

Estudio acústico de barreras

ROBERT BARTI DOMINGO
JOAN SERVERA PLANISI
e-mail:rob@els.url.es

DEPARTAMENTO DE ACÚSTICA INGENIERIA LA SALLE BARCELONA
UNIVERSIDAD RAMON LLULL
Pg. Bonanova, 8. 08026 Barcelona

INTRODUCCIÓN

Las barreras acústicas tienen por objetivo introducir una atenuación de las señales de ruido procedentes de una o varias fuentes. En éste trabajo se ha estudiado el caso particular, de una barrera instalada en una autopista, concretamente en el Km 13 de la autopista A-16. Se han comparado los valores de IL obtenidos bajo unas condiciones de tráfico similares (Fig. 1 y 2), con los valores esperados del estudio teórico previo. Las medidas se realizaron con una temperatura entre 11 y 13°C y entre un 40% y un 75% de humedad relativa.

ESTUDIO TEÓRICO

El estudio teórico se ha realizado siguiendo dos métodos diferentes: Maekawa i Beranek. Hay que decir, sin embargo, que los resultados previstos por uno y otro método son muy similares, y que para calcular el IL, ambos se basan en la difracción de las ondas acústicas cuando inciden sobre la barrera, en función del número de Fresnel, y para cada punto de medida Pij. Se ha supuesto que la barrera es uniforme y compacta, y que no presenta variaciones a lo largo de toda la estructura. Los resultados los podemos ver reflejados en forma de gráfica, (Fig.3).

MEDIDAS REALIZADAS

Las medidas "in situ" se realizaron los meses de Noviembre 1994 y Marzo de 1995 procurando siempre medir con las mismas condiciones ambientales y de tráfico. Para ello se han grabado en DAT todas las señales con una duración de tres minutos, para analizarlas posteriormente en el laboratorio. Para tener constancia del tráfico existente en ese instante, se graba en cinta de vídeo los vehículos que pasan por delante del punto de medida. Estas imágenes nos sirven para comprobar qual era la densidad de tráfico, y cuales eran los vehículos que pasaban en ese momento y a que velocidad lo hacian. Se hicieron dos tipos de medidas, unas con barrera y otras sin barrera. En cada caso se hicieron series de nueve puntos, tres distancias diferentes 2m, 4m, 8m, cada una de ellas doble de la anterior, y tres alturas diferentes, 1m, 2m, 3m (Fig. 10 y 11). El objetivo de escoger tres distancias diferentes es averiguar la ley de propagación acústica en función de la densidad de tráfico. Las medidas con barrera se han hecho todas en el mismo punto de la autopista, mientras que las medidas sin barrera, se han hecho en diferentes puntos. Como las condiciones de tráfico deben ser lo mas parecidas posible, se tuvo que tener en cuenta la presencia de salidas y entradas de autopista cerca del punto de medida.

El equipo utilizado en la medición, estaba formado por un sonómetro digital B&K 2230, un micrófono B&K 4155, un calibrador B&K 4230. Posteriormente en el laboratorio se analiza con un analizador B&K 2035, y se utiliza un hoja de cálculo para procesar los datos numéricos obtenidos. En todas las mediciones se tuvo en cuenta grabar con las mismas condiciones. A pesar de todas nuestras precauciones era del todo imposible garantizar que el tráfico tuviera exactamente las mismas características durante los tres minutos de grabación. Para ello, se analizó primero la cinta, y se eliminó cualquier vehículo, que tuviera unas características fuera de lo común, por ejemplo el paso de una motocicleta especialmente ruidosa, o el paso de un vehículo pesado excesivamente ruidoso, mediante un editaje de la cinta. La grabación se hacia en lineal para analizarla en 1/3 octava.

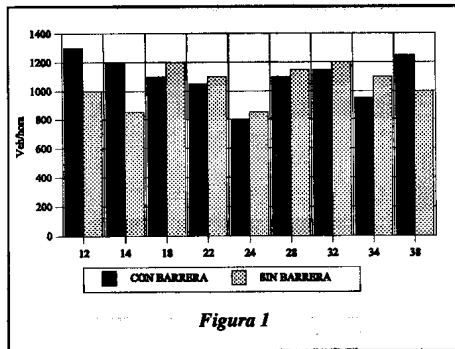


Figura 1

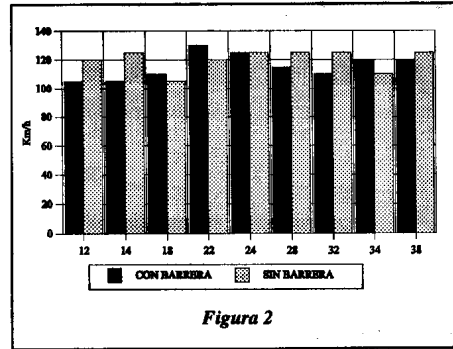


Figura 2

La barrera tiene una altura de 2m, y una anchura de unos 2 Km. Su grosor es de unos 15 cm. La base es de hormigón, sobre la cual se asienta una estructura de madera que es propiamente la barrera. Por la parte vista de la autopista, está recubierta con una "Uralita". En su interior existe un absorbente sintético poroso. En su parte exterior el revestimiento es de madera, formada por láminas de 20 cm de ancho, 2m de longitud y 3,5 cm de grosor. Dada la longitud total de la barrera, 2 Km, se puede considerar a ésta semi-infinita, ya que el punto de medición se encuentra entre 2m y 8m.

RESULTADOS

Como podemos observar en la figura 3, cuando los puntos de medida se encuentran cerca del suelo, en éste caso a 1 m, las diferencias entre los cálculos teóricos y las mediciones son importantes. Se observa que las previsiones de Beranek y Maekawa para puntos en zona de sombra, difiere bastante de la realidad, concretamente en más de 4 dB. Se observa también unos picos donde el aislamiento es menor, a 315 Hz y a 1250 Hz. Estos picos se repiten de forma acusada en la figura 2, que corresponde también a una posición de puntos en zona de sombra, y posteriormente daremos una explicación. El punto 18 que es el más alejado, y que en principio podría parecer que tendría más IL, resulta que es todo lo contrario, y queda una media de 6,6 dB por debajo del valor calculado. La razón hay que buscarla en la reflexión con el suelo. Cuando se han hecho las previsiones teóricas no se ha tenido en cuenta esta reflexión, por dos motivos; 1. Se desconoce su coeficiente de absorción, y 2. La superficie que presenta es muy irregular. Se trata de tierra batida, con vegetación silvestre, y superficie muy irregular, que hace imposible una modelación o aproximación con una superficie conocida. En estos casos, generalmente se opta por considerar al suelo como medio dispersivo. Esta suposición no es del todo errónea. En la figura 4, la altura del punto de observación es de 2 m. Hay que destacar que el punto 28, que en teoría debería presentar un mayor IL, resulta que el IL es inferior al del punto 24 que está más cerca de la barrera, y acercándose a la zona iluminada. La justificación de este hecho es que el suelo introduce una reflexión, que en el caso del punto 28 se nota mucho más que en los otros puntos. No obstante, la influencia del suelo sobre el punto 28 es menor que sobre el punto 18. No es por el hecho de estar a mayor distancia, sino por estar más separado del suelo. Por tanto, el suelo si que es dispersivo como se había pronosticado, pero hay que tener en cuenta sus efectos, cuando los puntos de medición se encuentran cercanos, aunque la dificultad reside en cuantificar esta contribución. Vemos en la figura 4, que los valores teóricos se acercan más a los reales, ahora las desviaciones medias se sitúan entorno a los 0,5 y 1,5 dB. Los puntos 22 y 24 presentan una IL ligeramente inferior a las previsiones, mientras que el punto 28, se aparta más, una media de 2,9 dB.

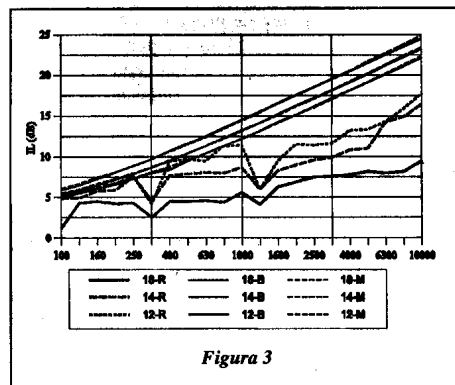


Figura 3

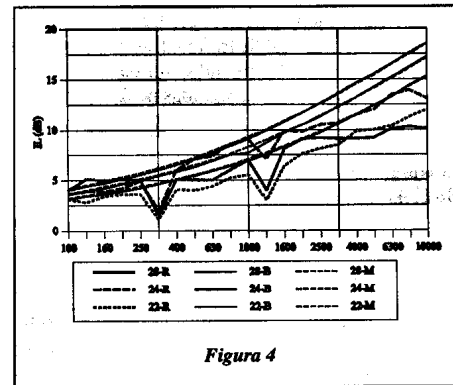


Figura 4

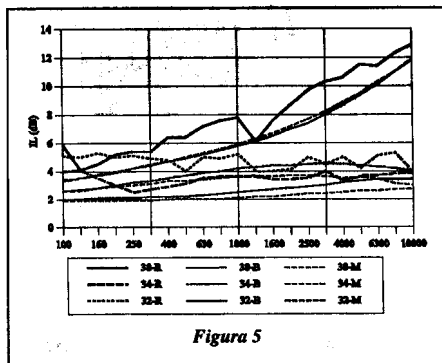


Figura 5

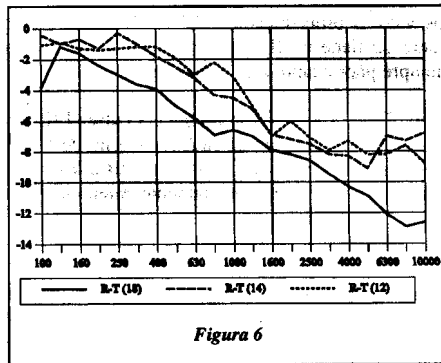


Figura 6

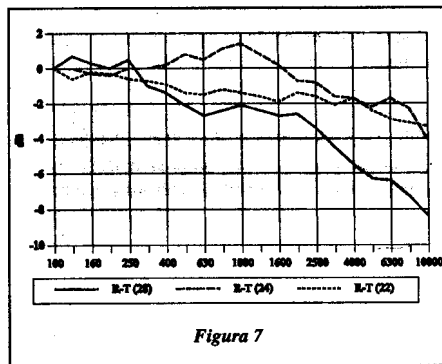


Figura 7

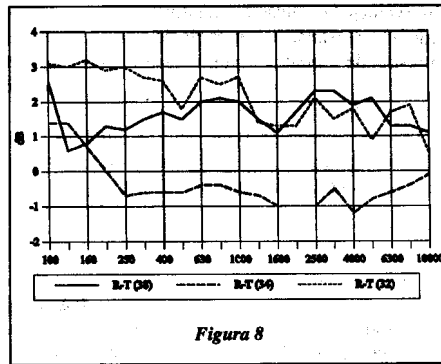


Figura 8

En la figura 5 tenemos la predicción y los resultados medidos para los puntos que están en zona iluminada o bien cerca de ella. La altura de éstos puntos es de 3 m. Destacamos que los puntos 32 y 38, ofrecen un IL superior a lo previsto por los cálculos teóricos, en una media de 1,5 dB. Algo parecido sucede con los otros dos puntos. El punto 32 que se encuentra en zona iluminada, presenta un IL superior a lo previsto, 2 dB de media. Además se observa que el IL a bajas frecuencias es mejor que a altas frecuencias, en contraste con la predicción.

Para poder establecer comparaciones, se analiza la causa de los picos a 315 Hz y 1.250 Hz. Estos picos suponen una pérdida de IL y por tanto la causa podría ser que las paredes de la barrera, radiaran hacia la parte posterior, donde se ubica el receptor. Con el objetivo de analizar éste fenómeno, se graba en DAT la información procedente de un acelerómetro, convenientemente acondicionada. El acelerómetro se fija mediante una chincheta con soporte sobre una de las tiras de madera. El resultado de aceleración, nos revela la presencia de dos picos, justamente a las bandas de 315 Hz y 1.250 Hz. A éstas frecuencias la barrera radia energía acústica hacia la parte posterior, disminuyendo considerablemente su IL. (Es lamentable que pudiendo hacer las cosas bien siempre haya quien se alardee de sabio). Una vez aclarada la procedencia de los picos, se procede a interpolar los valores de IL que tendría la barrera sin esos problemas, con el objetivo de efectuar comparaciones y sacar conclusiones de nuestras mediciones. Los resultados los podemos ver en forma gráfica en las figuras 6, 7, y 8.

En la figura 6 podemos ver la diferencia entre el IL real y el previsto, para los puntos situados a 1 m. de altura. Se observa que a baja frecuencia, las previsiones se acercan bastante a la realidad, 1 o 2 dB por debajo. Mientras que para frecuencias más altas, la diferencia es creciente con la frecuencia. Se puede observar una pendiente de 2 dB/Octava. para todos los puntos. El que tiene más influencia del suelo, el 18, presenta un IL inferior. Los otros dos, el 14 y el 12, siguen las mismas tendencias. De la gráfica de la figura 6 podemos deducir que el efecto de difracción en la punta de la barrera es importante.

En la figura 7 tenemos la diferencia entre el IL real y el previsto, para puntos situados a 2 m. de altura. Observamos que el punto 28 es el más perjudicado por la reflexión en el suelo, aunque no tanto como el punto 18. Los otros dos puntos, el 24 y el 22, presentan similares características, y se acercan bastante a

los valores pronosticados. Cabe mencionar que el punto 22 tiene un IL algo inferior a lo previsto, y siempre peor cuanto más alta es la frecuencia.

En la figura 8 tenemos la diferencia entre el IL real y el previsto, para puntos situados a 3 m. de altura. Los puntos 38 y 32 dan un IL superior a las previsiones, unos 2 dB aproximadamente, mientras que el punto 34, situado entre los dos anteriores presenta una IL en general bastante cercano a las previsiones.

De todo lo expuesto anteriormente se puede deducir que los puntos 22, 24, y 34 se ajustan bastante a las previsiones teóricas. Los puntos 12, 14, 18, y 28 presentan un IL inferior a la previsión teórica, y los puntos 32 y 38 un IL superior a las previsiones. Si observamos la ubicación relativa de éstos puntos, podemos constatar la presencia de tres zonas. La primera donde el IL obtenido es superior al calculado, y corresponde a puntos iluminados o cercanos a la zona iluminada y alejados de la barrera y del suelo. La segunda zona corresponde a un valor de IL muy cercano a la previsión, y se produce cuando estamos en zona de sombra, cerca de la barrera, y alejados del suelo, como los puntos 22, 24, y 34. Y finalmente una tercera zona, donde el IL obtenido es inferior al calculado, que son los puntos cercanos al suelo, o muy alejados de la barrera, y con altura inferior o igual a ésta.

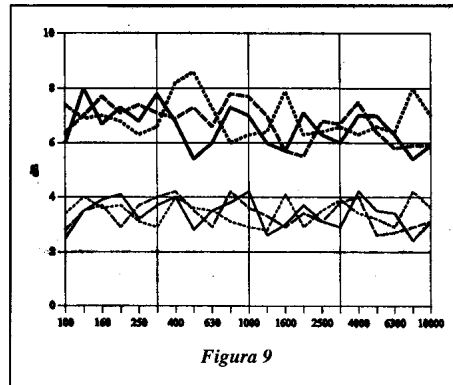


Figura 9

ATENUACIÓN CON LA DISTANCIA

Las medidas realizadas a 2m, 4m y 8m tenían por objetivo ver cual era la ley de propagación del sonido producido por los vehículos que pasan a velocidad constante por una autopista. En teoría se considera que una situación así corresponde a la de una fuente lineal e incoherente, y por tanto con una ley de propagación cilíndrica, es decir, -3 dB al doblar la distancia. Los resultados obtenidos se reflejan en forma de gráfica en la figura 9. Haciendo un promedio de los valores obtenidos, tenemos que al doblar la distancia (2m a 4m) la atenuación media es de 3,5 dB, mientras que al cuadruplicar la distancia, y pasar de 2m a 8m la atenuación media es de 6,75 dB. La densidad de tráfico era de unos 1000 veh./hora (Fig. 1). Por consiguiente, de nuestras mediciones deducimos que la propagación no es exactamente cilíndrica. El hecho de que al cuadruplicar la distancia la atenuación no se duplique, se puede interpretar como un efecto de dispersión de la radiación emitida por los vehículos, ocasionada por hacer las medidas en campo próximo. En las figuras 10 y 11 podemos ver la situación de los puntos, y la distribución por zonas a la que se llega tras el análisis de los resultados.

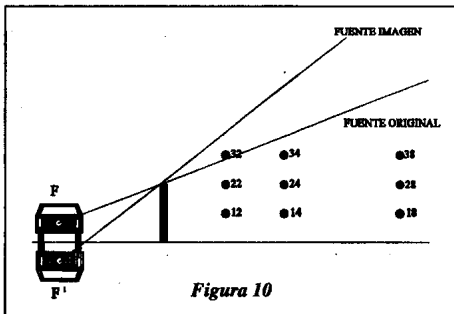


Figura 10

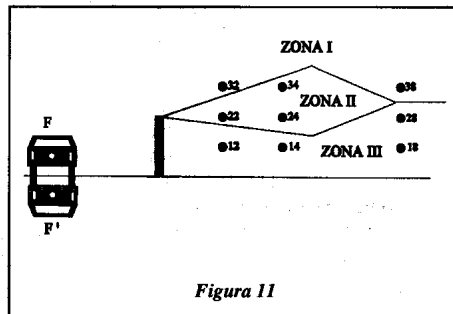


Figura 11

CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos, podemos concluir que la clasificación en zona de sombra y zona iluminada producida por una barrera, cuando la fuente es el tráfico que circula por una autopista, habría que dividirla en principio en tres zonas. Destacar que curiosamente en la zona I se obtienen mejores resultados de los previstos, y la peor es al zona III. En la zona II se mantiene un cierto paralelismo entre los cálculos teóricos y las medidas prácticas. En general podemos decir que el IL previsto de una barrera instalada cerca de una vía de circulación rápida, como puede ser una autopista, se obtienen valores de aislamiento inferiores a los esperados. Hay que profundizar más en la modelización del suelo, y en el estudio de la arista de la barrera.