



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Variables urbanísticas que influyen en la contaminación acústica en las grandes ciudades

Autor: Javier Morales Pérez

Institución: Universidad Alfonso X El Sabio

e-mail: jmoraper@uax.es

Otros Autores: DAVID MARTÍN RUIZ (UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO);
TOMÁS GARCÍA MARTÍN (UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO);

RESUMEN

El objetivo del trabajo realizado fue investigar el efecto de algunas variables relacionadas con el urbanismo y la construcción urbana, y otras que afectan a las edificaciones en el nivel sonoro en una gran ciudad. Para ello se ha utilizado la ciudad de Madrid, que por su variada tipología de barrios zonas antiguas y modernas y variedad urbanística, puede suponer un referente mundial que incluya las particularidades de otras grandes ciudades. Los puntos de medición se han escogido al azar por todas las calles de Madrid intentando que haya una heterogeneidad de situaciones en cuanto a las variables que se quieren estudiar. Se han estudiado 536 puntos en 47 calles, entre las que se encuentran calles muy importantes como el Paseo de la Castellana o la calle Serrano, hasta calles muy pequeñas casi sin tránsito de vehículos. Las mediciones se han realizado de lunes a sábado y en horario tanto diurno como nocturno, aunque predominan los primeros. Las calles de gran longitud como el Paseo de la Castellana se dividieron en varios tramos para su estudio por lo que se realizaron en diferentes días, y a veces, también en diferente horario. Después se realizó un análisis de los datos obtenidos para tratar de ver variables afectan al ruido y en que medida.

Palabras Clave: Leq, ruido, vehículos.

1. INTRODUCCIÓN.

El ruido es el contaminante mas común, el indicador mas usado y el que utilizan las legislaciones sobre ruido en las ciudades es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (LAeq,T) expresado en decibelios A. Es equivalente en términos de contenido energético, al ruido real variable con el tiempo que existe en el punto de medida durante el periodo de observación; es decir, representa el nivel sonoro que habría sido producido por un ruido constante en el mismo intervalo de tiempo T. Hay que expresar el intervalo de tiempo que se toma como medida.

La expresión matemática de este nivel es:

$$L_{Aeq,T} = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{T} \int_0^T \frac{P_A^2(t)}{P_o^2} dt \right) \quad [dB(A)]$$

Siendo PA(t) la presión sonora instantánea ponderada A, Po la presión acústica de referencia y el tiempo de duración de la medida en segundos.

En la práctica LAeq,T se calcula sumando n niveles discretos de presión sonora Li, en dB(A), emitidos durante los intervalos de tiempo ti, en segundos, respectivamente:

$$L_{Aeq,T} = 10 \text{Log} 1/T \sum 10^{Li/10} t_i$$

El ruido producido por el tráfico es la mayor fuente de contaminación acústica en las ciudades. Hay un gran número de variables que influyen en este tipo de contaminación, algunas de ellas relacionadas directamente con los vehículos, y otras del entorno por el que circulan. Algunas evidentes y otras no tan evidentes, las variables en las que nos vamos a centrar son las siguientes:

Variables cualitativas:

Geometría de la vía: Sentidos, Paso elevado, Mediana y Vehículos estacionados

Edificaciones: Material de fachada, Forma de la fachada y existencia de arbolado

Condiciones meteorológicas: Velocidad del viento y Lluvia

Tipo de intersecciones: Semáforo y Glorieta

Variables cuantitativas:

Geometría de la vía: N° de carriles, Anchura de la calle, Esbeltez, Valor de pendiente, Velocidad

Edificaciones: Altura de edificios y % superficie acristalada

Condiciones meteorológicas: Temperatura

2. PROGRAMA EXPERIMENTAL

Se ha medido la Leq en 519 puntos de calles de Madrid, a diferentes horas y en diferentes días.

El trabajo se ha desarrollado en dos fases:

PRIMERA FASE. Planificación y estimación de niveles de ruido en determinadas calles de Madrid con las Intensidades promedio de tráfico rodado (IMD) existente en los puntos de medición (519). Elaboración de reportaje fotográfico y puesta en común de los datos obtenidos a partir de la medición.

Estos puntos de medición se han escogido al azar por todas las calles de Madrid intentando que haya una heterogeneidad de situaciones en cuanto a las variables que se quieren estudiar. Se han estudiado unas 47 calles, entre las que se encuentran calles muy importantes como el Paseo de la Castellana o la calle Serrano, hasta calles muy pequeñas casi sin tránsito de vehículos.

Las mediciones se han realizado de lunes a sábado y en horario tanto diurno como nocturno, aunque predominan los primeros. Las calles de gran longitud como el Paseo de la Castellana se dividieron en varios tramos para su estudio por lo que se realizaron en diferentes días y a veces, también en diferente horario.

En cada uno de los 519 puntos objeto de estudio se siguió un proceso para llevar a cabo la toma de datos:

- En primer lugar se colocaba el sonómetro orientándolo siempre hacia el principal foco de ruido (vía por la que transitan los vehículos) y vigilando que no estuviera cerca de un lugar por el que transitasen peatones a escasa distancia para que las mediciones no se vieran alteradas por circunstancias ocasionales. Una vez colocado, se cronometraron 15 minutos para que el sonómetro pudiera realizar las oportunas mediciones de Leq y Lmáx.
- Además, con el fin de identificar los diferentes puntos de medición, se tomaron 3 fotografías por cada uno de ellos: una a la izquierda, otra al centro y la última a la derecha de la dirección hacia la cual estaba orientado el sonómetro. (Véase figura 1)

- A continuación se realizaron las oportunas mediciones de anchura de vía y anchura de acera, así como se anotó el número de plantas de los edificios del entorno y altura de cada uno de ellos, con el fin de poder calcular la altura media y conocer así la esbeltez de la calle.

- Después de realizar estos trabajos se contabilizaba la intensidad del tráfico que circulaba por la zona de la medición, ya que como es sabido, una mayor afluencia de vehículos provoca un aumento en los niveles de ruido. Con el objetivo de contar con la mayor cantidad de información posible y conocer todos los parámetros que pudieron intervenir en los resultados mostrados por el sonómetro, se separó el tráfico en: motocicletas, turismos y furgonetas, camiones y autobuses; ya que es importante conocer la densidad de vehículos pesados debido a que éstos generan una mayor ruido de fondo. Además, también se calculó la velocidad media de todos estos vehículos.

Todo esto se hacía mediante unas fichas de campo en las que se recogían todos los datos. En la figura 2 se muestra un ejemplo. La medida de los diferentes puntos se ha realizado con un sonómetro integrador modelo RION NL-20. (figura 1)

Figura 1: Sonómetro midiendo

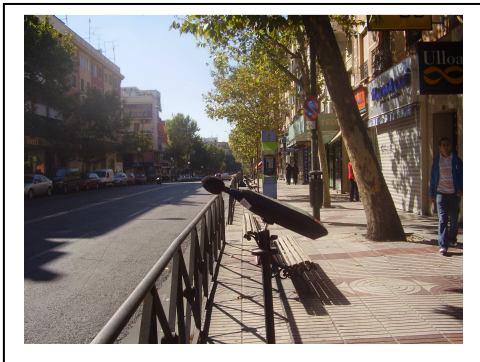
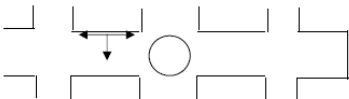


Figura 2 Ficha de campo utilizada

FICHA DE MEDICIÓN DE DATOS DE RUIDO					
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
mañana	tarde	noche			
Hora de la medición: 19:50		Duración de la medición en min: 15			
Descripción del punto de medida					
Punto de medida número: 8		Meteorología: soleado viento lluvia			
TRAFICO (valores 15')		GEOMETRIA VIA		EDIFICACIONES	
Nº de motos	15	Nº de carriles	2	Altura de edificios	4 (plantas)
N de turismos y furgonetas	195	Sentidos	2	Material de fachada	1
Nº de Camiones y autobuses	0	Mediana	0	% superficie acristalada	20
Velocidad Media	25	Anchura de Acera	6	Forma de la fachada	2
Intensidad Total	210	Anchura de Via	6	Existencia de Arbolado	0
		Esbelted	0,67		
		Pendiente	1		
		Valor de pendiente	2		
		Paso elevado	0		
		Vehículos estacionados: a ambos lados:	0		
		a un lado:	0		
CONDICIONES METEOROLOGICAS		TIPO DE INTERSECCIONES		PAVIMENTO	
Temperatura	5	Semáforo	0	Tipo	1
Velocidad del viento	1	Glorieta	0		
Humedad Relativa	0				
Lluvia	0				
<i>Situación de los edificios: Señale con una X la situación del punto de medición y la distancia a la que se encuentran situados los edificios circundantes</i>					
Indicar con flechas la dirección en la que se toman las fotografías				Nº Fotografías	3
			Distancia al edificio más próximo	7	
Incidentes		Obras	Tráfico pesado	Atasco	
		Ferrocarril	Ambulancia	Aglomeración	
				dB	
				Leq	Lmax
				71,8	101,2

SEGUNDA FASE. Análisis de los datos obtenidos para tratar de ver que variables afectan al ruido y en que medida. Este estudio se ha realizado mediante el programa estadístico SPSS.

3. RESULTADOS OBTENIDOS Y ANÁLISIS DE LOS MISMOS.

Las variables cualitativas que fueron recogidas en la ficha de campo mostrada anteriormente se dividen de la siguiente forma:

Geometría de la vía:

Sentidos

Paso elevado

Mediana

Vehículos estacionados

Edificaciones:

Material de fachada

Forma de la fachada

Existencia de arbolado

Condiciones meteorológicas:

Velocidad del viento

Lluvia

Tipo de intersecciones:

Semáforo

Glorieta

Las variables cuantitativas se han dividido en intervalos para poder hacer un estudio cualitativo de las mismas y así poder compararlas con las variables cualitativas. Estas variables son:

Geometría de la vía:

Nº de carriles

Anchura de la calle

Esbeltez

Valor de pendiente

Velocidad

Edificaciones:

Altura de edificios

% superficie acristalada

Condiciones meteorológicas:

Temperatura

Lo primero que se hace, para ver qué características tienen influencia sobre el ruido (Leq) y cuáles no, es un test Chi Cuadrado, cuya hipótesis nula es “existe independencia entre las variables”, de modo que no existiría ninguna característica asociada a un mayor nivel de ruido.

Tabla 1: Chi cuadrado

GRUPO DE ANALISIS	VARIABLES	DISCRETIZACION DE LAS VARIABLES	Chi Cuadrado de Pearson
Sistema Urbano	Geometría de la vía	Sentido de circulación	,000
		Existencia de mediana	,518
		Nº de carriles	,000
		Anchura de la vía	,000
		Esbeltez	,000
		Pendiente	,004
		Velocidad de circulación	,038
	Entorno Urbano	Arbolado	,392
		Vehículos estacionados	,000
	Tipo de intersección	Sin intersección	
Semáforo		,000	
Glorieta		,042	
Paso elevado		,004	
Edificación	Material de la fachada	Ladrillo	,710
		Mortero	,332
		Ladrillo-mortero-hormigón	,324
		Piedra	,034
		Mármol-cerámica	,226
		Cristal	,004
		Ladrillo-piedra	,684
		Forma de la fachada	Poligonal-irregular
	Lisa-recta-normal		,607
	Existencia de balcones		,483
	Redondeada		,219



	Altura de los edificios	Nº de plantas	,000
Meteorológicas	Superficie de fachada acristalada	≤ 50%	,038
		> 50%.	
	Viento	Sin viento	,295
		Leve	,284
		Moderado	,199
Fuerte		,110	
Temperatura	°C	,022	

Para cuantificar la medida de asociación entre variables nominales, utilizamos el coeficiente eta, que es el apropiado en el caso de que se disponga de una variable medida en escala de intervalo (Leq), en los distintos grupos de una variable cualitativa. Compara la variabilidad de la variable Leq explicada por las diferencias entre grupos con la variabilidad total de la muestra, tomando valores entre 0 y 1.

Valores de Eta próximos a 1 indicarán mucha dependencia mientras valores próximos a 0 indicaran que el comportamiento de Leq es independiente de esa variable.

Su cuadrado puede interpretarse como la proporción de variabilidad de la variable dependiente, Leq, explicada por los valores de la independiente.

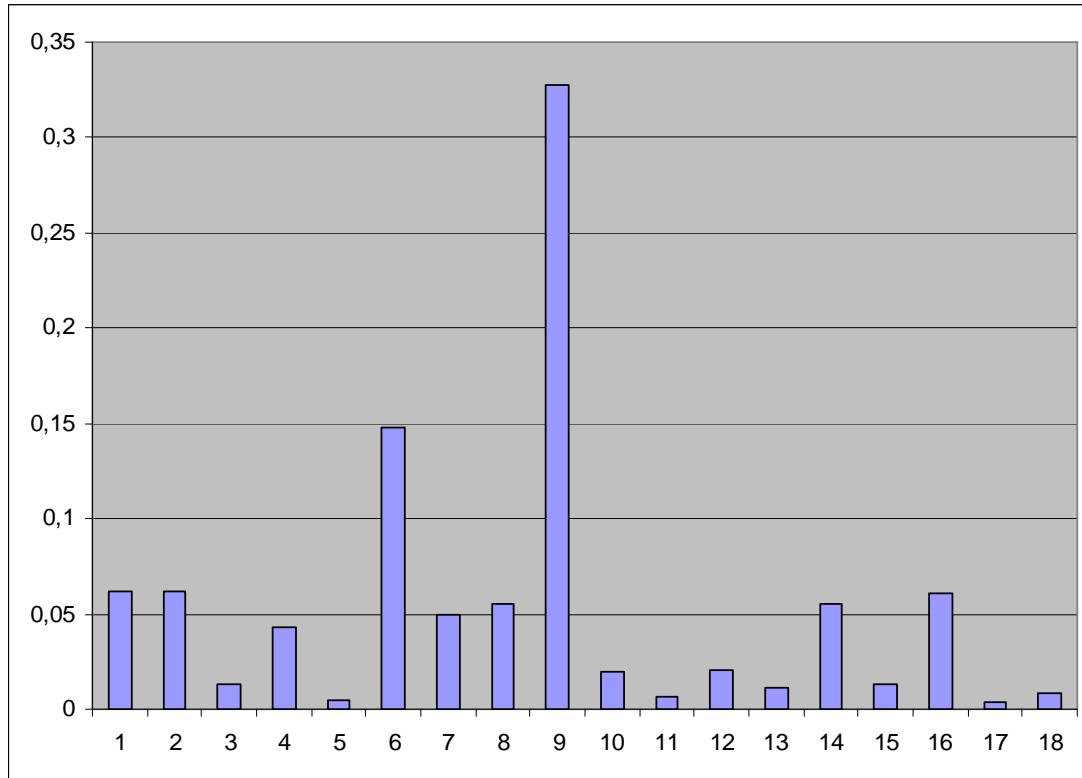
Después de este análisis nos quedamos con las siguientes variables que se ha probado su influencia en el Leq, con sus correspondientes valores de Eta:

Tabla 2: Valores de Eta

	Geometría de la vía:	Eta	Eta²
	Sentidos		
1	Uno	0,248	0,062
2	Dos	0,248	0,062
3	Paso elevado	0,116	0,013
	Vehículos estacionados a:		
4	Ambos lados	0,207	0,043
5	Un lado	0,069	0,005
6	Anchura de la calle	0,385	0,148
7	Esbeltez	0,224	0,050
8	Valor de la pendiente	0,234	0,055
9	Número de carriles	0,573	0,328
10	Velocidad	0,141	0,02
	Edificaciones		
	Material de la fachada		
11	Piedra	0,083	0,007
12	Cristal	0,144	0,021
	Forma de la fachada		
13	Poligonal/irregular	0,107	0,011
14	Altura de edificios	0,234	0,055
15	% de superficie acristalada	0,116	0,013
	Tipo de intersección		
16	Semáforo	0,246	0,061
17	Glorieta	0,065	0,004
	Condiciones Meteorológicas		
18	Temperatura	0,088	0,008

Viendo el Eta² de cada una de ellas, podemos establecer el porcentaje de variabilidad de la Leq debida a cada una y por lo tanto saber cuales tienen mayor o menor influencia. En la Figura 3 se muestra la representación gráfica de todas ellas.

Figura 3. Coeficiente Eta^2



4. CONCLUSIONES

Según esto, vemos que el número de carriles es claramente la que explica una mayor variabilidad de la Leq, lo cual es lógico por su asociación directa con la intensidad de tráfico. La sigue la anchura de la calle, muy relacionada también con lo anterior. Después tenemos un grupo de variables con valores muy similares, son los sentidos de la vía, vehículos estacionados a ambos lados, la esbeltez y el valor de la pendiente, la altura de los edificios y la existencia de semáforos, cada una de ellas explicando aproximadamente un 5% de la variabilidad de la Leq. Todas las restantes, su contribución a la explicación de la variabilidad de la Leq es del 2% o menor.