

## Ruido de tráfico en ciudad. Propuesta de nueva normativa

Roberto Barti Domingo  
e-mail: rob@els.url.es

Departamento de Acústica Ingeniería La Salle. Universidad Ramón Llull  
Pg. Bonanova, 8. 08026 Barcelona

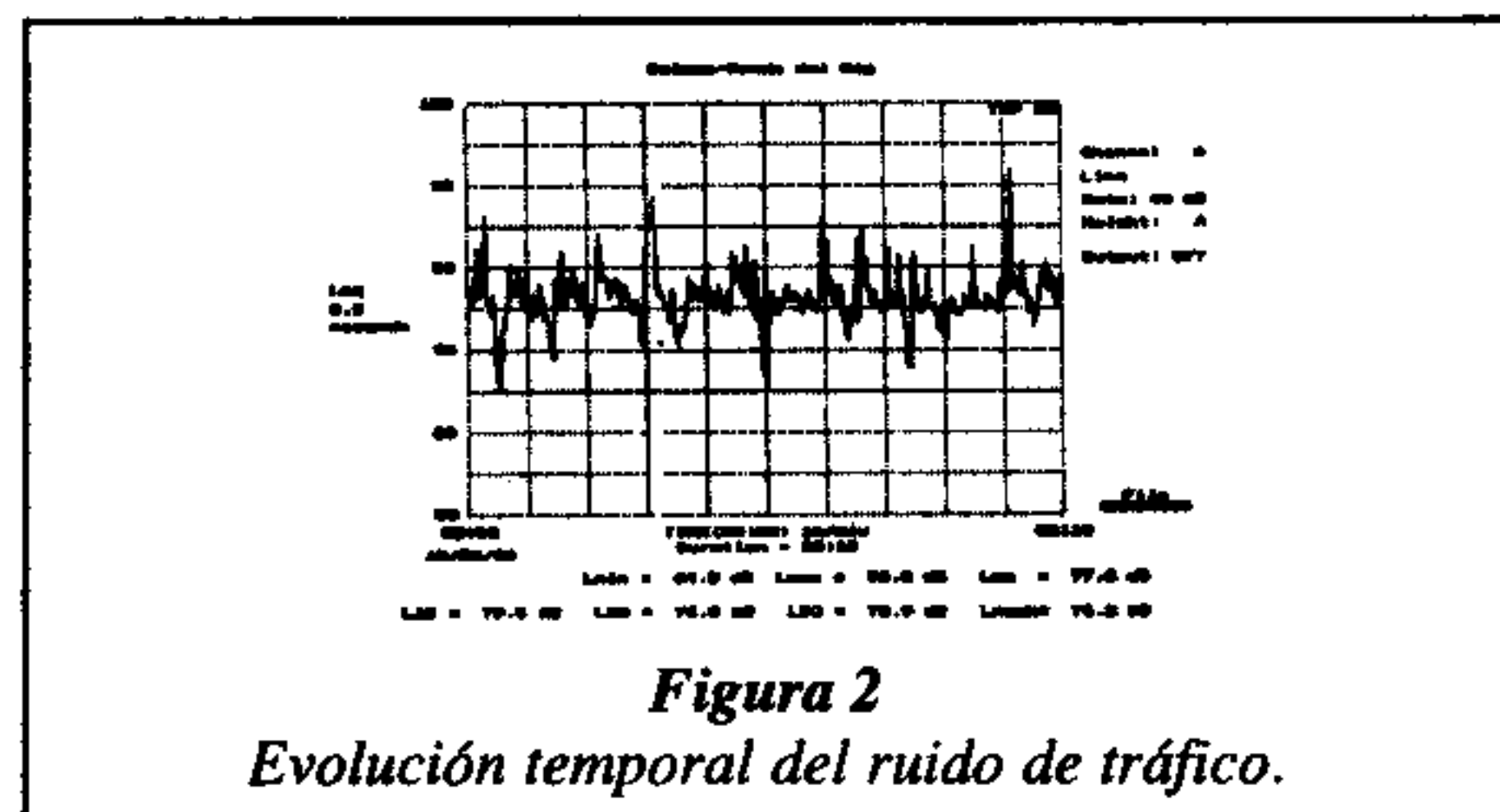
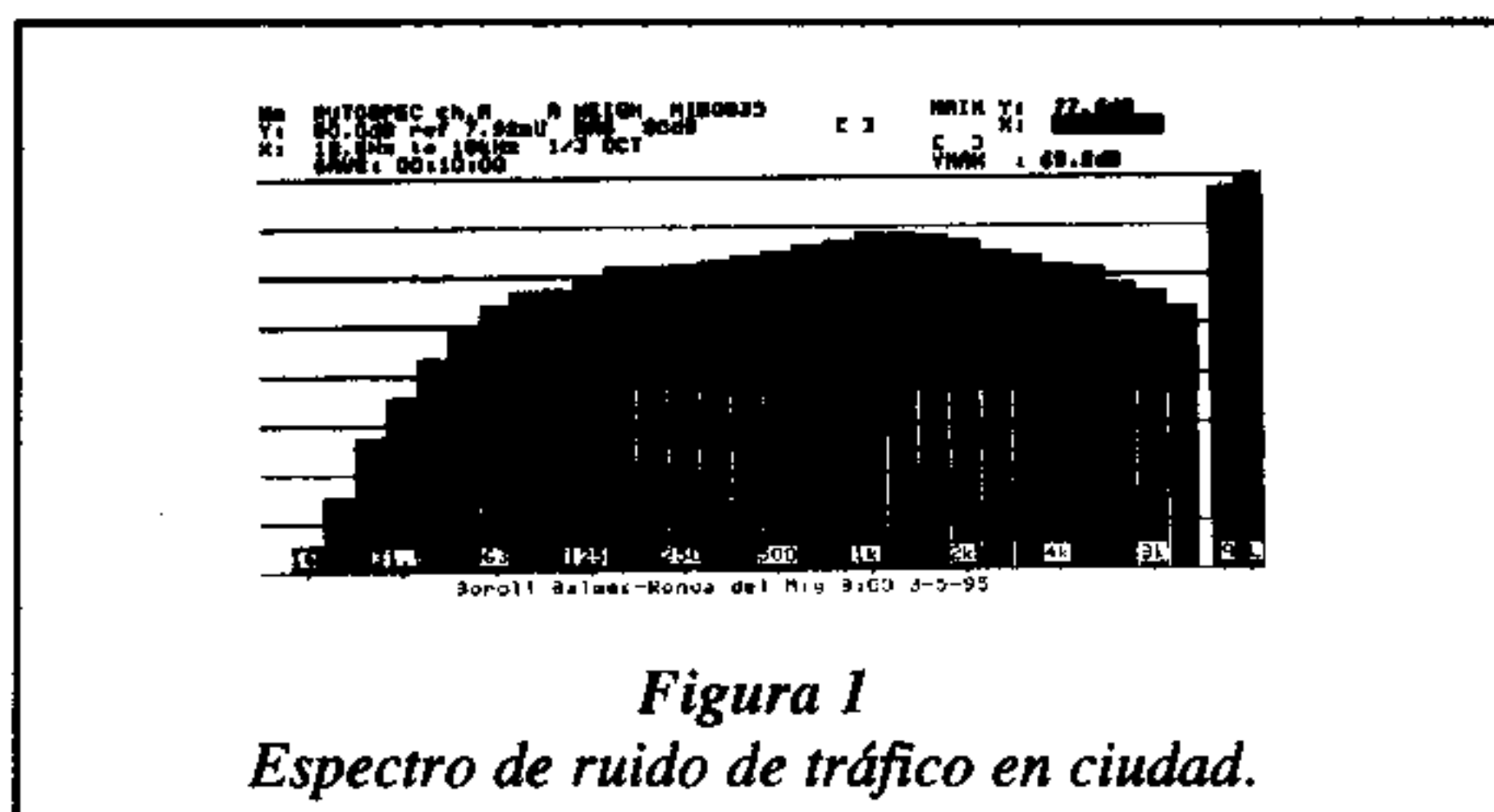
### INTRODUCCIÓN

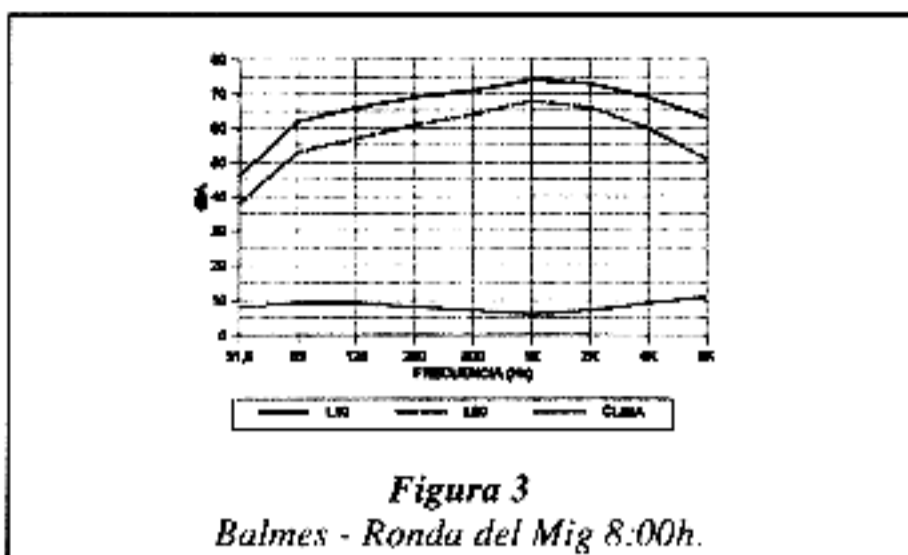
Como es sabido, todos los vehículos nacionales o de importación que se venden actualmente dentro de cada país, deben pasar una serie de pruebas antes de poder ser distribuido. Una de éstas pruebas hace referencia al nivel máximo de ruido emitido. Estas pruebas están englobadas en la normativa ISO-R362, que se aplica a todos los países de la CEE. En dicha normativa se indica el tipo de prueba a realizar, y los niveles máximos permitidos. Esta normativa se creó a finales de los 60, con el fin de regular el creciente ruido en las ciudades producido por los vehículos de tracción mecánica. En los últimos años, ha sido modificada varias veces con el único objetivo de ir reduciendo el nivel máximo permitido de ruido para cada categoría de vehículo. Pero, realmente éstas pruebas reflejan el ruido existente en las ciudades?. La respuesta es NO. Hay diversos aspectos que son el objetivo de éste trabajo. En primer lugar valorar cómo es el sonido que recibe el ciudadano en la ciudad. En segundo lugar, a partir de éstos resultados compararlos con los obtenidos en "condiciones ideales" en las pistas de pruebas. En tercer lugar sacar unas conclusiones de todo el trabajo.

### MEDIDA DEL RUIDO EN CIUDAD

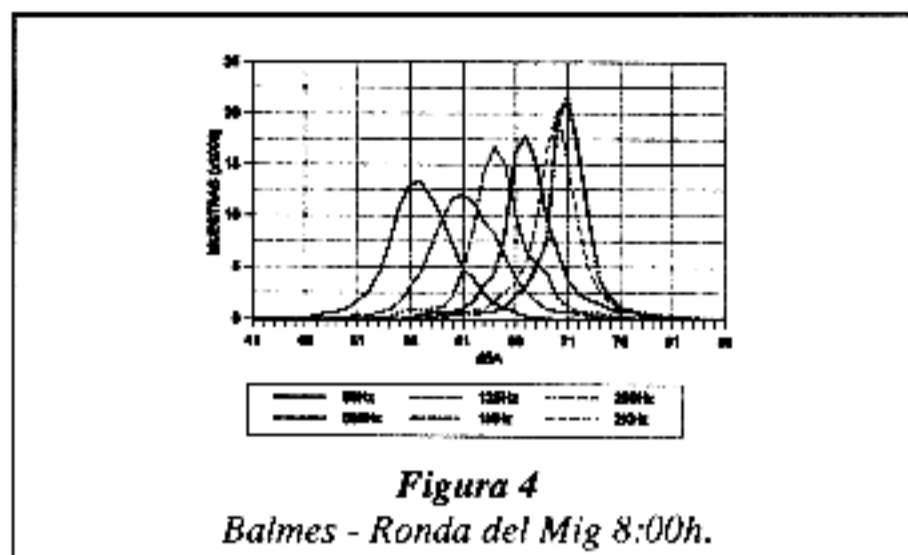
Para medir el ruido en ciudad, se ha utilizado un método suficientemente experimentado por nuestro Departamento en los pasados Juegos Olímpicos. Las señales recogidas del sonómetro de precisión, se graban en un sistema DAT, y posteriormente se analizan en el laboratorio. La ventaja que aporta éste método es la simplicidad del montaje que evita los errores al máximo. Para tener los niveles calibrados, se graba antes de empezar un tono de calibración correspondiente a los 93,8 dB. Tras varias pruebas preliminares para poner a punto el equipo, se escogieron seis puntos en la ciudad para medir el ruido de tráfico. Para cada punto se estableció medirlo en cinco horas diferentes del día y de la noche. De esta manera, tendríamos una evolución del ruido en cada punto. En cada uno se hizo un análisis temporal / estadístico, un análisis espectral, y un análisis estadístico / frecuencial. Podemos ver en las figuras 1, 2, 3 y 4, el resultado de éstos análisis correspondientes a la confluencia de las calles Balmes con Ronda del Mig. Ambas calles tienen un gran volumen de tráfico.

En la figura 1 podemos ver el espectro por tercios de octava del ruido grabado a las 8 de la mañana, en el cruce Balmes - Ronda del Mig, con una duración de 10 minutos. Podemos observar que el nivel es de 77,6 dBA. En la figura 2, tenemos su evolución temporal, podemos observar el paso de los vehículos como autobuses o motocicletas especialmente ruidosas, como unos picos que destacan. El nivel  $L_{eq} = 77,6$  dBA. Las normativas fijan unos niveles máximos en dBA que no deben superar nunca los vehículos, pero no indican nada sobre la distribución espectral de esa energía. Observando detenidamente la figura 1, vemos que el nivel máximo se produce a 1 KHz, éste nivel va bajando para baja frecuencia, de manera que tenemos un punto de inflexión alrededor de los 63-80 Hz, que corresponde a la frecuencia de segundo orden motor con

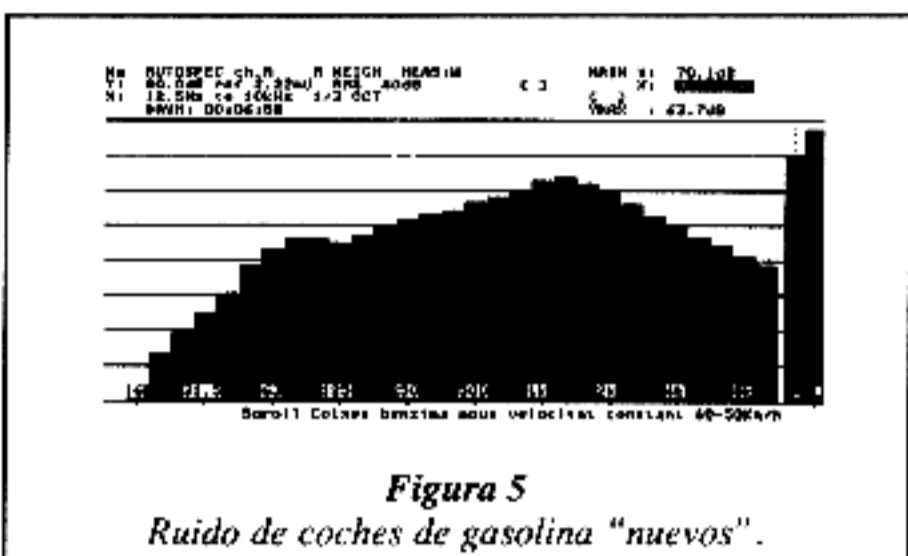




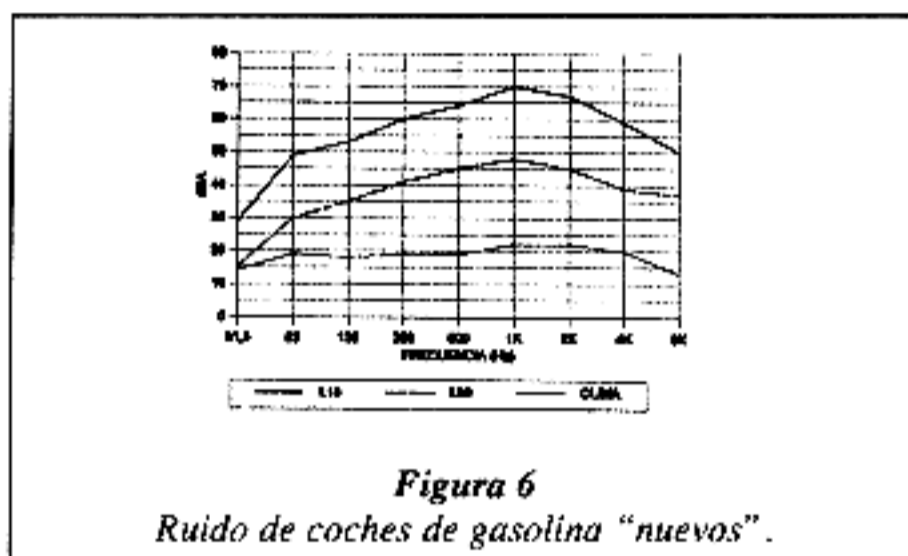
**Figura 3**  
Balmes - Ronda del Mig 8:00h.



**Figura 4**  
Balmes - Ronda del Mig 8:00h.



**Figura 5**  
Ruido de coches de gasolina "nuevos".



**Figura 6**  
Ruido de coches de gasolina "nuevos".

unas 2.200 r.p.m. de la mayoría de vehículos. Este espectro tiene asociada la ponderación A. En principio todo podría parecer normal, pero sucede que "el sonido" que se percibe en la ciudad, no tiene ningún parecido con el de la figura 1. Cuando estamos parados ante un semáforo, y los vehículos arrancan, oímos componentes frecuenciales de baja frecuencia, que los niños en sus juegos con coches, dan una prueba clara de ello con el "brmmmm, brmmmm,...". Si observamos el espectro de la figura 1, vemos que el nivel a 1 KHz es 10 dB superior al nivel de 63 Hz. 10 dB significa el doble de sonoridad, que no se corresponde en absoluto con nuestra sensación, que es todo lo contrario. Algo parece que no está bien.

En la figura 3, tenemos el análisis estadístico, representamos el L10, L90, y el clima de ruido. El término clima de ruido resulta muy interesante para describir el grado de molestia del ruido sobre las personas. En la figura 4, tenemos la distribución estadística del ruido por bandas de octava. Se trata de un método nuevo de análisis que consiste en distribuir la energía estadísticamente y frecuencialmente. Se observa que para todas las bandas de octava entre 63 Hz y 2 KHz, la distribución es Gaussiana. Para el resto de horas y de calles, observamos pequeñas diferencias y la distribución deja de ser Gaussiana por la noche. Se puede decir que el nivel promedio de día se sitúa sobre los 75-76 dBA, entre las 8h y las 21h. De noche el nivel no baja excesivamente, y está sobre los 64 dBA.

### RUIDO DE VEHÍCULOS EN CIUDAD

El siguiente paso es analizar los vehículos por separado, en lugar de hacerlo en grupo. Para ello escogemos una calle con doble sentido de circulación, buen asfaltado, y horizontal, con una densidad de tráfico baja, que permita el grabar los vehículos por separado. Se graba en cinta DAT todos los vehículos que pasan por delante del punto de medida, y posteriormente se clasifican por categorías. En las figuras 5, 6, 7, y 8, podemos ver un ejemplo de los resultados, para los vehículos automóviles de gasolina nuevos. Se hizo una clasificación de los vehículos, en función del motor y de la edad. También para las motos. Se considera nuevo un vehículo con una matrícula inferior a los 3 años.

Observando atentamente las figuras 5 y 6, podemos constatar que son muy parecidas en forma, a las obtenidas como resultado de promediar muchos vehículos (Fig. 1 y 3). Destacamos la presencia del primer pico a unos 80-100 Hz, que corresponde al segundo orden motor. El máximo valor también se obtiene a 1 KHz, como anteriormente. Un dato a destacar, es que a pesar de la reducción de nivel, 70,1 dBA frente a los 75-76 dBA que teníamos anteriormente en las calles, el clima de ruido aumenta (Fig. 3 y 6). Esto se corresponde bien con la molestia al ciudadano. Un ruido discontinuo produce una mayor molestia que un ruido constante. Se puede constatar pues que el nivel global en dBA, no es un cuantificador excesivamente bueno. Para valorar la molestia parece más adecuado un cuantificador basado en el clima de ruido.

### RUIDO DE VEHÍCULOS EN PISTA DE PRUEBAS

Con unos vehículos automóviles se hicieron unas pruebas en condiciones "ideales" como marca la normativa ISO-R362. Concretamente éstas pruebas se hicieron en IDIADA (Instituto De Investigación Aplicada Del Automóvil). Se hicieron varias pruebas entre ellas destacamos dos; una prueba de aceleración partien-

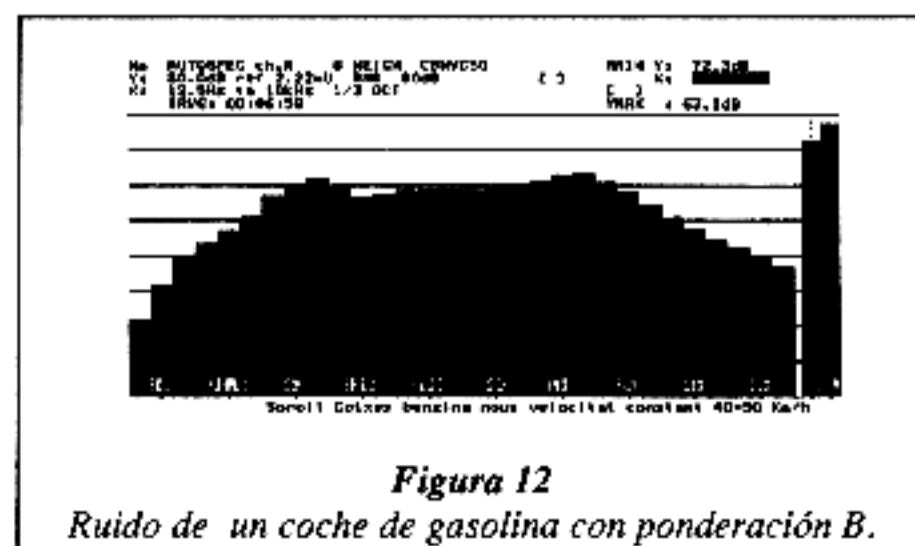
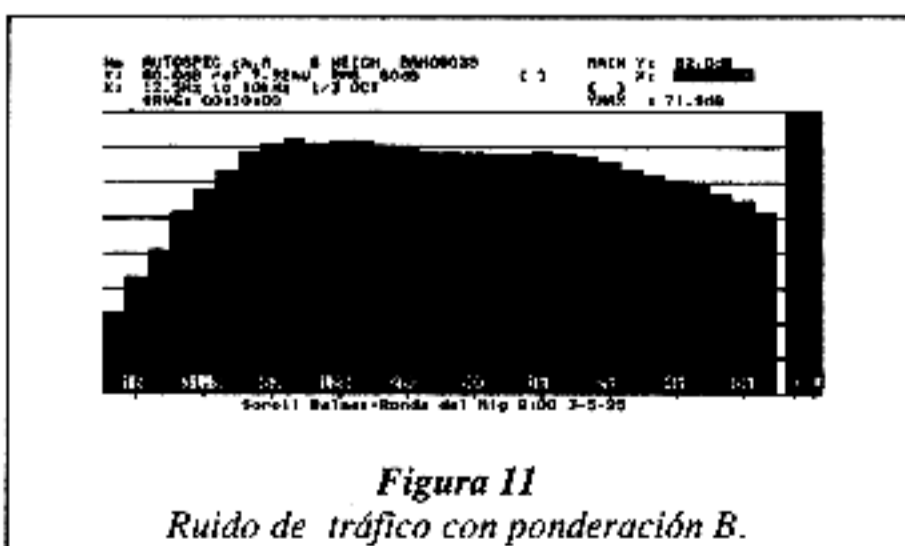
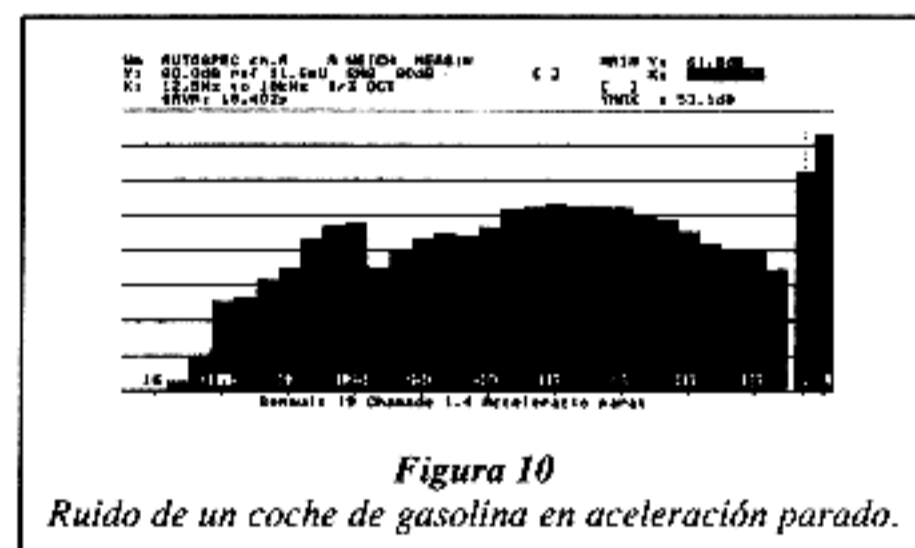
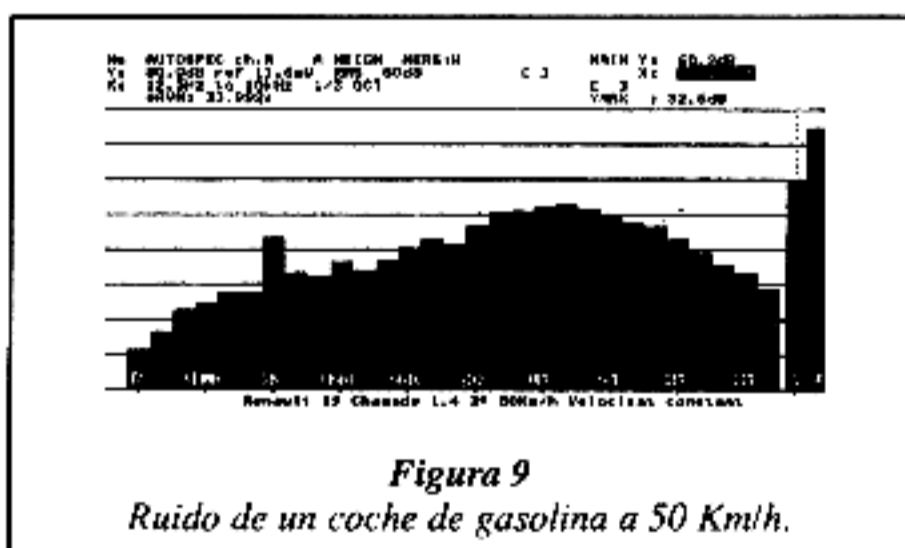
do de parado, y la otra de velocidad constante en 3 y 4 velocidad a 50 Km/h y 80 Km/h respectivamente. En las figuras 9 y 10 podemos ver los espectros en aceleración, y velocidad constante a 50 Km/h.

En la figura 9 se puede observar el pico a 63 Hz correspondiente al segundo orden motor. Lo más interesante es la pendiente que se observa entre la banda de los 63 Hz y la banda de 1 KHz. Cuando los vehículos circulan en ciudad, (Fig. 1) ésta pendiente es de 3 dB/Oct. mientras que cuando se mide en las pistas de prueba, ésta pendiente sube a 6 dB/Oct. (Fig.9). La diferencia se debe a que la energía de baja frecuencia existente no puede ser absorbida tan rápidamente como las altas frecuencias por las fachadas de los edificios colindantes, de manera que se crea un "remanente" de energía de baja frecuencia que hace aumentar el nivel en éstas bandas. Esto produce dos efectos, en primer lugar un enmascaramiento de las bajas frecuencias sobre las medias-altas, dificultando la comunicación oral, y por tanto elevando el grado de molestia. En segundo lugar, y más importante, se eleva el nivel umbral de nuestro oído. Si recordamos las gráficas de Robinson-Dadson, observamos que para niveles elevados de señal, la respuesta del oído es más plana, que para niveles bajos.

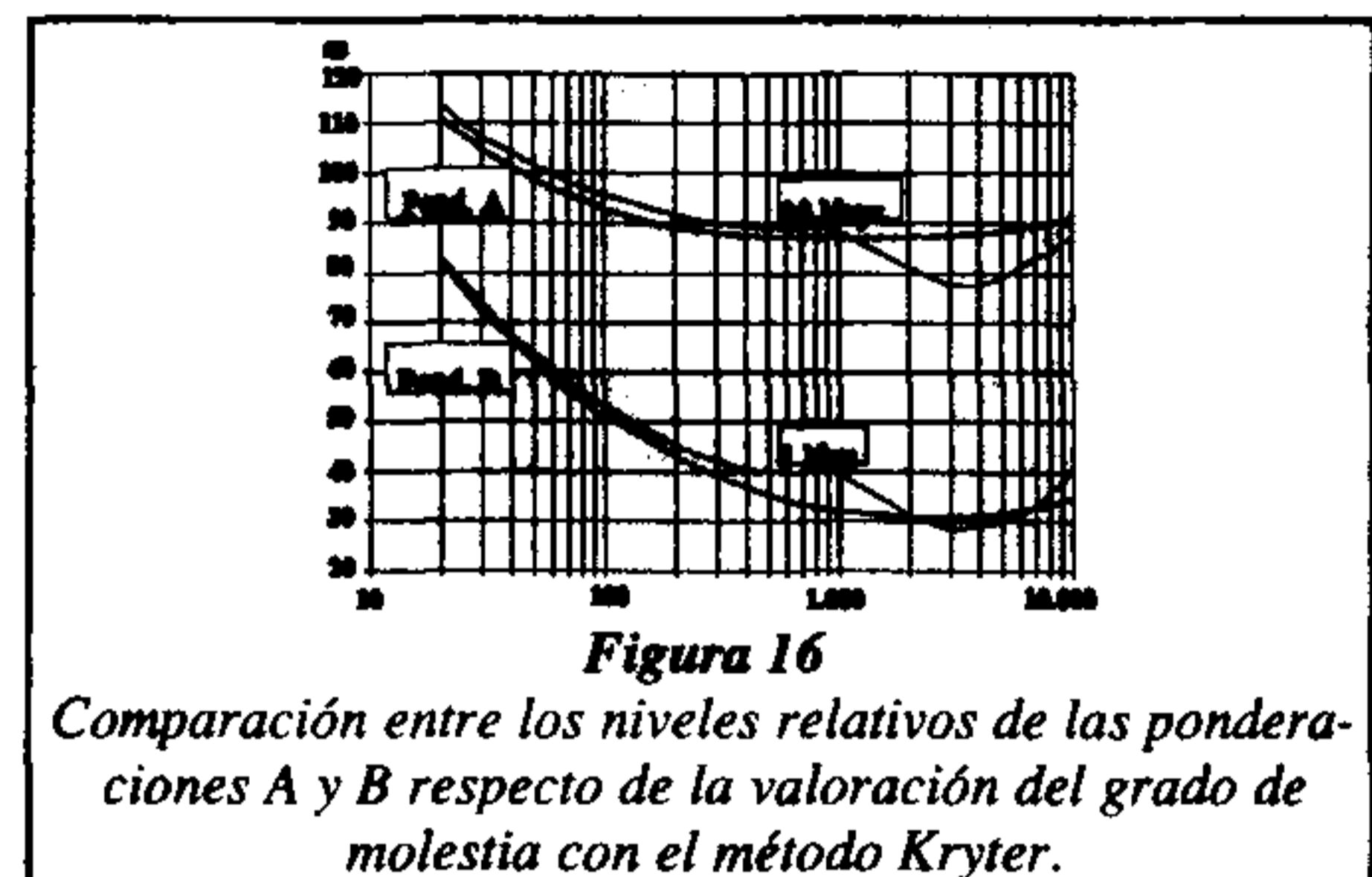
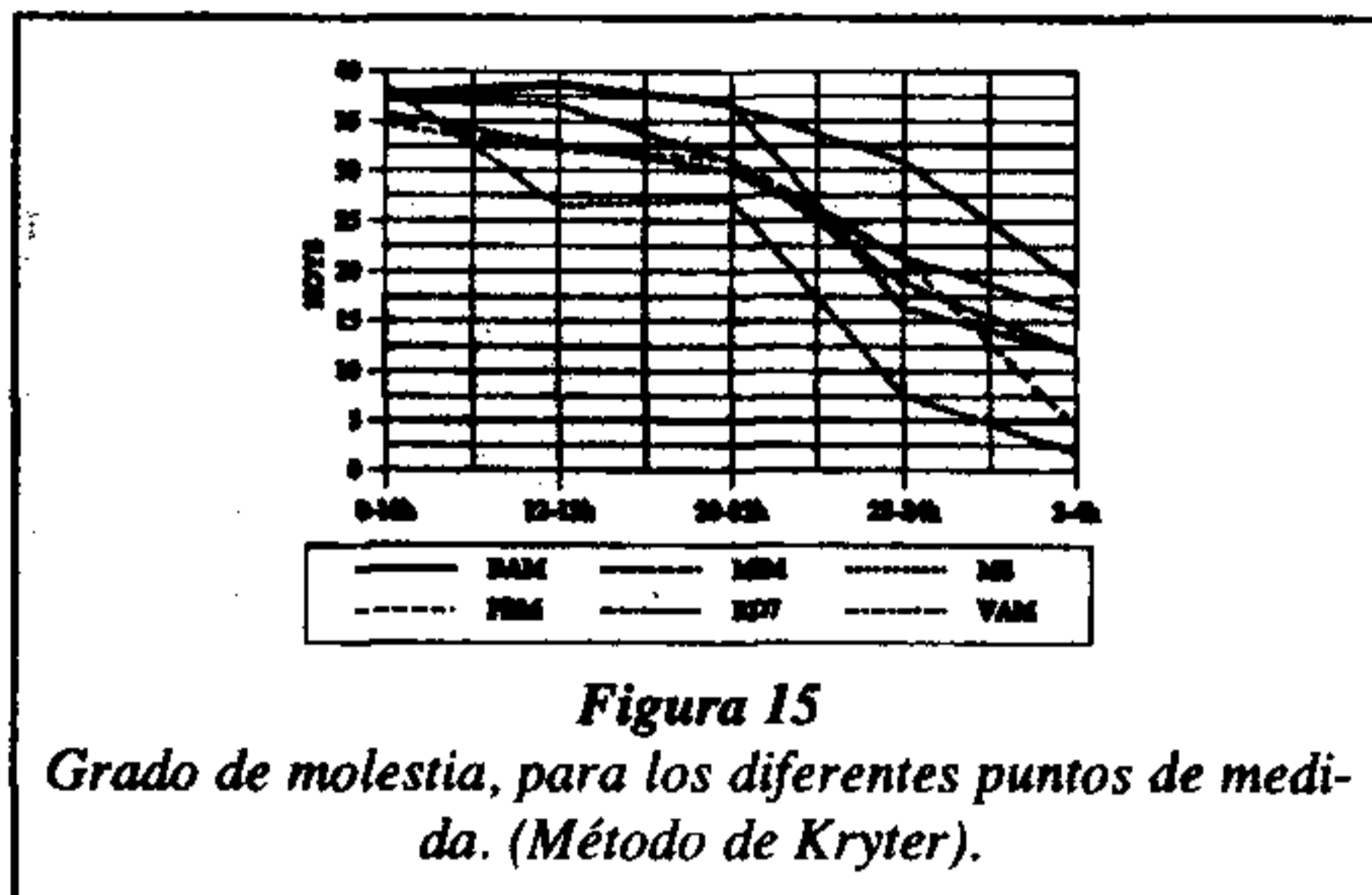
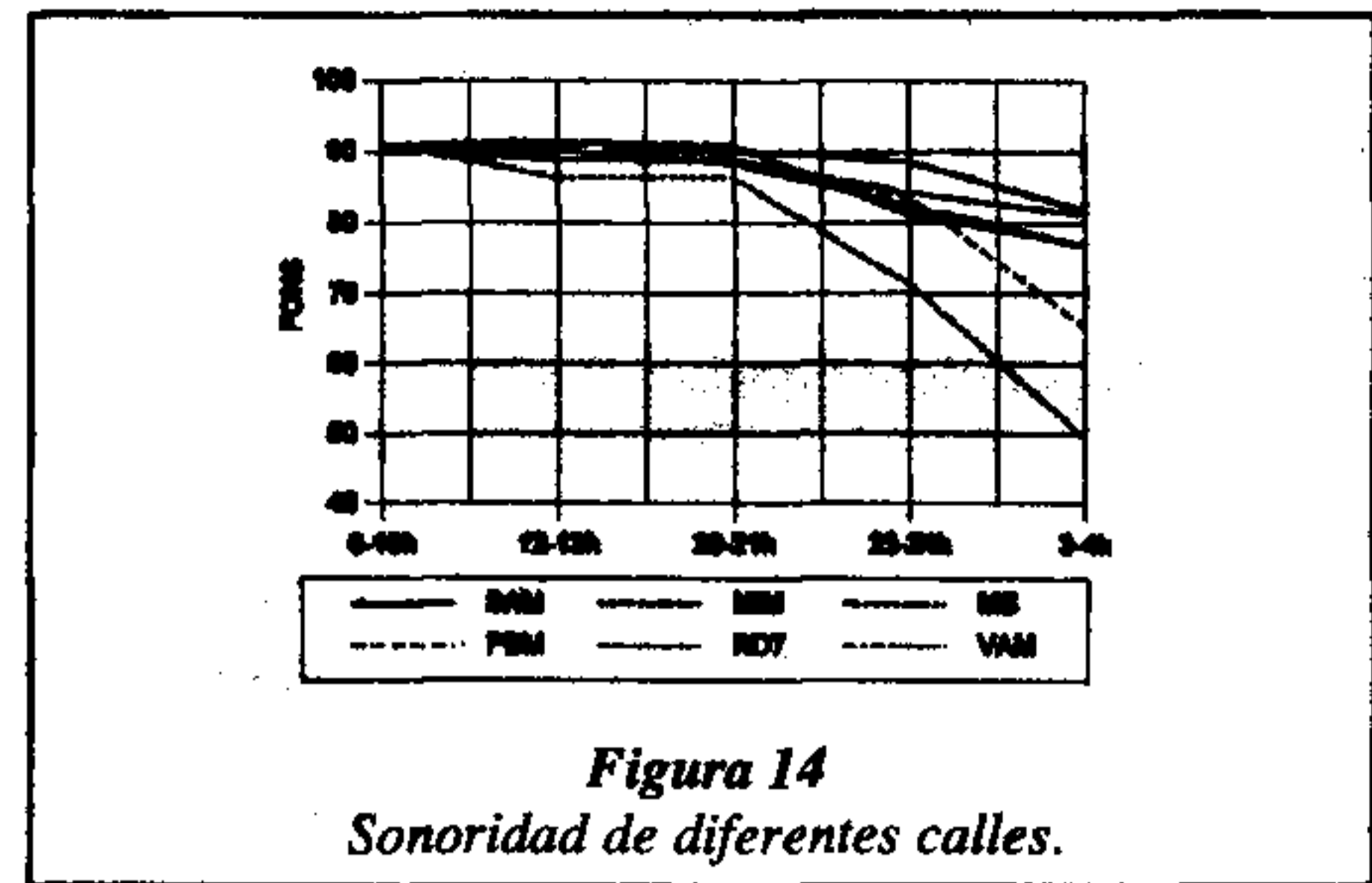
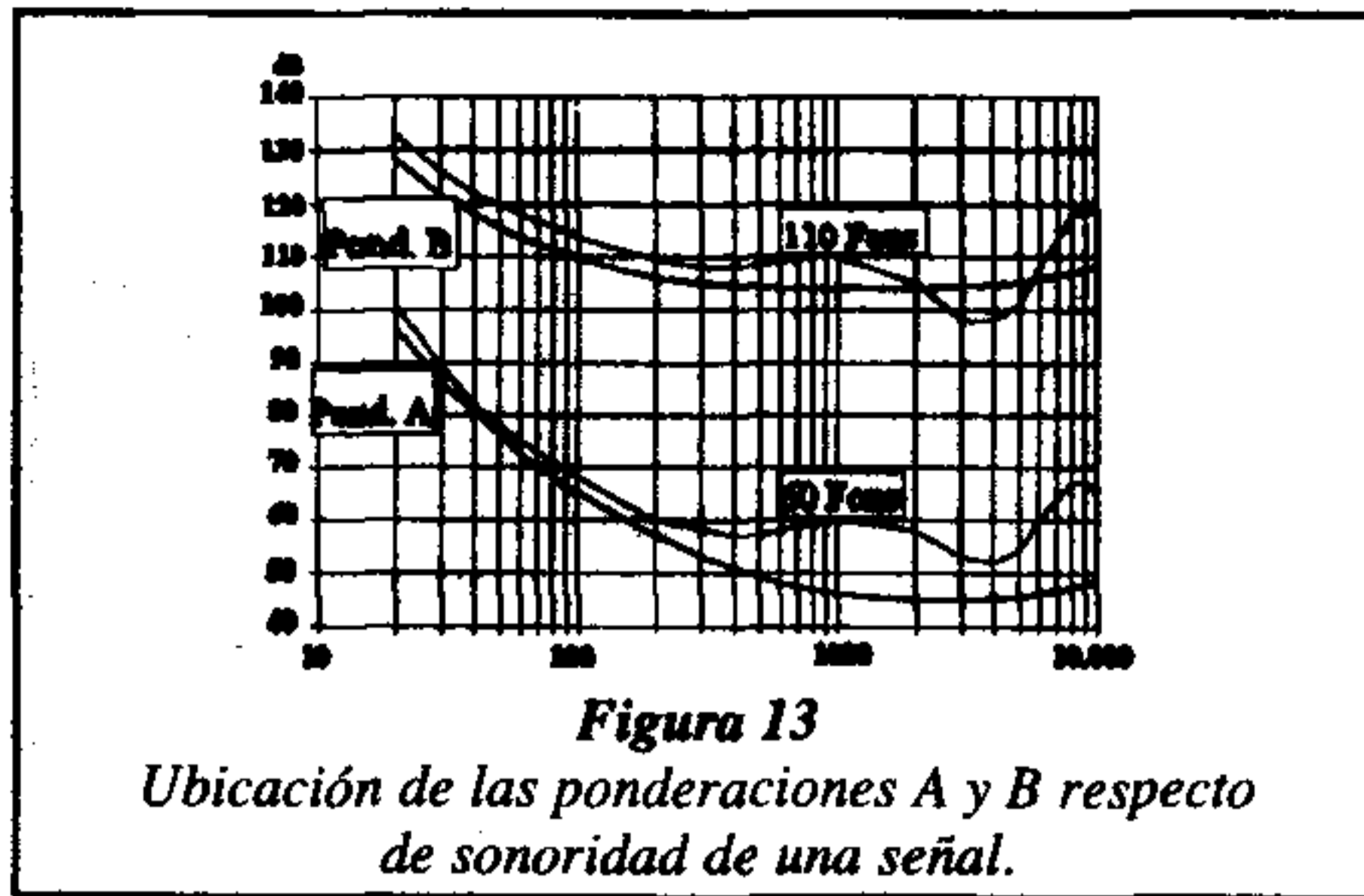
En ciudad las paradas y arrancadas de los vehículos son frecuentes, de manera que cuando un vehículo arranca, la energía de baja frecuencia sube rápidamente (Fig.10). Esta prueba no se realiza actualmente en la ISO-R362. Como ya se ha comentado anteriormente, nuestra sensación de percepción de baja frecuencia no se corresponde con los espectros analizados en ponderación A. Se sospecha que dicha ponderación no se ajusta a la realidad, y se cambia por la ponderación B. Los resultados los podemos ver en la figura 11. Se observa que ahora el nivel de baja frecuencia a 63-80 Hz esta unos 4 dB por encima del nivel de 1 KHz. Esto si que se corresponde más a la realidad. Parece pues evidente que la ponderación A, quizás no sea la más adecuada para valorar la molestia.

### VALORACIÓN DE LA MOLESTIA

Sobre las gráficas de Robinson-Dadson, ponemos las ponderaciones A y B, con el fin de evaluar qué niveles de sonoridad les corresponden. Podemos ver el resultado en la figura 13. A la ponderación A le corresponde un nivel de 60 Fons, mientras que la ponderación B, se corresponde con los 110 Fons. Si calculamos el nivel de sonoridad, con el método de Stevens MK VI, del ruido de tráfico entre las 8h y las 24h se sitúa entre los 80-90 Fons. (Fig. 14). Vemos pues que estaríamos entre los 60 y los 110 Fons, y por tanto la ponderación adecuada debería estar entre la A y la B. Pero, ocurre que las gráficas de Robinson-Dadson són para tonos puros, cosa que no es el caso del ruido de tráfico. Aplicamos ahora el criterio de Kryter para valorar la molestia del ruido en Noys. Como podemos ver en la figura 15, el grado de molestia se sitúa sobre los 32-37 Noys entre las 8h y las 21h, en la mayoría de puntos medidos. Este nivel decrece hasta los 12-17 Noys también en la mayoría de puntos. Si dibujamos las ponderaciones A y B, sobre las gráficas del método de Kryter, obtenemos el resultado de la figura 16. Vemos que la ponderación A, se corresponde con un grado de molestia de 1 Noy, mientras que la ponderación B, se corresponde con un grado de molestia de 30 Noys. Vemos pues que todos los valores de ruido medidos entre las 8h y las 21h. dan niveles supe-







riores a los 30 Noys de la ponderación B, y quedan muy alejados del 1 Noy de la ponderación A. Esto demuestra que la ponderación A es incorrecta para la medición de ruido en ciudades. Es más exacta la ponderación B. Destacamos que únicamente en calles muy poco transitadas, i a altas horas de la madrugada, se puede aplicar, con reservas, la ponderación A.

En cuanto a los niveles de sonoridad de los vehículos por separado, se sitúan entorno a los 82 Fons para los coches y los 87 Fons para las motos. el grado de molestia es de unos 17 Noys para los coches y de unos 30 Noys para las motos. La diferencia entre 82 y 87 Fons no es muy significativa, mientras que la diferencia de 17 a 30 Noys es más importante y se corresponde más con la realidad, las motos molestan más que los coches. Aún teniendo vehículos solos, el nivel de molestia se sitúa sobre los 17 Noys, que queda muy por encima de 1 Noy que correspondería a la ponderación A. Está pues demostrado que la ponderación más adecuada para medir ruido es la ponderación B, aún en caso de vehículos solos. Por otro lado en las pruebas que actualmente se realizan para homologar un vehículo según normativa ISO-R362, no se contempla ninguna prueba de aceleración con el vehículo parado. Como se ha visto en la figura 10, cuando un vehículo acelera, sube la energía de baja frecuencia. El caso peor va a ser aquel en que la relación peso/potencia sea más desfavorable, como es el caso de los vehículos pesados cargados al máximo. Sirve de muy poco clasificar a un vehículo por su potencia o por el número de asientos sin considerar su peso. En un mismo modelo de coche pueden haber diferencias de más del doble de potencia entre dos versiones, en los cuales, lo único en común es el peso. El vehículo más potente no tiene porqué ser el mas ruidoso. En los vehículos actuales, la fuente más importante de ruido són los neumáticos en su contacto con el asfalto.

## CONCLUSIONES

1. Necesidad de cambiar la ponderación A por la B, ya que la primera no refleja en absoluto "la realidad" del sonido.
2. Añadir las pruebas de aceleración con vehículo parado. Hacer una clasificación de los vehículos, no por potencia del propulsor, si no por su relación peso/potencia. Realizar pruebas con paso de vehículo a velocidad constante de 50 Km/h en 3 y 4 velocidad. Las pruebas actuales de Pass By, no son representativas de la forma de conducción habitual.
3. Con los límites máximos permitidos de ruido, a los que se está llegando actualmente, no parece fácil bajar más los niveles, ja que el ruido de rodadura solo, ya es de este orden. Hay que adecuar los asfaltados que permitan una reducción efectiva del ruido. Actualmente reducir 1-2 dB en un vehículo puede ser muy difícil. Reducir 4-5 dB con el mismo vehículo es mucho mas sencillo con un asfaltado adecuado (poroso o poro-elástico).
4. Tener presente que la audición es binaural y que las medidas actualmente se realizan monoaurales. Estas diferencias, pueden modificar la valoración del grado de molestia de una forma muy importante.