



MAPAS DE RUIDO Y METODOLOGÍAS DE MEDIDA BASADAS EN ISO 1996

David Montes González¹, Juan Miguel Barrigón Morillas¹, Guillermo Rey Gozalo², Pedro Atanasio Moraga¹, Rosendo Vílchez Gómez¹, Juan Antonio Méndez Sierra¹, Rubén Maderuelo Sanz³.

¹ Departamento de Física Aplicada, Universidad de Extremadura.

Avda. Universidad, s/n - 10003 Cáceres, España. Tel.: +34 927 257 195 barrigon@unex.es

² Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma de Chile, Talca, Chile.

³ Departamento de Tecnologías y Construcción Sostenible, INTROMAC, Cáceres, España.

RESUMEN

La norma ISO 1996 es considerada en la Directiva Europea sobre Ruido como una referencia en la elaboración de los mapas estratégicos de ruido, principal herramienta para la evaluación de la exposición de la población a la contaminación acústica y para la posterior elaboración de los Planes de Acción. Esta norma propone, en su parte normativa, unas correcciones según la distancia del micrófono a la fachada trasera. Además establece, en su Anexo B (de carácter informativo), una serie de condiciones para cada caso, de forma que, mediante esas correcciones los valores obtenidos mediante medidas “in situ” permitan conocer el nivel sonoro incidente en fachada de una forma más precisa. Sin embargo, en situaciones reales de medida en entornos urbanos, no siempre se pueden cumplir estas condiciones. Considerando estos aspectos, y la necesidad de realizar medidas “in situ” para la elaboración o para la calibración y validación de mapas de ruido, es necesario hacer una reflexión sobre estos temas.

Presentamos en esta comunicación una revisión de la bibliografía científica relativa a estos aspectos, discutimos los resultados publicados y analizamos la posibilidad de que estos resultados puedan tener implicaciones sobre la precisión de los mapas estratégicos realizados al amparo de la Directiva Europea sobre Ruido y, por tanto, sobre las estimaciones de las dosis recibidas por los ciudadanos.

Palabras-clave: ISO 1996, ruido urbano, metodología de medida.

ABSTRACT

ISO 1996 standard is considered in European Noise Directive as a reference in the development of strategic noise maps, the main tool for the evaluation of the exposure of the population to noise pollution and the subsequent elaboration of Action Plans. This standard proposes some correction in its normative part according to the distance from the microphone to the building façade. It also provides in Annex B (informative) a set of conditions for each case. In this way, the values obtained by “in situ” measurements allow to know the incident noise level on façade more accurately using these corrections. However, these conditions cannot always be met in actual measurement situations in urban environments. Considering these aspects and the need of “in situ” measurements for the elaboration or calibration and validation of noise maps, it is necessary make a reflection on this topic.

We present in this paper a review of scientific literature concerning these issues, discuss the published results and analyze the possibility that these results may have implications for the accuracy of the strategic noise maps carried out under the Noise European Directive and, therefore, on the estimates of the doses received by the population.

Keywords: ISO 1996, urban noise, measurement methodology.

PACS: 43.50.Rq



INTRODUCCIÓN

El efecto nocivo de la contaminación acústica sobre la salud de los seres humanos ha sido demostrado en numerosos estudios, en los que se ha comprobado que la exposición al ruido ambiental puede generar problemas de salud de diferente índole [1, 2, 3]. En este sentido, cualquier planteamiento de mejora sobre esta situación y de búsqueda de soluciones pasa, necesariamente, por la consecución de un conocimiento de la realidad para, en aquellos casos que resulten convenientes y en la medida de lo posible, reducir los niveles de contaminación acústica. Este planteamiento ha sido recogido por la Comunidad Europea [4] y en consecuencia por los países que la forman, en particular por la legislación española [5].

Para la realización de estudios de la situación acústica y de sus efectos sobre los habitantes de nuestras ciudades y para el planteamiento de posibles soluciones, una importante opción a considerar es la realización de mapas de ruido [4, 5, 6]. Los mapas de ruido, tal y como viene recogido en la Directiva Europea 2002/49/CE, son la principal herramienta para la lucha contra el ruido ambiental, de ahí la importancia tanto nacional e internacional de su desarrollo. Para la obtención de un mapa de ruido pueden considerarse diferentes métodos o estrategias. Genéricamente, podemos diferenciar entre métodos computacionales y estudios mediante la realización de medidas “in situ”.

Una de las referencias para la elaboración de mapas de ruido son las normas internacionales ISO 1996-1:2003 e ISO 1996-2:2007 [7, 6], que han servido como base para la elaboración de la legislación, tanto nacional como internacional; ya que, entre otros aspectos, describen aspectos relacionados con el cálculo y el procedimiento de medición del nivel de presión sonora en ambientes exteriores.

Si se desea conocer de forma experimental la dosis de ruido recibida por los ciudadanos en sus viviendas, el problema fundamental es evaluar el nivel sonoro que incide sobre la fachada a la altura deseada. Es conocido que el nivel sonoro incidente depende de múltiples factores, tanto temporales como espaciales. De forma que, para que esta evaluación sea adecuada, resultará necesario tener en cuenta, no sólo las características de la fuente; sino, además, la situación del punto de medida con relación a la fuente y al entorno urbano específico de cada calle o fachada a evaluar. Lo que significa tener en cuenta el efecto que, sobre el resultado de la medida, van a tener los diferentes elementos o configuraciones del entorno urbano. De forma que, para cada configuración de medida, el valor del nivel sonoro que finalmente se le asocie a cada medida evalúe, con la mayor precisión posible, la energía sonora que incide sobre la fachada de la vivienda bajo consideración.

Sin embargo, la norma ISO 1996-2:2007, como se analizará posteriormente, contiene algunas imprecisiones e indefiniciones en el procedimiento de medida en ambientes exteriores, y en las correcciones a aplicar, que podrían resultar determinantes en los resultados obtenidos en la elaboración de los mapas de ruido mediante medidas y, por tanto, en el planteamiento de posibles soluciones para reducir los niveles de ruido existentes en las ciudades. Y, además, es posible que, en muchos casos, su aplicación en el ámbito urbano real, para el que ha sido desarrollada, sea difícil su cumplimiento estricto.

A continuación, en primer lugar, se analiza en qué medida y de qué manera estos aspectos son considerados en la norma ISO 1996-2. En segundo lugar, se realiza una revisión de la bibliografía para conocer los estudios relativos a estos aspectos y las conclusiones que se han alcanzado.

REVISIÓN DE LA NORMA ISO 1996-2

Consideraciones normativas de ISO 1996-2

El primero de los aspectos que se puede considerar de interés, es el hecho de que la norma ISO 1996-2:2007 no determina de forma explícita la distancia a la que se debe situar el equipo de medida respecto a la fachada posterior, dejando esta elección en manos del técnico. Este hecho, en realidad, no necesariamente representa un problema. Incluso podría considerarse como el reconocimiento de la realidad urbana. Dado el urbanismo de muchas calles de nuestras ciudades, es complicado indicar una distancia de referencia para la medida que, a la vez, no implique un montaje algo complejo.

Asociado a este hecho, la norma propone unas correcciones que se deben realizar en los valores de los niveles sonoros medidos. Los valores para estas correcciones se dan en función de la distancia a la fachada, con el objetivo de corregir los efectos de incremento del nivel sonoro que la reflexión implica respecto al campo sonoro realmente incidente en fachada (campo libre) y que es el realmente de interés. Las correcciones propuestas por la norma hacen distinción entre tres casos (figura 1):

- Posición con el micrófono montado a ras sobre la superficie reflectante: -6 dB.
- Posición con el micrófono situado entre 0,5 y 2 m en frente de la superficie reflectante: -3 dB.
- Posición de campo libre (condición de referencia): 0 dB.

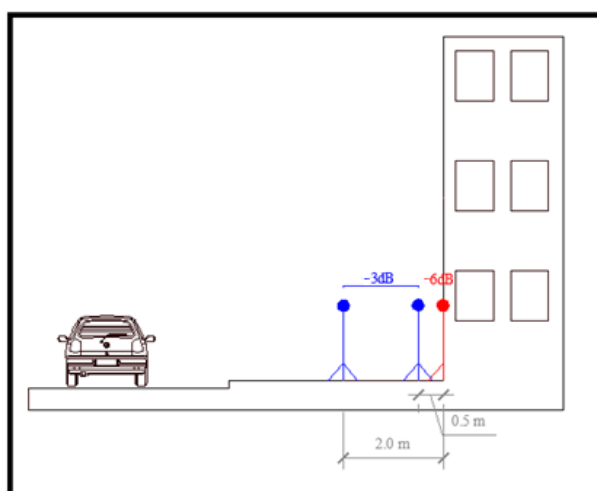


Figura 1: Correcciones propuestas por la norma ISO 1996-2:2007 en función de la distancia a la fachada reflectante.

Las correcciones indicadas por la norma presentan cierta indefinición, ya que como la propia norma indica, estas correcciones propuestas anteriormente pueden no coincidir con los resultados obtenidos en condiciones reales de medida en un entorno urbano. Por ejemplo, en el caso del micrófono montado a ras sobre la superficie reflectante, la norma indica que la diferencia de 6 dB entre un micrófono montado sobre una fachada y uno en campo libre es un caso ideal, produciéndose en la práctica desviaciones inferiores a este valor.

En esta misma línea, cuando el micrófono se sitúa entre 0,5 y 2 m frente a la superficie reflectante, la norma señala que la diferencia entre el nivel de presión sonora en un micrófono situado a 2 m delante de la fachada y un micrófono en campo libre, se aproxima a 3 dB para un caso ideal sin ningún obstáculo reflectante vertical que influya en la propagación del sonido hasta el receptor. Sin



embargo, esta diferencia puede ser mucho mayor en situaciones complejas, por ejemplo, en sitios con una alta densidad de edificios, calles, etc. Además, para este mismo caso, se indica que en condiciones de incidencia rasante las desviaciones pueden ser mayores.

Por último, para la posición del micrófono en campo libre, la norma establece que ya sea un caso real o teórico, el nivel de presión sonora correspondiente al campo libre incidente sobre un edificio es calculado mediante medidas realizadas cerca del edificio. Lo que viene a significar que no estarían contempladas tampoco en la norma aquellas medidas que se hagan delante del edificio cumpliendo una distancia tal que se verifique la condición de campo libre indicada por la norma a la que hemos hecho referencia anteriormente. Parece claro este hecho, dado que, en ese caso, el campo sonoro medido no sería el que incide sobre la fachada.

Consideraciones informativas de ISO 1996-2

Si bien la norma hace algunas referencias vagas en su parte normativa a las condiciones para que las correcciones propuestas se verifiquen, es en el anexo B en el que, a modo informativo, se indican con detalle diferentes consideraciones que deberían ser tenidas en cuenta. A continuación vamos a analizarlas para cada uno de los tres casos expuestos anteriormente.

En el caso del micrófono montado directamente sobre una superficie reflectante, el anexo de la norma establece, como una primera opción, la colocación del micrófono montado sobre una plancha en la superficie, o con la membrana del micrófono a ras de la superficie de la plancha de montaje.

Para ello, siempre deben respetarse una serie de condiciones. En primer lugar, la fachada debe ser lisa dentro de una distancia de 1 m desde el micrófono, con una tolerancia de $\pm 0,05$ m. Además, la distancia desde el micrófono a los bordes de la superficie de la pared debe ser superior a 1 m. Otro aspecto a considerar es que la plancha no debería tener un grosor mayor a 25 mm y sus dimensiones no inferiores a 0,5 m x 0,7 m, debiendo estar hecha de un material rígido y acústicamente duro. En último lugar, se indica que la distancia desde el micrófono a los bordes y a los ejes de simetría de la plancha debe ser mayor a 0,1 m.

Para esta misma situación de medida, la segunda opción posible es la colocación del micrófono directamente sobre la pared, sin la plancha, en el caso de que dicho paramento esté hecho de hormigón, piedra, vidrio, madera o materiales duros similares. En este caso, la superficie reflectante debe ser lisa dentro de un radio de 1 m desde el micrófono, con una tolerancia de $\pm 0,01$ m. Además, la norma indica en su anexo B que, para mediciones sin la plancha en bandas de octava, se debería utilizar un micrófono de 13 mm de diámetro o más pequeño y, si el rango de frecuencias superase los 4 kHz, un micrófono de 6 mm.

Cuando el micrófono se sitúa cerca de la superficie reflectante (entre 0,5 y 2 m frente a esta), el anexo B de la norma indica que la fachada debe ser plana con una tolerancia de $\pm 0,3$ m. Además, con el fin de evitar los efectos de borde, se establecen unas distancias mínimas (Figura 2) desde el punto O hasta los bordes más cercanos de la superficie reflectante: b (distancia horizontal) y c (distancia vertical). Estas distancias deben cumplir unas condiciones dadas por las ecuaciones 1 y 2:

$$b \geq 4d \quad (1)$$

$$c \geq 2d \quad (2)$$

siendo d la distancia perpendicular desde el micrófono a la fachada.

Además, el propio anexo de la norma establece que, para garantizar que los sonidos incidentes y reflejados sean de la misma magnitud, en el caso de la fuente extendida, se debe cumplir el criterio de la ecuación 3, que relaciona a' y d' , tomando estas distancias a lo largo de la línea divisoria del ángulo de visión α , según puede observarse en la figura 2. Considerando que M' es el punto sobre la línea divisoria del ángulo α a una distancia d de la fachada, se puede definir d' como la distancia entre M' y la fachada y a' como la distancia entre M' y la fuente sonora.

$$d' \leq 0,1a' \quad (3)$$

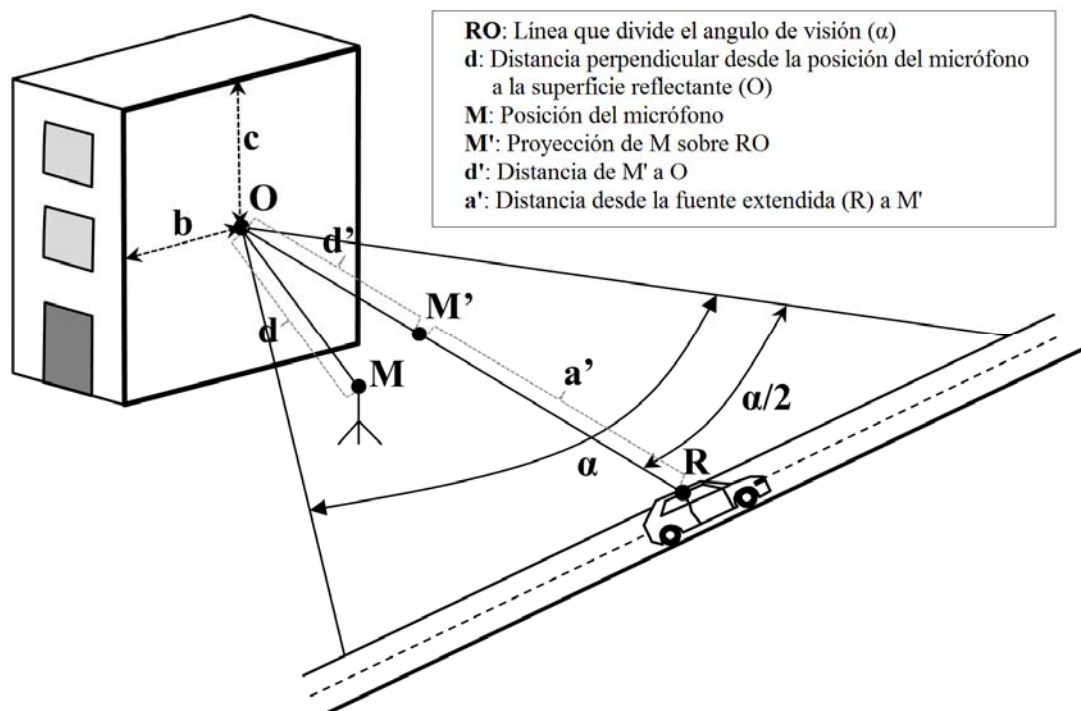


Figura 2: Micrófono cercano a una superficie reflectante

En la práctica, considerando una superficie reflectante paralela a la fuente sonora lineal, para el caso del receptor situado entre 0,5 y 2 m frente a esta, esta condición supone que la distancia perpendicular entre el micrófono y la fuente sonora (a') debe oscilar, como mínimo, entre 5 y 20 m. Lo que supone que, para fuentes a distancias inferiores a 5,5 m de la fachada, si se siguen las indicaciones del anexo, debería medirse sólo a ras de fachada y sólo para fuentes a partir de 22 m de la fachada sería posible medir a cualquiera de las distancias de la fachada consideradas en la norma.

Otro aspecto del anexo B de la norma ISO 1996-2 a tener en cuenta es que, para garantizar que el micrófono está colocado a una distancia suficiente de la región de +6 dB próxima a la fachada, en el caso de la fuente extendida, se debe tener en consideración el criterio de la ecuación 4 cuando se realiza un estudio con niveles de presión sonora ponderados A globales o, el de la ecuación 5, si se lleva a cabo en bandas de octava de frecuencia.

$$d' \geq 0,5 \text{ m} \quad (4)$$

$$d' \geq 1,6 \text{ m} \quad (5)$$



Por otro lado, si nos planteamos realizar medidas a más de 2 m de la fachada, el anexo B de la norma establece el criterio, como condición para considerar que se están realizando en la posición de campo libre, de que la distancia desde el micrófono a cualquier superficie reflectante, aparte del suelo, debe ser al menos dos veces la distancia desde el micrófono a la parte dominante de la fuente sonora (ecuación 6).

$$d' \geq 2a' \quad (6)$$

Si estas medidas se realizasen por delante de la fachada, hay que tener en cuenta que si medimos en campo libre por delante de la fachada, el nivel medido no es representativo de forma directa del que incide en fachada y sería necesario hacer correcciones, no contempladas en la norma, relativas a la forma en la que se propaga el campo sonoro; por ejemplo mediante simulación.

Para estas tres situaciones de medida descritas, el anexo B de la norma hace una diferente consideración del tipo de fuente sonora objeto de estudio en función del ángulo de visión (α) del micrófono sobre la fuente (figura 2), de tal manera que se establecerá como fuente extendida cuando éste sea mayor o igual a 60° y como fuente puntual si es inferior.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En esta línea se han realizado algunos estudios que tratan de valorar si las correcciones propuestas por la norma se adecuan a las que se obtendrían en las condiciones reales de medida en entornos urbanos. A continuación, vamos a ir viendo los resultados obtenidos en los diferentes trabajos para cada una de las situaciones que se distinguen en la norma ISO 1996-2.

En el trabajo realizado por Memoli et al. [8] se llevaron a cabo una serie de medidas de 15 minutos de duración en siete calles utilizando como fuente sonora el tráfico rodado de vehículos y colocando 4 micrófonos, a 4 metros de altura, conectados a un analizador digital y midiendo simultáneamente en diferentes posiciones. En cada uno de los lugares de medida, la distancia a la fachada (d) se varió, estableciendo al menos tres valores: 0,5; 1 y 2 metros; con el fin de realizar posteriormente el promedio de los valores obtenidos en el intervalo de 0,5 a 2 metros de la fachada, establecidos por la norma ISO 1996-2 para la aplicación de la corrección de -3 dB.

En este estudio se obtienen diferencias entre el micrófono ubicado en el rango 0,5-2 m y el de campo libre de $3,0 \pm 0,8$ dB (95% confianza) y de $2,7 \pm 0,6$ dB (95% confianza), entre el micrófono ubicado en el rango 0,5-2 m y el receptor a ras de la superficie reflectante. Los resultados muestran, en promedio, una coincidencia con los valores propuestos por la ISO 1996-2. Pero puede observarse que existe una variabilidad en los valores experimentales para las condiciones de medida empleadas en este trabajo que implican desviaciones respecto al valor propuesto de hasta 1 dB.

Por su parte, en el estudio de Jagniatinskis et al. [9], el objetivo era realizar una evaluación del ruido ambiental mediante medidas de larga duración, durante un periodo de un año. En este trabajo, al igual que en el anterior, se ha utilizado como fuente sonora el tráfico rodado de vehículos, seleccionando un punto de medida con un elevado flujo de vehículos y con una distancia entre el receptor y la fuente sonora de 250 metros. En cuanto a los equipos de medida, se colocaron dos micrófonos midiendo de forma simultánea conectados a una misma estación de medida, el primero de ellos situado a 2 m de la fachada y el otro pegado a la ventana de la fachada mediante una placa.

La primera de las conclusiones que se obtienen de este trabajo es que la diferencia, en términos globales, entre los valores anuales del nivel sonoro L_{DEN} registrados por ambos micrófonos es de



aproximadamente 3 dBA. En este sentido, si hacemos una comparativa con la corrección propuesta por la norma ISO 1996-2:2007 para el caso del micrófono situado entre 0,5 y 2 m frente a superficie reflectante, se podría concluir que los valores obtenidos muestran la idoneidad de la corrección de -3 dB propuesta por la norma.

Del mismo modo, resulta interesante también otra de las conclusiones del estudio, que indica que analizando la evolución de los valores promediados anualmente de $L_{Aeq,1h}$ durante las 24 horas del día, se observa que la diferencia de niveles de 3 dBA entre ambos equipos de medida (sin aplicar las correcciones por distancia a fachada en el caso del micrófono situado en la ventana) no es constante durante todo el día, si no que alcanza valores aproximados a 3 dBA durante el periodo diurno (coincidiendo con el periodo de mayor flujo de vehículos en la vía) y valores que oscilan entre 1dBA y 2 dBA durante el periodo nocturno y parte de la tarde.

Otro artículo que resulta de interés en este sentido es el trabajo de Montes et al. [10], en el que, en entornos urbanos, se estudia el efecto de la variación de la distancia entre el micrófono y la superficie reflectante posterior. El estudio se llevó a cabo en diferentes puntos de una ciudad, con un rango de distancias de 8,2 m a 28,4 m entre la fachada y el centro del conjunto de los carriles de la vía y un número de carriles que oscilaba entre 1 y 6. Se emplearon dos equipos de medida midiendo de forma simultánea. Para ello, utilizando como fuente sonora el tráfico rodado de vehículos, se colocó un equipo de referencia situado a 2 metros de la fachada posterior y otro equipo se iba situando a diferentes distancias de esta (0 m, 0,5 m, 1,2 m y 3 m), realizando medidas de 15 minutos de duración. Este análisis se llevó a cabo colocando los equipos de medida a las dos alturas que la norma ISO 1996-2 establece para realizar un mapa de ruido, a 1,5 m y 4 m. Además, en el citado trabajo se plantea la posibilidad de que las correcciones por reflexión en fachada deban de considerar la distancia entre el equipo de medida y la fuente y no sólo la existente entre la fachada y el equipo de medida.

Las conclusiones del estudio indican que, según los resultados obtenidos a ambas alturas, los valores de corrección por reflexión en las condiciones reales de medida en el ámbito urbano, resultan de menor importancia que los recomendados por la norma ISO 1996-2. En el caso de los micrófonos situados a 1,5 metros de altura, las diferencias entre los niveles sonoros obtenidos a ras de la fachada y a 2 metros de esta son de 1,1 dBA sin aplicar corrección y de 1,7 dBA aplicando una corrección por distancia a la fuente. Mientras, en el caso de los equipos ubicados a 4 metros de altura, estas diferencias son de 2,0 dBA y 2,6 dBA respectivamente.

Una vez analizada la bibliografía para el caso del micrófono situado cerca de la superficie reflectante (-3 dB), como segundo punto de estudio se va analizar la situación en la que la norma ISO 1996-2 propone una corrección de -6 dB para aquellos puntos de medida en los que se sitúa el micrófono directamente montado sobre la superficie reflectante.

En relación con este aspecto, en el artículo de Memoli et al. se indica que la diferencia obtenida para el nivel sonoro medido con uno de los micrófonos colocado a ras de la superficie reflectante sobre una plancha y el otro en campo libre es de $5,7 \pm 0,8$ (95% confianza). De este modo, se afirma que los valores obtenidos muestran la precisión de las correcciones propuestas por la norma ISO 1996-2.

En este mismo sentido, Mateus et al. [11] han planteado un estudio de la corrección de -6 dB realizando medidas simultáneas durante 47 meses con tres equipos: uno de ellos situados en campo libre (a 3,5 m por encima de la cornisa del edificio), otro a ras de la fachada, usando una placa metálica, y el último sobre el cristal de una ventana de la misma fachada. La distancia entre el equipo en campo libre y la línea que une los equipos sobre la fachada fue de 6,3 m. En este caso, se ha



seleccionado una vía con forma en L y el tráfico rodado de vehículos como fuente sonora, siendo la distancia entre la fuente y el emisor de 150 metros.

Dado que la norma ISO 1996-2 establece, en su anexo B, tres posibilidades para colocar el micrófono a ras de la fachada, en este trabajo se han estudiado dos de esos casos respecto a la posición de campo libre. Los resultados obtenidos muestran que, cuando el micrófono está montado directamente sobre la ventana de la fachada, la diferencia de niveles varía entre 4,0 dB y 4,4 dB en función de la velocidad del viento. Mientras que en el caso en el que se utiliza una plancha de material reflectante, la diferencia es de 4,9 dB. Según estos resultados, se afirma que la aplicación de la corrección de -6 dB propuesta por norma podría introducir, en algunos casos, errores significativos.

CONCLUSIONES

Los resultados publicados hasta la fecha y que pueden tener una incidencia importante sobre los resultados obtenidos hasta el momento bajo la aplicación de la Directiva Europea para la elaboración de mapas de ruido se resumen a continuación:

- Los estudios realizados analizando las diferencias entre el nivel sonoro medido en campo libre y el medido con el micrófono situado sobre la superficie reflectante presentan disparidad de valores, que, según el caso, pueden implicar diferencias de hasta 2 dB respecto a una corrección de 6 dB dada por la norma ISO 1996-2.
- En los estudios realizados analizando la corrección que correspondería aplicar cuando la medida se realiza entre 0.5 y 2 m de la fachada bajo evaluación, los resultados obtenidos presentan una amplia variación. Esta variación puede llegar a ser superior a 1 dB, respecto a los 3 dB propuestos en la norma.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el proyecto TRA2015-70487-R (MINECO/FEDER, UE); Junta de Extremadura, Consejería de Economía e Infraestructura (GR15063); Fondo Europeo para el Desarrollo Regional (FEDER) y Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) a través del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDECYT) para investigadores de iniciación (Nº 11140043).



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Demian H. Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health? *Sleep Science* 2014; 7: 209-212.
- [2] Munzel T, Gori T, Babisch W, Basner M. Cardiovascular effects of environmental noise exposure. *Eur Heart J* 2014; 35-13: 829–83.



- [3] World Health Organization (WHO) (2011). Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. WHO Regional Office for Europe, Denmark.
- [4] COM. Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise. Official Journal L, 189. Brussels: The European Parliament and the Council of the European Union, 0012–0026; 2012.
- [5] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido (BOE 276 de 18 noviembre 2003).
- [6] ISO 1996-2. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels. Geneva: International Organization for Standardization; 2007.
- [7] ISO 1996-1. Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basis quantities and assessment procedures. Geneva: International Organization for Standardization; 2003.
- [8] Memoli, G.; Paviotti, M.; Kephelopoulos, S. & Licitra, G. Testing the acoustical corrections for reflections on a façade. *Appl Acoust* 2008: 69; 479-495.
- [9] Jagniatinskis, A. & Fiks, B. Assessment of environmental noise from long-term window microphone measurements. *Appl Acoust* 2014: 76; 377-385.
- [10] Montes González, D.; Barrigón Morillas, J. M. & Rey Gozalo, G. Influence of equipment location on results of urban noise measurements. *Appl Acoust* 2015: 90; 64-73.
- [11] Mateus M, Carrilho JD, da Silva MG. An experimental analysis of the correction factors adopted on environmental noise measurements performed with window-mounted microphones. *Appl Acoust* 2015:87; 212–8.