

## **EFFECTOS DE LOS DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN SOLAR EN EL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO DE LAS FACHADAS DE LOS RECINTOS. ESTUDIO DE CASOS**

PACS: 43.55.Rg

A. Díaz; C. Díaz, M.A. Navacerrada  
Grupo de Acústica Arquitectónica, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid  
Universidad Politécnica,  
Avda. Juan de Herrera 4, 28040 Madrid  
Tel: 913 364 249, Fax 913 366 554

### **ABSTRACT**

The façade is the visible part of a building, and generally consists of various different constructive systems. The sound reduction rate of the closing elements for the openings on a room's façade is a determining factor in the airborne sound insulation inside the space. Windows are the transparent part of the façade, and to improve their thermal behaviour and control solar radiation, they are often fitted with a series of external and internal protections such as shutters, slats, blinds, etc.

This work contains the experimental results of various tens of studies carried out using on-site measurements of airborne sound insulation on façades in rooms, by means of the application of the standard UNE-EN ISO 140-5:1999. In each of the rooms, the acoustic tests were made in two situations: with and without solar protection. The acoustic behaviour of each one of the solar protections was analysed.

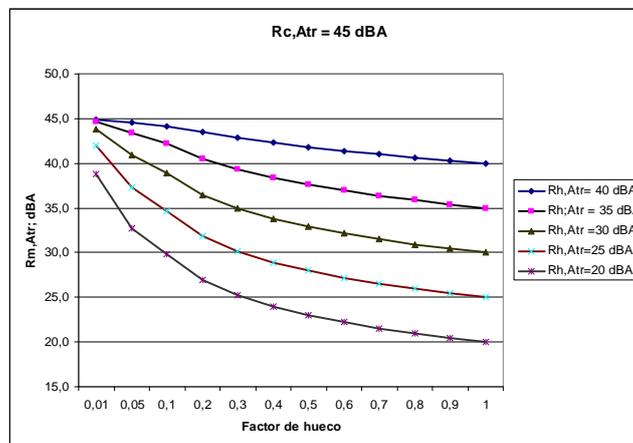
### **RESUMEN**

La fachada es la parte visible de un edificio que en general consta de diferentes sistemas constructivos. El índice de reducción acústica del cerramiento del hueco de la fachada de un recinto es determinante en el aislamiento acústico a ruido aéreo de la fachada del mismo. Una ventana es la parte transparente de la fachada y para mejorar su comportamiento térmico y controlar la radiación solar, se ha equipado con diferentes protecciones externas o internas, como por ejemplo las contraventanas, celosías, persianas, etc.

En este trabajo se muestran los resultados experimentales de varias decenas de ensayos realizados, de las mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de las fachadas de recintos mediante la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 140-5:1999. En cada uno de los recintos, los ensayos acústicos se han realizado en dos situaciones, con y sin protección solar. Posteriormente se ha analizado el comportamiento acústico de cada una de las protecciones solares.

## 1. INTRODUCCIÓN

La fachada es la parte visible de un edificio que cumple diferentes funciones. Desde el punto de vista del proyecto presenta el aspecto compositivo, de adaptación al entorno y de expresividad del edificio. Los materiales elegidos, la relación entre partes ciegas y los huecos definen su aspecto exterior. Debe garantizar la protección térmica, acústica, de iluminación, de estanqueidad, resistencia al fuego y de estabilidad para alcanzar unas condiciones de habitabilidad. Para garantizar lo anterior las fachadas adoptan diferentes tipologías. La fachada en general consta de diferentes sistemas constructivos y la transmisión acústica a su través es debida a la transmisión acústica de cada uno de sus componentes. El índice de reducción acústica del cerramiento del hueco de la fachada de un recinto es determinante en el aislamiento acústico a ruido aéreo de la fachada [1]. La figura 1, muestra el valor teórico del índice de reducción acústica mixto de una fachada plana a ruido de tráfico en función del factor de hueco para diferentes valores del índice de reducción acústica a ruido de tráfico del cerramiento del hueco,  $R_{h,Atr}$ , del , considerando que la parte ciega tiene un  $R_{c,Atr}$  de 45 dBA.



**Figura 1.** Valor teórico del índice de reducción acústica mixto de una fachada plana a ruido de tráfico en función del factor de hueco para diferentes valores del índice de reducción acústica a ruido de tráfico del cerramiento del hueco

En general, el cerramiento del hueco de fachada se realiza mediante la colocación de ventanas y balconeras con diferentes sistemas de apertura. Para mejorar el comportamiento térmico y controlar la radiación solar, la ventana se ha equipado con diferentes protecciones externas o internas, como por ejemplo las contraventanas exteriores o interiores, celosías de lamas orientables o fijas, persianas, etc.

Cuando en una ventana la persiana de cajón y cinta está bajada, el sistema formado por la ventana y la persiana funciona acústicamente como un sistema de varias particiones [2]. En ventanas de buena calidad, (Clase 3 o 4), con unidades de vidrio aislante, UVA, el índice de reducción acústica ponderado  $R_w$  de las ventanas abatibles suele ser 3-4 dB superior al de las ventanas correderas. Pero cuando se calculan los valores globales con el término de adaptación al espectro para ruido de tráfico  $R_w + C_{tr}$  las diferencias para los diferentes tipos de ventanas (sin cajón de persiana, con cajón de persiana, con persiana subida o bajada, etc.) se reducen a 2 dB. Esto es debido al efecto de las frecuencias de resonancia de los sistemas masa-aire-masa, que debido a la anchura de la cámara de aire están situadas por debajo de la banda de frecuencia central de 400 Hz, lo que produce una disminución de los valores del índice de reducción acústica en esta región de frecuencias.

El DB HR Protección frente al ruido del CTE [3], establece unos valores del aislamiento acústico a ruido aéreo  $D_{2m,nT,Atr}$  entre un recinto protegido y el exterior, en función del uso del edificio y del nivel sonoro continuo equivalente día  $L_d$  de la zona donde se ubique el edificio. En

este trabajo se estudia experimentalmente el efecto que tiene el en aislamiento acústico a ruido aéreo de la fachada de un recinto la posición del sistema de protección solar.

## 2. RESULTADOS EXPERIMENTALES

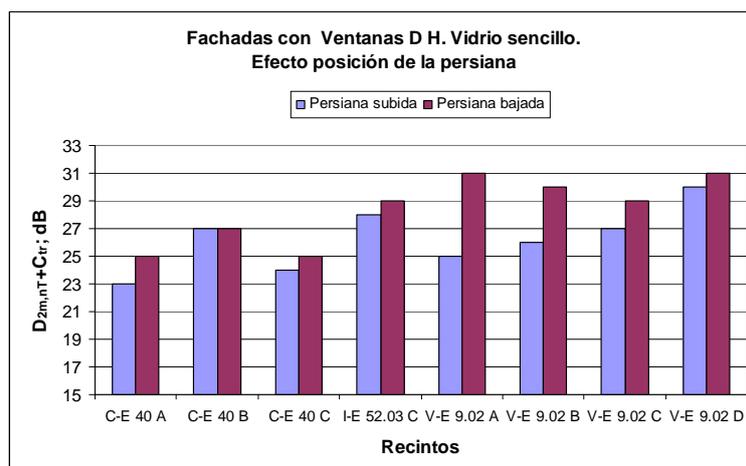
En este apartado se muestran los resultados de las mediciones acústicas del aislamiento acústico a ruido aéreo de las fachadas de diferentes recintos protegidos y el exterior, realizadas en diferentes lugares de España, siguiendo los protocolos de la norma UNE-EN ISO 140-5[4]. En la mayoría de los casos, las ventanas o balconeras estaban sin clasificar según su permeabilidad al aire [5]. Los resultados se han agrupado según el sistema de apertura del hueco de fachada y el tipo de acristalamiento. En todos los casos donde hay persiana, está colocada en la parte exterior.

### 2.1 Fachadas con ventanas de apertura deslizante horizontal con vidrio sencillo

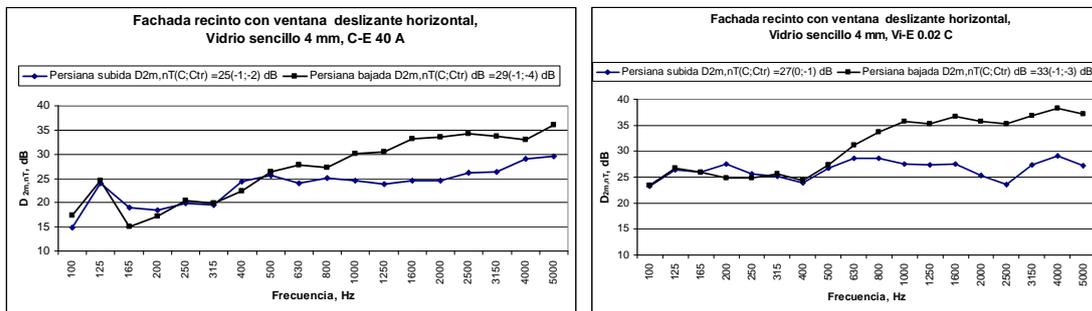
Se han estudiado 8 casos. En la tabla 1 se muestran los datos geométricos de los recintos y los valores de la diferencia de niveles ponderada con los términos de adaptación espectral, cuando la persiana está subida o bajada. En todos los casos el acristalamiento de las ventanas era mediante vidrios sencillos de espesor 4 mm.

Ventanas deslizantes horizontales con vidrio sencillo							
Código	Volumen, m <sup>3</sup>	Área fachada, m <sup>2</sup>	Área hueco, m <sup>2</sup>	FH	Persiana subida	Persiana bajada	
					$D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$ dB	$D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$ dB	
C-E 40 A	49,8	25,3	9,4	0,37	25(-1;-2)	29(-1;-4)	
C-E 40 B	32,7	18,1	2,5	0,14	28(-1;-1)	31(-1;-4)	
C-E 40 C	23,6	15,3	1,9	0,12	26(-1;-2)	29(-1;-4)	
I-E 52.03 C	22,3	14,4	1,5	0,1	29(0;-1)	33(-1;-4)	
V-E 9.02 A	25,6	8,2	1,6	0,2	25(-1;0)	33(-1;-2)	
V-E 9.02 B	23,0	7,4	1,6	0,22	27(0;-1)	33(-1;-3)	
V-E 9.02 C	22,9	7,3	1,6	0,22	27(0;0)	32(0;-3)	
V-E 9.02 D	34,6	21,4	5,3	0,25	30(0;0)	35(-1;-4)	

**Tabla 1.** Resultados del aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos con ventanas deslizantes horizontales y vidrios sencillos.



**Figura 2.** Comparación de la Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico de fachadas con ventanas deslizantes horizontales y vidrio sencillo.



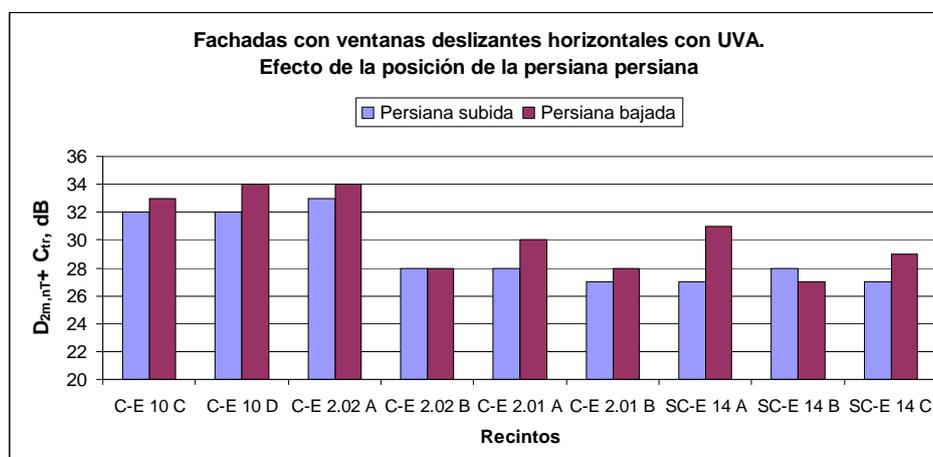
**Figura 3.** Ejemplos de los resultados de dos mediciones acústicas realizadas de fachadas con ventanas deslizantes y vidrios sencillos.

## 2.2 Fachadas con ventanas de apertura deslizante horizontal con unidades de vidrio aislante

Se muestran los resultados 9 casos. La tabla 2 muestra los datos geométricos de los recintos y los valores del parámetro  $D_{2m,nT,w}$  (C;C<sub>tr</sub>) dB, cuando la persiana está subida o bajada. El acristalamiento de las ventanas era mediante unidades de vidrio aislante de espesores 4-12-4 mm.

Ventanas deslizantes horizontales con UVA					Persiana subida	Persiana bajada
Código	Volumen,m <sup>3</sup>	Área fachada, m <sup>2</sup>	Área hueco,m <sup>2</sup>	FH	$D_{2m,nT,w}$ (C;C <sub>tr</sub> ) dB	$D_{2m,nT,w}$ (C;C <sub>tr</sub> ) dB
C-E 10 C	27,4	16,9	1,9	0,11	36(-1;-4)	39(-2;-6)
C-E 10 D	35,6	31,6	1,9	0,06	37(-2;-5)	39(-2;-5)
C-E 2.02 A	48,0	19,4	4,3	0,22	37(-1;-4)	40(-2;-6)
C-E 2.02 B	35,7	20,4	1,5	0,07	31(-1;-3)	32(-1;-4)
C-E 2.01 A	27,6	16,1	1,6	0,1	31(-1;-3)	34(-1;-4)
C-E 2.01 B	16,0	12,2	1,6	0,13	30(-1;-3)	32(-1;-4)
SC-E 14 A	20,4	13,7	1,8	0,13	29(-1;-2)	35(-1;-4)
SC-E 14 B	29,4	16,2	2,1	0,13	30(-1;-2)	32(-1;-5)
SC-E 14 C	28,5	16	2	0,13	30(-1;-3)	34(-2;-5)

**Tabla 2.** Resultados del aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos con ventanas deslizantes horizontales con unidades de vidrio aislante.



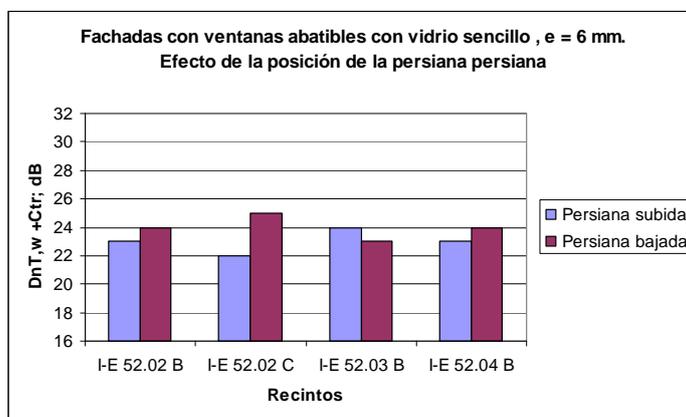
**Figura 4.** Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico de fachadas con ventanas deslizantes horizontales y unidades de vidrio aislante de espesores 4-12-4 mm.

### 2.3 Fachadas con ventanas de apertura batiente con vidrio sencillo

Se exponen 4 casos. La tabla 3 muestra los datos geométricos de los recintos y los valores del parámetro  $D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$  dB, cuando la persiana está subida o bajada. El acristalamiento de las ventanas era mediante vidrios sencillos de espesor 6 mm.

Ventanas abatibles con vidrio sencillo						
Código	Volumen,m <sup>3</sup>	Área fachada, m <sup>2</sup>	Área hueco,m <sup>2</sup>	FH	Persiana subida	Persiana bajada
					$D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$ dB	$D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$ dB
I-E 52.02 B	17,5	5	0,9	0,18	25(-1;-2)	28(-1;-4)
I-E 52.02 C	21,1	6,7	1,5	0,22	24(-1;-2)	29(-1;-4)
I-E 52.03 B	19,4	5,4	0,9	0,17	27(-1;-3)	26(-1;-3)
I-E 52.04 B	23,0	6,5	2,3	0,35	25(-1;-2)	29(-2;-5)

**Tabla 3.** Resultados del aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos con ventanas abatibles y vidrios sencillos.



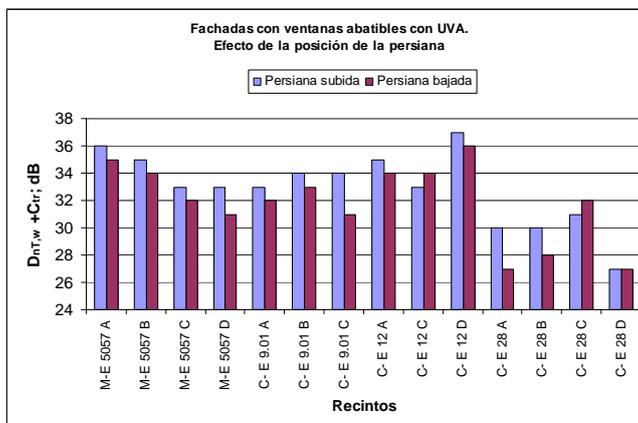
**Figura 5.** Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico de fachadas con ventanas abatibles y vidrio sencillo de espesor 6 mm

### 2.4 Fachadas con ventanas de apertura batiente con unidades de vidrio aislante

Se presentan los resultados de 14 casos. La tabla 4 muestra los datos geométricos de los recintos y los valores del parámetro  $D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$  dB, cuando la persiana está subida o bajada. El acristalamiento de las ventanas era mediante unidades de vidrio aislante de espesores 4-12-4, 6-8-6, 6-12-6, 6-16-6, en milímetros.

Ventanas abatibles con UVA						
Código	Volumen,m <sup>3</sup>	Área fachada, m <sup>2</sup>	Área hueco,m <sup>2</sup>	FH	Persiana subida	Persiana bajada
					$D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$ dB	$D_{2m,nT,w} (C;C_{tr})$ dB
M-E 5057 A	83,8	29,9	4	0,13	41(-1;-5)	41(-2;-6)
M-E 5057 B	36,8	17,7	1,9	0,1	41(-2;-6)	41(-3;-7)
M-E 5057 C	23,0	8,5	1,5	0,18	38(-2;-5)	38(-2;-6)
M-E 5057 D	25,1	15,6	1,5	0,1	39(-3;-6)	39(-4;-8)
C- E 9.01 A	27,3	17	2	0,12	37(-1;-4)	37(-1;-5)
C- E 9.01 B	27,2	17	2	0,12	38(-1;-4)	38(-2;-5)
C- E 9.01 C	44,1	21,9	2,5	0,12	41(-3;-7)	41(-5;-10)
C- E 12 A	43,5	13,5	3,4	0,25	39(-1;-4)	39(-2;-5)
C- E 12 C	41,6	11,2	3,4	0,3	38(-1;-5)	39(-2;-5)
C- E 12 D	26,3	7,3	1,7	0,23	42(-2;-5)	42(-2;-6)
C- E 28 A	33,4	18,4	3,2	0,17	35(-2;-5)	34(-3;-7)
C- E 28 B	23,1	7	2,1	0,3	36(-2;-6)	34(-2;-6)
C- E 28 C	30,9	17	2,9	0,17	38(-3;-7)	38(-2;-6)
C- E 28 D	27,6	16,4	2,9	0,18	33(-2;-6)	33(-2;-6)

**Tabla 4.** Resultados del aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos con ventanas abatibles y unidades de vidrio aislante



**Figura 6.** Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico de fachadas con ventanas abatibles y unidades de vidrio aislante.

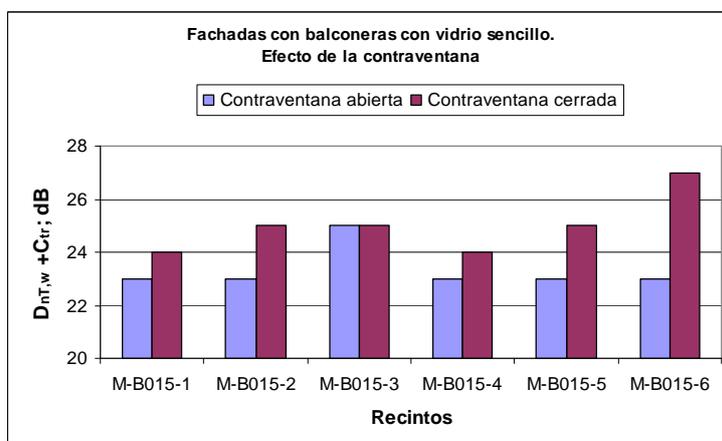
### 2.5 Fachadas con balconeras y contraventanas de madera

Se han estudiado 6 casos. Las balconeras tienen dos hojas batientes de madera. Tres cuartos de la balconera tienen vidrios sencillos de espesor 4 mm, con junquillos de madera, el cuarto inferior es de madera. El cierre de la balconera es mediante españoleta. Las contraventanas tienen cuatro hojas plegables y distan 6,5 cm de la balconera. En general tienen una conservación deficiente y no ajustan bien en su perímetro.

Balconeras con contraventanas de madera

Código	Volumen, m <sup>3</sup>	Área fachada, m <sup>2</sup>	Área hueco, m <sup>2</sup>	FH	Contraventana abierta	Contraventana cerrada
					D <sub>2m,nT,w</sub> (C; C <sub>tr</sub> ) dB	D <sub>2m,nT,w</sub> (C; C <sub>tr</sub> ) dB
M-B015-1	22,2	7	2,8	0,4	24(-1;-1)	26(-1;-2)
M-B015-2	22,5	6,6	2,7	0,41	24(-1;-1)	28(0;-3)
M-B015-3	45,8	9,9	2,8	0,28	26(0;-1)	28(-1;-3)
M-B015-4	27,2	10,7	2,8	0,26	24(-1;-1)	27(-1;-3)
M-B015-5	40,5	13,5	6,2	0,46	24(0;-1)	29(-1;-4)
M-B015-6	21,3	7	3,1	0,44	25(-1;-2)	31(-2;-4)

**Tabla 5.** Resultados del aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos con balconeras con contraventanas de madera.



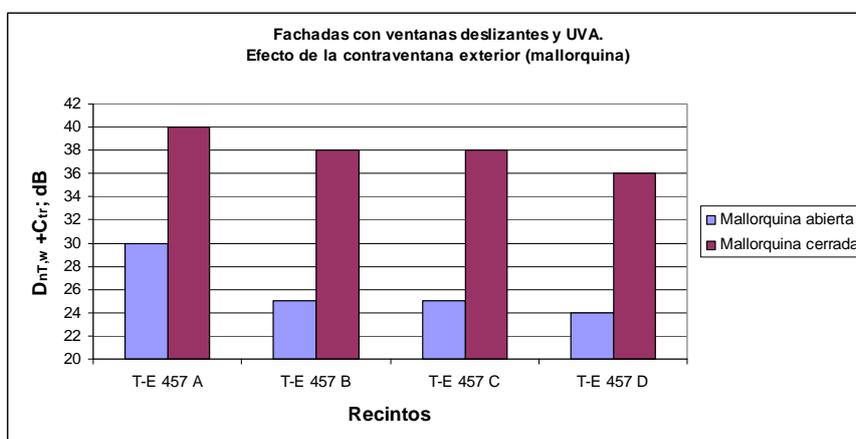
**Figura 7.** Comparación de la Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico de fachadas con balconeras y contraventanas de madera.

## 2.6 Fachadas con ventanas correderas y contraventanas exteriores de aluminio con lamas cerradas.

Se han estudiado cuatro casos. No hay cajón de persiana. Las contraventanas exteriores son de dos hojas. La distancia entre los vidrios de las ventanas y las contraventanas es aproximadamente de 15 cm.

Ventanas deslizantes horizontales con UVA 5-6-5 mm, contraventanas exteriores (mallorquinas) de aluminio con lamas cerradas						
Código	Volumen, m <sup>3</sup>	Área fachada, m <sup>2</sup>	Área hueco, m <sup>2</sup>	FH	Mallorquina abierta	Mallorquina cerrada
					$D_{2m,nT,w} (C; C_{tr})$ dB	$D_{2m,nT,w} (C; C_{tr})$ dB
T-E 457 A	123,5	17,5	7	0,4	32(-1;-2)	43(-1;-3)
T-E 457 B	21,6	14,3	1,6	0,11	27(-1;-2)	40(-1;-2)
T-E 457 C	33,8	8,3	1,6	0,19	27(-1;-2)	42(-2;-4)
T-E 457 D	25,9	10,2	1,6	0,16	26(-1;-2)	39(-1;-3)

**Tabla 6.** Resultados del aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos con ventanas correderas y contraventanas exteriores de aluminio con lamas cerradas



**Figura 8.** Comparación de la Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico de fachadas de recintos con ventanas correderas y contraventanas exteriores de aluminio con lamas cerradas.

## 4. CONCLUSIONES

El número de casos estudiados hasta ahora no permiten hacer un análisis estadístico más amplio, donde se tengan en cuenta: sistemas de apertura, el tipo de acristalamiento, cajón de persiana, factores de hueco, etc. En la Tabla 7 se muestran algunas de las diferencias promedio de la magnitud Diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico,  $D_{2m,nT,w} + C_{tr}$  dB para los diferentes tipos de cerramientos y protecciones estudiados. Los datos obtenidos permiten obtener algunas conclusiones prácticas para el control de la obra terminada.

Tipo de cerramiento del hueco	Diferencia promedio $D_{2m,nT,w} + C_{tr}$ dB entre protección cerrada y abierta
Ventanas deslizantes horizontales con V S	2,1
Ventanas deslizantes horizontales con UVA	1,3
Ventanas abatibles con V S	1
Ventanas abatibles con UVA	-1
Contraventanas de madera interiores	1,7
Contraventanas de aluminio exteriores	12

**Tabla 7.** Diferencias promedios  $D_{2m,nT,w} + C_{tr}$  dB para los diferentes tipos de cerramientos y protecciones.

Cuando las ventanas son abatibles, con unidades de vidrio aislante y tienen la persiana bajada el valor global del aislamiento  $D_{2m,nT,w} + C_{tr}$  suele ser ligeramente inferior a cuando la persiana está subida. En los demás casos, cuando la persiana está bajada el aislamiento acústico es mayor.

## 5. REFERENCIAS

- [1] Díaz, C El aislamiento acústico, Servicio de publicaciones ETSAM, UPM, 2010.ISBN.978-84-9728-320-5 (obra completa) 268 p.
- [2] Díaz, C; Pedrero, A. An experimental study on the effect of rolling shutter and shutter boxes on the airborne sound insulation of windows. Applied Acoustics. Vol 70 (2009), 369-377
- [3] DB HR Protección frente al ruido del CTE. Abril 2009
- [4] UNE-EN ISO 140-5: Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachada y de fachadas
- [5] UNE-EN 12207, abril 2000. Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación.