



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

SOBRE LA PERCEPCIÓN DE LA REDUCCIÓN DE LA MOLESTIA POR RUIDOS ASOCIADA A LAS PANTALLAS ACÚSTICAS

PACS: 43.50.Rq.

Redondo, J.¹; Grzelak K.¹, Peiró-Torres, M.P.²; Ferri, M.³; López, J.J. ⁴; Pereira,A⁵. Amado-Mendes, P. ⁵; Godinho, L.⁵

(1) Universitat Politècnica de València. Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de zonas Costeras, Paranímf 1, Grao de Gandia, Valencia (Spain). E-Mail: fredondo@fis.upv.es

(2) BECSA, S.A.U.; Dirección: Ciudad del Transporte II. C/ Grecia, 31, Castellón (Spain)

(3) Universitat Politècnica de València. Centro de Tecnologías Físicas, Acústica, Materiales y Astrofísica, División acústica. Camino de Vera s/n, Valencia (Spain)

(4) Universitat Politècnica de València, ITEAM Institute, Valencia, Spain

(5) ISISE, Dept. Civil Engineering, University of Coimbra, Portugal

Palabras Clave: Sound quality. Acoustic comfort. Psychoacoustics

ABSTRACT

The aim of the study is to establish the relationship between subjective rating of noise annoyance reduction caused by Noise Reduction Devices (NRD) and various single-number quantities (SNQ) that quantifies the performance of such devices. A psychoacoustic experiment was participated by a number of subjects in order to rate subjectively a set of sound events representatives of both road and railway traffic noise. These sound events were auralized using a predefined set of filters obtained from a numerical simulation of two different noise barriers. Preliminary results show that the objective quantities have a poor correlation with the subjective ones.

RESUMEN

El objetivo del estudio es establecer la relación entre la valoración subjetiva de la reducción de molestias acústicas causadas por los Dispositivos Reductores de Ruido (DRR) y varios parámetros globales (single-number quantities - SNQ) que cuantifica el rendimiento de dichos dispositivos. Se ha realizado un experimento psicoacústico en el que participaron varios sujetos con el fin de clasificar subjetivamente un conjunto de eventos sonoros representativos del ruido del tráfico rodado y ferroviario. Estos eventos sonoros fueron auralizados utilizando un conjunto predefinido de filtros obtenidos a partir de una simulación numérica de dos barreras de ruido diferentes. Los resultados preliminares muestran que las cantidades objetivas tienen una correlación pobre con las subjetivas.

1-INTRODUCCION

En diferentes campos de la acústica, principalmente en la acústica arquitectónica, se han propuesto varios parámetros objetivos que pretenden evitar la necesidad de hacer valoraciones subjetivas dado que estas resultan muy complicadas de elaborar y evaluar. Prueba de que

dichas magnitudes pretenden tener en cuenta la percepción humana son por un lado, en las magnitudes dependientes de la frecuencia, el promediado que se hace en bandas de octava o de porción de octava, en otras palabras, las frecuencias son consideradas logarítmicamente, tal y como hace el oído humano; y por otra parte, en las magnitudes globales, la utilización de ponderaciones tales como la red A que pretenden simular la sensibilidad del oído humano respecto a las distintas frecuencias. Así, en acondicionamiento acústico existen muchos parámetros objetivos con alta correlación con otros subjetivos que miden diferentes aspectos sobre la calidad acústica de una sala. En el campo del aislamiento acústico, diversos parámetros son utilizados para medir la reducción del grado de molestia por ruidos debido a uno o varios cerramientos. Finalmente, en acústica ambiental, existen diferentes parámetros que miden el grado de molestia, tales como el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado, o el nivel de exposición sonora. También en este campo se miden los rendimientos de los dispositivos reductores del ruido, tales como las pantallas acústicas, con parámetros que pretenden evaluar, al fin y al cabo, la percepción del ruido por los seres humanos. En este trabajo nos centraremos en esta última familia de parámetros que miden el rendimiento de las pantallas acústicas teniendo en cuenta la percepción humana.

La medición de las características acústicas intrínsecas de los DRR para ruido de tráfico en carreteras está estandarizada por diferentes normas. Podemos distinguir 3 grandes grupos, la medición de características intrínsecas en laboratorio, la estimación de dichas características "in situ", y la medición del rendimiento final una vez colocada la pantalla. En el primer grupo, medición en laboratorio, tenemos las siguientes normas de medida:

- UNE-EN 1793-1. Absorción sonora [2]
- UNE-EN 1793-2. Aislamiento al ruido aéreo (campo difuso) [3]

En el grupo de mediciones "in situ" encontramos las siguientes:

- UNE-EN 1793-4. Difracción sonora [4]
- UNE-EN 1793-5. Reflexión sonora (campo directo) [5]
- UNE-EN 1793-6. Aislamiento al ruido aéreo (campo directo) [6]

La medición del rendimiento final está recogido en la siguiente norma:

- ISO 10847:1997. Determinación "in situ" de las pérdidas por inserción [7]

La norma 1793-2 define los índices de reducción sonora, R_i , parámetro idéntico al definido en el campo del aislamiento. Es particularmente interesante el hecho de que las pantallas se suelen clasificar atendiendo a un promedio de dicho parámetro que por un lado ajusta la relevancia de cada frecuencia a la curva de ponderación A y por otro tiene en cuenta el espectro del ruido de tráfico. El parámetro en cuestión se denomina Índice de evaluación del comportamiento de aislamiento al ruido aéreo:

$$DL_R = -10 \log \left| \frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0.1 L_i} 10^{0.1 R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0.1 L_i}} \right| \quad (1)$$

donde L_i son los niveles i -ésimos de ruido de tráfico normalizado. Es de destacar que las pantallas se clasifican atendiendo a este parámetro (DL_R). Sin embargo, el rendimiento de una pantalla no depende sólo de su aislamiento sino también de la geometría del problema dado que la difracción por el borde puede reducir significativamente su eficiencia. En otras palabras, el DL_R marca tan sólo un límite máximo pero generalmente no se suele superar los 25 dBA de reducción de nivel sobre los receptores.

El rendimiento real de una pantalla dadas sus características de aislamiento, y la geometría del problema (topografía del terreno, edificios colindantes, altura de la barrera, etc) está estandarizada en la norma ISO 10847:1997 [7] donde se define el parámetro Pérdidas por

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

inserción (Insertion loss - D_{IL}) que no es otra cosa que la diferencia de nivel sobre los oyentes en dBA.

En el presente trabajo vamos a estudiar la relación entre estas magnitudes y la percepción de reducción de molestia mediante una experiencia psicoacústica. La experiencia pretende servir como paso previo para poder definir un experimento de mayor envergadura y alcance.

2-EXPERIMENTO PRELIMINAR

Como paso previo a la realización de un experimento psicoacústico se ha realizado una pequeña experiencia, limitada tanto en los tipos de pantallas, como en el número de individuos o el número de eventos considerados. Para los sonidos se realizaron varias grabaciones utilizándose finalmente tan sólo 6 de estas. Los 3 puntos de medida se listan a continuación:

1.			<p>Localización: 38°57'23.6"N 0°11'07.1"W Fecha: 18:30, 29.11.2017 Vía: N-332 Condiciones meteorológicas: pavimento mojado</p>
2.			<p>Localización: : 38°57'29.7"N 0°11'42.1"W Fecha: 18:45, 29.11.2017 Vía: N-332 Condiciones meteorológicas: pavimento mojado</p>
3.			<p>Localización: 38°58'02.9"N 0°12'15.2"W Fecha: 19:00, 20.01.2018 Vía: AP-7 Condiciones meteorológicas: pavimento seco</p>

Figura 1. Ubicación de los puntos de medida.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Los sonidos grabados fueron alterados para poder simular el efecto de dos tipos de pantallas diferentes. Para ello se aplica un filtro en tercios de octava con los valores de D_{IL} obtenido a través de una simulación numérica cuyos detalles pueden consultarse en [8]. Dado que en general los fabricantes sólo proporcionan medidas del aislamiento en las bandas de octava con frecuencias centrales de 125 a 4000 Hz el sonido original, que también se muestra a los encuestados, se filtró para eliminar frecuencias fuera de este rango. La figura 2 ilustra los parámetros característicos de las dos pantallas consideradas. Podemos ver que aunque los aislamientos (R_i) son claramente diferentes, el rendimiento final (D_{IL}) es bastante parecido para las dos pantallas.

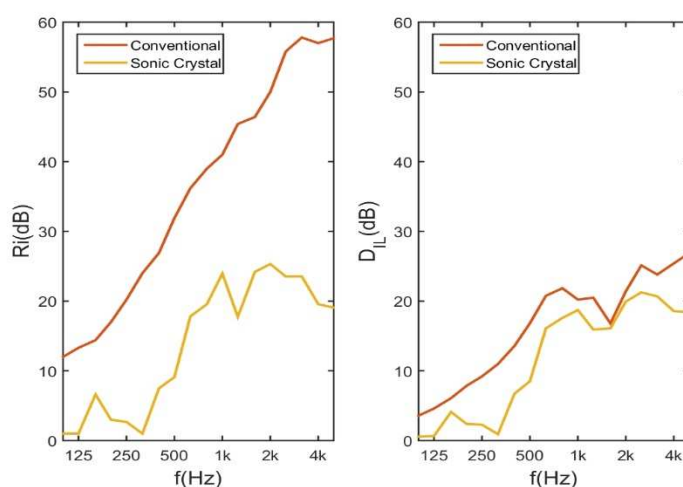


Figura 2. Parámetros más representativos del rendimiento de las pantallas evaluadas (R_i y D_{IL}).

Siguiendo las recomendaciones de la norma ISO 15666: 2003 [9] a los encuestados se les solicita que valoren el grado de molestia en una escala numérica de 11 puntos (entre 0 y 10). La figura 3 ilustra la convergencia de uno de los sonidos evaluados. Puede apreciarse que a partir de unas 15 encuestas el valor oscila muy suavemente. Finalmente se consideraron 40 encuestas. Todos los sujetos superaron previamente una audiometría para descartar cualquier defecto auditivo.

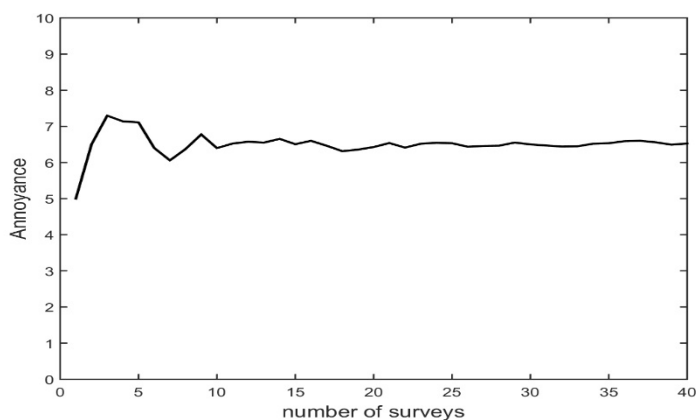


Figura 3. Convergencia de los resultados para uno de los sonidos evaluados. Se considera que los resultados son suficientemente fiables para 40 individuos.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

En primer lugar para verificar la coherencia de las medidas se representan el grado de molestia de todos los eventos sonoros (sonido original, filtrado según pantalla convencional y filtrado según barrera de cristal de sonido) frente al nivel de presión sonora expresado en dBA (figura 4). Se puede observar una gran correlación entre ambas magnitudes, tal y como cabía esperar. Podemos por tanto confiar en los resultados del experimento.

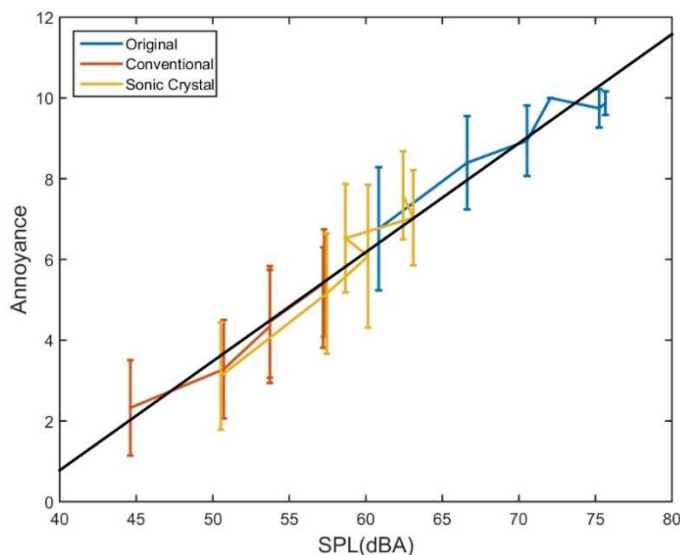


Figura 4. Relación entre la molestia y el nivel de presión sonora en dBA. Se observa una gran correlación entre ambas magnitudes, tal y como cabía esperar.

Seguidamente representamos en la figura 5 la relación entre la molestia percibida y el nivel de presión sonora en dBA del sonido original. Se puede apreciar que la molestia en el caso de la pantalla basada en cristales de sonido está siempre significativamente por encima de la pantalla convencional. En otras palabras, aún no se ha conseguido igualar el rendimiento de una pantalla convencional con esta nueva tecnología, sin embargo posee ventajas adicionales tales como la reducción de carga eólica o el paso de agua, y por tanto reducen la cimentación requerida para su instalación y permiten el drenaje de las infraestructuras.

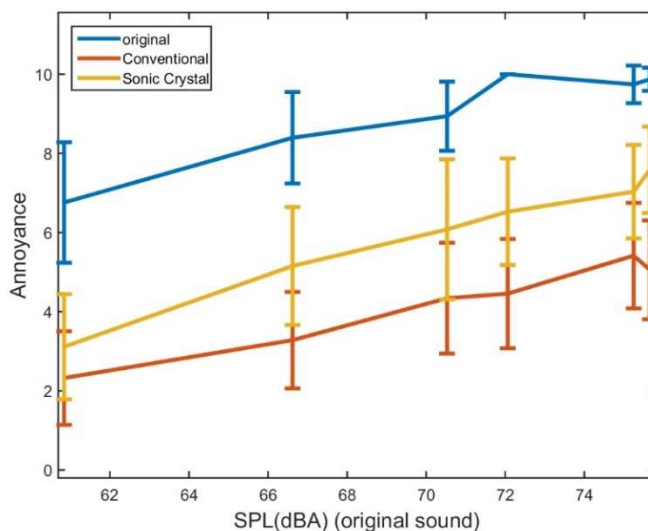


Figura 5. Relación entre la molestia y el nivel de presión sonora en dBA del sonido original

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

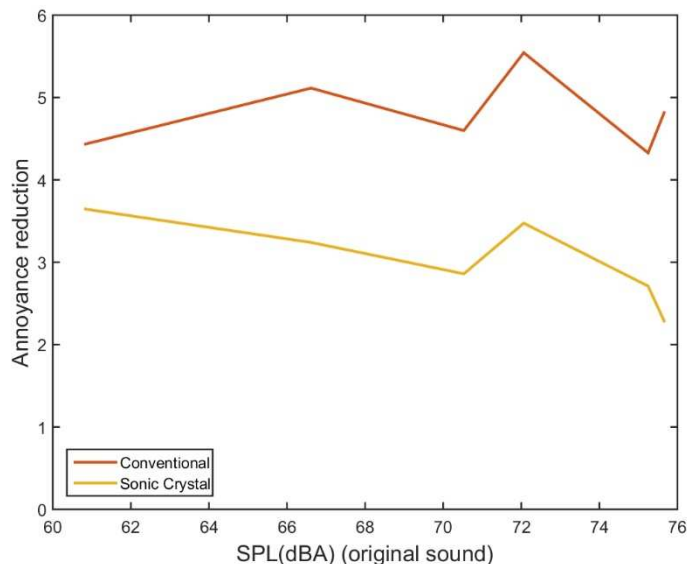


Figura 6. Reducción de la molestia producida por pantalla tradicional y por pantalla basada en cristales de sonido.

Finalmente, se ha calculado, y representado en la figura 6, la reducción de molestia provocada por cada una de las pantallas, es decir, la magnitud perceptiva que debería estar altamente correlacionada con las magnitudes que se utilizar para caracterizar el rendimiento de la pantalla, tales como el DL_R o el D_{IL} . La principal conclusión es que la molestia percibida depende del nivel de presión sonora del sonido original. Esto nos plantea dos cuestiones importantes a tener en cuenta en el experimento que vamos a diseñar. Por una parte se evidencia la necesidad de no mezclar sonidos de diferentes niveles. Por otra parte, hasta ahora hemos obtenido la reducción de molestia como diferencia entre molestias, sin embargo, tras los datos obtenidos por estas encuestas previas, se plantea la posibilidad de evaluar la reducción de molestia directamente, encuestando a los individuos sobre ello tras escuchar el sonido original seguido del sonido filtrado por la barrera.

También se debe destacar que las diferencias entre las dos pantallas comparadas son mayores de lo que cabía esperar atendiendo a las leves diferencias en las pérdidas por inserción de ambas estructuras (figura 2).

3- DISEÑO DEL EXPERIMENTO

La experiencia presentada en el apartado anterior nos ha permitido prever las dificultades, limitaciones, alcance, etc., de un experimento futuro en el que se estudie la relación entre las magnitudes objetivas utilizadas para medir el rendimiento acústico de pantallas y la reducción de molestia que estas provocan. En este apartado planteamos los detalles más relevantes sobre el experimento diseñado para tal fin.

En primer lugar, el número de encuestados debe ser igual o mayor que en el estudio previo. Estimamos que 60 será un número adecuado. Tal y como en la experiencia previa, se realizará una audiometría para descartar defectos auditivos. Además, para comprobar la validez de las valoraciones, todos los eventos se pasarán dos veces a cada oyente para determinar la coherencia en sus respuestas y decidir atendiendo a ella si se toman en cuenta o no dichas respuestas.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18- 24 al 26 de octubre

Se compararán 3 tipos de barreras, dos de ellas ya incluidas en el estudio previo, y se añadirá una barrera hipotética con aislamiento perfecto, es decir, que su rendimiento vendrá dado exclusivamente por la difracción por el borde. Se tomarán tan sólo dos eventos sonoros diferentes, para no incrementar demasiado la duración del test. Dichos eventos serán elegidos de tal manera que sus dependencias con la frecuencia sean tan diferentes como sea posible, pero adaptados en intensidad para que el nivel de presión sonora en ponderación A sea el mismo.

Para tener un abanico de diferentes valores de pérdidas por inserción en cada uno de los tres casos considerados se tomarán 2 alturas diferentes de barrera así como dos distancias de los receptores a la misma.

Finalmente es de destacar que, a diferencia de la experiencia previa, se pretende medir la reducción de molestia directamente y no la molestia en sí. Por ello, antes de pasar a la audición de cada uno de los casos considerados, los encuestados escucharán la referencia, es decir, el sonido original. Ello podría conllevar una duración excesiva del test, por lo que se escogerán sonidos de corta duración (unos pocos segundos).

También se incluirá en la encuesta una fase de aprendizaje de uso de la aplicación tomándose nota del tiempo requerido para cada respuesta, por si fuera necesario descartar las últimas cuestiones del test debido a la fatiga del encuestado.

Una vez finalizado el test, se llevara a cabo un exhaustivo estudio estadístico de los resultados, así como una comparativa con diferentes ponderaciones frecuenciales del parámetro global asociado a las pérdidas por inserción.

4- CONCLUSIONES

En el presente trabajo hemos presentado el diseño de un experimento perceptivo que tiene como fin estudiar la validez de los parámetros utilizados para caracterizar el rendimiento de pantallas acústicas desde un punto de vista perceptivo.

Cabe esperar de esta investigación la validación o propuesta de mejoras de los criterios actualmente establecidos para tal fin. Según sean los resultados, de acuerdo o no con dichos valores, se deberá extender el estudio a más casos, considerando diferentes fuentes de ruido así como condiciones meteorológicas, etc.

En un test previo se ha encontrado que tanto los valores de aislamiento o de pérdidas por inserción establecidos por las normas no justifican las diferencias percibidas en el rendimiento de diferentes tipos de pantallas.

En futuros trabajos se presentarán los resultados del nuevo experimento perceptivo, que recogerá los aspectos recopilados en esta comunicación para la mejora de lo realizado hasta el momento.

5- AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, bajo el proyecto TEC2015-68076-R.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

6- REFERENCIAS

- [1] Sánchez-Pérez JV, Rubio C, Martínez-Sala R, Sánchez-Grandia R, Gómez V (2002) Acoustic barriers based on periodic arrays of scatterers. Appl Phys Lett 27:5240–5242
- [2] UNE-EN 1793-1. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 1: Características intrínsecas. Absorción sonora.
- [3] UNE-EN 1793-2. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 2: Características intrínsecas. Aislamiento a ruido aéreo.
- [4] UNE-EN 1793-4. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 4: Características intrínsecas. Valores in situ de la difracción sonora.
- [5] UNE-EN 1793-5. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 5: Características intrínsecas. Valores in situ de la reflexión sonora en condiciones de campo sonoro directo.
- [6] UNE-EN 1793-6. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 6: Características intrínsecas. Valores in situ del aislamiento al ruido aéreo en condiciones de campo sonoro directo.
- [7] ISO 10847:1997 Acoustics -- In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types
- [8] Lopez Jose J., Redondo Javier, Sanchez-Perez Juan V. On the performance of noise barriers based on sonic crystals. 25th International Congress on Sound and Vibration. Hiroshima 2018
- [9] ISO/TS 15666:2003-02. (2003) Acoustics - Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys.