

## EFFECTO DE LA INSERCIÓN DE NUEVAS INFRAESTRUCTURAS VIALES EN EL RUIDO DE TRÁFICO

**Del Rey Tormos, Romina<sup>1</sup>; Alba Fernández, Jesús<sup>1</sup>; Escuder Silla, Eva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Instituto para la Gestión Integrada de las Zonas Costeras  
Escuela Politécnica Superior de Gandía.  
Universidad Politécnica de Valencia  
Carretera Nazaret-Oliva S/N  
Grao de Gandía 46730 (Valencia)  
Teléfono (96) 284.93.14 - (96) 284.93.00  
{roderey@doctor.upv.es, josalba@fis.upv.es, evescude@fis.upv.es}

### Resumen

La contaminación acústica es un tema de salud pública de interés en la actualidad, de la que se conocen sus efectos nocivos. Del conjunto de fuentes de ruido que actualmente forman parte de nuestro “catálogo” de problemas principales, el ruido de tráfico ocupa una posición destacada, siendo de gran importancia conocer y aplicar técnicas de evaluación de su impacto, para la protección de las personas en cuanto a contaminación acústica se refiere. Existen modelos de evaluación y predicción del ruido de tráfico, donde, variables indispensables son la velocidad de los vehículos, el flujo de éstos, características y estado de conservación de las vías, pendiente de la calzada, etc. Estos modelos trabajan con condiciones conocidas de tráfico, simulando algunos de ellos, una fuente lineal, con condiciones de propagación en distintas situaciones. En la actualidad, debido al ritmo de vida de la sociedad actual, se han incorporado de forma progresiva nuevas infraestructuras como las rotondas y los badenes.

En este trabajo se estudia la influencia de algunos de estos elementos en el tráfico rodado, estudiando cómo afectan al nivel de ruido producido, los posibles cambios de la “firma acústica” de un vehículo al paso de estos elementos, en diferentes condiciones.

**Palabras-clave:** contaminación acústica, ruido de tráfico, rotondas, badenes, espectro de ruido.

### Abstract

Acoustic pollution is a public health subject of interest nowadays. Among all the sources which are part of our catalogue of main problems, traffic noise takes a first stand, so that to know and to apply assessment techniques for its impact becomes very important. There are models of prediction and assessment of traffic noise in which the essential variables are the speed of cars, their flowing, characteristics and maintenance state of the ways, etc. These models work on known traffic conditions pretending some of them to be a linear source. Today, due to the pace of life of our society, there are new facilities such as roundabouts and road humps on the road. In this project we consider the influence of some of these elements in road traffic, analyzing how they affect the level of noise exhibited, the possible changes of acoustic signature of a vehicle when driving on these elements.

**Keywords:** Acoustic pollution, traffic noise, roundabouts, road humps, noise spectrum.

## 1 Introducción

La contaminación acústica es un tema de salud pública de interés en la actualidad, de la que se conocen sus efectos nocivos. Del conjunto de fuentes de ruido que actualmente forman parte de nuestro “catálogo” de problemas principales, el ruido de tráfico ocupa una posición destacada, siendo de gran importancia conocer y aplicar técnicas de evaluación de su impacto, para la protección de las personas en cuanto a contaminación acústica se refiere.

Existen modelos de evaluación y predicción del ruido de tráfico, donde, variables indispensables son la velocidad de los vehículos, el flujo de éstos, características y estado de conservación de las vías, pendiente de la calzada, etc. Estos modelos trabajan con condiciones conocidas de tráfico, simulando algunos de ellos, una fuente lineal, con condiciones de propagación en distintas situaciones. En la actualidad, debido al ritmo de vida de la sociedad actual, se han incorporado de forma progresiva nuevas infraestructuras como las rotondas y los badenes.

Además, con la publicación del Reglamento de la Ley del Ruido después de un largo proceso con cambios legislativos a nivel europeo, estatal y autonómico [1-6], comienza todo un proceso de evaluaciones de la contaminación acústica y planes de acción que permitan mejorar la calidad acústica en diferentes entornos. Hay que tomar una serie de decisiones en los planes de acción, como puede ser el hecho de qué elementos puede aumentar o disminuir los niveles de ruido del ruido de tráfico.

Uno de los elementos estudiados en este trabajo es la rotonda. Elemento diseñado para regular el tráfico, en las rotondas aparecen diferentes procesos de frenado y aceleración, que son diferentes en función de la carga de vehículos y en función de número de carriles, con lo que podría esperarse que el ruido de tráfico sufriese una deformación con la inserción de este elemento.

Otro elemento también ya clásico es el badén. Es conocido que muchos badenes suelen producir un ruido característico de corta duración. El paso de los vehículos, sobre todos los pesados, produce en muchos casos un golpe seco, más molesto en función del tipo de badén, el tipo de vehículo y la velocidad de éste. De hecho, existen denuncias sobre esta cuestión. Este elemento parece otro de los que pueden modificar el espectro del ruido de tráfico.

En este trabajo se estudia la influencia de algunos de estos elementos en el tráfico rodado, estudiando cómo afectan al nivel de ruido producido, el paso por estos elementos, en diferentes condiciones.

## 2 Conceptos

En este apartado se repasan los conceptos necesarios para abordar el trabajo realizado respecto al efecto de insertar elementos en las diferentes carreteras. En primer lugar se introduce el espectro del ruido de tráfico, para posteriormente describir los dos elementos sobre los que se va a centrar la discusión de este trabajo, los badenes y las rotondas.

### 2.1 Espectro de ruido de tráfico

En la norma UNE-EN 1793-3:1998 [7] se propone un espectro normalizado de ruido de tráfico, que se utiliza para evaluar y estimar el comportamiento acústico de los dispositivos antirruído diseñados para reducir el ruido que genera el tráfico en las inmediaciones de las carreteras.

Dado que las principales propiedades acústicas de los dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras, pérdida por transmisión y absorción, dependen de la frecuencia, es necesario definir un espectro de ruido de tráfico para calcular los índices de evaluación en los ensayos.

Esta norma define las propiedades fundamentales del ruido de tráfico rodado medido junto a la carretera mediante un espectro sonoro normalizado característico del tráfico, que es necesario para determinar los índices de evaluación de los dispositivos reductores de ruido, excepto cuando se emplean en condiciones reverberantes, como por ejemplo, en túneles.

Tabla 1. Espectro normalizado de ruido de tráfico

f (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
dBA	-20	-20	-18	-16	-15	-14	-13	-12	-11	-9	-8	-9	-10	-11	-13	-15	-16	-18

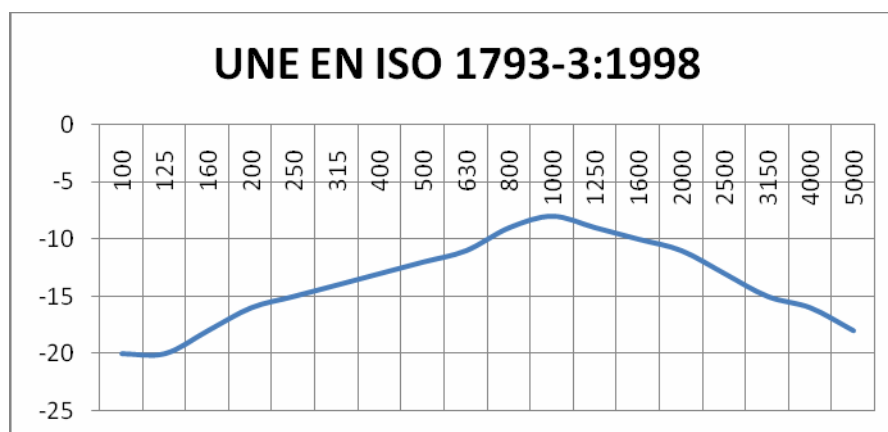


Figura 1. Espectro normalizado de ruido de tráfico

## 2.2 Rotondas

Una rotonda urbana es toda aquella intersección dotada de un obstáculo central, materialmente infranqueable y rodeado por una calzada anular con sentido de circulación giratorio a derechas sobre la que confluyen varias calles, que se rige por una especial regla de prioridad según la cual los vehículos que pretendan entrar en la calzada anular deben ceder el paso a los que ya se encuentran en ella. Puede encontrarse en diferentes situaciones y contextos: centro de población, en zona residencial (dispersa o compacta), en zonas industriales, a la entrada de una ciudad o pueblo, etc.

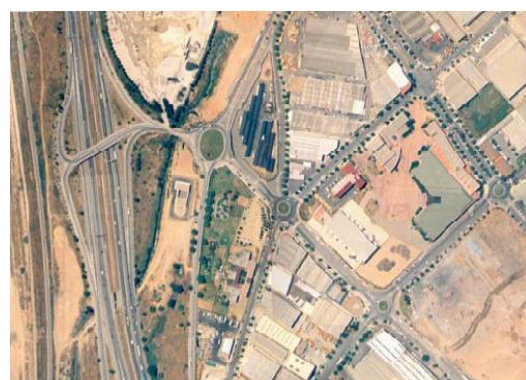
No hay un patrón estándar de ubicación de rotonda, se colocan simplemente por la existencia de una intersección complicada, por un lugar con bastante circulación, por un interés constatado de cambio de sentido, hacer un cambio de semáforos por rotonda o simplemente por estética de la ciudad.

La ubicación de la rotonda determinará en gran medida el tipo de tráfico, el caudal de vehículos y por consiguiente las dimensiones de la misma. Esto evidentemente viene dado por la zona que elijamos, ya que no es lo mismo una zona comercial, que una zona industrial, donde tendremos mayor cantidad de vehículos pesados, o una zona residencial. En general, se podría hacer la siguiente clasificación:

- *Rotonda a la entrada de una población:* La rotonda sirve como hito para indicar a los conductores que están abandonando un tipo de medio por otro y sirve para recordar que se establece una diferencia también en el modo de circulación.
- *Rotonda a la salida de una vía urbana segregada:* A menudo las travesías urbanas o las rondas de población (que se hallan segregadas con respecto a la malla urbana) utilizan rotondas situadas a distinto nivel en las entradas y salidas, creando una serie de nodos que “pinchan” en vías colectoras importantes permitiendo la conexión de éstas con el resto de la trama urbana.
- *Rotonda en zona industrial:* En la entrada a una zona industrial volumen de circulación que se aproxima a la rotonda procedente de las vías de largo recorrido suele ser muy importante (recoge una gran parte del tráfico de vehículos ligeros y pesados de todo el polígono) y se produce a velocidades elevadas. Así el principal problema radica en conseguir una buena fluidez de tráfico a la vez que unas buenas condiciones de seguridad. Generalmente existe poco tráfico de peatones y ciclistas.
- *Rotonda en centro de ciudad (plaza):* En el centro de la ciudad la intersección se convierte en un lugar público que ordena el espacio circundante. La gente se puede reunir en terrazas alrededor de la calzada anular o bien en parques o plazas situados en el islote central. Los monumentos centrales refuerzan el urbanismo del lugar.
- *Rotonda en zona residencial (barrio periférico o urbanización residencial):* Las rotondas situadas en las urbanizaciones residenciales permiten una regulación automática de la circulación en las intersecciones a la vez que proporcionan seguridad.



Salida vía urbana



Zona Industrial



Centro Ciudad



Zona Residencial

Figura 2. Imágenes de cuatro tipos de rotondas diferentes.

### 2.3 Badenes

Se han analizado en este trabajo tres tipos de badenes utilizados comunmente en las calzada, badenes de hormigón, badenes de goma y badenes de hueco.

Los badenes de hormigón son los más utilizados para intentar reducir la velocidad del tráfico en nuestras carretera, éstos ocupan todo el ancho de calzada, suelen medir de 10 a 15 m de longitud, de 10 a 15 cm de altura y de 6 a 7 m de anchura.

El badén de goma ha ido ganando terreno a los de hormigón y se ha convertido en uno de los preferidos por los ayuntamientos y por las autoridades competentes para su instalación en carreteras. Estos badenes de goma tienen una altura de unos 6 centímetros, miden 6,5 metros de largo y 60 centímetros de ancho aproximadamente.

Por último, se han analizado un tipo de badén bastante en desuso; el llamado badén de hueco. Estos badenes fueron los primeros en utilizarse para intentar reducir la velocidad de los vehículos que circulaban por carretera. En la actualidad, estos badenes han sido sustituidos la mayoría por badenes de hormigón o de goma. Estos badenes de hueco consisten en surcos en la carretera de entre 5 y 5,5 metros de largo, entre 60 y 65 centímetros de ancho y entre 2 y 3 centímetros de profundidad.



Badenes de hormigón



Badenes de goma



Badenes de hueco

Figura 3. Imágenes del diferente tipo de badenes analizados.

### 3 Experiencias realizadas

Para la realización de este estudio se han utilizado varios sonómetros de Brüel & Kjaer tipo 2250. Para la realización del análisis en frecuencia utilizamos el módulo BZ 7223, además de todos los elementos necesarios como trípode, protección antiviento, calibrador, anemómetro, etc. El volcado de los datos almacenados en el sonómetro al ordenador se realiza a través del programa BZ 5503, que permite exportar datos a hojas de cálculo de Microsoft® Excel facilitando mucho el trabajo.

#### 3.1 Rotondas

Se realiza el estudio de cuatro rotondas. Las cuatro se encuentran en los alrededores de la ciudad de Gandía-Grao de Gandía, han sido construidas en los últimos años, tiene dos carriles de circulación y son de gran diámetro. Se realizan diversas medidas en diferentes puntos de cada una de las rotondas, intentando, siempre que el acceso con la instrumentación necesaria sea posible, que la distribución de los puntos de medida cubra toda la infraestructura, y cubriendo en todo caso todas los accesos de entrada/salida de las rotondas. En la figura 4 podemos observar algunos ejemplos de estos puntos de medida.

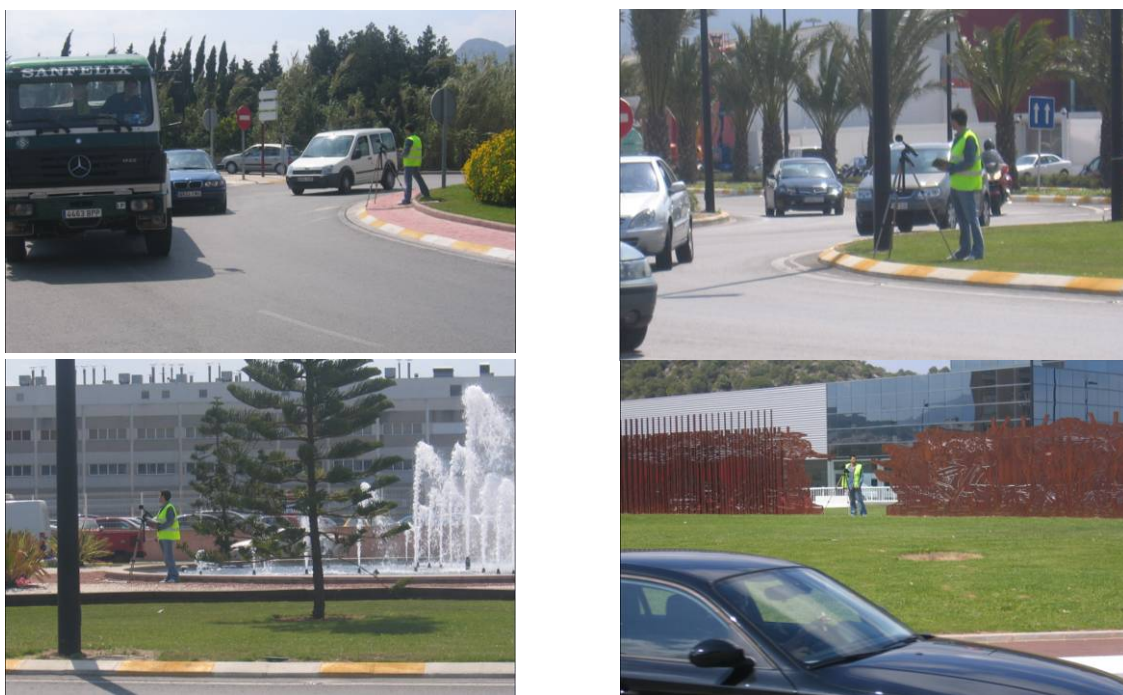


Figura 4. Imágenes de diferentes puntos de medida.

A continuación se presentan las respuestas en frecuencias de las medidas realizadas para las cuatro rotondas. Estos valores se presentan desplazados. Hemos obtenido los espectros normalizados a 1 kHz para poder comparar con el espectro del ruido de tráfico [7], ecualizando la respuesta en frecuencia hasta obtener -8 dBA a esa frecuencia.

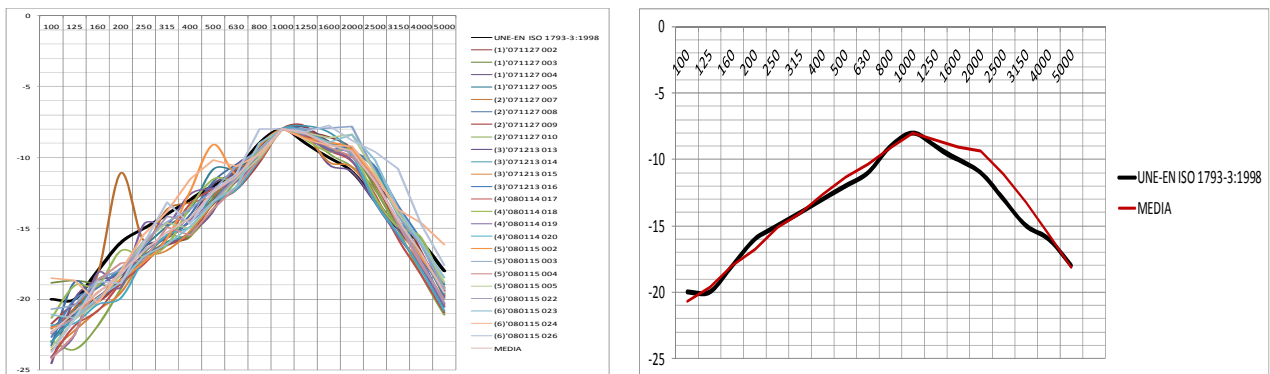


Figura 5. Respuestas en frecuencias desplazadas de todas las mediciones en la Rotonda 1 (derecha). Comparación de la media de estos valores con el espectro de ruido de tráfico (izquierda).

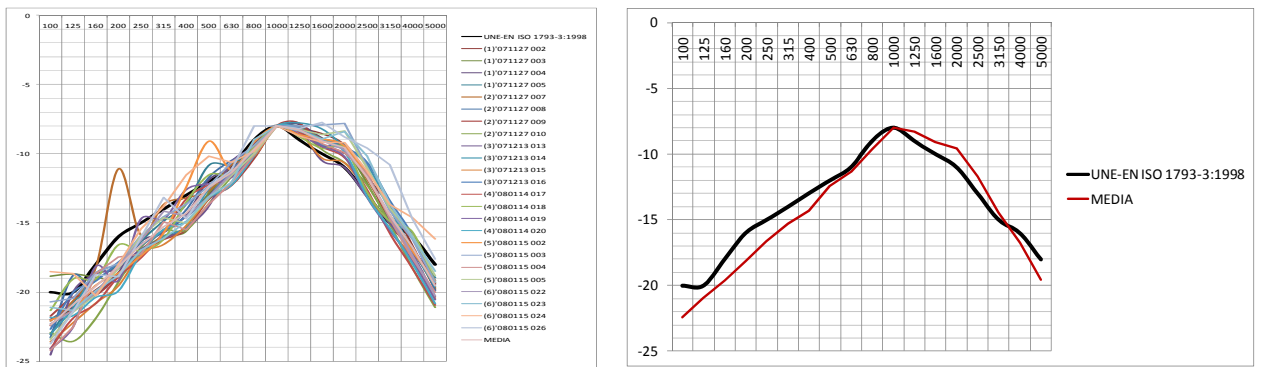


Figura 6. Respuestas en frecuencias desplazadas de todas las mediciones en la Rotonda 2 (superior). Comparación de la media de estos valores con el espectro de ruido de tráfico (inferior).

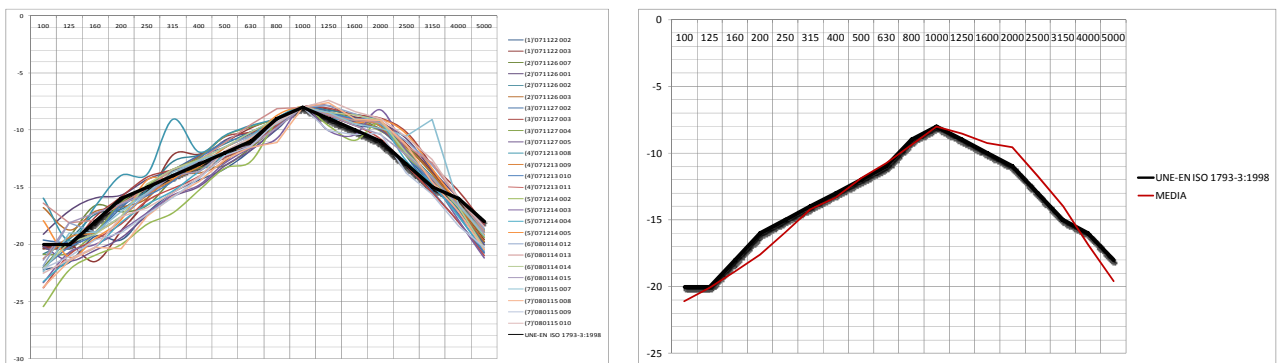


Figura 7. Respuestas en frecuencias desplazadas de todas las mediciones en la Rotonda 3 (derecha). Comparación de la media de estos valores con el espectro de ruido de tráfico (izquierda).

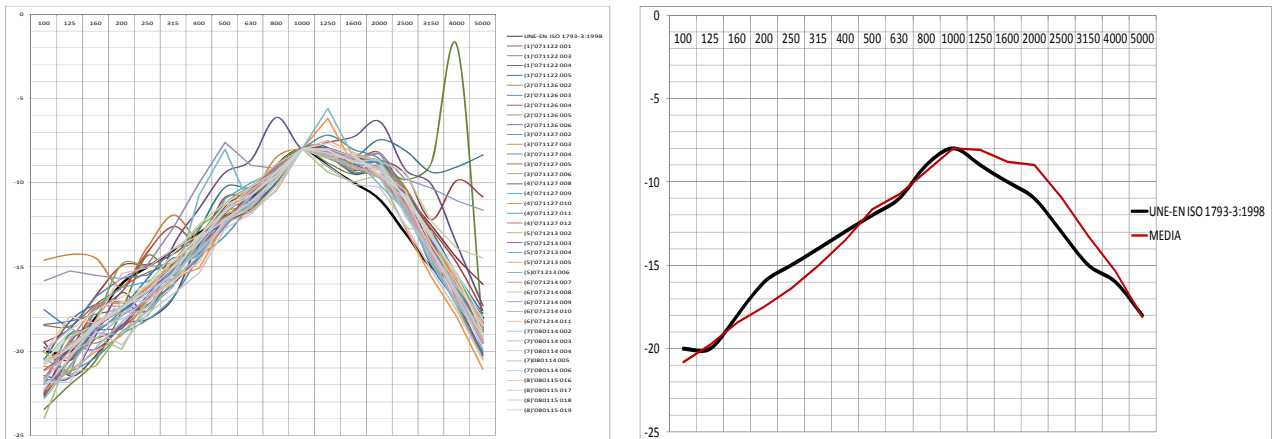


Figura 8. Respuestas en frecuencias desplazadas de todas las mediciones en la Rotonda 4 (derecha). Comparación de la media de estos valores con el espectro de ruido de tráfico (izquierda).

### 3.2 Badenes

Se realiza el estudio para los tres tipos de badenes mencionados anteriormente. Se ha medido, en cada caso, en el punto donde se encuentra el mismo badén y en puntos próximos. El estudio de los badenes de hormigón se ha realizado en la localidad de Alquería de la Condesa, el de badenes de goma en la ciudad de Gandía y el de badenes de hueco en el Grao de Gandía. Se presentan a continuación valores de niveles equivalentes ( $L_{eq}$ ) en dB(A), y algunos de sus percentiles.

En el caso de los resultados de los badenes de hormigón, los puntos 2, 4, 5 y 8 representan las mediciones de los puntos dónde se encuentran los badenes.

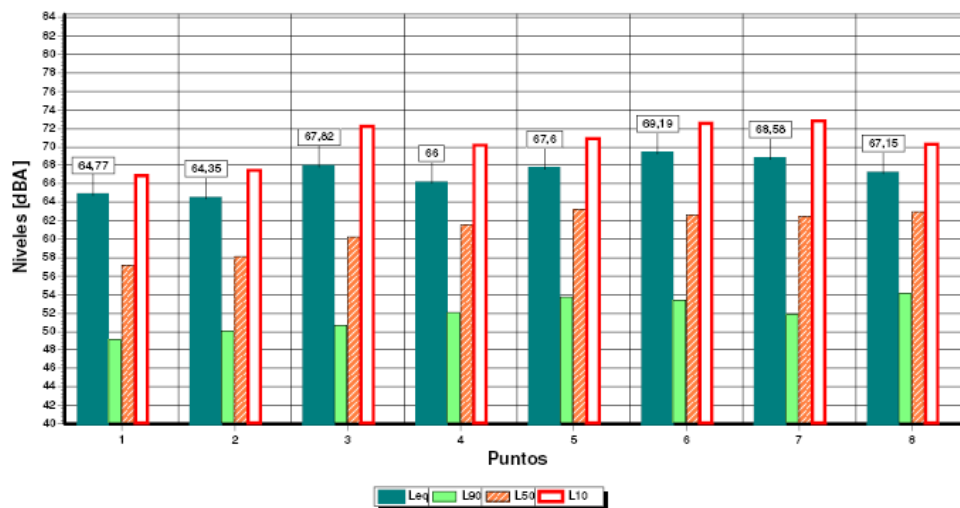


Figura 9. Niveles (en dB(A)) obtenidos en puntos de badenes de hormigón (2, 4,5 y 8) y puntos próximos a éstos (1,3,6 y 7).



En el caso de los resultados de los badenes de goma, los puntos 2 y 3 representan las mediciones de los puntos dónde se encuentran los badenes

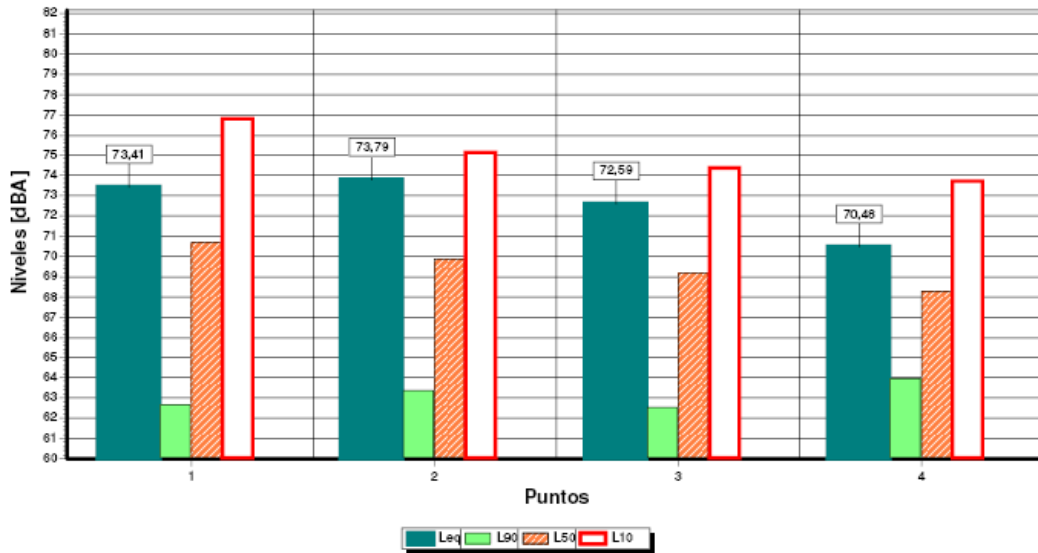


Figura 10. Niveles (en dB(A)) obtenidos en puntos de badenes de goma (2 y 3) y puntos próximos a éstos (1 y 4).

En el estudio de badenes de hueco, los puntos que representan los badenes en la gráfica también son el 2 y el 3.

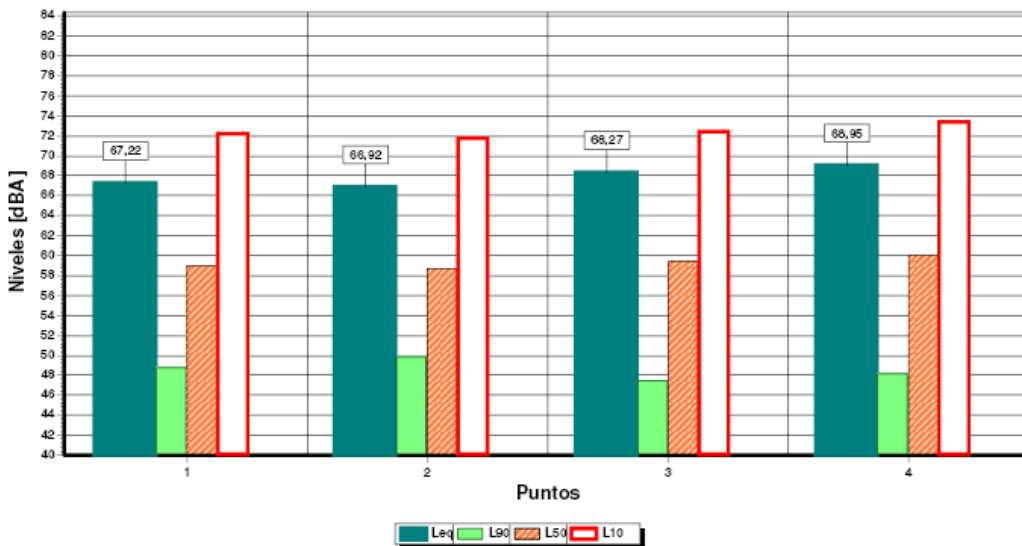


Figura 11. Niveles (en dB(A)) obtenidos en puntos de badenes de hueco (2 y 3) y puntos próximos a éstos (1 y 4).

## 4 Conclusiones

Los resultados que se han obtenido después de analizar todas las mediciones realizadas en diferentes puntos de rotondas nos enseñan que el espectro de vehículos al paso de rotondas, presenta prácticamente el espectro del ruido de tráfico. Las cuatro rotondas estudiadas se encuentran en ámbitos bien distintos, la rotonda 1 se encuentra cerca de una zona industrial, la rotonda 2 comunica cuatro tipo de viales de diferentes características, la rotonda 3 está en una de los accesos a la ciudad de Gandía a través de vías secundarias mientras que la rotonda 4 también es acceso a Gandía pero a través de vías principales (mucho más amplias).

En los cuatro casos las desviaciones respecto al espectro de ruido de tráfico son despreciables. Se puede comentar que en las rotondas 2 y 4, (figuras 6 y 8 respectivamente) aparecen sobre todo a baja frecuencia pequeñas desviaciones. Ambas rotondas presentan un tráfico más denso que el resto, llegando a algunas horas del día a presentar tráfico saturado, con los acelerones y frenados que esto produce. Como consecuencia de la pérdida de fluidez del tráfico al paso de estas rotondas parece deformarse el espectro del ruido de tráfico.

Referente al estudio de badenes, los valores de niveles equivalentes que aparecen en las figuras 9, 10 y 11 nos enseñan que, aunque sí se percibe por el oído humano una molestia al paso de vehículos por este tipo de infraestructuras, esta molestia no queda registrada en los valores de niveles equivalentes. Los valores de Leq apenas sufren variaciones de poco más de 1dB entre el punto del badén y puntos próximos a éste. El ruido molesto que se percibe al paso de vehículo por el badén, de carácter impulsivo no queda registrado tampoco en el percentil  $L_{10}$ , para el cual, las desviaciones también son despreciables.

## Referencias

- [1] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido
- [2] RD 1513/2005, desarrollo Ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental
- [3] RD 1367/2007, desarrollo Ley 37/2003, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas
- [4] Ley 7/2002, de Protección contra la Contaminación Acústica. Generalitat Valenciana.
- [5] Decreto 266/2004. Establecen normas de prevención y corrección de la contaminación acústica en relación con actividades, instalaciones, edificaciones, obras y servicios. Generalitat Valenciana.
- [6] Decreto 104/2006. Planificación y gestión en materia de contaminación acústica. Generalitat Valenciana.
- [7] UNE-EN 1793-3:1998. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Parte 3: Espectro normalizado de ruido.