aéreo del elemento constructivo estudiado.

Respecto al añadido de **lana de roca**, ya sea en el interior del cajón como en la tapa del mismo, se pueden comparar los resultados obtenidos de B1, C1, D1, D2, D3, D4, D5 y D6 frente a los cajones de persiana básicos sobre los que se han realizado las modificaciones B, C y D. De aquí se desprende que si se utiliza lana de roca de densidad media, la mejora que se consigue en el aislamiento acústico apenas se aprecia. Sin embargo, si se utiliza lana de roca de alta densidad, la mejora es considerable hasta cierto valor de densidad en el que el incremento del aislamiento acústico global empieza a atenuarse. (Para una densidad de 90  $kg/m^3$  el aislamiento acústico a ruido de tráfico se incrementa 3dB en comparación con el cajón de persiana base D y para una densidad de 120  $kg/m^3$ , el incremento del aislamiento es de 4dB).

El **espesor de los paneles** también influye en el incremento del aislamiento acústico del cajón de persiana (aunque en menor medida que la densidad), de forma que mientras se aumenta el espesor del panel utilizado, se observa un incremento en el aislamiento acústico global hasta llegado un cierto valor de espesor del panel en el que el incremento del aislamiento acústico

que se observa es irrelevante. (Para un espesor de 10mm y de 25mm, el incremento del aislamiento acústico a ruido de tráfico en comparación con el cajón de persiana base D es de 3dB en ambos casos).

Finalmente, las modificaciones realizadas en el cajón de persiana Tipo D con **lana de roca de alta densidad y material sintético en su interior** (D7, D8 y D9), ofrecen unos resultados prometedores en la mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo del elemento constructivo bajo estudio. Esta mejora de las modificaciones frente al cajón básico se debe tanto a las propiedades absorbentes de la lana de roca, como a las propiedades acústicas del material sintético utilizado que, además, aporta masa al conjunto, consiguiendo un incremento del aislamiento acústico a ruido de tráfico de hasta 10dBA.

## RECONOCIMIENTOS

Para la ejecución del Proyecto BALI en su iniciativa del desarrollo de un cajón de persiana con prestaciones acústicas mejoradas, se ha contado con la colaboración de PERSAX, S.L. y del Grupo QM Arquitectura, proporcionando el material necesario para el desarrollo de las soluciones.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) Código Técnico de Edificación en su apartado del Documento Básico de Protección frente al Ruido, DB-HR.
- (2) Norma UNE-EN ISO 140-3:1995 «Medida en laboratorio del aislamiento a ruido aéreo de los elementos constructivos» UNE-EN ISO 140-3:1995/A1: 2005 y UNE-EN ISO 140-3: ERRATUM de enero de 2000.
- (3) Norma UNE-EN ISO 717-1 «Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Aislamiento a ruido aéreo».
- (4) Guía de aplicación del CTE DB-HR.
- (5) Cyril M. Harris; “Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”; Mc Graw Hill.
- (6) César Díaz, Antonio Pedrero; “An experimental study on the effect of rolling shutter boxes on the airborne sound insulation of Windows”; Science Direct.
- (7) Qibo Mao, Stanislaw Pietrzko; “Control of sound transmission through double wall partition using optimally tuned Helmholtz resonators”; Empa.
- (8) Satoshi Sugie, Junichi Yoshimura, Teruo Iwase; “Effect of inserting a Helmholtz resonator on sound insulation in a double-leaf partition cavity”; Acoustic Science & Technology.