

## **LA MEDIDA DEL RUIDO EN LAS CALLES. EFECTOS DE LA SITUACIÓN DEL EQUIPO DE MEDIDA**

PACS: 43.50.Sr

Barrigón Morillas, Juan Miguel; Gómez Escobar, Valentín; Fondón Javato, María Cintia; Sáenz Caballero, Esther; Rey Gozalo, Guillermo; Carmona del Río, Javier; Vílchez-Gómez, Rosendo; Méndez Sierra, Juan Antonio.

Dpto. de Física Aplicada, Escuela Politécnica, Universidad de Extremadura.

Avda. de la Universidad s/n,

10071 Cáceres

Tel.: 34 927 257 195

Fax: 34 927 257 203

barrigon@unex.es

### **ABSTRACT**

In the elaboration of noise map of a locality by means of measures, we took values of the sonorous level in points selected of the city depending on a certain selection points criterion. The location of the measuring equipment and the corrections to be done, depending on this location, they come gathered in some normative standards international. The present work shows by means of simultaneous measures with two sound level meters at different distances of the facade, in different points of a city, the effect of the position of the sound level meters on the final value of the measure.

### **RESUMEN**

En la elaboración del mapa de ruido de una localidad mediante medidas, se toman valores del nivel sonoro en puntos seleccionados de la ciudad en función de un determinado criterio de selección de puntos. La localización del equipo de medida y las correcciones a realizar, en función de esa localización, vienen recogidas en algunas referencias normativas internacionales. Presentamos un trabajo en el que, mediante medidas simultáneas con dos sonómetros, a diferentes distancias de la fachada, en diferentes puntos de una ciudad, analizamos el efecto de la posición del sonómetro sobre el resultado de la medida.

### **INTRODUCCIÓN**

A lo largo de las últimas décadas se han llevado a cabo múltiples estudios de ruido ambiental en todo el mundo. Un gran número de éstos han estado enfocados a la evaluación de la contaminación sonora existente en los medios urbanos mediante la elaboración de mapas de ruido. Un ejemplo de ello puede verse en los trabajos realizados por Arana y Barrigón et al. [1, 2].

Los niveles sonoros existentes en un cierto emplazamiento urbano son el resultado de una compleja interacción entre un gran número de fuentes sonoras de diferente naturaleza y bajo unas condiciones urbanísticas, arquitectónicas y atmosféricas muy concretas [3]. Estas condiciones pueden dar lugar a variaciones en la intensidad del nivel sonoro medido en dos o más receptores diferentes incluso en el hipotético caso de que las fuentes fuesen idénticas. Como es natural, cualquiera que sea su naturaleza, estas condiciones son propias de un enclave urbano determinado y pueden variar considerablemente de un punto a otro de una ciudad. Así, estos niveles sonoros deben ser tratados y evaluados con la técnica cuyo criterio de selección de puntos de muestreo sea la adecuada para no llevarnos a resultados erróneos.

Existen diferentes técnicas de muestreo que se han utilizado para la evaluación de la situación acústica en distintas ciudades a lo largo de todo el mundo y que difieren considerablemente de unos casos a otros [4]; pero que, en lo que se refiere al procedimiento de medida, en la mayoría de ellas se ha tomado como referencia alguna normativa internacional. Así la norma ISO 1996-2: 1987 recientemente actualizada en la norma ISO 1996-2: 2007 [5] es una de las más utilizadas.

Esta normativa recoge los procedimientos que hay que seguir a la hora de realizar las medidas sonoras: colocación del micrófono, variables sonoras... Estos procedimientos han sido tomados como referencia por distintas legislaciones nacionales, autonómicas o locales pero, a pesar de ello, no presentan un criterio común. Estas diferencias se ponen de manifiesto en un análisis comparativo de distintas legislaciones españolas en un trabajo realizado por Javier de la Puente [6].

Incluso, bajo la misma técnica de muestreo, la normativa no hace referencia explícita de la distancia que el equipo de medida debe tener con respecto a la fachada y con respecto a la fuente sonora, por ejemplo, el tráfico. Lo único que identifica (ISO 1996-2: 2007) es la necesidad de realizar determinadas correcciones en función de la distancia a la que situamos el sonómetro de la fachada.

Éste fue el motivo que llevó a nuestro grupo de investigación a estudiar la variación de los niveles sonoros en función de la posición del equipo de medida respecto a la fachada en unas condiciones reales en diferentes vías de la ciudad de Cáceres.

Cáceres es una ciudad del oeste de España, capital de la provincia homónima. Se encuentra situada en la zona central de la antigua provincia romana de la Lusitania, en la comunidad autónoma de Extremadura. Con 92.187 habitantes (INE, 2008), es la ciudad más grande y poblada de la provincia, acumulando el 23,8% de su población total. Además es el municipio más extenso de España con una superficie de 1.750,33 km<sup>2</sup>.

## METODOLOGÍA

En el presente estudio, el primer paso, fue seleccionar diferentes tipos de calles desde el punto de vista urbanístico y arquitectónico, es decir, que presentaran diferencias en su perfil longitudinal, en la distancia entre fachadas, en el flujo del tráfico, etc. Las calles se agruparon según su perfil, es decir, aquellas que tenían el perfil cerrado o en forma de U y aquellas que tenían el perfil abierto (perfil en L o abierto). Para diferenciar un tipo del otro se tuvieron en cuenta los criterios especificados en la "Guide du Bruit des Transports Terrestres: Prevision des Niveaux Sonores" [7]. Así, una calle en U es aquella que:

$$\frac{H_2}{l} \geq 0,2 \quad (1)$$

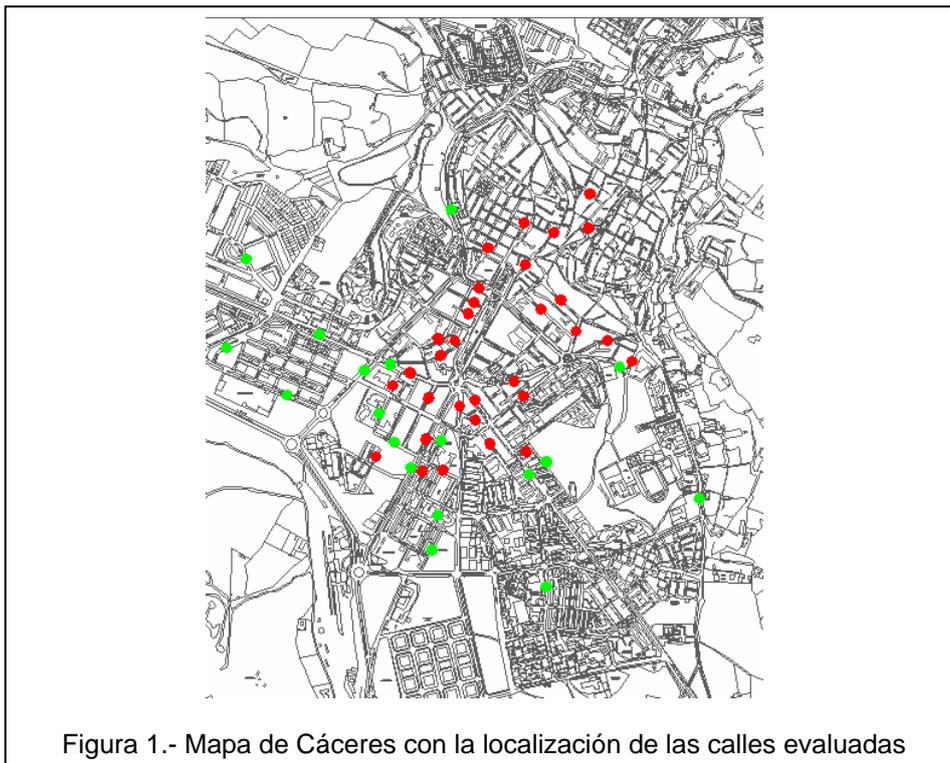
Siendo  $H_2$  la altura del edificio más bajo y  $l$ , la distancia entre edificios.

Por lo tanto, las calles en las que la relación anterior (ecuación 1) era menor a 0,2 se consideraron de perfil abierto.

Las medidas se realizaron en un total de 49 calles, de las cuales un total de 31 calles cumplían el criterio de perfil en U (puntos rojos de la figura 1) y 18 calles el de perfil abierto (puntos verdes de la figura 1). Para el presente trabajo, sólo se han incluido los resultados obtenidos en las calles con un perfil en U.

Una vez clasificadas las calles según su perfil, se realizaron distintas mediciones a diferentes distancias con respecto a la fachada. Las medidas fueron realizadas en horario diurno, los días laborables del último trimestre del año 2008. Se utilizaron dos sonómetros Brüel & Kjaer 2238, que eran calibrados (calibrador Brüel & Kjaer 4231) inmediatamente antes y después de cada serie de medidas. Al micrófono de dichos sonómetros se le incorporó una pantalla antiviento para protegerlo de daños externos y evitar una toma de medidas erróneas debidas al viento. Los sonómetros fueron colocados a una altura de 1,5 m del suelo con ayuda de un trípode.

Las medidas realizadas tuvieron una duración de 10 minutos y en cada una de ellas se rellenó una hoja de toma de datos con información de: flujo de tráfico, tipo de vehículos, condiciones meteorológicas, dimensiones de la calle, tipo de superficie de rodadura... Los índices recogidos fueron: el nivel equivalente ( $L_{eq}$ ), los índices percentiles  $L_1$ ,  $L_5$ ,  $L_{10}$ ,  $L_{50}$ ,  $L_{90}$ ,  $L_{95}$  y  $L_{99}$  y los niveles máximo y mínimo ( $L_{max}$  y  $L_{min}$ ), aunque para el presente trabajo sólo se ha analizado el  $L_{eq}$ . Se utilizó la ponderación temporal rápida (F) y la ponderación A en frecuencias. Además, todos los datos relativos a fuentes sonoras y niveles sonoros se tomaron cada minuto independientemente.



Los dos sonómetros fueron sincronizados para que registraran al mismo tiempo los niveles sonoros de la vía donde estaban localizados, pero desde una distancia distinta con respecto a la fachada. El objetivo de este trabajo era estudiar la diferencia del nivel sonoro equivalente registrado en ambos sonómetros según su distancia a la fachada.

A la hora de elegir la distancia a la fachada a la cual se colocarían los sonómetros se tuvieron en cuenta las distancias recogidas en diferentes normativas. Así según:

- La normativa ISO 1996-2: 2007, cuando la distancia a la pared es inferior a 2 m:
  - (a) Si el sonómetro está colocado en la superficie reflectante, es decir, a 0 m de la fachada, se aplica una corrección de -6 dBA y,
  - (b) si la posición del micrófono está entre 0,5 m y 2 m, la corrección es de -3 dBA.
- El R.D. 1367/2007 por el que se desarrolla la Ley 372003: la distancia a la fachada debe de ser, al menos, 1'2 m

En este trabajo las distancias escogidas fueron las siguientes:

- Sonómetro de referencia (*Sr*): 2 m
- Sonómetro móvil (*Sm*): 0, 0'5, 1'2, 3, 5 y 12 m (cuando fue posible).

El nivel sonoro equivalente registrado en el sonómetro de referencia se compararía con el valor registrado por el sonómetro móvil para cada una de las distancias. En la medida a 0 m no se sigue estrictamente las indicaciones recogidas en la ISO 1996-2: 2007, dado que se pretendía que todas las medidas se realizasen con idéntico equipamiento.

Dado que en las condiciones reales de medida de ruido urbano en una ciudad, el hecho de alejarse de la fachada puede implicar acercarse de manera muy importante a la fuente sonora, la vía del tráfico. Por lo tanto, el estudio que hemos realizado ha sido, en primer lugar, sin realizar corrección alguna por este hecho y, en segundo lugar, realizando correcciones. En el cálculo de la atenuación o incremento del nivel sonoro registrado por el sonómetro móvil se utilizó la ecuación 2, considerando que la fuente sonora era lineal [8].

$$L_{eq\text{ móvil } _{corregido}} = L_{eq\text{ móvil}} + 10 * \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right) [dBA] \quad (2)$$

Donde  $r_2$  es la distancia del sonómetro móvil a la mitad del carril más próximo y  $r_1$  es la distancia del sonómetro de referencia a la mitad del carril más próximo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se muestra el valor promedio (dBA) de la diferencia del nivel sonoro equivalente registrado por el sonómetro de referencia y el nivel sonoro equivalente registrado por el sonómetro móvil, con y sin corrección de distancia a la fuente sonora, para las distintas distancias del sonómetro móvil con respecto a la fachada anterior. Además del valor medio se ha calculado el error típico.

	Distancia a la fachada (m)		Valor promedio (dBA) $L_{eq}(Sr) - L_{eq}(Sm)$	
	Sonómetro de referencia ( <i>Sr</i> )	Sonómetro móvil ( <i>Sm</i> )	Sin corrección de distancia a fuente sonora	Con corrección de distancia a fuente sonora
<b>Medida 1</b>	2,0	0,0	-1,1 ± 0,2	-2,9 ± 0,2
<b>Medida 2</b>	2,0	0,5	0,3 ± 0,1	-1,1 ± 0,1
<b>Medida 3</b>	2,0	1,2	0,2 ± 0,1	-0,6 ± 0,1
<b>Medida 4</b>	2,0	3,0	-0,2 ± 0,1	0,7 ± 0,2
<b>Medida 5</b>	2,0	5,0	-1,3 ± 0,4	2,2 ± 0,9

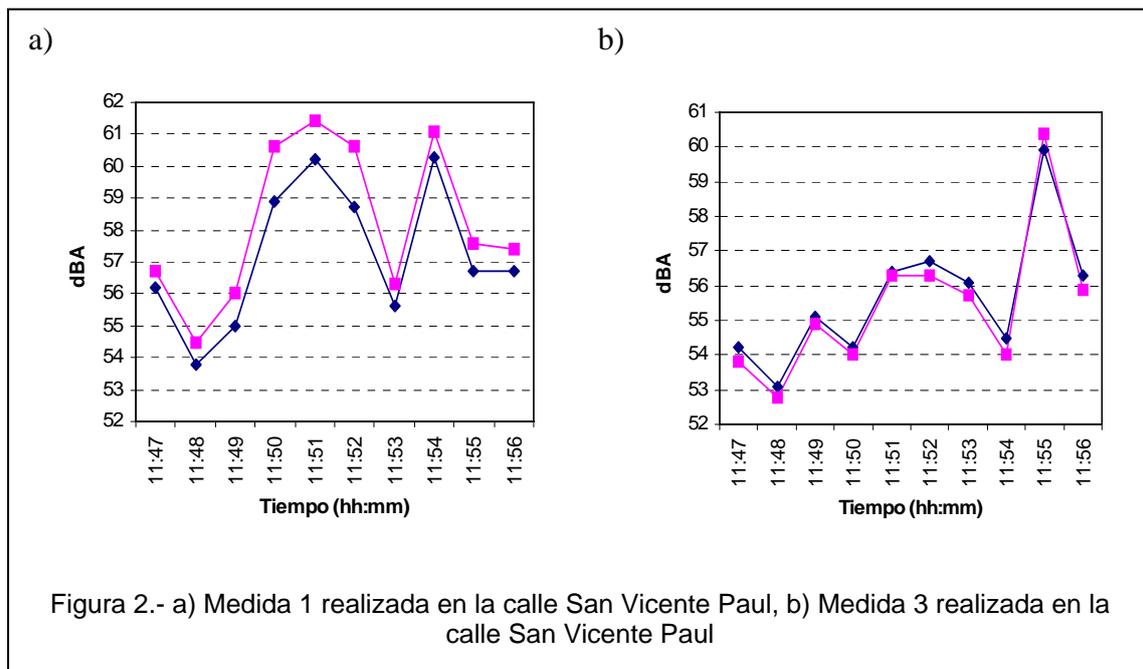
Tabla 1.- Valor promedio de las diferencias del  $L_{eq}$  (dBA) registrado por el sonómetro de referencia (*Sr*) y por el sonómetro móvil (*Sm*) con y sin corrección de distancia a la fuente sonora

A tenor de los resultados mostrados en la tabla 1, las mayores diferencias entre ambos sonómetros, con y sin corrección de distancia a la fuente sonora, se encuentran bien cuando el sonómetro móvil se sitúa pegado a la fachada (0 m) o bien cuando se localiza próximo a la fuente sonora (5 m).

En el primero de los análisis, en el cual no se tiene en cuenta la distancia del sonómetro móvil a la fuente sonora, los valores obtenidos para la medida 1 y la medida 5, son de aproximadamente de -1 dBA. El signo negativo indica que los valores sonoros registrados por el sonómetro de móvil eran más elevados y creemos que esto se debe, en el caso de la medida 1, por el efecto de las múltiples reflexiones sobre la fachada y, en el caso de la medida 5, por su mayor proximidad a la fuente sonora. En cambio para las medidas 2, 3 y 4 los valores obtenidos por ambos sonómetros son similares.

En el segundo de los análisis, en el cual se realizan las correcciones del efecto de la distancia a la fuente sonora, a medida que alejamos el sonómetro móvil con respecto al de referencia aumenta la diferencia entre ambos sonómetros. Así, en la medida 1 se alcanza un valor de -2,9 dBA, consecuencia de una mayor proximidad del sonómetro móvil a la fachada, y en la medida 5 de 2,2 dBA, debido a una mayor proximidad a la fachada del sonómetro referencia. Por lo tanto, los efectos de las reflexiones de la fachada aún son significativos para la distancia de 2 m.

En la figura 2, se muestran dos ejemplos de la evolución minuto a minuto del  $L_{eq}$  del sonómetro de referencia (color azul) y del  $L_{eq}$  del sonómetro de móvil (color rosa), sin tener en cuenta la distancia a la fuente sonora. En el caso a) la diferencia entre ambos sonómetros (medida 1) es mayor que en el caso b) (medida 3). También en el caso a) el sonómetro móvil registra valores más elevados por su proximidad a la pared y en el caso b) el sonómetro de referencia registra valores más elevados por su mayor proximidad a la fuente sonora. Estas conclusiones se observan en términos generales, pues en algunos minutos o bien esta diferencia es mínima, en el caso a) a las 11:53, o se invierte el orden (nivel sonoro más elevado en el sonómetro móvil), en el caso b) a las 11:55.



Ahora bien, fijándonos en los resultados mostrados en la tabla 1 y comparándolos con recomendaciones realizadas por la normativa ISO 1996-2: 2007:

- La medida 1, realizada a 0 m de la fachada, hemos obtenido una diferencia con respecto al sonómetro de referencia de -1,1 dBA y de -2,9 dBA (con corrección), mientras que la norma indica una corrección de -6 dBA.
- Las medidas 2 y 3, realizadas a una distancia comprendida entre 0,5 y 2 m de la fachada, hemos obtenido una diferencia de 0,3 y 0,2 dBA (sin corrección) y de -1,1 y -0,6 dBA (con corrección). La norma indica una corrección de -3 dBA.

En el caso del R.D. 1367/2007, recoge que la distancia a la fachada debe de ser, al menos, 1'2 m y en los resultados de la tabla 1 se muestra como a 0,5 m se obtiene una diferencia similar con respecto al sonómetro de referencia.

## CONCLUSIONES

La conclusión a la que hemos llegado con este trabajo es que en condiciones reales de medida, los resultados obtenidos, en las distintas medidas realizadas a diferentes distancias de la fachada sin y con corrección del efecto de la distancia a la fuente sonora, muestran valores muy diferentes a los indicados en las referencias (ISO 1996-2: 2007 y R.D. 1367/2007). Por lo tanto, creemos que se deben realizar estudios más exhaustivos con respecto a los procedimientos de medida para que las diferentes normativas incluyan recomendaciones más específicas y más acordes con los resultados obtenidos en medidas reales.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arana, M. *Evaluación del ruido ambiental en Pamplona*. Revista de Acústica 28 (3 y 4), 1997, 47-48
- [2] Barrigón, J.M.; Gómez, V.; Méndez, J.A.; Vilchez, R.; Vaquero, J.M.; Trujillo, J. *A categorization method applied to the study of urban road traffic noise*. Journal of the Acoustical Society of America 116, 2005, 2844-2852.
- [3] Safeer, H.B. *Community noise levels. A statistical phenomenon*. Journal of Sound and Vibration, 46, 1973, 489-502
- [4] Brown, A.L.; Lam, K.C. *Urban Noise Surveys*. Applied Acoustic, 20, 1987, 23-39.
- [5] ISO 1996-2. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels. International Organization for Standardization, Switzerland, 2007.
- [6] Puente, J.; Rodríguez, F.J. *Análisis comparativo de las legislaciones acústicas autonómicas y locales españolas: similitudes y diferencias*. 4º Congreso Iberoamericano de Acústico, 4º Congreso Ibérico de Acústica, 35 Congreso Nacional de Acústica y EAA Symposium. Gimaraes, Portugal, 2004.
- [7] Ministère de L'Environnement et du cadre de vie (Ministère des transports). *Guide du Bruit des Transports Terrestres. Prevision des Niveaux Sonores*, 1980
- [8] Harris, C.M. *Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control*, McGraw-Hill, New York, 1998