



## Programa para el cálculo de ruido de tráfico urbano y la elaboración de mapas sonoros de la ciudad de Gijón

Jorge L. Parrondo, Antonio Robles, Joaquín Fernández, Luis Alemany\*,  
Carmen Aguado\*

Área de Mecánica de Fluidos, Universidad de Oviedo. Campus de Viesques,  
33204 Gijón.

### Summary

A program called MASOGI has been developed for the theoretical calculation of the equivalent noise level in urban streets due to traffic and for the plot of noise maps of the city of Gijón. This program works on a data bank which contains geometrical, physical and traffic data of all the streets of the city. For a given street and given traffic conditions the noise levels at every point of a grid across the street are calculated by assuming a linear source of sound for each lane and by using a recursive algorithm based on the image source method. Predictions of the program were compared to experimental measurements in several streets of Gijón, and good agreement was found in all cases.

### Introducción

A fin de poder cuantificar el ruido ambiental urbano, producido sobre todo por el tráfico [1], en muchos municipios se han promovido campañas de mediciones de ruido en distintas zonas de las ciudades así como en distintas franjas horarias. Tal es por ejemplo el caso de la ciudad de Gijón (265.000 habitantes), para la que en el año 1993 se obtuvo un mapa del nivel sonoro equivalente diurno tras mediciones en un total de 289 puntos de la ciudad [2]. La información así obtenida es muy valiosa, pero se tienen los inconvenientes de: a) un gran coste económico y en tiempo; b) los datos de ruido obtenidos para una cierta calle resultan invalidados cada vez que se realice una reordenación del tráfico que afecte a la calle en cuestión; y c) sería muy útil poder estimar a priori el impacto ambiental sonoro que correspondería a una determinada propuesta de redistribución del tráfico. Estos problemas se pueden solventar mediante el cálculo teórico del ruido en las calles, aspecto que constituye el objeto de este trabajo.

En acuerdo con la Sección de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Gijón, se ha desarrollado un programa para la elaboración de mapas de ruido de la ciudad [3]. Para cada tramo característico de cada calle el nivel de ruido equivalente se determina en función de la densidad de tráfico y de las dimensiones geométricas, bajo la hipótesis de una fuente sonora lineal para cada carril de circulación. La contribución al ruido global debida a las sucesivas reflexiones del sonido entre calzada y fachadas se ha tenido en cuenta mediante el método de las imágenes. Complementariamente se realizaron medidas experimentales del ruido para distintos tipos de calles y de tráfico, y se comprobó que las predicciones del algoritmo de cálculo ajustaban satisfactoriamente tales mediciones así como los datos disponibles de la campaña de mediciones de 1993. Dicho algoritmo de cálculo se incorporó en el programa MASOGI, el cual trabaja sobre una base de datos de todas las calles de la ciudad (incluyendo datos geométricos y de tráfico) y finalmente permite la representación gráfica en mapas sonoros de los niveles de ruido calculados.

A continuación se describen brevemente la metodología de cálculo seguida y la forma de operación del programa.

### Metodología de cálculo

El ruido de tráfico no se distribuye uniformemente sobre una sección transversal de las calles, sino que es muy grande cerca de los vehículos circulantes (campo próximo) y disminuye en mayor o menor medida

hacia las fachadas de los edificios (campo reverberante), pudiendo haber no obstante zonas tanto de refuerzo como de sombra sonora (por ejemplo, si hay coches aparcados junto a las aceras). Por ello, para determinar un valor representativo del ruido en cada calle se consideró conveniente que primero se pudiera calcular la distribución espacial del nivel de ruido equivalente a través de una sección característica de esa calle.

Como datos de partida se precisan: a) datos geométricos y físicos de la calle: anchura de calzada y aceras, número de carriles en cada dirección, altura de fachadas, pendiente, tipo de pavimento, existencia o no de coches aparcados,...; b) datos del tráfico en cada dirección: densidad, velocidad media, fracción de vehículos pesados; y c) datos de cálculo: definición de zona y mallado de cálculo, banda de octava (o bien nivel total), ruido de fondo, precisión,... A continuación se estima la potencia sonora en dB(A)/m correspondiente al tráfico en cada carril bajo la hipótesis de fuente lineal. Para ello se parte de un nivel de potencia sonora por vehículo y octava, establecido en función de su velocidad, tipo de vehículo, pendiente y pavimento siguiendo las recomendaciones de las normativas NF S.31.085 e ISO 717/1. En esta asignación también se ha introducido un coeficiente corrector para los casos de baja densidad de tráfico, con los que la suposición de fuente lineal pierde validez.

Los cálculos de ruido se realizan siguiendo el método de las imágenes [4-6]. En primer lugar se calcula la presión sonora debida al sonido directo emitido desde las fuentes. Cuando los frentes de onda inciden sobre una superficie rígida (fachada o suelo) dichos frentes se reflejan de forma similar a la luz sobre un espejo, con lo que el campo sonoro reflejado se puede estudiar imponiendo una nueva fuente sonora, denominada "imagen" o "virtual", que sea simétrica con la primera fuente respecto a la superficie de reflexión. Para esta fuente virtual se ha de establecer qué zona de la calle estará sometida a su influencia y para los puntos afectados se calcula el correspondiente incremento de presión sonora, teniéndose en cuenta la absorción de energía sonora en el aire y en las propias reflexiones. La generación de una nueva fuente virtual tras cada reflexión se prosigue según un proceso recursivo que finaliza cuando los incrementos asociados de presión sonora sean menores de un valor prefijado. El resultado final es el nivel de ruido equivalente  $L_{EQ}$  en dB(A) para cada punto de la zona de cálculo.

#### Programa MASOGI

A fin de poder realizar de forma simple y eficaz los cálculos descritos sobre cualquier calle de la ciudad de Gijón, se desarrolló en lenguaje Delphi al programa MASOGI, el cual ofrece las siguientes posibilidades de operación:

a) Control y manejo de una gran base de datos con todas las calles de la ciudad de Gijón, en la que se incluyen tanto los datos geométricos y físicos como los datos de tráfico característicos para las bandas horarias de interés. Esta base de datos se puede actualizar a voluntad del usuario, pudiéndose añadir nuevas calles, borrar calles, buscar, imprimir datos, modificar cualquiera o todos los datos de cada calle y



Figura 1. Distribución del nivel de ruido equivalente en una sección transversal de una calle.

asignar coordenadas de situación sobre un plano de la ciudad. Para esta última opción, en la pantalla se dispone continuamente de dos mapas: uno pequeño, en el que se muestra toda la ciudad dividida en un total de 70 cuadrículas, y otro de mayor tamaño, en el que se muestra ampliada a una de las cuadrículas (similar a la pantalla mostrada en la figura 2). La selección de la cuadrícula ampliada así como la asignación sobre ella de cada calle se realiza de una forma muy sencilla mediante el ratón.

b) Cálculo del nivel de ruido equivalente para una calle dada. Primero se selecciona la calle sobre los mapas mostrados en pantalla con el ratón, tal como se indicó antes, así como la banda horaria y la frecuencia de interés. Como opciones se permite realizar el cálculo: i) en un punto de cada acera, ii) en todos los puntos definidos sobre ambas aceras, para luego obtener el valor promedio, y iii) en todos los puntos de la sección transversal de la calle. Con esta última opción se obtiene una distribución transversal de ruido como la mostrada en la figura 1, para a continuación seleccionar como valor representativo del ruido de esa calle bien al valor promedio en una cierta zona de la sección o bien al dato de ruido en un punto cualquiera (ambos, zona o punto, también se escogen fácilmente con el ratón). El dato de ruido finalmente obtenido se registra en un fichero de resultados.

c) Cálculo del nivel de ruido equivalente para todas las calles de una cuadrícula o para todas las calles de la ciudad. Se ofrecen las mismas opciones que en el apartado b).

d) Representación gráfica en mapas sonoros: los datos de ruido calculados se recogen desde los ficheros de resultados y se representan en un mapa sobre la pantalla, bien de toda la ciudad o bien de una determinada cuadrícula, de modo que cada calle aparece con un color en función del valor del nivel de ruido asignado, según una paleta de colores fácilmente modificable por el usuario (figura 2). Los mapas sonoros obtenidos se pueden imprimir bajo distintos tamaños.

#### Contrastación de resultados

Para verificar las predicciones del programa desarrollado, se realizaron medidas experimentales del nivel de ruido equivalente en un total de 14 calles con gran diversidad de características físicas y de tráfico, mediante un sonómetro BK-2231 (tipo 1). En cada caso se efectuaron al menos 9 series de medida de 5 minutos de duración, a la par que se contaban los vehículos circulantes en cada dirección (distinguiendo los vehículos pesados). En cada caso se recogió el nivel de ruido equivalente en banda ancha y en las octavas de 500 Hz y 1 kHz. Este conjunto de datos, unido a los datos de ruido correspondientes a la campaña de mediciones de 1993 (sólo disponibles para banda ancha), se contrastó con las correspondientes predicciones del programa MASOGI para el mismo punto en que se situó el sonómetro, y se encontró que, salvo en contadas excepciones, el error era menor de 2 dB(A). Dada la incertidumbre inherente, entre otros factores, a la asignación de potencia sonora de los vehículos y de velocidad de paso, así como a la posible concurrencia de otras fuentes de ruido ajenas a la propia circulación normal de vehículos, un error como el indicado está plenamente justificado. Por lo tanto los resultados del programa se pueden considerar como muy satisfactorios.

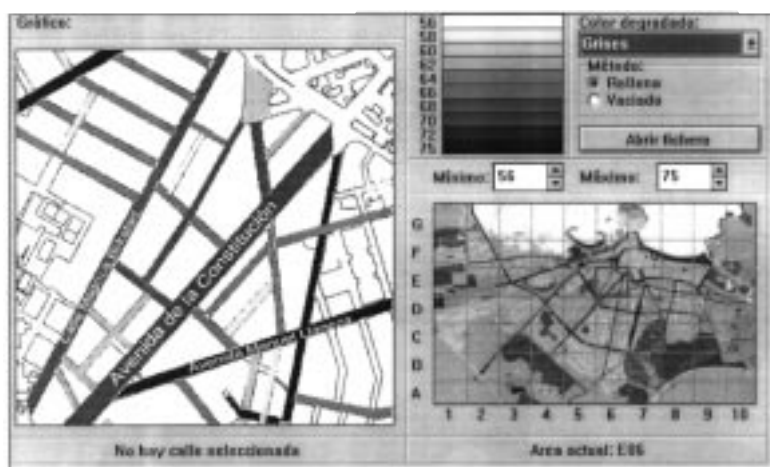


Figura 2. Mapa sonoro calculado para la cuadrícula E6 de la ciudad de Gijón

## Conclusiones

Se ha desarrollado el programa denominado MASOGI para el cálculo teórico del nivel de ruido equivalente en vías urbanas originado por el tráfico. Este programa está diseñado para trabajar sobre un banco de datos con las calles de la ciudad de Gijón, pudiendo obtenerse mapas sonoros de toda la ciudad o de zonas parciales. Los cálculos se efectúan asumiendo la hipótesis de fuentes lineales y empleando el método de las imágenes, con lo que se puede obtener la distribución del nivel de ruido sobre una sección transversal de cada calle. Los resultados obtenidos se contrastaron con datos experimentales para calles de diversas características geométricas y de tráfico, encontrándose diferencias menores de 2 dB(A) en la mayoría de los casos, por lo que se puede considerar que las predicciones del programa son muy satisfactorias.

## Referencias

- [1] Nelson P.M. "Transportation noise. Reference book". Butterwoods, London. 1997.
- [2] Ayuntamiento de Gijón. "Mapa sonoro de Gijón". 1993.
- [3] Ayuntamiento de Gijón. "Herramienta dinámica de cálculo de ruido". 1997.
- [4] Kuttruff H. "Indoor sound propagation and simulation of concert hall acoustics". *Tecniacústica* 95, I-VI. 1995.
- [5] Robles A., Parrondo J.L., Velarde S., Pistono J. "Determinación de la distribución de presión sonora en recintos mediante simulación numérica". *Anales de Ingeniería Mecánica*, 10(1), 745-752. 1994.
- [6] Robles A., Velarde S., Parrondo J.L. "Desarrollo y resultados de un programa de simulación del campo sonoro en locales mediante el método de las imágenes". *Tecniacústica* 95, 79-82. 1995.