



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ESTIMACIÓN DEL L_{den} ANUAL CUANDO LA FUENTE DE RUIDO ES EL TRÁFICO RODADO

PACS: 43.50.Sr

Santiago Jiménez, Jordi Romeu, Teresa Pamies, Meritxell Genesca
LEAM. Universidad Politécnica de Cataluña
Colom, 11
08222 Terrassa, Barcelona. España
Tel: +34 937 398 146
Fax: +34 937 398 022
E-Mail: santiago.jimenez@upc.es

ABSTRACT

This paper presents an analysis of some factors that can influence the estimation of the annual L_{den} , which have to be representative of the city conditions through the year. Experimental work has been done in three cities of Catalonia (Spain) to investigate the importance of day/night, winter/summer and day/weekend day differences. Work has been focused in averaged conditions of traffic noise and does not include any especial condition at all (as pedestrian streets or noise from activities). It has been found that night levels are usually higher than it is supposed and that its effect on the estimation of L_{den} can be important. On the other hand, winter/summer differences found in a touristic city at the Mediterranean Sea, although noticeable, does not affect in a significant way the estimation of annual L_{den} .

RESUMEN

Este artículo presenta un análisis de algunos factores que pueden influir en la estimación del L_{den} anual, que debe ser representativo de las condiciones acústicas de la ciudad a lo largo del año. Se han realizado trabajos experimentales en tres ciudades de Cataluña para investigar la importancia del día/noche, del invierno/verano y las diferencias entre un día laboral/día del fin de semana. El trabajo ha sido realizado para condiciones promedio de ruido de tráfico y no incluye ningún otro tipo de fuente en el conjunto, (como calles de peatones o ruido de actividades). Se ha encontrado que los niveles de noche son por lo general más altos que los supuestos y que su efecto sobre la valoración de L_{den} puede ser importante. Por otra parte, las diferencias entre invierno/verano encontradas en una ciudad turística Mediterránea, aunque son apreciables, no afectan de un modo significativo la valoración del L_{den} anual.

INTRODUCCIÓN

La Directiva Europea sobre Evaluación y Gestión del Ruido Ambiental [1] establece ciertos métodos de evaluación comunes a todos los estados miembros de la Unión Europea y fija varios indicadores de ruido para ser utilizados en la elaboración de mapas de ruido y en la planificación de zonas acústicas. Los indicadores comunes escogidos son L_{den} , para valorar la molestia, y L_{night} , para valorar la perturbación del sueño. Mientras todos los estados miembros aceptan estos indicadores de ruido proporcionados por la Directiva, no ocurre así con la

duración de los períodos (día, tarde, noche) que comprenden el L_{den} . Existía una controversia considerable con los países Mediterráneos, defendiendo una duración diferente para estos períodos, debido a su clima y costumbres diferentes. El objetivo principal será determinar la población expuesta al ruido y la elaboración de los mapas estratégicos de ruido. Todos los resultados se deben expresar en rangos de 5 dBA. Estos indicadores deben ser representativos de las condiciones anuales, pero no se da ninguna indicación acerca de cómo estimar estas circunstancias. La Directiva Europea exige también, determinar el origen del ruido, teniendo en cuenta, cada una de las diferentes fuentes: tráfico rodado, ferroviario y aéreo en el entorno de los aeropuertos y los lugares dedicados a actividades industriales.

MEDICIONES DE RUIDO DE LARGA DURACIÓN

Selección de los Puntos de Muestreo

Se puede encontrar estrategias diferentes para estudiar el ruido ambiental en una ciudad, dependiendo de los métodos para determinar la selección de los puntos de muestreo [2] :

- Muestreo aleatorio: los puntos de medida se escogen por medio de una cuadrícula de tamaño diferente dependiendo de las ciudades.
- Muestreo en función del uso del suelo: los puntos de medida se localizan dependiendo de las características del uso de la calle, por ejemplo, comercial, residencial, etc.
- Muestreo orientado al receptor: las medidas se realizan teniendo en cuenta sólo la población, centrándose en viviendas y escuelas, por ejemplo.
- Muestreo orientado a la fuente: este método es difícil de ser aplicado en mediciones a gran escala, debido al elevado número de fuentes sonoras. Puede ser esta la razón de que se utilice para determinar las diferentes condiciones de tráfico. [3]

En cualquiera de los métodos experimentales, el L_{den} tiene que ser representativo de las condiciones anuales, así los puntos de medida deben representar algunas de las características que se pueden encontrar en las ciudades. [4] El muestreo aleatorio (cuadrícula) puede lograr esta representación, pero el tamaño de cuadrícula debe ser suficientemente pequeño para asegurar que se cumplen todos los requisitos de la Directiva de UE. Es por esto, que los puntos de medida se seleccionaron en función del uso del suelo y teniendo en cuenta las diferentes condiciones de tráfico.

También la Directiva de la UE contempla, que los estados miembros estimen la población expuesta a diferentes tipos de fuentes de ruido. Las medidas, además de ser representativas de las fuentes propuestas por la Directiva (el tráfico, el tren, los aviones y la actividad industrial) deben tener en cuenta las condiciones diferentes del tráfico, y estas condiciones están influenciadas en gran parte por el uso del suelo. Siguiendo esta estrategia, las calles se clasificaron en cinco grupos:

- Carreteras de acceso: las carreteras que se dirigen al interior de la ciudad.
- Calles de distribución: avenidas y ejes que distribuye el tráfico a diferentes zonas.
- Calles de destino: calles de la trama urbana que llevan a la gente al destino final del viaje, generalmente residencia, comercio u otra clase de servicios.
- Peatonales: afortunadamente, las zonas peatonales están aumentando en las ciudades españolas.
- Influencia del tren: es usual que las líneas férreas discurren paralelas a las calles o lleguen a ser una calle en sí mismo.

Y las categorías del uso del suelo han sido:

- Residencial
- Comercial, donde la actividad se realiza normalmente durante el día.

- Industrial: existen algunas ciudades donde la actividad industrial está instalada dentro de los límites de la ciudad.
- Actividades de ocio: estas actividades pueden realizarse durante la noche, y existe una tendencia para agruparlas en ciertas áreas de las ciudades.

El ruido de aviones no se considera porque, actualmente, la mejor forma de obtenerlo es por simulación. La exposición a este tipo de fuente se deberá añadir al resto del ruido urbano.

Medidas de Larga Duración

En las medidas de larga duración, los sonómetros se colocaron en el primer piso de los edificios, para cumplir la Directiva de la UE, y se almacenan los valores del L_{Aeq} cada 15 minutos durante un periodo mayor de 24 horas. Los resultados se integran para obtener los valores del L_{Aeq} de cada 1 hora, para posteriormente obtener los indicadores L_{den} y L_{night} . Los valores se almacenan cada 15 minutos en lugar de 60, para detectar los acontecimientos acústicos no usuales y eventualmente se desechan. El indicador L_{den} se calcula utilizando la fórmula "Mediterránea."

$$L_{den} = 10 \lg \frac{1}{24} \left(14 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 2 \cdot 10^{\frac{L_{evening} + 5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night} + 10}{10}} \right)$$

Considerando el día entre 7:00 h. de la mañana y las 21:00 h. de la tarde, y el periodo de tarde entre 21:00 h. y 23:00 h, aunque exista una pequeña diferencia utilizando esta fórmula, o aplicando la fórmula del L_{den} general, considerando el periodo vespertino entre las 7:00 h y 23:00 h. de la tarde. [5].

RESULTADOS PRELIMINARES

Efectos Día-Noche

La mayor parte de normativas consideran que los niveles de ruido establecidos para la noche deben ser 10 dBA inferiores a los del periodo diurno; de ahí, se podría pensar que la influencia del periodo nocturno en el cálculo del L_{den} sería inapreciable. Sin embargo en el mundo real no hay tal diferencia. [6] Para determinar la influencia en L_{den} de esta diferencia de niveles entre el día y la noche, se han realizado medidas de larga duración en ciudades con población de 10.000 a 170.000 habitantes. La ubicación de las medidas fueron seleccionadas atendiendo a la clasificación de las calles presentada más arriba. En el momento de presentar este estudio, no se han extraído suficientes resultados de las medidas realizadas en calles peatonales y calles influenciadas por el paso de tren, así sólo se comentan los resultados del resto de carreteras/calles urbanas, donde la fuente principal de ruido es el tráfico rodado. Teniendo en cuenta sólo estas calles urbanas se han hecho 35 medidas en total, pero se demuestra que la diferencia promediada entre el L_{day} y L_{night} esta muy influenciada por el tipo de calle, como se puede ver en la tabla 1.

Tabla 1. Diferencia promediada entre L_{day} - L_{night} relacionada con de tipo calle

Tipo de calle	$L_{day} - L_{night}$
Carreteras de acceso	4,3
Calles de distribución	6,3
Calles de destino	7,7

Las figuras 1-2 y tabla 2 muestran algunos ejemplos relacionados con medidas de larga duración para diferente tipo de calle, donde se puede encontrar la razón de las diferencias de tabla 1.

Tabla 2. Algunos ejemplos de L_{day} , L_{night} y $L_{evening}$ y de su influencia en L_{den} relacionados con de tipo calle

Indicadores	Carreteras de acceso	Calles de distribución	Calles de destino
L_{day}	76,6	70,8	69,7
$L_{evening}$	73,6	68,9	68,1
L_{night}	72,6	64,2	59,6
L_{den}	79,7	72,5	70,1
$L_{den} - L_{day}$	3,1	1,7	0,4

Estos resultados muestran que si el valor de L_{den} se considera directamente como un L_{day} , el resultado obtenido se ajusta al real en todas las calles donde la diferencia entre día/noche sea realmente 10 dBA. No ocurre así cuando la diferencia es de 3 a 3,5 dBA, entonces el indicador L_{den} se aleja del valor real, como se ha demostrado. Para concluir, se puede decir que considerando un valor del L_{den} igual a las medidas llevadas a cabo durante el día, pueden encontrarse diferencias significativas, aunque el resultado sería más adecuado.

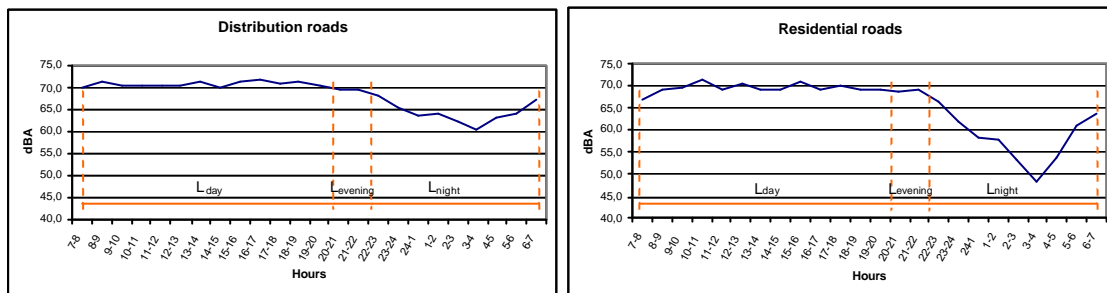


Fig. 1. Medidas de 24 horas (izquierda) en calle de distribución y en calle de destino, donde se puede ver una caída más alta entre el día y la noche

Efectos del Verano y el Fin de Semana

La directiva europea establece, en su anexo II “métodos de evaluación para los indicadores de ruido”, que se ha de considerar la media a lo largo de un año (punto 2.1). Eso quiere decir, que en principio, se deben tener en cuenta todas las circunstancias que determinan el nivel de inmisión en las ciudades y que van variando a lo largo del año. Así, por ejemplo, se debería evaluar, la importancia del efecto del fin de semana (de cada 7 días, 2 son de fin de semana) o el efecto del verano (2 meses de cada 12).

A continuación se presenta un experimento de cálculo para un municipio turístico, con la intención de determinar la influencia real de la estacionalidad y de los fines de semana en el L_{den} . Este municipio multiplica por cuatro su población durante el verano. Los resultados y la estrategia seguida se han obtenido de medidas de larga duración, realizadas en una calle en diferentes épocas del año. [7]

Teniendo en cuenta que se evalúa un año entero, se han considerado los siguientes aspectos que pueden influir en el L_{den} :

- Fin de semana (2/7 días)
- Verano/Invierno (2/12 meses)
- Eventos semanales(1/7días)

La expresión siguiente se ha utilizado para calcular el valor de L_{day} de todos los períodos diarios de un año:

$$L_{day} = 10 \log \frac{1}{365} \left(\sum N_i * 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

donde:

N_i es el número de días que cumplen una condición.

L_i es el nivel equivalente de todos los días que cumplen la condición.

Los resultados y la estrategia seguida se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Influencia promediada de las condiciones anuales en el L_{den}

Tipo de días considerados	L_{day}	$L_{even.}$	L_{night}	L_{den}
Valor día laboral (invierno)	68,0	65,8	59,1	68,7
Valor día laboral y fin de semana (invierno)	67,3	65,3	60,5	68,9
Valor día laboral (verano)	67,2	68,0	63,3	70,7
Valor día laboral y fin de semana (verano)	67,0	68,4	64,0	71,2
Valor día laboral (invierno y verano)	67,9	66,2	60,2	69,1
Valor día laboral y fin de semana (invierno y verano)	67,2	66,0	61,4	69,4

Los resultados muestran que considerando 7 días laborables o 5 días laborables y 2 días de fin de semana, en el cálculo del L_{day} , el incremento en el L_{den} debido al fin de semana es de 0,2 dBA, para el periodo de invierno y de igual forma se obtiene un incremento de 0,5 dBA para el periodo de verano.

Pero considerando diferentes medidas puntuales realizadas en la temporada de verano, y considerándolas representativas de todo el año, el valor del L_{den} aumenta en 2 dBA con respecto al valor que se obtendría si se toman las medidas puntuales realizadas en periodo de invierno.

Ahora se podría considerar como nivel representativo de todo el año los días laborables, distinguiendo 10 meses de invierno y 2 meses de verano. Se obtiene una variación del valor del L_{den} de 0.4 dBA respecto a considerar solo los días de invierno, o una variación de -1,6 dBA con respecto al valor obtenido si se consideran sólo los días de verano.

Por último, si se considera como nivel representativo de todo el año los días laborables, de invierno, verano y fin de semana, se obtiene una variación en el valor del L_{den} de 0,7 dBA respecto al valor obtenido al considerar sólo los días laborables de invierno, o una variación de -1,3 dBA respecto a considerar sólo los días laborables de verano.

Para concluir, se puede decir, que el hecho de considerar los diferentes efectos temporales que pueden influir en el indicador L_{den} , no se han obtenido diferencias significativas respecto al del invierno, que es el caso mas general. Por tanto, no parece necesario tenerlos en cuenta en el cálculo del valor de L_{den} para este tipo de calles.

CONCLUSIONES

En este trabajo sobre los factores que pueden influir en la estimación de L_{den} . Los datos utilizados son de diferentes ciudades (según el caso estudiado) y se seleccionaron

considerando las condiciones promedio de la ciudad, sin tratar de buscar focos puntuales (como por ejemplo ruido de actividades). Los resultados muestran que las diferencias entre L_{day} y L_{night} están muy influenciadas por el de tipo calle, y generalmente están lejos de 10 dBA. En el caso de calles con tráfico pesado, la caída entre el nivel de día y noche puede ser tan pequeña como 3 dBA. Como es obvio, esta conducta diferente de las calles afecta al L_{den} , así las estimaciones del L_{night} sólo se pueden hacer gracias a las medidas experimentales de larga duración o a través de los datos fiables del tráfico de estas calles. Por otro lado, las diferentes condiciones entre el verano y el invierno, aunque notables (el promedio es de 2 dBA), parece que afectan poco en la estimación de L_{den} anual, debido al hecho, de que la duración del verano es sólo 2/12 meses del año. Lo mismo se ha encontrado diferenciando los días laborables de los días de fin de semana.

REFERENCIAS

1. Directive 2002/49/EC. *Journal of the European Communities* 18.07.2002.
2. A.L. Brown and K.C. Lam, "Urban noise surveys", *Applied Acoustics*, **20**, 23-39 (1987)
3. D. Chakrabarty et al, "Status of road traffic noise in Calcutta metropolis, India", *J. Acoust. Soc. Am.*, **101** (2), 943-949, (1997)
4. J.M. Barrigón et al, "An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain" *Applied Acoustics*, **63**, 1061-1070 (2002)
5. S. Jimenez et al, "The European Directive on assessment and management of environmental noise. Variability in the noise indicators", *Proc. Forum Acusticum*, 2002.
6. E.A. Shaw, "Noise environments outdoors and the effects of community noise exposure", *Noise Control Eng. J.*, **44** (3), 109-119 (1996).
7. E. Gaja et al, "Sampling techniques for the estimation of the annual equivalent noise level under urban traffic conditions" *Applied Acoustics*, **64**, 43-53 (2003)