

Predicción de niveles de ruido ambiental producido por el tráfico rodado en zonas urbanas

Amando García

*Laboratorio de Acústica, Departamento de Física Aplicada
Universidad de Valencia*

INTRODUCCION

Dada su gran variabilidad espacial y temporal, la caracterización del ruido ambiental en una ciudad (realización del mapa sonoro) es un proceso extraordinariamente laborioso y, como consecuencia, su coste resulta muy elevado. Por este motivo, los esfuerzos dirigidos a la predicción de los niveles sonoros existentes en zonas urbanas han sido relativamente abundantes en estos últimos años. La mayoría de estas predicciones se basan en la evaluación del impacto sonoro producido por el tráfico rodado (1).

Como es bien sabido, las fuentes de ruido ambiental más significativas en todas las zonas urbanas de los países desarrollados están relacionadas con el tráfico rodado (turismos, camiones, autobuses, motocicletas, etc). Como resultado de los numerosos estudios llevados a cabo sobre la contaminación acústica en todo el mundo, se sabe actualmente que el nivel de ruido producido por el tráfico depende fundamentalmente del volumen o intensidad del tráfico, del tipo de vehículos que lo constituyen, de su estado general y condiciones de utilización, de la velocidad de los vehículos, de la pendiente de la calzada y de la naturaleza y estado del firme (2).

Las predicciones de estos niveles sonoros están basadas en modelos estrictamente teóricos o, lo que es más frecuente (dadas las dificultades que caracterizan a este problema), se han orientado hacia el desarrollo de alguna fórmula de tipo semiempírico, con el objetivo de relacionar el valor de tales niveles con los de algunas magnitudes significativas fáciles de medir en la práctica. En el desarrollo de esta estrategia se deben tomar en consideración tanto las características del flujo de vehículos (por ejemplo, la densidad del tráfico, la velocidad media y el porcentaje de vehículos pesados), como las del emplazamiento específico en el que pretendemos aplicar las correspondientes predicciones teóricas (con parámetros tales como la distancia entre las vías del tráfico y el punto de recepción, las características urbanísticas del emplazamiento, o los efectos de reflexión de las ondas sonoras en los edificios colindantes, entre otros).

Alentados por el éxito alcanzado en algunos trabajos previos realizados sobre este tema hace algunos años (3), nos hemos planteado recientemente su extensión y profundización, basándonos en la utilización de los datos e información obtenidos en nuestras medidas de ruido ambiental diurno en zonas urbanas de toda la Comunidad Valenciana (4). En consecuencia, la expresión semiempírica que hemos obtenido tiene una validez general en este ámbito geográfico muy amplio (de hecho, creemos que la expresión obtenida podría también aplicarse con éxito para predecir niveles sonoros en otras muchas zonas urbanas de nuestro país).

DEDUCCION DE LA FORMULA SEMIEMPIRICA

Tras realizar diferentes ensayos preliminares para determinar la forma en que las diferentes variables experimentales afectan a las correspondientes predicciones, la selección de las variables independien-

tes a considerar en la predicción de niveles sonoros equivalentes Leq (como variable dependiente) se llevó a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS/PC+ y siguiendo un procedimiento de selección de variables conocido como "stepwise" o "proceso de etapas juiciosas" (5).

Una vez escogido un determinado conjunto de variables independientes, en este método se selecciona aquella variable cuya correlación con la variable dependiente es la más alta de todas (positiva o negativa). Una vez realizados y presentados todos los cálculos con esta variable, se pasa a elegir la segunda variable a entrar en la ecuación; esta selección se hace en función de dos criterios: el correspondiente coeficiente de correlación parcial y la tolerancia de la variable. El proceso se repite sucesivamente con cada una de las restantes variables consideradas. Las variables sólo se introducen en la ecuación si la probabilidad asociada al estadístico F, o el equivalente T de cada parámetro Beta, es menor o igual que el valor que previamente hayamos asignado; en nuestro análisis, hemos considerado un valor de 0.05. El método concluye cuando todas las variables han sido incluidas o cuando ninguna de las variables no incluidas ha superado la condición citada.

En principio, nuestra lista de variables seleccionadas ha sido bastante extensa (esta selección se ha basado en la información deducida en el análisis estadístico general realizado previamente con todos los datos disponibles). Concretamente, la citada lista estaba constituida por el logaritmo decimal del volumen de tráfico Q medido en veh/hr (LOGQ), el logaritmo decimal de la anchura de la calle en que se han llevado a cabo las oportunas observaciones, expresada en metros (LOGD), la velocidad de los vehículos, medida en km/hr (VELOCID), el porcentaje de vehículos pesados (P), el porcentaje de motocicletas (M), la pendiente de la calzada en % (PENDIENT), la altura media de los edificios que flanquean el emplazamiento de medida, como media aritmética de los situados en dicho punto y en la acera de enfrente (ALT), la distancia entre el punto de medida y el cruce más próximo (DISCRUCE), y la distancia entre dicho punto y el semáforo más próximo (DISEMAFO). Por consiguiente, en nuestro análisis hemos tomado en consideración una variable dependiente (Leq) y nueve variables independientes.

El análisis de la correspondiente matriz de correlaciones ha puesto de manifiesto que la correlación entre las variables Leq y LOGQ es particularmente elevada, de acuerdo con lo esperado. Utilizando la variable LOGQ (volumen de tráfico) como única variable (primera etapa del proceso), hemos obtenido la siguiente ecuación:

$$Leq = 52.3 + 6.8 \log Q$$

El correspondiente coeficiente de correlación múltiple es 0.784 (evidentemente, en este caso, dicho coeficiente de correlación múltiple coincide con el simple, dado que sólo se ha considerado una variable). La desviación típica es 3.42 dBA. El coeficiente de determinación (cuadrado del coeficiente de correlación múltiple) vale 0.615; este valor indica que la variable LOGQ explica por sí sola un 62% de la varianza que presenta la variable dependiente. El nivel de significación (probabilidad de que la relación encontrada se deba al azar) es menor que 0.001.

La toma en consideración de las variables LOGD, P, M y V en las sucesivas etapas del proceso "stepwise" proporciona mejoras pequeñas pero significativas en la calidad de los correspondientes ajustes. Con el fin de abreviar en lo posible nuestra exposición, nos limitaremos a reproducir la ecuación final obtenida en dicho proceso:

$$Leq = 52.1 + 7.4 \log Q - 4.6 \log D + 0.11P + 0.04M + 0.06V$$

a la que corresponde un coeficiente de correlación de 0.831, un error estándar de 3.07 dBA, un coeficiente de determinación de 0.688 y un nivel de significación $p < 0.001$.

Esta última expresión permite predecir el valor del nivel sonoro LEQ existente en un determinado emplazamiento a partir de cinco variables: la densidad de tráfico Q, la anchura de la calle D, el porcentaje de vehículos pesados P, el porcentaje de motocicletas M y la velocidad media de los vehículos V. El proceso de análisis "stepwise" finalizó en esta fase, al comprobar que la toma en consideración de otras variables adicionales sólo serviría para complicar la expresión semiempírica resultante y no iría acompañada por una mejora apreciable de los resultados alcanzados.

DISCUSION

El análisis de regresión múltiple realizado sobre los datos experimentales obtenidos en nuestras medidas de niveles de ruido ambiental diurno en zonas urbanas de la Comunidad Valenciana (580 puntos diferentes) nos ha permitido deducir una fórmula semiempírica capaz de predecir con suficiente precisión el valor de dichos niveles partiendo de un número muy reducido de variables.

De acuerdo con lo esperado, la variable más significativa es el logaritmo de la densidad de tráfico Q, expresada en veh/hr. La expresión deducida utilizando esta única variable ($Leq = 52.3 + 6.8 \log Q$) permite predecir los valores de los niveles sonoros equivalentes Leq existentes en zonas urbanas con un nivel de precisión suficiente a efectos de prospección general. En consecuencia, la primera de las medidas a aplicar para reducir los niveles de contaminación sonora originados por el tráfico rodado en las zonas urbanas, debería basarse, sencillamente, en una reducción sustancial en el número de vehículos (en general) que circulan por ellas, por ejemplo, potenciando el uso del transporte público en detrimento de los vehículos privados. Sin embargo, no deberíamos olvidar el hecho de que dicha reducción tendría que ser realmente importante para que sus efectos fueran significativos. La fórmula semiempírica que hemos deducido en este trabajo nos permite afirmar, por ejemplo, que si la densidad del tráfico rodado existente en un determinado emplazamiento se redujera a la mitad (manteniendo constantes los valores del resto de los parámetros), tan sólo se produciría una disminución del orden de 2.2 dBA en los correspondientes niveles sonoros.

La segunda de nuestras conclusiones se refiere a la gran importancia que revisten las condiciones urbanísticas de las ciudades en la configuración de su ambiente sonoro. Concretamente, la expresión semiempírica deducida permite cuantificar el papel que juega la anchura de las calles en los niveles sonoros existentes en nuestras ciudades. Por ejemplo, si se duplicara la anchura de todas nuestras calles (sin modificar los valores de los restantes parámetros significativos), los correspondientes niveles de ruido ambiental se reducirían en 1.4 dBA aproximadamente.

La expresión semiempírica deducida en este trabajo demuestra que la presencia de vehículos pesados en nuestras calles tiene un efecto bastante negativo sobre los correspondientes niveles sonoros. Por ejemplo, la existencia de un 10% de este tipo de vehículos en el flujo general produce un incremento del orden de 1.1 dBA en dichos niveles respecto al que existiría, en igualdad de otras condiciones, si sólo existieran vehículos ligeros.

Por lo que se refiere a la presencia de motocicletas en el tráfico urbano podríamos decir algo parecido, aunque, en términos generales, su impacto sonoro es sensiblemente menor que el de los vehículos pesados. Sin duda alguna, los efectos negativos que producen estos vehículos habría que relacionarlos sobre todo con determinados comportamientos personales o circunstancias relativamente fáciles de detectar y corregir (conducción inadecuada, utilización de tubos de escape defectuosos, etc.).

Finalmente, nuestra expresión pone de manifiesto que la velocidad de los vehículos que circulan por nuestras ciudades puede tener una influencia nada despreciable sobre los correspondientes niveles sonoros. Por ejemplo, podemos observar que dichos niveles sonoros se incrementan en 1.2 dBA cuando la velocidad aumenta de 50 km/hr a 70 km/hr. En general, y considerados estrictamente desde el punto de vista de la acústica ambiental, estos resultados apuntan claramente a la necesidad de controlar adecuadamente la velocidad de los vehículos en las zonas urbanas.

En cualquier caso, nos parece oportuno acabar recordando que, por lo que se refiere a las fuentes de ruido urbano, el presente análisis ha tomado en consideración exclusivamente el impacto producido por el tráfico rodado; como es natural, la aplicación de la expresión deducida a situaciones en las que la presencia de otro tipo de fuentes sonoras (tales como aviones, trenes, industrias, etc.) sea significativa puede conducir a resultados francamente deficientes. Evidentemente, antes de aplicar esta expresión a un determinado emplazamiento es necesario analizar con un cierto cuidado las condiciones existentes en el mismo. Las numerosas pruebas realizadas en este sentido han demostrado que, si se usa adecuadamente, la fórmula deducida en este trabajo puede ser una herramienta de gran utilidad en la lucha contra la contaminación sonora en las zonas urbanas de nuestra Comunidad.

REFERENCIAS

- (1) B.M.Favre.- "Factors affecting traffic noise, and methods of prediction". Publicado en "Transportation noise. Reference book" (P.M.Nelson, ed.). Butterworths. London (1987).
- (2) C.Lamure.- "Noise emitted by road traffic".- Publicado en "Road traffic noise" (A.Alexandre et al., ed.). Applied Science Publishers. London (1975).
- (3) A.García y D.Bernal.- "The prediction of traffic noise levels in urban areas".- Proceedings of the International Conference on Noise Control Engineering, Vol. II, pág. 843-846. Munich (1985).
- (4) A.García.- "Medidas de ruido ambiental en la Comunidad Vasleñciana".- Conselleria de Medi Ambient. Generalitat Valenciana (1994).
- (5) M.J.Norusis.- "SPSS/PC+ Base Manual and Statistics".- SPSS Inc. Chicago (1990).