

## **CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA DE PAVIMENTOS EN LA CIUDAD DE BARCELONA SEGÚN EL MÉTODO CPX**

PACS: 43.50.Lj

Jeroen Paymans Bresser; Paola Vidal González; Jordi Garcia Guasch

Axioma Consultors Acústics S.L.

C/ Cartagena 187, esc. 2, 4º 4ª,

08013 Barcelona,

Tel.: 93.246.05.54, Fax: 93.265.30.35

[jeroen@axioma-acustic.com](mailto:jeroen@axioma-acustic.com); [paola@axioma-acustic.com](mailto:paola@axioma-acustic.com); [jordi@axioma-acustic.com](mailto:jordi@axioma-acustic.com)

### **ABSTRACT**

The use of low-noise surfaces in urban areas to reduce environmental noise inside cities is spreading among municipalities in Spain. However, few of them have real data about the acoustic impact. This article presents the results from a series of pavement acoustic characterization measurements using the “Close Proximity Method” or CPX performed in Barcelona. This paper aims to disclose the first results obtained, rather than a detailed analysis of the complex factors involved in the road noise emission and its perception by the citizens.

### **RESUMEN**

La aplicación de pavimentos sonorreductores en zonas urbanas para reducir los niveles y la molestia del ruido en el interior de las ciudades, se está extendiendo entre los distintos municipios de nuestro país. Sin embargo, pocos ayuntamientos son los que disponen de datos reales sobre la mejora acústica obtenida. El presente artículo muestra los resultados de una serie de campañas de mediciones para la caracterización de pavimentos mediante el método “Close Proximity Method” o CPX llevadas a cabo en la ciudad de Barcelona. El objetivo de este artículo es la divulgación de los primeros resultados obtenidos más que el análisis detallado de los complejos factores implicados en la emisión del ruido de rodadura y su percepción por parte de la ciudadanía.

## 1. Introducción

En la inmensa mayoría de municipios de España, el tráfico es la fuente principal de contaminación acústica, afectando a la calidad de vida y salud de las personas; diversos estudios apuntan a que corresponde al 80% de la contaminación acústica urbana. El flujo, velocidad y composición del tráfico, así como las diferencias entre la porosidad (absorción), textura (rugosidad) y conservación de los diferentes tipos de pavimento, son importantes para determinar la emisión acústica de una vía y su impacto acústico sobre el entorno. Por ello, en la actualidad cada vez son más los Ayuntamientos que optan por el uso de pavimentos sonoredutores.

El Ayuntamiento de Barcelona utiliza a día de hoy un pavimento sonoreductor para la pavimentación de diversas vías. Su colocación se traduce en una mejora percibida favorablemente por la ciudadanía. El Ayuntamiento de Barcelona estima que la cuantificación de esta mejora se encuentra entre 2 y 3 dBA, pudiendo llegar a entre 4 y 5 dBA en calles con mucho tráfico. Sin embargo, hasta la fecha no se habían llevado a cabo mediciones que cuantificaran esta mejora con precisión, ni se disponía de datos comparativos fiables.

Aprovechando las obras de pavimentación en tramos de cuatro calles de la ciudad de Barcelona donde se iba a instalar pavimento sonoreductor, Axioma Consultors Acústics llevó a cabo una caracterización de las propiedades acústicas del firme antes y después de su pavimentación, siguiendo los criterios establecidos en el borrador de la norma ISO 11819-2 [1], conocida como método CPX.

El presente artículo detalla la metodología empleada para llevar a cabo las mediciones y los primeros resultados obtenidos de las mismas.

## 2. Ruido de rodadura

Tal y como han publicado varios autores, el ruido que genera un vehículo al circular se debe a motivos mecánicos generados por el propio vehículo (motor, escape, etc.), al rodamiento de los neumáticos sobre el pavimento y al ruido aerodinámico [2] y [3].

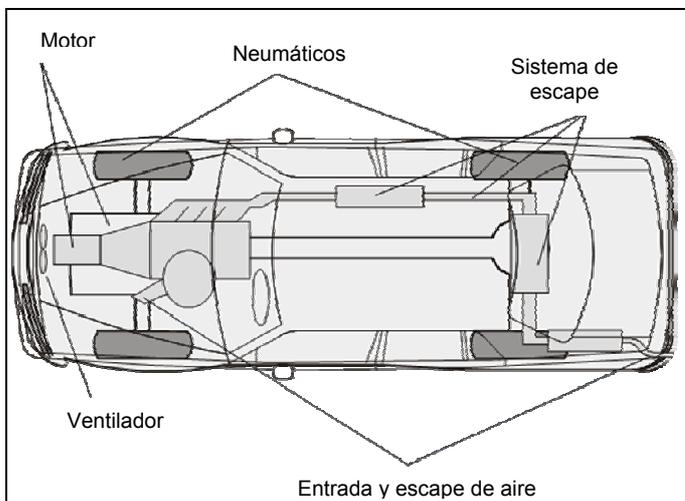


Figura 1- Fuentes de ruido propias de un vehículo.

A velocidades bajas, el ruido generado por los elementos mecánicos es predominante; entre 40 y 50 km/h el ruido de rodadura empieza a ser relevante, siendo junto al ruido aerodinámico la fuente predominante de ruido a altas velocidades. La

Figura 2 muestra una curva típica de emisión sonora de un vehículo en función de su velocidad.

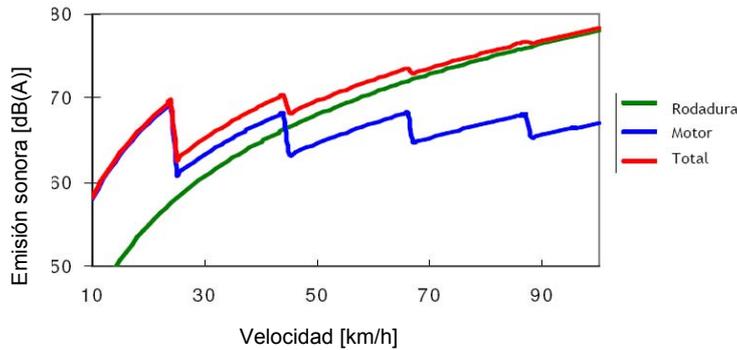


Figura 2- Curva tipo de emisión sonora de un vehículo en función de la velocidad.

Los mecanismos por los que se genera el ruido de rodadura son complejos y dependen, entre otros, del tipo de neumático, de la superficie de rodadura y de la velocidad de circulación. Los principales desde el punto de vista del neumático son [2] y [3]:

- Bombeo de aire: se produce en la parte frontal y posterior del neumático debido a la compresión y succión del aire.

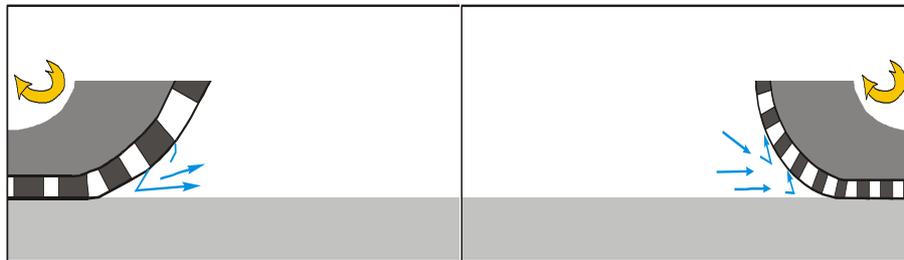


Figura 3 - Compresión y succión del aire en las partes frontal (izquierda) y posterior (derecha) del neumático.

- Vibraciones del neumático: causadas por el impacto de la banda de rodadura sobre las irregularidades de la superficie.
- Resonancias en las cavidades del neumático.

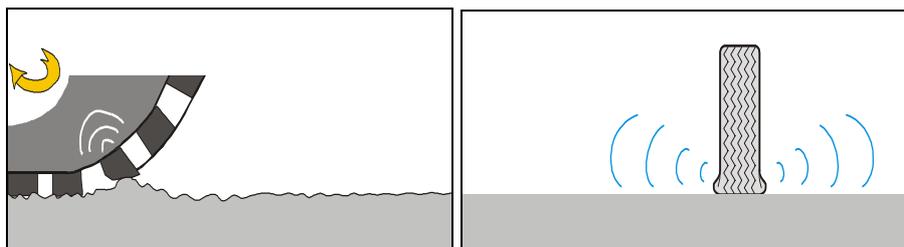


Figura 4 – Generación de vibraciones (izquierda) y resonancias (derecha).

- Efecto trompeta: es una amplificación del ruido de rodadura. La determina la anchura del neumático.

Las características del pavimento influyen en parte de estos mecanismos de generación del ruido. La textura afecta a las vibraciones del neumático y las características estructurales definen la absorción y la impedancia mecánica o rigidez. Estos factores pueden apreciarse analizando el espectro [4] obtenido de las mediciones:

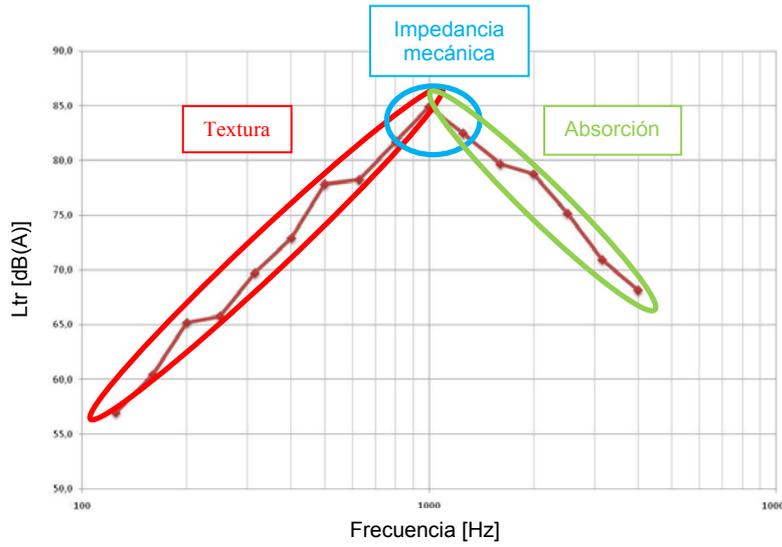


Figura 5 – Espectro frecuencial, tipo de un pavimento.

### 3. Metodología de medición

Las mediciones se llevaron a cabo aplicando el método de medición “Close Proximity Method” o CPX [1], siguiendo las directrices del borrador de la norma ISO 11819-2 [1] que permite medir el ruido de rodadura de neumáticos sobre el pavimento. Este método presenta ventajas importantes respecto al otro método de caracterización acústica de pavimentos, el “Statistical Pass By” o SPB de la norma ISO 11819-1 [5].

El método CPX [1] mide el nivel promedio de presión sonora ponderado según curva A emitido por dos o cuatro neumáticos de referencia, al rodar sobre un tramo de vía a una velocidad establecida. Dos o tres micrófonos situados a corta distancia de cada una de las ruedas se encargan de medir el ruido emitido por la rodadura, a la vez que mediante un GPS se registra de forma simultánea la velocidad de circulación del vehículo. Para ello se empleó un remolque de diseño y fabricación propia, que seguía las especificaciones indicadas en la norma anteriormente comentada.



Figura 6 – Remolque empleado para la caracterización del pavimento.

Las mediciones se realizaron con los cuatro tipos de neumáticos de referencia, y se registraron los niveles con dos micrófonos situados en las posiciones lateral frontal y lateral posterior. La posición lateral central no fue registrada por ser opcional en el borrador de la norma (ver Figura 7).

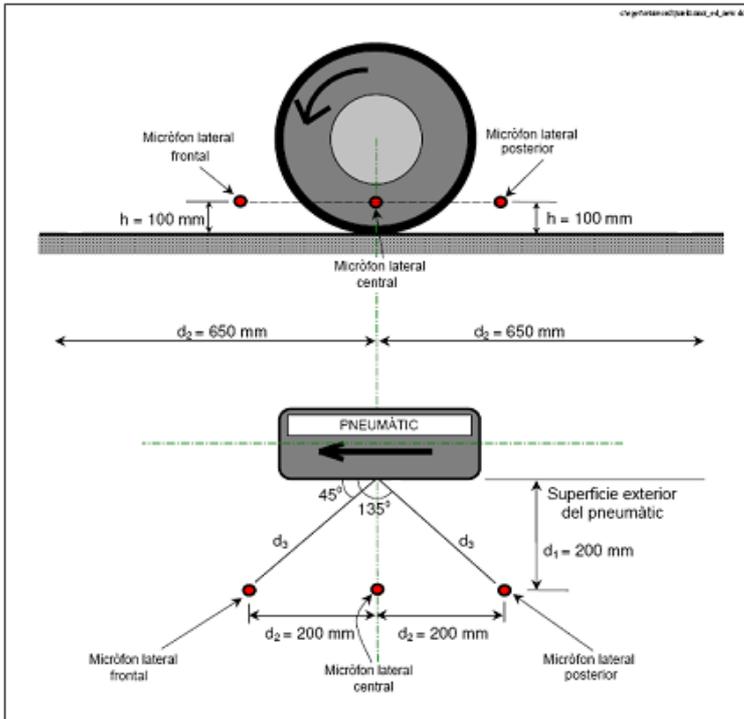


Figura 7 – Ubicación de los micrófonos.

Para cada tramo de vía a estudio se realizaron entre 4 y 5 pasadas a una velocidad de 50 km/h con cada uno de los cuatro tipos de neumáticos a caracterizar, antes y después de la pavimentación con asfalto sonoreductor. El posterior procesamiento de los datos registrados permitió obtener los índices CPXI, CPXL y CPXH, siendo éstos los índices comparativos de diferentes tipos de pavimento teniendo en cuenta tráfico mixto, ligeros y pesados, respectivamente, en tramos de 20 metros y globalmente, para todo el tramo.

Las trazas en las que se llevaron a cabo las mediciones, son urbanas con longitudes que oscilan entre 225 y 420 metros, y con IMDs que varían entre 8.600 y 28.000 vehículos/día. El pavimento antiguo estaba formado por 5 centímetros de D-12 de entre 11 y 14 años de antigüedad.

El nuevo pavimento es una mezcla asfáltica discontinua (sin áridos de medida intermedia), tipo “M” o “F” en función de la tipología de los espacios, con poros estructurales (12 – 14 %), aplicado en capas de 2 a 3 centímetros.

Todas las mediciones se llevaron a cabo sobre pavimento seco y con condiciones meteorológicas adecuadas. La temperatura ambiental y del pavimento también fueron registradas durante el trabajo de campo mediante una estación meteorológica.

#### 4. Resultados de las mediciones CPX para la caracterización de pavimentos en la ciudad de Barcelona

La Figura 8 presenta los índices de ruido resultantes de las mediciones CPX [1] realizadas en los cuatro tramos a estudio, con anterioridad y tras la pavimentación con asfalto sonoreductor, para una velocidad de circulación de 50 km/h. La figura presenta en columnas el valor medio de los índices obtenidos a lo largo de todo el tramo a estudio, por lo que el valor presentado tiene en cuenta la emisión acústica del pavimento y otros elementos que influyen en la generación del ruido como pinturas, alcantarillado, imperfecciones del pavimento, etc. En el caso de los nuevos pavimentos sonoreductores, el índice tiene en cuenta también zonas con pavimento antiguo si éstos se encuentran dentro del tramo a caracterizar.

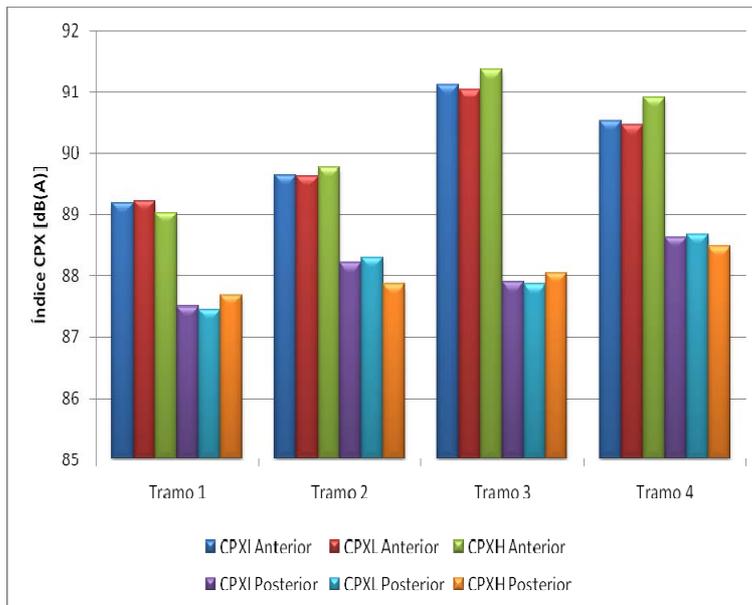


Figura 8 – Resultados de las mediciones CPX realizadas en 4 tramos de la trama urbana de la ciudad de Barcelona.

Los resultados de las mediciones del nuevo pavimento sonoreductor, presentan unos índices de emisión bastante homogéneos, del orden de 88 dB(A), y respecto al estado anterior, se vislumbra una reducción entre 1,4 y 1,9 dBA, excepto en el Tramo 3, donde la mejora supera los 3 dBA.

La Figura 9 presenta los niveles de los índices CPX [1] obtenidos para el Tramo 1, representados a lo largo del tramo, en intervalos de 20 metros. Los primeros 160 metros no fueron pavimentados con sonoreductor. Los resultados muestran variaciones en la efectividad del pavimento según los subtramos, variando entre los 0,4 y 2,4 dBA. Los niveles obtenidos en los otros tres tramos presentan curvas similares.

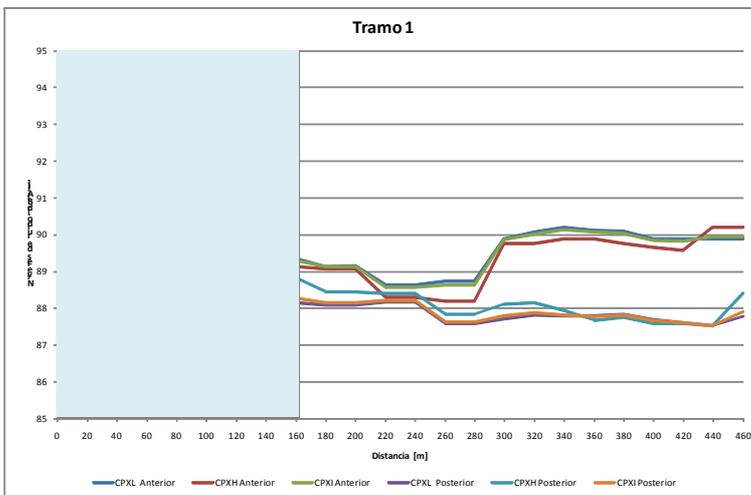


Figura 9 – Índices CPX obtenidos en el Tramo 1.

El espectro frecuencial presentado en la Figura 10 es el obtenido de las mediciones realizadas en el Tramo 1, y muestra como el efecto del pavimento sonoreductor presenta su mayor efectividad a partir de 1.000 Hz.



Figura 10 – Espectros frecuenciales Tramo 1.

## **5. Conclusiones**

Las conclusiones más destacadas obtenidas del estudio llevado a cabo se anuncian a continuación:

- Las propiedades de emisión acústica de un determinado pavimento en una vía urbana no se deben únicamente a la tipología intrínseca del pavimento, sino que influyen otros elementos que lo complementan, como pinturas, alcantarillado, conservación, etc.
- Tras la pavimentación con asfalto sonoreductor, los niveles de emisión de ruido de rodadura se homogenizaron.
- Los índices CPX a 50 km/h evaluados a lo largo de todo un tramo, muestran una reducción en los niveles de emisión debido a la aplicación de un pavimento sonoreductor de entre 1,4 y 1,9 dBA. No obstante, en uno de los cuatros tramos se obtuvieron mejoras de 3 dBA.
- Si se analizan los índices representados a lo largo de todo el tramo 1, se observan mejoras que varían entre 0,4 y 2,4 dB a 50 km/h.
- Aunque los niveles de reducción acústica esperados para el pavimento sonoreductor era de entre 2 y 3 dBA, estos valores se obtienen únicamente en uno de los tramos de forma global; aún así, es posible identificar subtramos en los que sí se alcanza dicha mejoría.
- No se han realizado mediciones en vías principales, por lo que no ha sido posible comprobar si la mejoría sería mayor para esta tipología de vías.
- De la comparación de los espectros de emisión acústica con anterioridad y posterioridad a la aplicación del sonoreductor, se constata que éste presenta su mayor efectividad en bandas de frecuencia superiores a 1.000 Hz, dato característico de pavimentos absorbentes.

Los resultados de este estudio deben analizarse con cautela, ya que la campaña de campo sólo contempló cuatro tramos de vía, y no puede considerarse representativa del total de vías urbanas de la ciudad de Barcelona.

Se ha constatado que cuando se pavimenta una vía urbana con un asfalto sonoreductor, la población percibe una mejora a nivel de reducción del ruido ambiental; si bien, los resultados globales inferiores a 3 dBA indican que la mejora producida a nivel de emisión no debería ser tan claramente perceptible, al hallarse a frecuencias medias y altas dónde la percepción humana posee mayor sensibilidad, hacen que esta disminución sea muy notable.

### **Agradecimientos:**

Agradecemos la colaboración del Ayuntamiento de Barcelona y de su Departamento de Control y Reducción de la Contaminación Acústica por permitir la publicación de este artículo y por su colaboración durante todo el estudio.

**Referencias:**

[1] pr ISO 11819-2 (2000) Acoustics: Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 2: The close-proximity method. International Organization for Standardization, Genève.

[2] Dr. Luc Goubert, Acoustic classification and conformity checking of road surfaces, Technical background & low noise road surfaces.

[3] S. M. Phillips, S. Kollamthodi, P. M. Nelson, P. G. Abbott, Study of médium and high speed tyre/road noise, Project report PR SE/849/03.

[4] Ard Kuijpers, Innovative solutions to tyre/road noise problems: the noise and modular road surface pilots.

[5] ISO 11819-1 Acoustics: Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise – Part 1: The Statistical Pass-By method. International Organization for Standardization, Genève.