

Aproximación a la estrategia para la caracterización del ruido en zonas peatonales

Estévez Mauriz, Laura¹; García Ortiz, Eduardo²; Cepeda Riaño, Jesús³; Búrdalo Salcedo, Gabriel⁴; de Barrios Carro, Mercedes⁵; de Barrios Carro, Miguel Ángel⁶.

Laboratorio de Acústica Aplicada. Universidad de León.

Campus de Vegazana, 24071, León (España).

Tfno. 34 987 291 777

¹laura.estevez@unileon.es; ²e.garcia.ortiz@unileon.es; ³jesus.cepeda@unileon.es;

⁴gabriel.burdalo@unileon.es; ⁵m.debarrios@unileon.es; ⁶mdec@unileon.es

<http://acustica.unileon.es/>

Resumen

La Directiva Europea 2002/49/CE, señala a los Mapas Estratégicos de Ruido como instrumentos para el diseño de planes de acción contra el ruido como fuente de contaminación. Recogen información de diferentes focos que afectan a las personas, señalando directamente el tráfico viario, ferroviario, aeronaves y ruido industrial. No obstante, existen otras fuentes, destacando el ruido producido por actividades recreativas desarrolladas en muchas ocasiones en zonas peatonales, y que a juzgar por el número de quejas, son una importante fuente de contaminación acústica.

En esta comunicación se expone la fundamentación y clasificación de las fuentes encontradas en las zonas peatonales, lo que contribuirá a establecer una metodología para su correcto análisis como parte de los mapas de ruido.

Palabras clave: ruido ambiental, zona peatonal, red urbana

PACS nº 42.38.Gq, 43.50.Sr, 43.50.Rq

Abstract

The European Directive 2002/29/CE states that Strategic Noise Maps are a tool for the design of action plans in the fight against noise as a pollution source. For that purpose it's necessary to collect information from the different sources that affect people, of which directly points road traffic, railway, aircraft and industrial noise. However, there are a variety of sources, highlighting the noise caused by recreational activities. These activities are normally developed in pedestrian zones, and, judging by the number of complaints, they are a major source of noise.

This paper sets out the fundamentals and the classification of the sources found in pedestrian areas, which help to establish a proper methodology for their analysis as part of the noise maps.

Key words: environmental noise, pedestrian zones, urban network

PACS. nº 42.38.Gq, 43.50.Sr, 43.50.Rq

Introducción

Las ciudades han sido siempre un punto de referencia en cuanto al proceso de modernización de los países. La Revolución Industrial aceleró dicho proceso, trayendo un nuevo concepto de ciudad, una metrópoli dinámica y en constante crecimiento [1]. Cabe mencionar que la actividad humana es parte fundamental de este cambio, ya que, a pesar de los avances y mejoras que conlleva en diversos aspectos de la vida la citada actividad, ésta ha tenido una serie de consecuencias negativas en el desarrollo de la sociedad, como el aumento de la contaminación acústica en detrimento de la calidad de vida de los ciudadanos así como de nuestra salud [2].

En lo que respecta a dicha contaminación acústica, nos encontramos bajo un marco común a nivel europeo, dentro del cual seremos capaces de evaluar, prevenir o reducir los efectos nocivos de la exposición al ruido ambiental descritos por varios autores [3,4,5,6]. Este marco común se plasma en la Directiva sobre Gestión y Evaluación del Ruido Ambiental 2002/49/CE del Parlamento Europeo y de Consejo, y su correspondiente trasposición con la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, donde se establece lo siguiente:

en el marco de la política comunitaria debe alcanzarse un grado elevado de protección del medio ambiente y la salud, y uno de los objetivos a los que debe tenderse es la protección contra el ruido [7].

En este sentido se establecen los mapas de ruido como un elemento encaminado a disponer de información uniforme sobre los niveles de contaminación acústica, aplicando criterios homogéneos de medición que permitan hacer comparables entre sí las magnitudes de ruido verificadas en cada lugar [8].

Con la trasposición de la Directiva Europea 2002/49/CE a la normativa española mediante la Ley 37/2003 de, de 17 de noviembre, del Ruido y el desarrollo parcial de la misma a través del Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, se asienta la obligación de realizar Mapas Estratégicos de Ruido en todas las aglomeraciones de los Estados miembros de la Comunidad Europea, concibiendo el mapa estratégico de ruido como una herramienta diseñada *para poder evaluar globalmente la exposición al ruido en una zona determinada, debido a la existencia de distintas fuentes de ruido, o para poder realizar predicciones globales para dicha zona [9].*

Son muchas las fuentes de ruido que encontramos en un ambiente urbano destacando los medios de transporte, cuyos efectos han sido estudiados tradicionalmente [10,11,12,13]. Según establece la Directiva Europea 2002/49/CE, uno de los objetivos de los Mapas Estratégicos de Ruido en cuanto a las aglomeraciones, se refiere a la capacidad que otorgan éstos para poder diseñar posteriormente planes de acción en materia de lucha contra este foco de contaminación. Para ello, se debe poseer información de los diferentes focos de ruido que afectan a las personas, donde quedan incluidos de manera explícita, el ruido debido al tráfico viario, ferroviario, el ruido de aeronaves y el ruido industrial.

No obstante, existe una amplia variedad de fuentes de contaminación acústica, como el ruido producido por actividades recreativas, de comercio y turismo en determinadas zonas de las ciudades, las cuales se encuentran presentes y son importantes en cualquier sociedad, y no han sido estudiadas de manera habitual. En este sentido encontramos por ejemplo, cómo el ruido producido por la voz de personas reunidas, música al aire libre, locales de ocio, niños jugando, turismo [13,14,15],

desarrollado principalmente en zonas muy específicas de las ciudades, en muchas ocasiones peatonales, requiere de un tratamiento y estudio diferenciado, las cuales, como venimos observando por el número de quejas y denuncias que se presentan en dichas zonas en materia de contaminación acústica, son causa de molestia en las personas. Por ello, es imprescindible un estudio y una valoración de las mismas, de manera que dichos espacios de la ciudad puedan optar a mejoras a nivel urbanístico, constructivo y/o legal en caso de que sea necesario.

Bajo esta premisa planteamos el estudio de las zonas peatonales de la ciudad de León, de manera que pueda ser incluido en los mapas de ruido y no se presente éste como una zona "en blanco", es decir, sin presencia de focos ruidosos.

Caso de estudio: León

León es una ciudad ubicada al noroeste de la Península Ibérica, capital de la provincia de León, la cual forma parte de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Su superficie es de 37,003 km² y cuenta con una población de 132.744 habitantes, según datos correspondientes al año 2011.

La zona peatonal de León engloba el denominado Barrio Húmedo y el Barrio de Santa Marina, siendo éstos de gran importancia para la ciudad, ya que concentran la mayoría de los monumentos más importantes de la ciudad, como son la Catedral de León, la Basílica de San Isidoro de León, la Plaza Mayor, entre otros.



Figura 1 - Zona peatonal de León

El barrio de Santa Marina, ubicado al norte de la zona se encuentra delimitado en tres de sus lados por la Muralla Legionaria; en el cuarto lado, encontramos como delimitación la Calle Ancha, considerada un distribuidor principal del casco antiguo de la ciudad. Esta zona a su vez, es un reclamo como lugar de ocio, principalmente en el periodo tarde. El Barrio Húmedo, ubicado al sur, limita con la calle Ancha al norte, y con la muralla en los otros tres lados. Es un gran atractivo turístico para la ciudad, con la actividad comercial y de ocio en el periodo nocturno como principales reclamos.

En dicha zona de la ciudad residen 5.162 personas con una densidad de 11.633 hab/km², la cuarta más alta de los 11 distritos que componen la ciudad, representando

el 3,9% de la población total de León. Tiene una extensión de 0,444 km², equivalente al 1,14% del territorio.

Cabe destacar que en el año 2006, debido a numerosas quejas y denuncias por parte de los vecinos, el Ayuntamiento de León encargó al Laboratorio de Acústica Aplicada de la Universidad de León el "Estudio sobre Implantación de Zona Acústicamente Saturada (ZAS) en el Casco Antiguo de la ciudad de León" [15], declarando ZAS el Barrio Húmedo, así como una "zona de respeto" que engloba parte del Barrio de Santa Marina, por lo que la relevancia que tiene la misma sobre el paisaje sonoro de la ciudad es clave.

Metodología experimental

A pesar de que la estratificación del ruido podría parecer lógica, los elementos que la componen son de lo más variados. Para su análisis, es fundamental conocer el funcionamiento de la zona. Hasta ahora, los estudios realizados en zonas peatonales se realizan a través de medidas como las citadas en este artículo [16,17], ya que la presencia de numerosas fuentes dificulta el establecimiento de una metodología. Asimismo, los programas de simulación no arrojan resultados de manera directa sobre el análisis de dichas zonas. En este estudio pretendemos realizar una clasificación urbana en base al funcionamiento de las diferentes vías y plazas, de manera que, podamos establecer un determinado comportamiento sin necesidad de realizar infinitas medidas.

Para ello, se ha propuesto una categorización para el análisis del ruido encontrado en dicha zona mediante la clasificación de las vías y plazas existentes y su funcionamiento como pequeña red urbana. Una red urbana se conecta de múltiples maneras, se auto-organiza, desde pequeñas sendas hasta vías con gran capacidad, es el principio fundamental de organización en cualquier ciudad viva y compleja, por lo que la posición de nodos y conexiones nos dará como resultado una complejidad organizada [18] que ayudará a entender la zona desde el punto de vista acústico. La zona peatonal de León puede ser analizada desde este punto de vista, obteniendo resultados que nos ayudarán a entender cómo se organiza el tránsito de peatones, de manera que seamos capaces de catalogar las vías y obtener una primera aproximación a los posibles niveles de ruido del área.

Dicho primer análisis tuvo en cuenta las diferencias en cuanto a comportamiento de la misma durante los diferentes días, categorizándolas según su funcionamiento dentro de la red urbana; después de realizar numerosas observaciones y análisis, se clasificaron las calles según sus características en los tres períodos horarios (día, tarde y noche) a lo largo de los diferentes días de la semana teniendo en cuenta diversos aspectos como presencia de locales de ocio, centros educativos, turismo, comercio, etc.

Red Urbana	
Nodo	Zonas de concentración debido a la presencia de lugares de ocio, edificios singulares, comercio, entre otros. Su actividad varía en función del día y la hora, aunque los nodos más activos se encuentran en el periodo nocturno
Acceso	Vías de acceso y salida de la zona (peatonal y vehicular). Su uso varía en función del día y la hora
Conector principal	Vías que funcionan de conexión entre lugares de afluencia
Conector secundario	Vías que funcionan de conexión y/o de distribución hacia zonas de interés
Conector esporádico	Vías cuya función es la de conectar ocasionalmente otras vías o nodos con mayor actividad
Vías complementarias	Vías de uso exclusivo para los vecinos de la zona, que complementan el tejido urbano
Vías sin uso	Vías que por sus características y ubicación, no son utilizadas como parte del trazado urbano

Tabla 1 - Clasificación de la red urbana

- Periodo día:

Para el periodo día, considerado de 08:00 a 20:00 h. se realizó una división en cuanto al funcionamiento del barrio según el día de la semana: una primera de lunes a viernes y otra para el sábado y domingo. La presencia de centros educativos hace que el nivel de ruido sea muy diferente durante los días lectivos. Por lo tanto, el funcionamiento del barrio se basa principalmente en la actividad de dichos centros, el acceso a los mismos, zonas de comercio, centros de trabajo y turismo. Podemos incluir, entre otras, las siguientes actividades:

- Afluencia de personas debida a la presencia de oficinas y locales comerciales, turismo, entre otros.
- Presencia de centros educativos durante los días lectivos.
- Zona de paseo y ocio durante los fines de semana.
- Acceso de vehículos a las zonas de carga y descarga para los diversos establecimientos comerciales durante la semana.

- Periodo tarde:

Dentro del periodo tarde, estimado de 20:00 a 23:00 h. la división en cuanto al funcionamiento según el día de la semana queda de la siguiente manera: una primera clasificación de lunes a miércoles y otra de jueves a domingo. Como principales fuentes encontramos:

- Presencia de locales de ocio que funcionan a lo largo de toda la semana, destacando su actividad los días jueves, viernes, sábado y domingo.
- Afluencia de personas que acceden y salen de la zona.

- Periodo noche:

Dentro del periodo noche, de 23:00 a 08:00 h., la categorización semanal queda de la siguiente manera: una primera de domingo a miércoles y la segunda de jueves a sábado. Las principales actividades son:

- Presencia de locales de ocio que funcionan durante los días jueves a sábado.
- Calles que cumplen la función de conectores y distribuidores hacia zonas con una mayor concentración de locales de ocio como es el Barrio Húmedo.
- Afluencia de personas que acceden y salen de la zona.

Como hemos mencionado anteriormente, cabe destacar que para la anterior clasificación ha sido necesario un conocimiento profundo de la zona a estudiar. Para ello, se registraron los datos sobre el número y localización de los diferentes comercios (más de 170), 9 centros educativos, locales de ocio en periodo tarde (135), locales de ocio que funcionan en periodo nocturno (alrededor de 45), así como restaurantes, bares y cafeterías que funcionan durante el día, principalmente el fin de semana (más de 145). Por lo tanto, la clasificación a lo largo de los días de la semana en los diferentes periodos horarios en base a su funcionamiento sería la siguiente:

Período	Día						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Día	X	X	X	X	X	O	O
Tarde	O	O	O	X	X	X	X
Noche	X	X	X	O	O	O	X

Tabla 2 - Clasificación semanal en los tres periodos horarios según funcionamiento

Una vez realizada la clasificación de la red urbana, se procedió a elaborar una serie de mapas que reflejasen las diversas situaciones encontradas en la zona, estableciendo diferencias en cuanto a su funcionamiento para los diferentes períodos horarios y días de la semana, teniendo en cuenta la presencia de las actividades mencionadas anteriormente, como el comercio, el ocio, el turismo y los centros educativos.

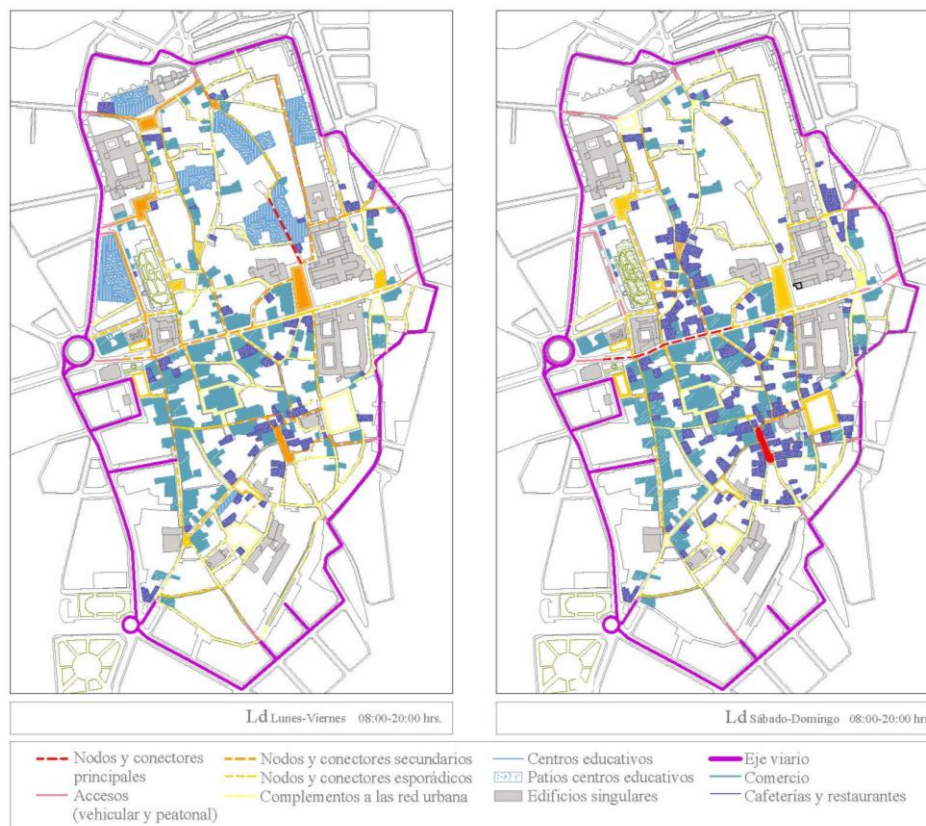


Figura 2 - Clasificación semanal en periodo diurno según su funcionamiento

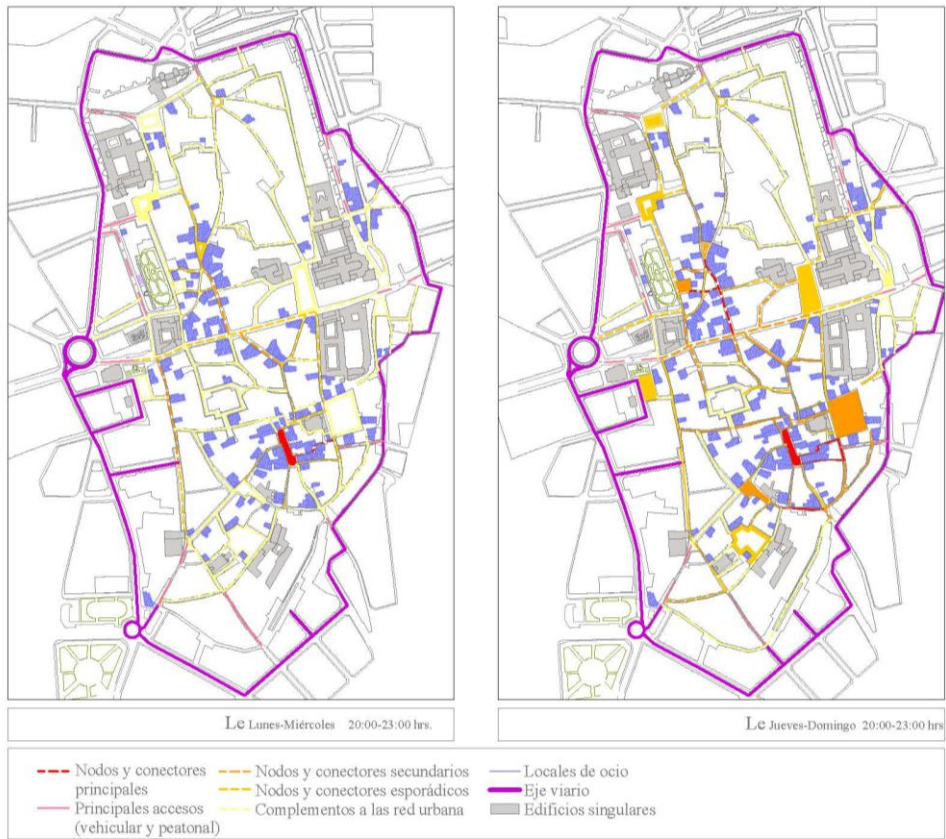


Figura 3 - Clasificación semanal en periodo tarde según funcionamiento



Figura 4 - Clasificación semanal en periodo nocturno según funcionamiento

El siguiente paso llevado a cabo fue el establecimiento de una correlación entre la clasificación urbana con los niveles de ruido encontrados en la zona peatonal, de manera que pudiésemos asemejar los datos recogidos en el análisis urbanístico con unos niveles de ruido y así poder garantizar que los datos registrados mediante las observaciones sobre el funcionamiento de la zona, son equiparables a un determinado comportamiento de la misma en cuanto al ruido se refiere.

Para ello, se realizaron una serie de medidas en base a los diferentes tipos de vías que conforman la red urbana dentro de las diferentes clasificaciones (en total 97) para todos los periodos horarios y días de la semana, siendo éstas más numerosas para las vías con mayor presencia (tipo 5, 29,9% de las medidas), reduciéndose el número para las vías con menos presencia (tipo 1, 2,06%).

En las medidas realizadas se siguieron las directrices marcadas por la ISO 1996-2:2007 [18]; así mismo, se procuró que se pusiera de manifiesto una diversidad en cuanto a la configuración de la vía y su principal actividad de manera que, aunque éstas se encontraran dentro de la misma clasificación, su funcionamiento fuera distinto. Las medidas tuvieron una duración de 10 minutos, con una altura de micrófono de 1,50 m sobre el suelo.

Análisis preliminar

Una vez realizadas las medidas, se comprobó la correlación que existía entre la clasificación de la red urbana y una serie de rangos de niveles de ruido, por lo que se clasificaron las calles en 6 tipos según los niveles de ruido de manera que pudiésemos asignar un nivel de ruido a cada vía o plaza de la zona para cada periodo y para los diferentes días de la semana según la clasificación urbana. Cabe señalar que las vías clasificadas como accesos a la zona presentaban diferentes niveles de ruido según su afluencia, por lo que se englobaron éstos en las otras clasificaciones según su uso.

Tipo	Niveles (dBA)	Actividad	Descripción
1	>70,1	Nodos y conectores muy activos debido a la aglomeración de locales de ocio en periodo nocturno	Zonas de concentración debido a la presencia de lugares de ocio, muy activos en periodo nocturno
2	65,1-70,0	Nodos con gran actividad, conectores y accesos principales a la zona	Vías y plazas con gran afluencia de personas debido a la presencia de comercio, edificios singulares, locales de ocio, etc., así como accesos relevantes de la zona
3	60,1-65,0	Nodos, conectores y accesos secundarios	Vías que funcionan de conexión y/o de distribución hacia zonas de interés y accesos de segundo orden
4	55,1-60,0	Conectores esporádicos	Vías cuya función es la de conectar ocasionalmente otras vías o nodos con mayor actividad
5	45,1-55,0	Complementos a la red urbana	Vías de uso exclusivo para los vecinos de la zona, que complementan el tejido urbano
6	<45,0	Vías sin uso	Vías que por sus características y ubicación, no son utilizadas como parte del trazado urbano

Tabla 3 - Clasificación vías según niveles de ruido

Tipo	1	2	3	4	5	6
Promedio LAeq (dBA)	70,2	66,7	62,5	57,8	51,4	39,8

Tabla 4 - Promedio de las medidas realizadas en cada categoría

Posteriormente, a modo de comprobación, se contrastaron los mapas realizados en la clasificación urbana con los niveles que presentaban los estudios que se habían venido realizando en la ciudad de León en colaboración entre el Ayto. de León y la Universidad de León como son, el “Mapa Acústico León 2000” y el “Estudio sobre Implantación de una zona acústicamente saturada en la ciudad de León”, corroborando la relación existente entre dichos estudios y la clasificación anterior. En algunos casos se observaron discrepancias debidas a la apertura y/o cierre de diversos establecimientos, o a mejoras en cuanto a la ubicación de vestíbulos en los locales de ocio, entre otros.

Análisis global

Como tercera fase, se realizaron medidas semanales en dos puntos de la zona a estudiar, ubicando el micrófono en los balcones de dos viviendas, de manera que pudiésemos recoger el total de los periodos establecidos y corroborar la clasificación como red urbana y la validez de las medidas de corta duración. Dichas medidas fueron realizadas a lo largo de semanas representativas, es decir, sin presencia de fenómenos anormales, ubicando los equipos en los balcones de las viviendas, de manera que éstos no pudiesen ser percibidos por la población. La localización de los lugares donde se realizaron las mismas se debe a la disponibilidad de los vecinos de la zona, por lo que la ubicación del equipo de medida varía en cuanto a la altura del mismo. A continuación presentamos el resultado de dos vías donde se realizó el estudio semanal.

Vía 1 h= 3,50			Vía 2 h= 3,00		
Periodo horario	LAeq (dBA)	Clasificación red urbana	Periodo horario	LAeq (dBA)	Clasificación red urbana
Lsemanal	59,3		Lsemanal	58,5	
Ld	60,6		Ld	60,0	
L-V	58,9	4 (55,1-60,0 dBA)	L-V	60,8	3 (60,1-65,0 dBA)
S-D	63,2	3 (60,1-65,0 dBA)	S-D	57,3	4 (55,1-60,0 dBA)
Le	59,5		Le	58,4	
L-Mi	54,3	5 (45,1-55,0 dBA)	L-Mi	57,2	4 (55,1-60,0 dBA)
J-D	61,3	3 (60,1-65,0 dBA)	J-D	59,1	4 (55,1-60,0 dBA)
Ln	56,6		Ln	55,4	
D-Mi	57,2	4 (55,1-60,0 dBA)	D-Mi	54,8	5 (45,1-55,0 dBA)
J-S	55,7	4 (55,1-60,0 dBA)	J-S	56,0	4 (55,1-60,0 dBA)

Tabla 5 - Comparativa medidas semanales y clasificación como red urbana

Si aplicásemos las correcciones indicadas en la norma ISO 1996-2:2007 para posición del micrófono ubicado frente a superficie reflectante para obtener el campo sonoro incidente, observaríamos que las medidas realizadas a 3,00 y 3,50 m. se desviarían en cuanto a la clasificación urbana del funcionamiento de las vías, así como de las medidas de corta duración realizadas a 1,50 m. de altura. Esto se debe a que los niveles varían debido a diversos fenómenos como la reflexión, la absorción, la dispersión, etc., a los que se enfrentan en su camino, las ondas sonoras desde la fuente hasta el receptor [13], ubicado en este caso, a más altura y próximo a la fachada, aunque se ha propuesto una revisión sobre las correcciones planteadas por la norma [19]. Por lo tanto, para facilitar las comparaciones, no se realizaron las correcciones por proximidad a fachada, ya que se comprobó las medidas realizadas en ambos casos, se encontraban dentro del rango establecido para la clasificación como red urbana.

Así mismo, cabe destacar que, en cuanto al análisis urbanístico de los kilómetros de vía expuestos a niveles superiores a los estipulados por el Real Decreto 1367/2007 [20] sobre Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes referente a los sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial, encontramos los resultados que se muestran en la tabla a continuación. En dicho documento se indica que para el periodo día y tarde, dichos niveles se encuentran en 65 dBA, mientras que para el periodo nocturno, se reducen a 55 dBA.

Periodo	km expuestos (%)
Ld L-V	1,1%
Ld S-D	3,0%
Le L-Mi	2,1%
Le J-D	4,9%
Ln D-Mi	26,7%
Ln J-S	46,3%

Tabla 6 - Porcentaje de km expuestos a niveles por encima de los fijados en el Real Decreto 1367/2007.

Conclusiones

- La clasificación a partir del análisis urbanístico de la zona en base a unos parámetros, resulta adecuada para el estudio de zonas con tales características como pueden ser las zonas peatonales, destacando la importancia de que, a partir del análisis urbanístico y de un número de medidas de corta duración en puntos estratégicos, es posible asignar determinados niveles de ruido presentes en dichas zonas. Para ello, debemos destacar que es necesario un conocimiento profundo de la zona a estudiar en cuanto a su funcionamiento y a la morfología de la misma.
- Este estudio servirá de base para establecer una metodología general de estudio de las zonas peatonales y poder incluir las mismas en los Mapas Estratégicos de Ruido, de manera que éstos puedan ser objeto del Plan de Acción y, a partir de aquí puedan optar a mejoras ya sea a nivel urbanístico y/o legal en caso de que sea necesario.

- Cabe destacar, que, en base al estudio realizado, de los 10,9 km. que componen las vías y plazas de la zona peatonal, durante el periodo nocturno, un gran número de ellas, en concreto el 26,7% de domingo a miércoles, mientras que el dato se incrementa a un 46,3% los días jueves, viernes y sábado, se encuentran sometidas a niveles superiores a los niveles objetivo estipulados en el Real Decreto 1367/2007, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, en cuanto a los Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables a áreas urbanizadas existentes referente a los sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial.
- Es indispensable señalar que el análisis del nivel de presión sonora encontrado en determinadas zonas debe ser complementado con otra serie de análisis como pueden el análisis de parámetros psicoacústicos y las encuestas, de manera que seamos capaces de evaluar la molestia percibida por las personas.

Agradecimientos

Al Excmo. Ayuntamiento de León y su Concejalía de Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y Nuevas Tecnologías, así como a los vecinos del Casco Antiguo de León.

Bibliografía

- [1] García Canclini, N. *Culturas híbridas: estrategias para entrar y salir de la modernidad*. México, Grijalbo, 2005.
- [2] EEA-European Environment Agency. *Urban Sprawl in Europe. The ignore challenge* [en línea]. EEA Report 10/2006. Copenhagen, 2006 [ref. de 20 de febrero de 2012]. Disponible en Web: http://www.eea.europa.eu/publications/eea_report_2006_10/eea_report_10_2006.pdf
- [3] Kjellberg, A.; Landström, U.; Tesarz, M.; Söderberg, L.; Akerlund, E. *The effects of nonphysical noise characteristics, ongoing task noise sensitivity on annoyance and distraction due to noise at work*. *Journal of Environmental Psychology* 16, p. 123-126.
- [4] Stnasfeld, S.A.; Lercher, P. *Non auditory physiological effects of noise: Five year review and future directions*. En *Proceedings of ICBEN*. Rotterdam, 2003.
- [5] De Coensel, B. *Introducing the temporal aspect in environmental soundscape research*. PhD Tesis. Ghent University, Belgium, 2007.
- [6] Finegold, L.S.; Elias, B. A predictive model of noise induce awakening from transportation noise sources. *Proceedings of the 31th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (Internoise)*. Dearborn, Michigan, USA, 2002, en CD-ROM.
- [7] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, *Boletín Oficial del Estado* 276. España, 18 de noviembre de 2003, pp. 40494-40505.
- [8] Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental Europeo*. L 189/12. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 18 de julio de 2002, pp. 189/12-189/25.
- [9] Real Decreto 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión

- del ruido ambiental. *Boletín Oficial del Estado* 301. España, 17 de diciembre de 2005. pp. 41356-41363.
- [10] Job, R.F.S. Community response to noise: A review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *Journal of the Acoustical Society of America*, 83, pp. 991-1001. 1988.
- [11] Berglund, B.; Lindwall, T. *Community Noise*. Trabajo preparado para la Organización Mundial de la Salud (WHO), Universidad de Estocolmo, 1995.
- [12] Brambilla, G. Physical Assessment and Rating of Urban Noise. En: Amando García (ed). *Environmental Urban Noise. Advances in Ecological Sciences*. WIT Press, Southampton, 2001 pp.16-71.
- [13] García Rodríguez, Amando. *La Contaminación Acústica. Fuentes, Evaluación, Efectos y Control*. Temas de Acústica. Sociedad Española de Acústica.
- [14] Perera, P. (Coord). *Ruido comunitario, El ruido en la ciudad. Gestión y control*. Ayuntamiento de Madrid. Sociedad Española de Acústica, 1991.
- [15] García Ortiz, E.; Cepeda Riaño, J.; Melcón Otero, B.; Fuentes Robles, M.; Búrdalo Salcedo, G.; García de la Peña, D.; de Barrios Carro, M. *Estudio sobre implantación de Zona Acústicamente Saturada (ZAS) en la ciudad de León*. León, 2006.
- [15] Romeu, J.; Jimenez, S.; Genescà, M.; Sánchez, A. *Recreation noise in acoustic mapping*. En Proceedings of the International Congress and Exhibition on Noise Control Engineering. Internoise 2010. Lisboa, Portugal, 2010. pp. 1-10.
- [16] Gómez Escobar, V.; Barrigón Morillas, J.M.; Rey Gonzalo, G.; Vaquero, J.M.; Méndez Sierra, J.A.; Vílchez-Gómez, R.; Carmona del Río, F.J. Acoustical environment of the medieval centre of Cáceres (Spain). *Applied Acoustics* 73 (2012). pp. 673-685.
- [17] Salingeros, N. *Principles of Urban Structure*. Amsterdam, Techne Press, 2005.
- [18] Asociación Española de Normalización y Certificación AENOR. UNE-ISO1996-2:2007. Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Parte 2: Determinación de los niveles de ruido ambiental. Madrid, España. 2009.
- [19] Barrigón Morillas, J.M.; Gómez Escobar, V.; Fondón Javato, M.C.; Sáenz Caballero, E.; Rey Gozalo, G.; Carmona del Río, F.J.; Vílchez-Gómez, R. La medida del ruido en las calles, efectos de la situación del equipo de medida. *Actas del 40º Congreso Nacional de Acústica. Encuentro Ibérico de Acústica*. Cádiz, España, 2009, en CD-ROM.
- [20] Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústica. *Boletín Oficial del Estado* 254. España, 23 de octubre de 2007, pp. 42952-42972.