

## VENTANA Y CAJÓN DE PERSIANA: ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO EN DIFERENTES SITUACIONES

PACS ref: 43.55 Rg

López, J. ; Escudero S. ; De Rozas M.J

Área de Acústica del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco

C/ Agirrelanda 10, 01013 Vitoria

Tlf: (0034) 945 26 89 33

Fax: (0034) 945 28 99 21

E-mail: [acustica.vitoria@sarenet.es](mailto:acustica.vitoria@sarenet.es)

### ABSTRACT

The façade of a dwelling is designed to guarantee an acoustic comfort to the user. In that sense, the sound insulation of the window and / or the blind box is a critical factor.

As response to the worries generated about the influence of these elements, this paper presents and analyzes the results of tests realized in **the Acoustics Area of Laboratory for Quality Control in Buildings of the Basque Country Governmen**, on solutions of window with blind box shade in different situations of functioning and assembly.

### RESUMEN

La fachada de una vivienda se diseña para garantizar un confort acústico al usuario. En ese sentido, el aislamiento acústico de la ventana y/o del cajón de la persiana son un factor crítico.

Como respuesta a las inquietudes generadas sobre la influencia de dichos elementos, en esta ponencia se presentan y analizan los resultados de ensayos realizados en el Área de Acústica del Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco, sobre soluciones de ventana con cajón de persiana, en diferentes situaciones de funcionamiento y montaje.

### INTRODUCCIÓN

La envolvente de una vivienda es diseñada para aportar al usuario el confort térmico y, acústico y las condiciones de salubridad de acuerdo con CTE (1), además de otras solicitaciones.

Dentro de la envolvente uno de los elementos fundamentales son los huecos, por la función que desempeñan de iluminación, contacto con el exterior, y por la importancia que su comportamiento térmico, acústico y físico tiene en el comportamiento final de la envolvente, cara al confort del usuario.

Los huecos de la envolvente, están habitualmente formados por la ventana y la persiana, elemento que permite al usuario regular la entrada de luz a la vivienda, y en ocasiones, por un aireador, que se integra en la perfilaría de la ventana o en el cajón de la persiana. A efectos de

este estudio, se denominará conjunto ventana al conjunto formado por la ventana (perfilaría, vidrios, herrajes, juntas), el cajón de persiana, la persiana y el aireador, cuando lo tenga.

La Sociedad Pública VISESA (VIVIENDA Y SUELO DE EUSKADI, S.A / EUSKADIKO ETXEBIZITZA ETA LURRA, E.A.), que promueve la construcción de vivienda pública en la CAV, dentro del desarrollo de sus proyectos y consciente de la importancia del conjunto ventana en el comportamiento final de la envolvente, ha establecido la realización de pruebas de control sobre el conjunto ventana que instala en sus promociones, realizando ensayos físicos de permeabilidad al aire, estanqueidad al agua, y resistencia a viento, así como ensayos de aislamiento térmico y acústico, que son ejecutados en las instalaciones del LCCE de GV.(2)

Centrándose en el confort acústico del usuario, es sabido que el nivel de ruido que recibe un usuario del exterior de la vivienda, está condicionado por el nivel de ruido exterior y el aislamiento del edificio respecto a ese ruido exterior. Este aislamiento depende del aislamiento a ruido aéreo del cerramiento ciego de la envolvente y del hueco o conjunto ventana así como de la relación de superficies entre las mismas, además de las transmisiones indirectas de la envolvente al resto de elementos que conforman el edificio (forjados, tabiques, etc.). Por lo tanto, desde el punto de vista del aislamiento acústico, el conjunto ventana se considera un elemento crítico.

El conjunto ventana no es un elemento estático frente al usuario, ya que por una parte puede tener integrada la persiana, que tiene diferentes posiciones de uso, puede tener integrados aireadores con apertura regulable o fija, disponer de sistemas de apertura de microventilación, etc.

El usuario en función de sus necesidades y hábitos actuará sobre el conjunto ventana, subiendo y bajando la persiana, regulando si es posible los sistemas de aireación, etc. Dichas actuaciones repercutirán sobre el aislamiento acústico del mismo.

Por otra parte, la instalación del conjunto ventana en la vivienda, en el que interviene el modo de fijación y sellado con la parte ciega y la colocación de revestimiento sobre el cajón de persiana, puede condicionar el aislamiento del sistema.

Dentro de este contexto, desde el Área de acústica del LCCE de GV, se ha considerado interesante, realizar ensayos acústicos en laboratorio, que aporte información sobre el comportamiento acústico del conjunto ventana, en diferentes condiciones de uso y de montaje, que permita a futuro tomar decisiones sobre el diseño acústico del conjunto ventana integrado en la envolvente de la vivienda.

La presente ponencia presenta y analiza los resultados obtenidos de los ensayos realizados sobre diferentes conjuntos de ventanas de VISESA.

## **METODOLOGÍA**

### Consideraciones previas

El aislamiento del conjunto ventana se caracteriza mediante ensayo en laboratorio según norma UNE-EN ISO 140-3: 1995, con la persiana subida, el cajón de persiana sin revestimiento y el aireador con el dispositivo de cierre cerrado cuando éste existe, en su defecto abierto.

Como resultados se obtienen tanto el índice de reducción sonora,  $R$ , en bandas de frecuencias de tercio de octava entre 100 y 5000Hz, como el índice ponderado de reducción sonora,  $R_w$  (calculado a partir de  $R$ ) y los índices globales de reducción acústica ponderados  $A$ ,  $R_A$  (a ruido rosa) y  $R_{A,tr}$  (para ruido exterior dominante de automóviles).

Estos datos de aislamiento del conjunto ventana, son necesarios para realizar el diseño acústico de la envolvente de una vivienda, en concreto se usan los valores en frecuencia  $R$  para

el método de ingeniería (UNE EN 12354-3:2001) (3) y el índice global  $R_{A,tr}$ , cuando se utiliza el método simplificado o el general del DB-HR(4).

El DB-HR del CTE, solicita a la evolvente índices globales de aislamiento 'in situ' frente al ruido de tráfico, frente a la antigua NBE-CA-88, que solicitaba a la fachada niveles de aislamiento a ruido rosa en laboratorio. En general para soluciones de ventana, el índice  $R_{A,tr}$  es menor que el  $R_A$ .

El aislamiento del conjunto ventana, va a depender del aislamiento de cada uno de los elementos que lo conforman: sistema de vidrio, perfilaría, cajón de persiana, aireador, etc. así como de las juntas de sellado entre los distintos elementos y los tipos de hojas de la ventana (mayor o menor permeabilidad al aire del conjunto).

A priori el CTE, no contempla la simultaneidad de cumplimiento de las condiciones de protección frente al ruido (DB-HR) y las condiciones de calidad de aire (DB-HS)(5), por lo que las ventanas en caso de tener aireadores con dispositivos de cierre se caracterizarán con los mismos cerrados.

#### Muestras y ensayos realizados

Se ha realizado el ensayo de aislamiento a ruido aéreo en laboratorio, según norma UNE-EN ISO 140-3:1995, de las 4 soluciones de conjunto ventana en tamaño normalizado (1,43 m x 1,23 m).

Todos los conjuntos de ventana analizados disponen de cajón de persiana de PVC integrado, perfilaría de aluminio con rotura de puente térmico, y al menos una hoja practicable, cada uno de ellos con las peculiaridades que se indican a continuación:

- Conjunto ventana I: Sin aireador ni sistema de ventilación.
- Conjunto ventana II. Con sistema de apertura de microventilación.
- Conjunto ventana III. Con aireador integrado en la perfilaría
- Conjunto ventana IV. Con aireador integrado en la caja de persiana.

Se han realizado los ensayos sobre cada conjunto ventana en la situación habitual de caracterización de estos elementos:

- A. Hojas practicables cerradas, con la persiana en posición subida, el cajón de persiana sin colocar elemento de fachada, y la microventilación en posición cerrada y los aireadores abiertos, ya que no disponen de sistema de cierre.

Sobre cada uno de los conjuntos se han realizado ensayos en las siguientes 'situaciones' de funcionamiento, para confirmar de forma cuantitativa de qué manera están afectando al aislamiento del conjunto y qué aportaría actuar en cada caso:

- B. Persiana bajada.  
Para determinar la tendencia en cuanto al uso durante el día y durante la noche.
- C. Cajón de persiana cubierto al exterior con revestimiento que simula el cierre de fachada.  
Para determinar la tendencia en cuanto a la puesta en obra del conjunto en el que habitualmente se reviste el cajón de persiana con el exterior con un elemento de fachada
- D. Cajón de persiana cubierto (tapado) y persiana bajada.
- E. Abertura de salida de la persiana sellada, con cajón tapado y persiana subida.
- F. Abertura de salida de la persiana sellada, con cajón tapado y persiana bajada.



Además se ha ensayado el conjunto de ventana con sistema de microventilación (II) activado, es decir la hoja abierta en posición de microventilación y los conjuntos de ventanas con aireador (III y IV), con el aireador tapado, en las situaciones B, C, D a fin de poder comparar los distintos tipos de sistemas de aireación integrados en estas soluciones analizadas.

## RESULTADOS

Se analizan los resultados, respecto al valor del índice global de aislamiento a ruido de tráfico,  $R_{A, tr}$ , además de en frecuencias. Se presentan en las tablas como información adicional los índices  $R_A$  y  $R_w$ .

Para los casos estudiados de conjuntos de ventanas sin dispositivo de ventilación(I) o con el sistema de microventilación cerrada (II), se parte de niveles global de aislamiento de 29 dBA, cuando el aislamiento del sistema de vidrio que se utiliza es del orden de 33 dBA y 28 dBA respectivamente.

En el caso de los conjuntos II y III con aireador abierto, el nivel global de aislamiento, obteniéndose valores de aislamiento de 24 dBA y 27 dBA respectivamente. En estos casos el valor de aislamiento del sistema de vidrio utilizado está entorno a 33 dBA y 29 dBA respectivamente. Como era esperable a priori, la presencia del aireador provoca la disminución del aislamiento del conjunto. Cuando los aireadores de estos conjuntos se tapan se alcanzan valores de aislamiento de 28 y 29 dBA respectivamente.

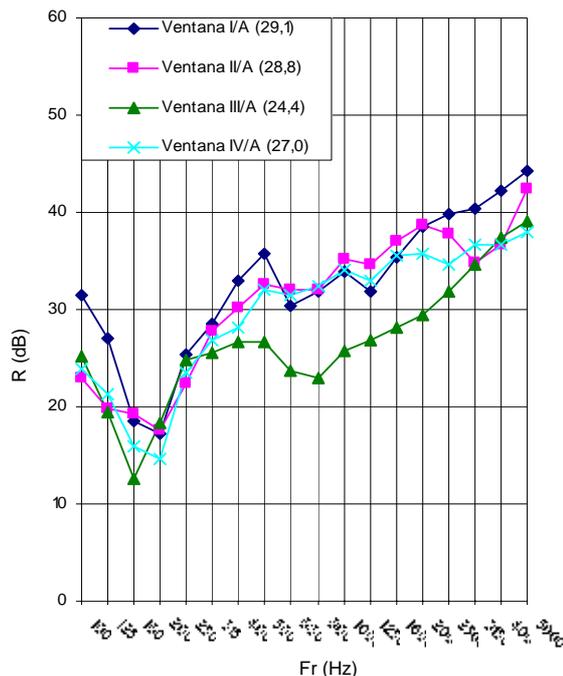


Gráfico 1: Aislamiento a ruido aéreo, R, en frecuencias, de los 4 conjuntos de ventanas en la situación habitual de ensayo(A).

Se presentan en la tabla 1, los índices globales de aislamiento obtenidos para los 4 conjuntos de ventana estudiados (I, II, III y IV), en las situación habitual de ensayo (A) y en las situaciones B, C, D, E y F.

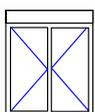
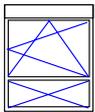
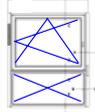
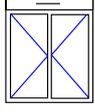
		Situación						
		A	B	C	D	E	F	
<b>Conjunto ventana</b>								
I	 Acristalamiento 4+4/12/10	R <sub>w</sub>	33	37	34	37	36	39
		R <sub>A</sub>	32,9	34,6	33,2	34,4	35,9	37,4
		<b>RA,tr</b>	<b>29,1</b>	<b>29,7</b>	<b>29,3</b>	<b>29,3</b>	<b>32,6</b>	<b>32,5</b>
II	 Acristalamiento 3+3/10/4 (fija); 4/12/4 (practicable). Apertura microventilación	R <sub>w</sub>	33	35	34	36	35	37
		R <sub>A</sub>	32,5	33,7	33,3	35,0	34,5	35,8
		<b>RA,tr</b>	<b>28,8</b>	<b>28,8</b>	<b>30,0</b>	<b>30,0</b>	<b>31,6</b>	<b>30,9</b>
III	 Acristalamiento 4+4/10/3+3(fija); 4+4/12/4 (practicable). Aireador fijo en perfilera	R <sub>w</sub>	27	32	27	32	27	33
		R <sub>A</sub>	27,2	31,3	27,0	31,5	27,4	32,2
		<b>RA,tr</b>	<b>24,4</b>	<b>26,8</b>	<b>24,1</b>	<b>27,1</b>	<b>25,4</b>	<b>28,2</b>
IV	 Acristalamiento 6/12/5. Aireador higroregulable en cajón de persiana	R <sub>w</sub>	32	37	32	37	37	41
		R <sub>A</sub>	31,1	35,1	30,9	35,4	35,1	38,6
		<b>RA,tr</b>	<b>27,0</b>	<b>30,1</b>	<b>27,1</b>	<b>30,4</b>	<b>31,0</b>	<b>33,1</b>

Tabla 1: Resultados globales de los 4 conjuntos de ventana en diferentes situaciones

Se presentan en la tabla 2, los índices globales de aislamiento obtenidos para los 3 conjuntos de ventana con abertura de ventilación (II, III y IV), en las situaciones de funcionamiento, con la abertura de ventilación activa (abierto) o inactiva (tapada).

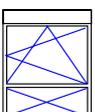
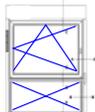
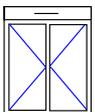
		Situación								
		A		B		C		D		
<b>CONJUNTO VENTANA</b>										
II	 3+3/10/4 (fija); 4/12/4 (practicable). Apertura microventilación (**)	Sistema de aireación		Abierto	Tapado	Abierto	Tapado	Abierto	Tapado	
		R <sub>w</sub>	20	33	26	35	....	34	....	36
		R <sub>A</sub>	19,8	32,5	26,4	33,7	....	33,3	....	35,0
		<b>RA,tr</b>	<b>18,6</b>	<b>28,8</b>	<b>23,3</b>	<b>28,8</b>	....	<b>30,0</b>	....	<b>30,0</b>
(**) El sistema de aireación de esta ventana consiste en una posición de la apertura oscilobatiente, se coosiderará que el sistema está activo cuando la ventana este abierta en dicha posición.										
III	 4+4/10/3+3(fija); 4+4/12/4 (practicable). Aireador fijo en perfilera	R <sub>w</sub>	27	34	32	37	27	35	32	37
		R <sub>A</sub>	27,2	33,2	31,3	34,3	27,0	33,4	31,5	34,7
		<b>RA,tr</b>	<b>24,4</b>	<b>28,4</b>	<b>26,8</b>	<b>28,8</b>	<b>24,1</b>	<b>28,5</b>	<b>27,1</b>	<b>29,3</b>
		IV	 6/12/5. Aireador en cajón de persiana	R <sub>w</sub>	32	34	37	37	32	35
R <sub>A</sub>	31,1	33,2		35,1	35,4	30,9	33,5	35,4	36,2	
<b>RA,tr</b>	<b>27,0</b>	<b>29,1</b>		<b>30,1</b>	<b>30,7</b>	<b>27,1</b>	<b>29,4</b>	<b>30,4</b>	<b>31,7</b>	

Tabla 2: Resultados globales de los 3 conjuntos de ventana con la abertura de ventilación activa o inactiva, en diferentes situaciones

En cuanto al efecto que tiene sobre el aislamiento el hecho de que la persiana esté subida (situación día) o completamente bajada (situación noche) se observa que:

- Para todos los casos estudiados, cuando la persiana está bajada, el nivel de aislamiento a partir de la frecuencia de 400 Hz aumenta frente a los niveles de persiana subida, en valores que oscilan según frecuencias y casos entre los 2 a 11 dB., valores que pueden ser perceptibles para el usuario.
- Por debajo de 400 Hz, no existe una tendencia coincidente en todos los casos. Para las ventanas sin aireador o con el aireador tapado, la tendencia es que al bajar la persiana disminuya el aislamiento en algunas de las bajas frecuencias entre 1 y 3 dB o se mantengan igual. En el caso de ventanas con sistema de ventilación activo el comportamiento parece estar condicionado por la posición del aireador, de tal forma que para el sistema de microventilación activa (II) al bajar la persiana se mejora el aislamiento en las frecuencias de 125Hz y 160 Hz en 1 y 3 dB respectivamente, en cambio para la ventana con aireador en la perfilera el aislamiento en esas mismas frecuencias, disminuye en 3 y 2dB respectivamente. En cambio para el conjunto que dispone de aireador en el cajón de persiana se obtienen mejoras en el rango de frecuencias de 160 a 250 hz que oscilan entre 4,5 y 2,5 dB
- Las variaciones en aislamiento en frecuencias detectadas cuando se baja la persiana, apenas afectan al nivel global de aislamiento de ruido de tráfico de los conjuntos de ventana que no tienen dispositivo de aireación o lo tienen cerrado.
- En los conjuntos de ventanas con aireadores activos, que presentan un índice de aislamiento global con la persiana subida de 18 a 27 dBA, y en los que se considera como elemento más débil frente al aislamiento al aireador, se obtienen mejoras en el índice global que oscilan entre 5 y 3 dB. La persiana al bajar está disminuyendo la transmisión de ruido a través del aireador o la abertura de microventilación.

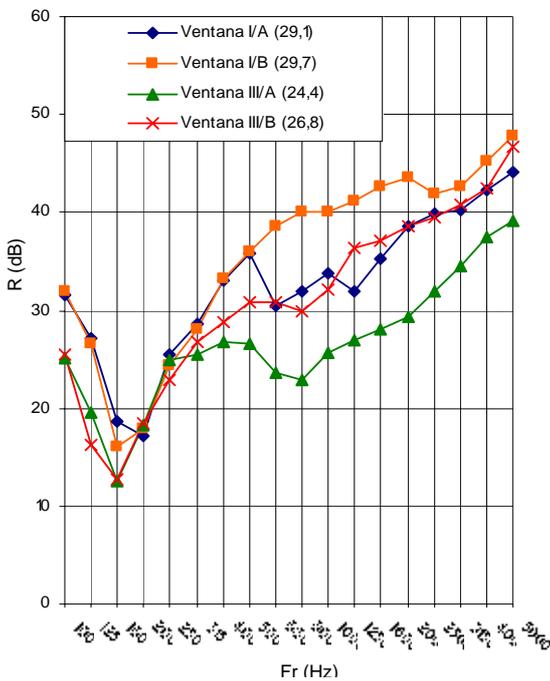


Gráfico 2: Aislamiento R en frecuencias de los conjuntos de ventanas I y III con la persiana subida(A) y bajada(B)

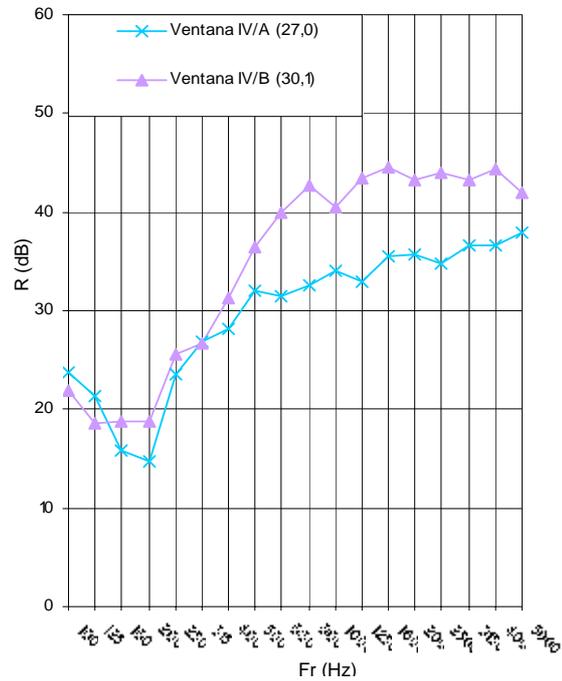


Gráfico 3: Aislamiento R en frecuencias de los conjuntos de ventanas IV con la persiana subida(A) y bajada(B)

Los resultados obtenidos cuando se coloca un revestimiento sobre el cajón de persiana, indican en la mayoría de los casos estudiados, que el índice global de aislamiento a ruido de tráfico apenas se ve afectado, sufriendo ligeras modificaciones, que no superan los 0,5 dB de variación. El revestimiento que se coloque sobre el cajón de ventana, dependerá de la solución

de cerramiento ciego de la fachada que se utilice en la promoción en concreto, pero a la vista de los resultados para el tipo de conjunto de ventanas consideradas el tipo de revestimiento no tiene una influencia significativa en el aislamiento final del conjunto.

Los resultados se sellar las rendijas de salida de la persiana (situaciones E y F) muestran como la rendija de paso de la persiana es un elemento crítico según la tipología de conjunto ventana:

- En el conjunto de ventana I, el sellado de la rendija produce una mejora de 3,3 dB.
- En el conjunto de ventana II, sellar el cajón de ventana produce mejora de aislamiento en el índice global de 1,6 dB
- En el conjunto de ventana III, la mejora que se obtiene es de 1,3 dB, ya que aunque se actúa sobre uno de los elementos críticos del conjunto ventana, el aireador de la perfilaría es también crítico. Mejorando el sellado del cajón de persiana conseguiríamos mejora ligera en el aislamiento del conjunto sin afectar al sistema de aireación
- Tal y como era esperable, sellar esta rendija mejora considerablemente el aislamiento del conjunto ventana IV, ya que dicho sellado afecta directamente al aireador integrado en el cajón de persiana. En este caso se obtienen mejoras de aislamiento en índice global de 4 dB.
- Esta diferencia en la influencia del sellado del cajón del conjunto ventanas I y II, está afectada por el hecho de que la ventana I, tenga un sistema de vidrios más aislantes que la ventana II. En el conjunto de ventana I, el cajón es más crítico porque el aislamiento del mismo dista más del aislamiento de la ventana propiamente dicha., y por tanto actuar sobre el cajón aportará mayores mejoras: el sistema de vidrios utilizado en el conjunto de ventana I es más aislante que el utilizado en el conjunto de ventana II, pero esto no se ve reflejado en el índice de aislamiento acústico global de los conjuntos debido a la presencia del cajón de persiana, que provoca que el comportamiento de ambos conjuntos sean similar en índice ( $R_{A,tr}=28$  DBA), a pesar de que la inversión en el primero sea mayor.

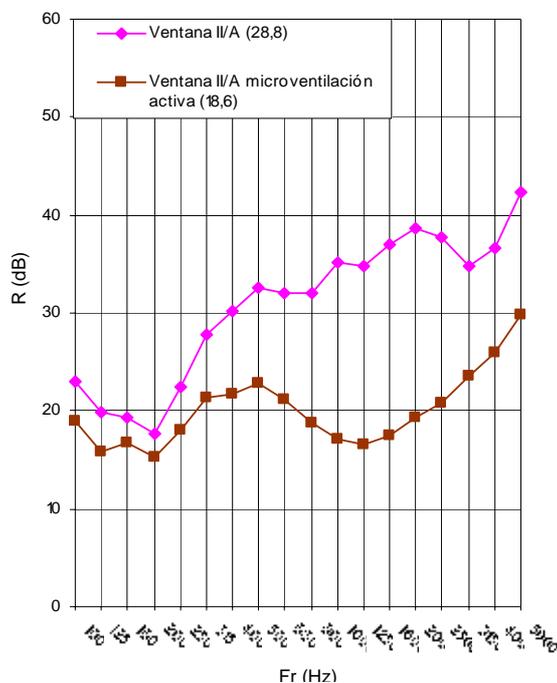


Gráfico 5: Aislamiento R en frecuencias del conjunto de ventana II con la hoja abierta en posición de microventilación y la hoja cerrada

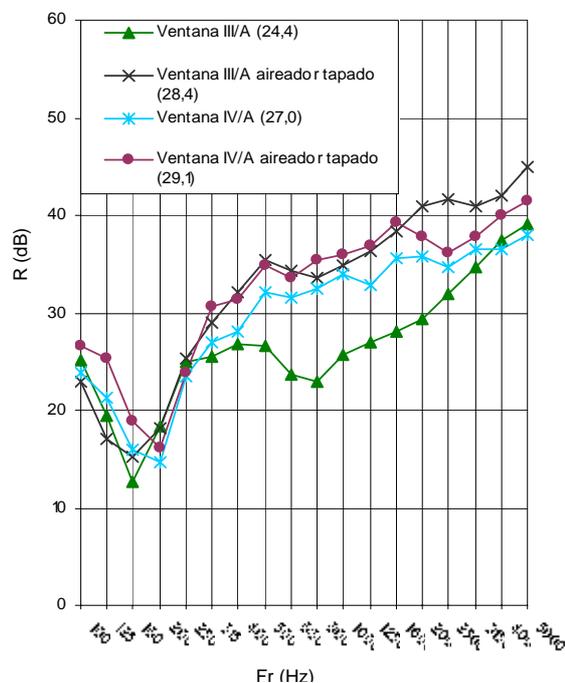


Gráfico 6: Aislamiento R en frecuencias de los conjuntos de ventana III y IV en la situación habitual y con el aireador tapado.

Por otra parte, comparando los resultados obtenidos para los distintos conjuntos con sistema de aireación abiertos, se observa que el que presenta un mejor comportamiento es el sistema con aireador higroregulable integrado en el cajón de persiana ( $R_{A,ir} = 27$ ), siendo el conjunto II con la hoja abierta en posición de microventilación, la que presenta un menor aislamiento ( $R_{A,ir} = 18$  dBA) y por tanto el que más afectaría al usuario. Sin embargo el usuario podría actuar directamente sobre la ventana a fin de mejorar su aislamiento, cerrando el sistema de microventilación. El resto de sistemas estudiados, no disponen de un dispositivo de cierre y por lo tanto del usuario no podría actuar, a no ser de que recurra a soluciones caseras, mediante las cuales tape directamente las rejillas a fin de disminuir el nivel de ruido transmitido a través de las mismas.

## CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, para los conjuntos de ventanas ensayados en las diferentes situaciones de funcionamiento consideradas, se puede concluir que:

- Es importante considerar el comportamiento acústico del conjunto ventana en su totalidad, a la hora de diseñar la fachada, incluyendo además de ventana propiamente dicha, el cajón de persiana y aireadores, si se van a incluir en la vivienda. Estos elementos afectan significativamente en el aislamiento final del conjunto. No contemplarlo de esta manera puede llevar a sobredimensionar la ventana en cuanto a su aislamiento acústico y combinarla con cajones de persianas y /o aireadores, que nos lleven a resultados de aislamiento menores a los deseados.
- El índice global de aislamiento a ruido de tráfico de los conjuntos de ventanas sin aireador, no se ve apenas afectados cuando el usuario baja la persiana (uso de noche), frente a cuando la persiana está subida (uso día). Sin embargo, sí que afecta en el caso de microventilación o de que existan aireadores integrados en la perfilería de la ventana o en el cajón de persiana, obteniéndose mejoras en el índice de aislamiento que dependen del tipo de aireador y su ubicación. En los casos estudiados se han obtenido mejoras de 5, 2 y 3 dBA respectivamente.
- La colocación de elemento de fachada que cubre el exterior del cajón de persiana apenas afecta al índice global de aislamiento de los conjuntos de ventanas analizados, ya que es más crítico el aislamiento de la rendija de paso de la persiana y el del aireador. Por tanto, se considera adecuado caracterizar estos sistemas en laboratorio sin colocar el revestimiento de fachada que cubre el cajón, y que depende de cada obra en concreto.
- El confort acústico del usuario, frente al ruido exterior va a estar altamente condicionado a las aberturas de aireación utilizadas, su ubicación y diseño. Se han obtenido valores globales a ruido de tráfico del conjunto ventana, cuando llevan integrados sistemas de microventilación o aireador, que varían entre los 18 y 27 dBA, valores. Aunque desde el CTE, no se pide simultaneidad de cumplimiento de las condiciones acústica y de calidad del aire, existen soluciones de conjunto de ventana con aireador integrado que presenta niveles globales de aislamiento similares a los de conjuntos de ventana sin aireador integrado. Para garantizar un mínimo de confort acústico al usuario, se considera necesario optar por soluciones de este tipo.

## REFERENCIAS

- [1] Código Técnico de la Edificación.
- [2] Laboratorio de Control de Calidad de la edificación del Gobierno Vasco.
- [3] *Documento Básico HR de Protección frente al ruido del del CTE.*
- [4] UNE EN 12354-3: 2001 Acústica de la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior.
- [5] *Documento Básico HS de Salubridad del CTE.*