

REVISIÓN DEL SISTEMA DE CATEGORIZACIÓN ACÚSTICA DE LAS VÍAS PÚBLICAS EN CÁCERES, BADAJOZ Y VITORIA-GASTEIZ

REFERENCIA PACS: 43.50.Sr

Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V.; Méndez Sierra, J.A.; Vílchez Gómez, R.
Dpto. de Física, Escuela Politécnica. Universidad de Extremadura.
10071 Cáceres. España
Tel.: 34 927 257 234.
Fax: 34 927 257 203
E-mail: barrigon@unex.es

ABSTRACT

A revision of the work done up to the moment to characterize environmental noise in some Spanish cities (Cáceres, Badajoz and Vitoria-Gasteiz) is presented. Following previous results published by different authors, a method was used to catalogue the streets according to their roadway characteristics and select the sampling points. The results obtained from the comparison of the three cities show some differences and concordances in the behaviour of the categories. This suggests the possibility of a new proposition of categorizing the streets as necessary.

RESUMEN

En esta comunicación presentamos una revisión del trabajo realizado hasta el momento, por nuestro grupo de investigación, para la caracterización del ruido ambiental en tres ciudades españolas de tamaño medio.

Nuestros primeros estudios sobre ruido urbano fueron realizados en las ciudades extremeñas de Cáceres y Badajoz. En una primera fase del desarrollo de nuestros estudios, basándonos en trabajos publicados por otros autores, el método empleado para la selección de los puntos de muestreo fue la catalogación de sus calles atendiendo a su uso como vía de comunicación.

Los resultados obtenidos de la comparación de las tres ciudades nos muestran algunas diferencias en el comportamiento de las categorías y algunos aspectos concordantes. Esto nos lleva a concluir en la necesidad de continuar por esta línea hacia una adecuada definición de las categorías. De forma similar a los trabajos anteriores, pretendemos que las nuevas categorías sean aplicables de forma general a las ciudades citadas y a ciudades análogas.

INTRODUCCIÓN

Existen diferentes métodos de estudio de la acústica ambiental de ciudades, cada uno con sus ventajas e inconvenientes¹. Uno de ellos es el de categorización de vías. En éste

método se realiza una clasificación (categorización) de las calles de la ciudad objeto de estudio, atendiendo a sus características viales, esto es, según el uso al que están destinadas, poblaciones o lugares que comunican, densidades de tráfico, etc. Una vez realizada esta clasificación es recomendable un procedimiento de selección al azar de los puntos de medida sobre cada tipo de vía. Si la definición de las categorías resulta adecuada, esta sistemática de trabajo puede representar un método conveniente para el estudio del ruido urbano y para conocer la calidad acústica medioambiental, por el ahorro de tiempo que supone, dado que requiere un número reducido de medidas, en comparación con otros métodos, al no ser necesario medir exhaustivamente todas las vías y puntos de una ciudad.

Nuestro grupo de investigación ha aplicado una categorización de calles a tres ciudades españolas, de tamaño medio^{2, 3, 4}: Cáceres (81.000 habitantes), Badajoz (140.000 habitantes) y Vitoria-Gasteiz (218.000 habitantes). Todas ellas presentan un casco antiguo (más significativo el de Cáceres por ser Patrimonio de la Humanidad) y una parte moderna. Asimismo, si bien todas las ciudades estudiadas presentan centros universitarios, la importancia relativa de la presencia de estudiantes es mayor en la ciudad de Cáceres representando un incremento superior a un 10% en la población.

El presente estudio revisa los resultados obtenidos como consecuencia de la categorización de calles realizada en las tres ciudades antes mencionadas. Analizamos aquellos aspectos que han resultado concordantes y aquellos otros que indican comportamientos diferentes para similares categorías. Finalmente proponemos algunas ideas que pueden servir de guía hacia una nueva definición de categorías que sea aplicable, al menos, a ciudades de características similares a las estudiadas.

METODOLOGÍA

Categorización

Como se ha mencionado, las calles de las distintas ciudades estudiadas se dividieron en categorías de acuerdo con su utilidad como vía de comunicación.

Para la catalogación de las calles, se consideró la existencia de unos puntos límite de la zona bajo estudio. Éstos se encuentran situados en las vías de acceso a la ciudad y vienen a coincidir, aproximadamente, con los límites de zona urbana. Además se consideraron unos puntos que delimitan la zona central de la ciudad.

Se consideraron como vías de acceso a la ciudad aquellas preferentemente utilizadas para comunicarse con otras zonas peninsulares. En este sentido, las vías que comunican únicamente con núcleos de población de ámbito provincial se consideraron, cuando hubo lugar, como vías de uso interno (urbano).

Con estas consideraciones, las categorías bajo estudio se definen de la siguiente forma:

Tipo 1: Vías de utilización preferente para comunicar los puntos límites sin atravesar la zona central de la ciudad, o para comunicar los citados puntos con los que delimitan la zona central.

Tipo 2: Vías que dan continuidad, atravesando la zona central, a las pertenecientes a la categoría anterior, uniendo los puntos límites de la zona central de la ciudad.

Tipo 3: Vías con dos sentidos de circulación, no incluidas en las categorías anteriores, utilizadas de forma preferente para desplazarse entre diversas zonas de la ciudad.

Tipo 4: Vías con un sentido de circulación, no incluidas en las categorías anteriores, utilizadas de forma preferente para desplazarse entre diversos puntos de la ciudad.

Esta definición de categorías, se utilizó en Cáceres y Badajoz. A partir de los resultados que se obtuvieron³, se decidió en Vitoria-Gasteiz⁴, a modo de contraste, redefinir estas dos categorías, quedando, para esta ciudad, de la siguiente forma:

Tipo 3(b): aquellas que tienen origen y destino en calles del primer o segundo tipo.

Tipo 4(b): diferentes calles, que dan acceso a barrios de la ciudad y que no han sido incluidas en las categorías anteriores.

Tipo 5: incluye el resto de las calles de la ciudad. Esta categoría no fue objeto de estudio en los trabajos anteriores.

Selección de los puntos de medida

Para los diferentes estudios, la selección de los puntos se realizó tomando aproximadamente el mismo número de puntos por categoría. Para cada categoría, se consideraron todos los puntos de las calles que la componen como igualmente probables; así, se introdujo, indirectamente, un factor de peso asociado a la longitud de la calle. En el caso de existir puntos equivalentes (dos puntos eran considerados equivalentes si entre ellos no había ningún cruce), se elegía otro punto hasta deshacer la equivalencia.

Procedimiento de medida

En Cáceres y Badajoz las medidas fueron realizadas durante el mes de junio. En cada punto seleccionado se realizaron ocho medidas en un período horario de 8:00 a.m. a 8:00 p.m. (horario laboral usual). Las ocho medidas fueron tomadas en días diferentes (sólo se estudiaron días laborables), horas diferentes (dentro del intervalo horario mencionado) y a ambos lados de la calle.

En Vitoria empleamos una sistemática de medidas diferente, debido a que nos interesaba probar otro sistema de medida en el cual el número total de categorías fuese comparable pero en vez de repetir tantas medidas en un mismo punto realizar medidas en distintos puntos siempre en horarios que ocupasen toda la jornada laboral. Cada punto seleccionado fue medido dos veces en horario de 8:00 a.m. a 8:00 p.m. (lunes a viernes durante el mes de septiembre).

Todas las medidas fueron realizadas siguiendo la norma ISO 1996 empleando sonómetros Brüel & Kjaer (modelo 2236 para las medidas en Cáceres y Badajoz, modelo 2231 para Vitoria-Gasteiz). En todos los casos el volumen del tráfico se midió y clasificó (coches, vehículos pesados y motocicletas) manualmente durante el muestreo; cualquier otra información relevante (fuentes de ruido, condiciones meteorológicas, dimensiones de las calles, etc...) se anotó también. En cada medida se registraron los siguientes niveles: L_{eq} , L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{max} y L_{min} , en dB(A).

RESULTADOS

Resultados globales

El número total de medidas llevadas a cabo fueron: 183 en Cáceres (47 correspondientes al tipo uno, 48 al tipo dos, 48 al tres y 40 al cuatro), 160 medidas en Badajoz (40 para cada tipo) y 192 en Vitoria-Gasteiz (48 para cada tipo).

En la Tabla 1 puede observarse un cuadro resumen con los valores medios, desviaciones típicas, valores máximos y mínimos de cada nivel medido en las diferentes ciudades.

Nivel (dBA)	L _{eq}			L _{max}			L _{min}		
	Cc	Ba	Vi	Cc	Ba	Vi	Cc	Ba	Vi
Valor medio	70,7	69,8	68,7	91,1	89,6	81,7	51,0	51,8	53,1
Desviación típica	3,9	4,1	3,5	5,2	5,6	4,1	5,0	4,3	4,7
Máximo valor	83,6	78,2	76,7	109	112	94,9	62,7	65,5	64,3
Mínimo valor	59,3	58,4	59,2	72,3	76,6	70,0	38,5	42,2	41,4
Nivel (dBA)	L ₁₀			L ₅₀			L ₉₀		
	Cc	Ba	Vi	Cc	Ba	Vi	Cc	Ba	Vi
Valor medio	73,1	72,3	72,1	64,2	64,8	65,2	57,1	58,1	58,0
Desviación típica	3,8	4,3	3,4	4,8	4,8	4,4	4,8	4,5	4,5
Máximo valor	80,0	81,5	80,0	71,5	74,0	75,5	66,5	67,5	68,5
Mínimo valor	60,0	62,5	61,0	49,5	51,5	52,0	44,5	45	47,5

Tabla 1: Resumen de las medidas realizadas en las distintas ciudades estudiadas (Cc = Cáceres, Ba = Badajoz, Vi = Vitoria-Gasteiz).

Como puede apreciarse, existe una gran similitud en los valores encontrados en las tres ciudades estudiadas. En un estudio grosero de los resultados mostrados (sin tener en cuenta que las desviaciones típicas hacen que todos los intervalos sean coincidentes), se aprecian unos valores ligeramente superiores en L_{eq} y L₁₀ en Cáceres respecto a las otras dos ciudades, si bien, el valor de fondo (L₉₀) es el menor en esta ciudad.

En lo que se refiere a la distribución estadística de los valores medidos, en la Figura 1 puede verse el histograma de distribución de nivel equivalente según intervalos. La gráfica muestra una distribución en forma de campana para las tres ciudades, cuyo máximo se encuentra para Cáceres en el intervalo 70-75, para Vitoria en el intervalo 65-70 y para Badajoz en los dos intervalos.

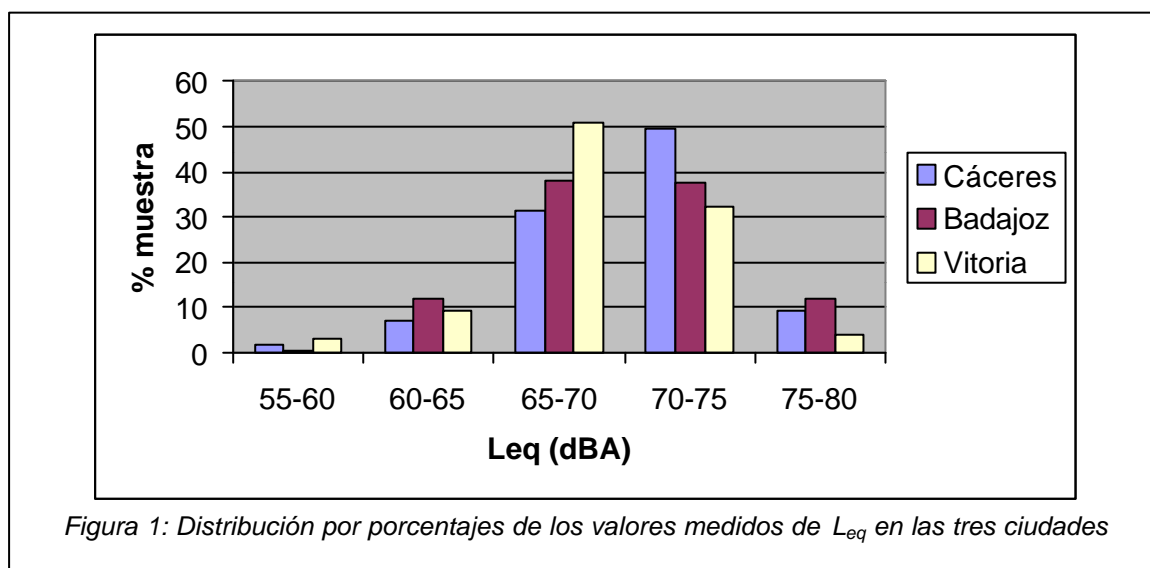


Figura 1: Distribución por porcentajes de los valores medidos de L_{eq} en las tres ciudades

Es importante señalar, según vemos en los resultados de la Figura 1, que todas las ciudades consideradas presentan elevados porcentajes de nivel equivalente superiores a los 65 dBA: 90,7% para la ciudad de Cáceres y 87,5% para las ciudades de Badajoz y Vitoria-Gasteiz. El valor de 65 dBA es importante, pues puede ser considerado como el nivel aceptable para la exposición diurna⁵.

Resultados por categorías

En la Tabla 2 pueden observarse los valores medios obtenidos de nivel equivalente (L_{eq}), junto con sus desviaciones típicas, para las distintas categorías de las tres ciudades estudiadas.

Categoría	L _{eq} (dBA)		
	Cc	Ba	Vi
Tipo 1	72,6 ± 2,5	72,7 ± 2,3	70,4 ± 2,9
Tipo 2	72,5 ± 2,3	72,5 ± 3,5	70,1 ± 3,1
Tipo 3	70,7 ± 2,9	66,3 ± 3,2	68,3 ± 3,2
Tipo 4	66,3 ± 4,6	67,8 ± 3,2	65,9 ± 3,0

Tabla 2: Valores medios y desviaciones típicas del nivel equivalente por categorías de vías.

En la Tabla anterior podemos observar que, en las tres ciudades consideradas, conforme vamos analizando categorías asociadas a vías de comunicación que, en principio, son de uso más restringido para la población de la ciudad estudiada, el valor del nivel equivalente obtenido va siendo cada vez menor. Comprobamos, asimismo, una gran similitud para los valores obtenidos en las vías de tipo 1 y 2 en cada una de las tres ciudades analizadas; confirmándose con ello que, respecto al ruido de tráfico, las calles incluidas en ambas categorías pueden entrar a formar parte de una sola categoría.

Respecto al comportamiento obtenido para las categorías tipo 3 y 4 podemos ver que, en todas las ciudades, poseen valores diferentes a los obtenidos para las categorías anteriores. Además, tanto en Cáceres como en Vitoria, aunque con definiciones diferentes, las categorías tipo 3 y 4 pueden considerarse diferentes entre ellas.

A partir de los valores medios obtenidos para los niveles equivalentes en cada categoría, se comprueba que la definición de categorías que puede ser útil para el estudio del ruido en Cáceres no resulta adecuada para el estudio de Badajoz, ciudad para la cual de las cuatro categorías definidas parecen obtenerse solamente dos ambientes sonoros diferenciados. Observemos que las categorías utilizadas en la ciudad de Vitoria, con las modificaciones realizadas en la definición de las categorías tipo 3 y 4, pueden indicar una vía útil en la que basarse para la redefinición global de todas las categorías analizadas; siendo necesarios más estudios para su comprobación.

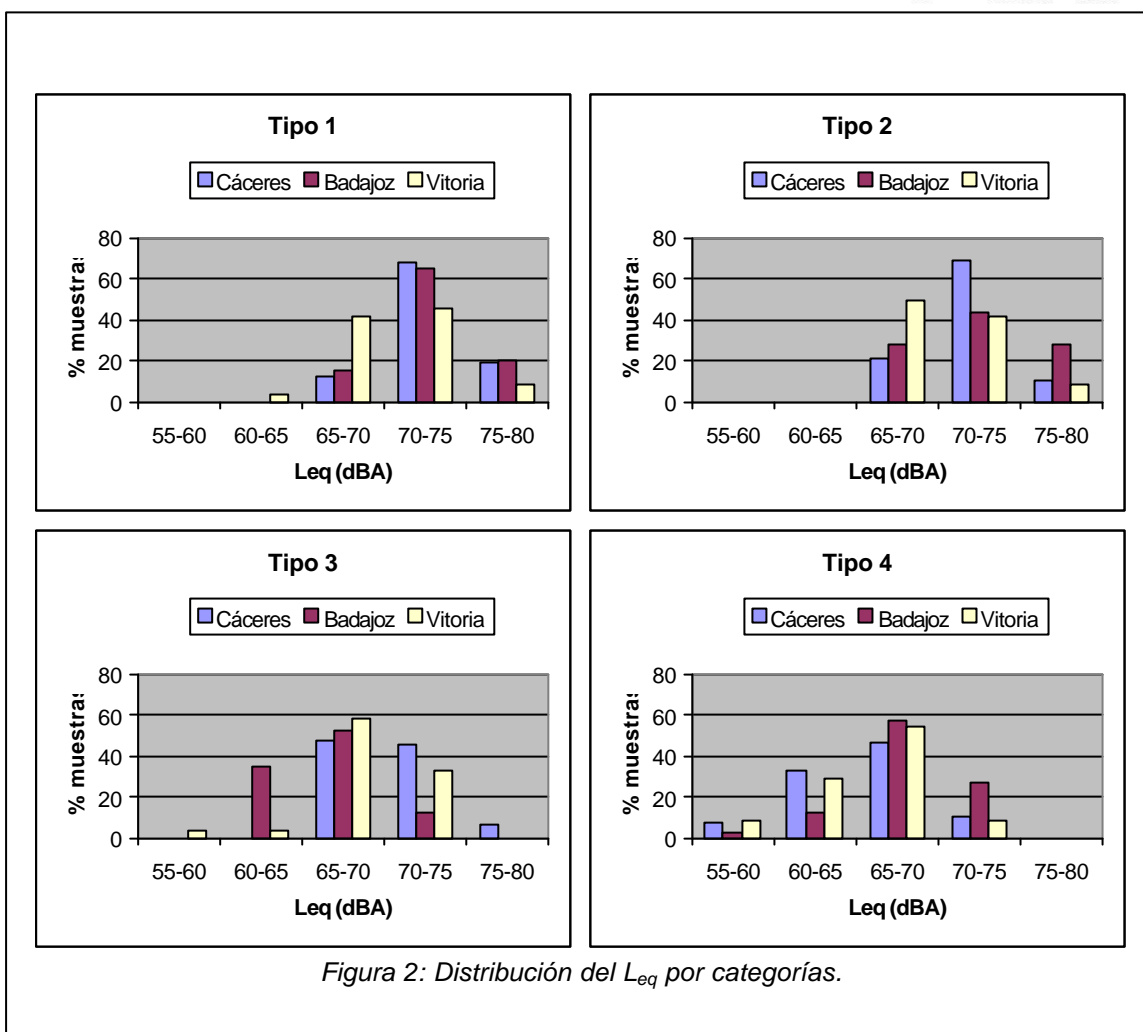


Figura 2: Distribución del L_{eq} por categorías.

La Figura 2 presenta los histogramas de nivel equivalente medido por categorías y ciudades. Nuevamente, se vuelve a observar la similitud entre las distribuciones encontradas en las vías de tipo 1 y 2 (quizá menos marcadas en la ciudad de Badajoz), quedando de manifiesto la coincidencia entre ambas categorías. Además, se aprecia que, debido al desplazamiento hacia niveles inferiores, las categorías 3 y 4 se diferencian de las anteriores y entre sí, corroborando anteriores comentarios. Analizando ahora en global el conjunto de resultados obtenidos para las tres ciudades estudiadas, y con las reservas necesarias, en la Tabla 3 pueden verse los porcentajes acumulados de las tres ciudades para cada categoría.

Categoría	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80
Tipo 1 %	0	1,4	23,2	59,6	15,8
Tipo 2 %	0	0	33,0	51,3	15,7
Tipo 3 %	1,4	13,1	52,9	30,5	2,1
Tipo 4 %	6,4	25,2	52,8	15,6	0

Tabla 3: porcentajes acumulados de L_{eq} (dBA) para las ciudades de Cáceres, Badajoz y Vitoria-Gasteiz según el tipo de categoría de vía.

La tabla muestra más claramente los comentarios realizados anteriormente. Las categorías 1 y 2 concentran cerca del 75% de los valores de nivel equivalente medidos en el intervalo de 70 – 80 dBA, mientras en las categorías 3 y 4, sin embargo, más del 65% de los valores se encuentran por debajo de este intervalo, estando la mayor proporción en el intervalo 65 – 70 dBA. Nuevamente vuelve a quedar de manifiesto el parecido entre las categorías tipo 1 y 2, y la diferencia entre estas dos categorías y las categorías tercera y cuarta. Además parece mostrarse diferencias entre las categorías 3 y 4.

CONCLUSIONES

Se han analizado los datos tomados en los estudios acústicos de tres ciudades diferentes catalogando sus vías de comunicación en cinco tipos distintos según su uso. A la vista de este análisis se concluye que:

- 1.- Se comprueba la utilidad de la aplicación del método de clasificación de las calles de una ciudad atendiendo a sus características viales para el estudio del ruido urbano.
- 2.- Parece confirmarse que las calles pertenecientes a las categorías tipo 1 y 2 pueden entrar a formar parte de una única categoría.
- 3.- Las categorías 3 y 4 parecen mostrarse diferentes a las dos primeras, y a su vez distintas entre sí. La redefinición de ellas utilizada en Vitoria-Gasteiz parece indicar una buena línea de trabajo para posteriores mejoras.
- 4.- Se deduce el interés de profundizar en la obtención de una definición de categorías que pueda ser generalizable al menos a ciudades de características similares.
- 5.- Si tomamos como referencia el valor de 65 dBA (límite del nivel aceptable para la exposición diurna) podemos considerar todas las ciudades estudiadas como ruidosas, pues los niveles encontrados superan claramente este valor de referencia: Cáceres (90,7%), Badajoz y Vitoria-Gasteiz (87,5%). No obstante, hay que indicar, que las categorías de tipo cinco, que previsiblemente son las de un entorno de menor contaminación acústica, no han sido estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Junta de Extremadura (Proyecto IPR98A071).

REFERENCIAS

-
- ¹ A.L. Brown, K.C. Lam, "Urban Noise Surveys", *Applied Acoustics*, **20**, 23-39 (1987)
 - ² Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V.; Gutiérrez, P.D.; Alejandre, L.; Casillas, A.; Ahmed, J. "Estudio preliminar del ruido ambiental en la ciudad de Cáceres", *Revista de Acústica*, **30**, (1999) (CD-Rom, ISBN 84-8785-02-5)
 - ³ Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V.; Gutiérrez, P.D.; Alejandre, L.; "Study of medium-sized cities of Extremadura by categorizing roadway characteristics", *7th International Congress on Sound and Vibration* (aceptado)
 - ⁴ Barrigón, J.M.; Gómez Escobar, V.; Gutiérrez, P.D.; Méndez, J.A.; "Study of Vitoria-Gasteiz by categorizing roadway characteristics", *29th International Congress on Noise Control Engineering, Internoise 2000* (aceptado)
 - ⁵ OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Report Fighting noise. Paris: OECD Publications; (1986)