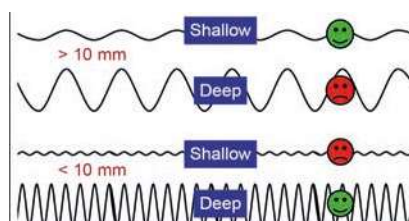


¿Cómo de ruidosas son nuestras carreteras?



How noisy are our roads?

Laura Parra Ruiz
CEDEX

El ruido producido por el tráfico que circula por las carreteras es una molestia de sobra conocida. Sin embargo, la solución a este problema no es sencilla, pues son muchos los componentes que influyen; entre ellos, las características del propio vehículo y de sus neumáticos, la velocidad de circulación y también los atributos de la carretera (acabado superficial, trazado en planta y en alzado, etc.). No obstante, hemos de plantear posibles formas de abordar esta situación. Una de ellas, pasaría por evaluar los niveles de ruido existentes en las carreteras por medio de metodologías regladas, que cuenten con una aceptable repetibilidad y reproducibilidad. Tales metodologías deben ser aplicables en la práctica –es decir, no excesivamente complejas–, ya que de otra forma se reducirán a aplicaciones puramente experimentales, como ha venido sucediendo hasta ahora. Una vez conocidos los niveles de ruido de nuestras carreteras, el siguiente paso sería incentivar la reducción de dichos niveles, por medio de mecanismos de “premios” a aquellos fabricantes que sean capaces de poner en obra mezclas menos ruidosas que otras consideradas como referencia. Todo ello, sin menoscabar la durabilidad del firme y garantizando, en la medida de lo posible, que las reducciones de ruido se mantienen en periodos de tiempo razonables. Cabe esperar que medidas de este tipo, en combinación con otras en el ámbito de la explotación y el planeamiento de las carreteras, así como otras acometidas por los fabricantes de vehículos y de neumáticos, contribuirán a que las carreteras del futuro sean menos ruidosas que las actuales.

Road traffic noise is a well-known nuisance. However, the solution to this problem is not easy, since there are many influencing components; among them, the characteristics of the vehicle and its tires, the speed and also the attributes of the road (road surface, road layout, etc.). However, we must consider possible ways of dealing with this situation. One possible solution might involve evaluating the noise levels existing on the roads using regulated methodologies that have acceptable repeatability and reproducibility. Such methodologies must be applicable in practice - that is, not excessively complex - since otherwise they will be reduced to purely experimental applications, as it has been the case up to now. Once road traffic noise levels are evaluated, the next step would be to encourage the reduction of these levels, by means of “reward” mechanisms for those road construction companies that are capable of building noise reducing pavements -compared to the reference ones-. All this, without undermining the durability of the pavement and guaranteeing, as far as possible, that noise reductions are maintained in reasonable periods of time. It is to be hoped that these measures, in combination with others in the field of road operation and planning, as well as others undertaken by vehicle and tire manufacturers, will contribute to making future roads less noisy than current ones.

1. Introducción

El tráfico de las carreteras es uno de los componentes del ruido ambiental que no tiene su origen en agentes naturales y que más molestias produce, tanto en entornos urbanos como interurbanos. En entornos urbanos, las molestias derivadas del ruido las sufren los peatones y residentes en zonas próximas a las carreteras y en entornos interurbanos, la fauna. Tales molestias no son imaginarias, hasta tal punto que se estima que en Europa 140 millones de personas están expuestas a niveles de ruido L_{den} superiores a 55 dB(A) por causa del tráfico (Figura 1), con repercusiones para la salud.

Cuando se habla de forma genérica del ruido de la carretera, entendiéndose como tal el ruido del tráfico, se ha de tener en cuenta que la velocidad de circulación es determinante, de manera que se suele considerar que hasta 40-50 km/h el principal causante del ruido es el propio motor del coche, entre 40-50 y 80-110 km/h, aproximadamente, lo que más influye es el ruido de rodadura y, a partir de 80-110 km/h, lo que más se escucha es el ruido aerodinámico.

Esta subdivisión en las tres fuentes generadoras del ruido del tráfico lo es únicamente a efectos de buscar para cada una de ellas las soluciones más adecuadas para evitar las molestias aludidas, pues

el ciudadano afectado por el ruido no distingue, en principio, cuál de todas ellas es la que más le afecta ni en qué medida le afecta; por eso, el gestor de la carretera no debe obviar el problema en su conjunto ni la obligación de adoptar medidas para resolverlo, bien entendido que mientras que el ruido de la rodadura tiene su solución en el propio diseño de la carretera en cuanto a su trazado, materiales, etc., en los otros dos, el ruido causado por el funcionamiento del motor y el del rozamiento del vehículo con el aire, las soluciones ha de buscarlas en colaboración con otros agentes, tales como los propios fabricantes de vehículos o de sus componentes, particularmente, de los neumáticos.

Pese a esta desagregación del problema del ruido en sus tres principales componentes, las posibles soluciones a cada uno de ellos son complejas y no tan concluyentes como sería deseable. Entendiendo que lo deseable sería tratar el problema del ruido y las molestias que origina como un problema único, en este artículo pretendemos abordar el que como gestores de la carretera nos atañe más directamente, esto es, el relativo al ruido de rodadura, que es el producido por la interacción del neumático con el pavimento, por lo que hay que tener en cuenta ambos elementos.

Desde el punto de vista del firme son, fundamentalmente, sus características superficiales las que van a

influir en el comportamiento acústico de la carretera, aunque hasta la fecha no se ha podido establecer una correlación clara entre los indicadores de características superficiales habitualmente empleados y el ruido. Es por ello que se hace necesario medir directamente el ruido de rodadura. De esta manera, sería por medio de campañas de medida del ruido de rodadura, adecuadamente diseñadas, como se podría establecer una primera categorización de cómo de ruidosas son nuestras carreteras, con el objetivo de avanzar en la reducción de los niveles de ruido allí donde sea más necesario y de incentivar al sector de la construcción de carreteras en el diseño y construcción de firmes más silenciosos.

2. El ruido de rodadura

La Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental, traspuesta a la legislación nacional por la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, establece que los niveles de ruido en los entornos de las infraestructuras viarias y en las aglomeraciones urbanas no deben superar unos ciertos límites.

¹ Los rangos de velocidades a partir de los que influye más un tipo de ruido u otro (motor, pavimento, aerodinámico) son aproximados y dependen del tipo de vehículo (ligero o pesado).

Road traffic on:	number of people exposed by road traffic noise in 2012						total inhabitants		
	in noise bands L_{den} (in million)						inside agglomeration	outside agglomeration	EU-30 countries
	55-59	60-64	65-69	70-74	>75 dB	>55 dB			
all roads inside EU-30 agglomerations	29	22	16	8	1	76	178		
all roads outside EU-30 agglomerations	28	23	9	3	1	64		337	
all roads in EU-30 countries	57	45	25	11	2	140			515
major roads inside EU-30 agglomerations	12	9	6	3	1	31	178		
major roads outside EU-30 agglomerations	12	8	5	2	1	28		337	
major roads in EU-30 countries	24	17	11	5	2	59			515

Figura 1. Número de personas en Europa que soportaban niveles de ruido (L_{den}) superiores a 55 dB(A) en 2012 [Fuente: CEDR 2017].

La determinación y evaluación del ruido producido por las infraestructuras viarias es, por tanto, una obligación del Estado español en la red de carreteras de su titularidad. Por otro lado, el cumplimiento de las limitaciones señaladas a los niveles de ruido no es sencillo, por lo que es necesario establecer planes de acción contra el ruido en aquellos entornos en los que se sobrepasan los límites.

En las carreteras, para velocidades comprendidas entre los 40 y los 110 km/h, aproximadamente, el ruido preponderante es el producido cuando el neumático entra en contacto con la superficie del firme, como consecuencia de una serie de fenómenos que tienen cierta complejidad y que se producen simultáneamente (impacto, deslizamiento, reverberación y amplificación). Estos fenómenos están principalmente condicionados por el tipo de neumático y por las características superficiales del pavimento.

Puesto que existen tramos de la RCE en los que se superan los límites establecidos, el gestor ha

de emplear todas las medidas que tenga a su alcance para atenuar los niveles acústicos; de ahí que la consideración y el estudio del ruido de rodadura adquiere gran importancia, puesto que ayudará a reducir los efectos adversos de la carretera en su entorno en los términos contemplados al efecto en la normativa vigente.

Adicionalmente, un pavimento en el que los niveles de ruido de rodadura estén por debajo de unos determinados límites puede ser muy conveniente desde el punto de vista de la comodidad del usuario. Se ha constatado también que unos adecuados niveles acústicos en una carretera son indicativos de la homogeneidad del tramo, así como de una adecuada puesta en obra. Igualmente, el aumento de los niveles sonoros generados por el tráfico también constituye un indicador del grado de deterioro del firme de una carretera y el reflejo de un empeoramiento de su estado de conservación (fisuración, colmatación de los huecos en las mezclas porosas, etc.).

Por todo ello, una de las líneas de investigación del CEDEX viene siendo asesorar a los gestores de carreteras en la incorporación, de una manera fiable y sistemática, de indicadores relacionados con el ruido de rodadura en los sistemas de gestión de firmes, de forma que se puedan incluir las consideraciones acústicas tanto en la planificación como en la explotación, mantenimiento y rehabilitación de carreteras.

3. Evaluación del ruido de rodadura

En el marco del Proyecto SILVIA (*Silenda Via, Sustainable road surfaces for traffic noise control*), se estableció que la evaluación del ruido de rodadura se puede hacer, bien por métodos directos, como el SPB (*Statistical Pass-By measurements*), descrito en la norma UNE EN ISO 11819-1:2002, o el CPX (*Close-Proximity tyre-road noise measurements*), descrito en la norma UNE EN ISO 11819-2:2017, o bien por métodos indirectos, es decir, a tra-



Figura 2. Equipo de medida CPX del CEDEX.

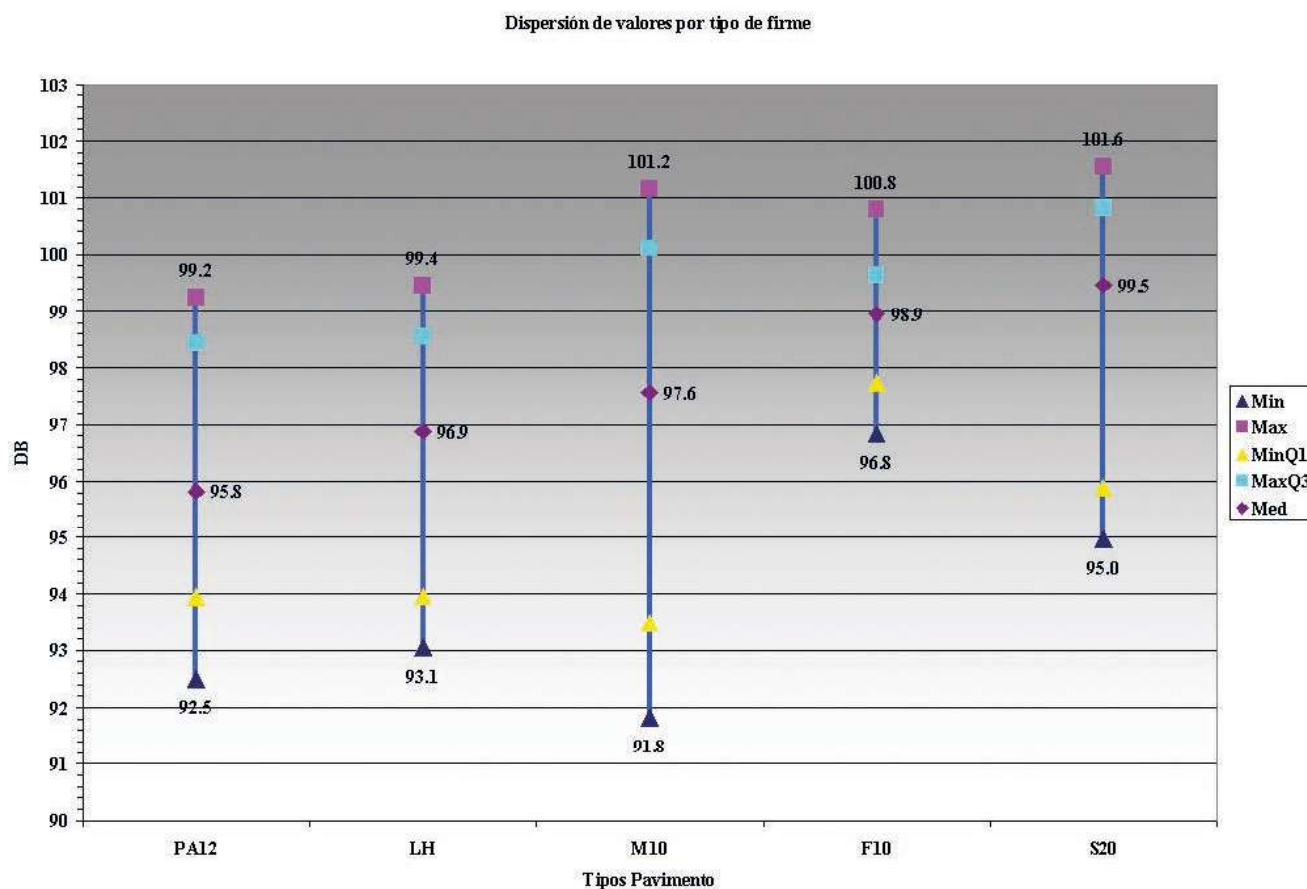


Figura 3. Resumen de los resultados CPXI (80 km/h) obtenidos para distintos tipos de capa de rodadura [Fuente: CEDEX, 2008].

vés de parámetros del firme que están relacionados con la emisión de ruido, como por ejemplo, la textura superficial, medida conforme a la serie de normas ISO 13473, o la absorción acústica, obtenida por medio del tubo de impedancia acústica (UNE EN ISO 10534-2:2002), entre otros.

Los métodos anteriormente indicados son bien conocidos por los técnicos que se dedican a la medida y estudio del ruido de rodadura. Sin embargo, existe todavía trabajo por hacer, puesto que son métodos que hasta la fecha, en España, se han empleado solamente en ámbitos experimentales. Falta establecer ciertas condiciones para su aplicación, primero de manera voluntaria y, a medida que se vaya recopilando experiencia, de manera obligatoria y generalizada.

En este sentido, a nivel europeo, el Comité Europeo de Normalización (CEN) tiene el encargo de preparar una especificación técnica que permita caracterizar los pavimentos desde el punto de vista del ruido. Para ello, es previsible que se sigan las recomendaciones del proyecto SILVIA, en el que se propuso una metodología para la clasificación de carreteras en función del ruido, a la vez que se tienen en cuenta los resultados de investigaciones más recientes.

Al mismo tiempo, en España, el CEDEX lleva trabajando desde el año 2000, para la Subdirección de Conservación de la DGC del MITMA, en la medida y análisis de los niveles de ruido con el equipo CPX (Figura 2) en la RCE. En una primera etapa (2000-2008), se llevaron a cabo medidas sistemáticas en la mayor parte de la Red, más de

1.900 km de carril auscultado, para tener una base de datos de los niveles de ruido existentes; y en una segunda etapa (2009-2015), se realizó el estudio y seguimiento de los niveles de ruido CPX en una serie de tramos de carretera con distintos tipos de capa de rodadura, con el objetivo de analizar los distintos factores que influyen en los niveles de ruido medidos. Hay que destacar, en este sentido, la apuesta decidida de la DGC por analizar y caracterizar el nivel sonoro de sus pavimentos en todos estos años, lo cual nos permite hoy día difundir sus resultados; así como la confianza depositada en el CEDEX para la realización de estos estudios.

Los resultados obtenidos en esa primera etapa (Figura 3) mostraron que las diferencias encontradas eran demasiado elevadas (entre 4 y 10 dB(A)) como para caracterizar

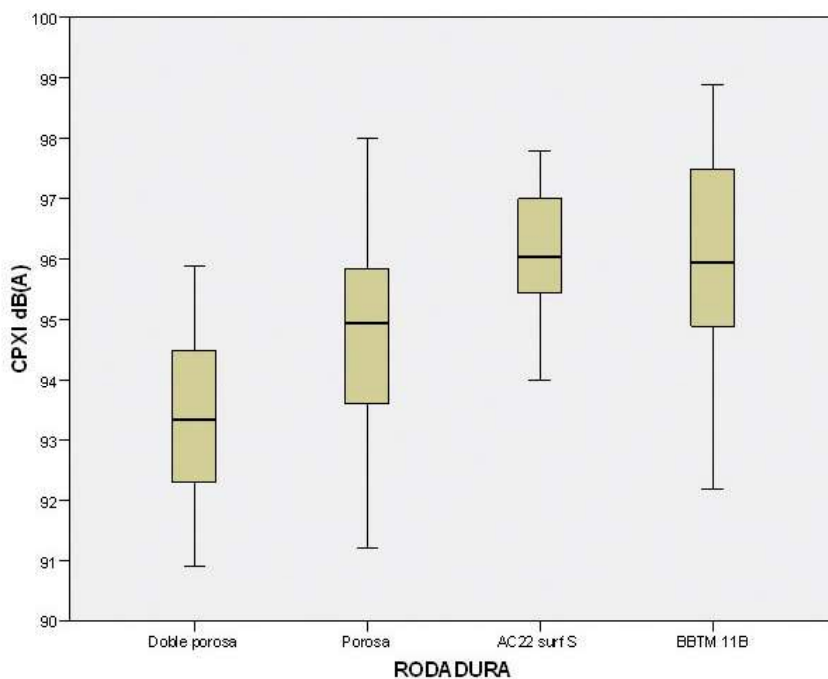


Figura 4. Resultados del índice CPXI, medido a 80 km/h, en distintas capas de rodadura, de 0-3 años ²
[Fuente: CEDEX, 2015].

el nivel sonoro de los pavimentos en servicio teniendo únicamente en cuenta el tipo de mezcla. La mayor variabilidad parecía corresponder a los pavimentos tipo M-10 y, en definitiva, se concluyó que era necesario conocer otros factores que podían tener una mayor influencia, como podrían ser los indicadores relacionados con la regularidad superficial del firme -quizás la macrotextura, la megatextura o la regularidad longitudinal-, así como el estado superficial.

El estudio más detallado de la segunda etapa confirmó la dificultad de caracterizar un tipo de superficie en función del ruido de rodadura, pues en todos los casos se detectó una alta variabilidad en el índice CPXI para una determinada tipología de firme. En general, las diferencias entre los valores medios máximos y mínimos en un mismo tipo de capa de rodadura, con la misma antigüedad, fueron superiores a 3,0 dB(A) (Figura 4). Ello es debido a que hay muchos aspectos que influyen en el ruido que se genera en

el contacto neumático pavimento y que no quedan acotados sólo con la definición del tipo de pavimento que se emplee. El análisis detallado de la posible influencia de otras características superficiales en la generación del ruido de rodadura tampoco arrojó resultados clarificadores.

4. ¿Qué hace que una carretera sea más ruidosa que otra?

Una buena parte de las investigaciones en el campo del ruido de rodadura están, lógicamente, enfocadas a averiguar qué hace que una carretera sea más ruidosa que otra. La respuesta, sin embargo, no es sencilla y no se ha podido llegar a una conclusión clara sobre la "receta" para construir carreteras poco ruidosas. Sin embargo, sí se conocen algunas pautas que nos pueden aproximar a la solución del problema.

De esta forma, algunas de las consideraciones sobre el ruido de

rodadura que se pueden extraer, a la luz de los resultados obtenidos por el CEDEX en el estudio del comportamiento acústico de distintos tipos de capa de rodadura, se recogen a continuación (PARRA, L. (2012)):

1. Entre los aspectos analizados en el estudio, los que parecen influir en mayor medida son, el porcentaje de huecos en el firme, el espesor de capa y el tamaño máximo de árido.
2. La terminación del firme tiene una influencia decisiva en los niveles de ruido obtenidos, por lo que el proceso de puesta en obra es determinante. Sin embargo, no se ha podido cuantificar por medio de un indicador específico, ya que las correlaciones obtenidas tanto con la macrotextura (MPD) como con la regularidad longitudinal (IRI) no han sido buenas, por lo que no parecen indicadores adecuados para valorar esta relación.

Ello podría ser debido a que tanto la MPD (0,5 mm a 50 mm) como el IRI (50 cm a 50 m) cuantifican las irregularidades del perfil longitudinal de la carretera en unas longitudes de onda que no son las que afectan principalmente a la generación o absorción de ruido, que son las comprendidas en el intervalo entre 0,5 mm y 500 mm.

3. Las mezclas con mejor comportamiento acústico son las porosas y las dobles porosas, siendo estas últimas las que más reducen el ruido de todas las estudiadas por el CEDEX, con respecto a una capa de referencia tipo AC 22 surf S.

² Se ha de tener en cuenta que no se midió el mismo número de tramos para los distintos tipos de capa de rodadura. En concreto, se midieron más secciones con capa de rodadura de tipo poroso que de los otros tipos

4. No se ha obtenido un buen comportamiento acústico con las mezclas delgadas tipo BBTM, debido a que han mostrado una muy elevada dispersión; a pesar de que éstas están consideradas como mezclas de baja sonoridad en la mayor parte de los estudios europeos.
5. A medida que envejecen, el comportamiento acústico de las mezclas bituminosas empeora, siendo el incremento medio del nivel de ruido del orden de 0,5 dB(A) por año para las capas de tipo poroso, y algo superior para las de tipo doble poroso.
6. El efecto del envejecimiento de las capas de rodadura es mayor en los primeros años y se va atenuando con el tiempo.
7. El incremento del nivel de ruido en el contacto neumático pavimento debido a la velocidad del tráfico es muy notable, entre 6,4 y 7,8 dB(A) en todas las capas estudiadas al pasar de 50 a 80 km/h.
8. La incertidumbre del índice CPXI medio para cada tipo de capa de rodadura, expresado como diferencia entre los valores mínimos y máximos medidos, es muy alta, superior a 3,0 dB(A), teniendo en cuenta siempre datos de carreteras de la misma antigüedad.

5. ¿Cómo medir el ruido de nuestras carreteras?

Como se puede ver, existen ciertos inconvenientes que dificultan la aplicación de métodos de medida del ruido de rodadura para caracterizar acústicamente las carreteras. Fundamentalmente, esas limitaciones se refieren al hecho de que no exista una única forma de medir el ruido de rodadura, que los resul-

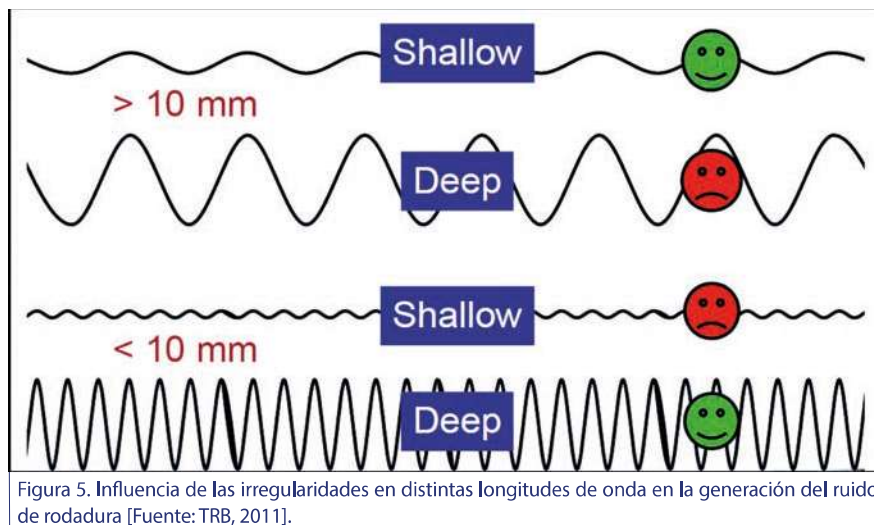


Figura 5. Influencia de las irregularidades en distintas longitudes de onda en la generación del ruido de rodadura [Fuente: TRB, 2011].

tados no sean comparables entre distintos métodos e incluso que aplicando un mismo método, los resultados sean diferentes según el equipo de medida empleado; también, la circunstancia de que no sea un valor que influya de manera directa en la seguridad vial y por tanto su aplicación práctica sea reducida, son todos ellos factores que dificultan la medida del ruido de rodadura en las carreteras y, consecuentemente, su inclusión en los sistemas de gestión de firmes.

La solución a esta situación pasaría, al menos en parte, por proponer una metodología única y sencilla para la medida del ruido de rodadura en los pavimentos en nuestro país. La otra parte se solventará con la voluntad del gestor de la carretera, quien deberá exigir su medida

y la implementación de iniciativas para la atenuación del ruido cuando los límites se superen, y con el esfuerzo de constructores e investigadores, quienes deberán avanzar en la construcción de carreteras más silenciosas y en perfeccionar sistemas fiables para su evaluación.

Si miramos a nuestro alrededor, constatamos que en otros países europeos sí se mide el ruido de rodadura y que existen esquemas para caracterizar el citado indicador. Los métodos que se utilizan para ello son, en general, el CPX o el SPB, cada uno con sus ventajas y desventajas. En opinión de los autores del artículo, lo más adecuado en España sería emplear una metodología basada en el CPX, por ser un método más representativo –en tanto que el SPB es un método pun-



Figura 6. Factores limitantes en la aplicación de un método para la medida de ruido de rodadura.

tual- y más sencillo de llevar a cabo –ya que el SPB es lento y además se han de cumplir muchos condicionantes para su aplicación, por lo que resulta complejo-; por otro lado, el CPX mide el ruido en el contacto del neumático con el pavimento, dejando de evaluar únicamente la parte de absorción que se produce entre el emisor y el receptor, en parte influida por el pavimento, pero también por otros muchos factores que saldrían del alcance de la metodología.

La metodología que se proponga, además de tener en cuenta el tipo de capa de rodadura (según su denominación de acuerdo al PG-3), deberá tomar en consideración otras características de la mezcla, como por ejemplo el porcentaje de huecos real, tamaño máximo de árido y espesores conseguidos en obra.

En definitiva, la propuesta consistiría, a grandes rasgos, en la realización de ensayos con el equipo CPX sobre la mezcla puesta en obra, obteniendo unos valores de ruido que deberán estar siempre referidos a las medidas que se conseguirían en una superficie que se considerará de referencia, expresando las diferencias en dB(A) con respecto a la misma.

Faltaría por determinar los aspectos concretos relativos a la puesta en práctica de la metodología, como serían, entre otros, el número de pasadas que se han de realizar para caracterizar un tramo de carretera, extensión del citado tramo, variabilidad aceptable entre pasadas y la velocidad a la que se haría la medición; si bien en ese sentido, se ha de poner de manifiesto que ya existen propuestas concretas sobre cómo realizar este tipo de pruebas, por ejemplo, las expuestas en el marco del proyecto LIFE SOUNDLESS.

Otra cuestión importante consiste en la determinación de la superficie de referencia con respecto a la cual se establecerán las comparaciones del comportamiento acústico, así como a la necesidad de definir un procedimiento para “calibrar” los equipos, garantizando que los dispositivos midan de manera correcta y uniforme. Sistemas de este tipo funcionan en Francia y en Dinamarca, país este último donde los equipos tipo CPX que miden ruido deben realizar anualmente mediciones sobre 10 tramos de carretera para, en función de los resultados, obtener la constante de correlación correspondiente (Kragh, 2007). Este sistema se viene empleando con éxito en España con otros equipos de auscultación, por lo que sería perfectamente viable aplicarlo a los mencionados equipos CPX, mediante campañas anuales de intercomparación, para conseguir que los resultados de las mediciones que se realicen con ellos sean independientes del equipo utilizado para hacerlas.

Se considera también que en un primer momento la metodología debería ser experimental, de manera que los resultados no impliquen penalizaciones ni ningún otro tipo de consecuencias, sino que permitan valorar y mejorar la propia sistemática. En una segunda fase, la metodología podría ser obligatoria, de igual manera que lo es la medida de la resistencia al deslizamiento, de la regularidad longitudinal u otros parámetros característicos de la carretera.

Habida cuenta de que existe una clara tendencia a reducir el ruido de los vehículos, como así sucede con los eléctricos, es probable que el ruido de rodadura pase a adquirir mayor importancia, particularmente en los entornos urbanos, para velocidades de circulación reducidas. Se torna entonces todavía más im-

portante avanzar en la determinación y reducción del ruido de rodadura.

6. Pavimentos sono-reductores o menos ruidosos

Existe un claro interés en definir los llamados pavimentos silenciosos o pavimentos fono-absorbentes. Respecto de los primeros, todo pavimento es silencioso siempre y cuando no circulen vehículos; en relación a los segundos, se referirían a aquellos pavimentos que sean capaces de absorber parte del ruido que se genera, pudiendo estar incluidos en este grupo, quizás, las mezclas muy abiertas que tengan un alto porcentaje de huecos conectados. En todo caso, se considera preferible la denominación pavimentos sono-reductores o menos ruidosos (noise reducing), ya que el objetivo es reducir el ruido en comparación con otro tipo de pavimento.

Las recomendaciones para reducir el ruido de rodadura indican que lo más efectivo es, en primer lugar, actuar sobre la fuente. Las medidas más eficientes son las que se refieren a los neumáticos y al vehículo. A continuación, se recomienda actuar sobre el pavimento, que también es parte de la fuente. Otras medidas adecuadas, pero menos eficientes, serían la instalación de barreras acústicas y la insonorización de elementos sensibles al ruido.

En cuanto a los pavimentos sono-reductores, el CEDR en su informe de 2017 incluyó los siguientes: mezclas delgadas, SMA-LN (low noise), porosos, pavimentos de hormigón optimizados (con acabados superficiales enfocados a la reducción del ruido) y poroelásticos.

En relación a estos pavimentos, es necesario indicar que en España se tiene todavía relativamente poca

experiencia con respecto a varios de ellos (mezclas delgadas, SMA-LN y hormigones optimizados) o ninguna (poroelásticos). En el caso de los firmes porosos, el principal problema es la colmatación de los huecos, por lo que, entre otras cosas, han de ser construidos en zonas con un tráfico suficiente, con un riguroso control de accesos y con una pluviometría adecuada.

Se ha de tener en cuenta, así mismo, que la reducción más importante del ruido en todos estos pavimentos llamados sono-reductores se presenta en los primeros años, de manera que al cabo de unos pocos años es posible volver a encontrarse en la situación inicial. Por otro lado, son pavimentos que, si no se ejecutan bien, pueden presentar problemas de durabilidad; suele suceder que todos los pavimentos citados como sono-reductores, de manera general, presentan vidas útiles algo menores que las mezclas convencionales tipo AC (excepto los pavimentos de hormigón). En este sentido, el informe de CEDR (2017) concluye que sería conveniente seguir trabajando en mejorar la durabilidad de estas soluciones, de manera que se consigan resultados realmente eficientes.

7. Consideraciones acústicas en la gestión y planificación de firmes

Las consideraciones acústicas deberían ser integradas en la gestión y planificación de firmes, tanto en la fase de proyecto de nuevas carreteras, como en su mantenimiento y rehabilitación (Figura 7).

La inclusión de criterios ambientales en los pliegos de contratación (Compra Pública Ecológica, CPE) puede ser una oportunidad para que los temas relacionados con el



Figura 7. Inclusión de criterios acústicos en la gestión de carreteras

ruido adquieran una mayor importancia. De hecho, en el Plan de CPE de la Administración General del Estado, sus organismos autónomos y las entidades gestoras de la Seguridad Social (2018-2025) así consta, instando a que se apliquen criterios relacionados con la especificación de propuestas para reducir las emisiones de ruido durante las fases de construcción, uso y mantenimiento en las carreteras.

Para la toma en consideración del ruido en la gestión de las carreteras se pueden plantear diferentes enfoques, como por ejemplo: exigir un determinado tipo de pavimento, con o sin control por medio de medidas después de su aplicación; o no especificar ningún tipo de pavimento, pero sí exigir el cumplimiento de unos determinados valores acústicos una vez puesto en obra (añadiendo, incluso, comportamiento a lo largo del tiempo). Surge aquí la cuestión de las consecuencias que los incumplimientos podrían tener. Tal y como ya se ha comentado anteriormente, hace falta tener una metodología para llevar a cabo la evaluación del ruido una vez puesta en obra la mezcla, y su aplicación debería ser, en una primera fase, ex-

perimental, de manera que permita con su puesta en práctica concretar aquellos aspectos en los que aún concurre alguna indeterminación. En cuanto a la parte contractual, el cumplimiento de las prescripciones ofertadas podría, por ejemplo, permitir ganar puntos al contratista, o en su caso penalizaciones, para futuras licitaciones.

8. Conclusiones y recomendaciones

Los firmes de las carreteras no son un producto “listo para colocar”. Por ello, hay que ser muy cautos a la hora de asignar una “etiqueta acústica” o garantizar la consecución de unos niveles acústicos. Los ensayos hechos sobre los componentes no son de utilidad en relación con el nivel de ruido que se va a obtener una vez que la carretera sea construida.

El comportamiento acústico estará esencialmente determinado por las características superficiales resultantes, que a su vez dependerán en gran medida del tipo de mezcla y de las condiciones y circunstancias de su fabricación y, fundamentalmente, de su puesta en obra (EUROPEAN COMMISSION (2006)). Es decir, a diferencia de otros productos que llevan marcado CE, en el caso de los firmes de carretera, su caracterización en función del ruido no se puede hacer a partir de las características de los componentes (tipo de betún, tipo de árido, tipo de filler, etc.) sino que las propiedades acústicas de las carreteras se deben medir una vez que el firme se ha construido, ya que el proceso de “puesta en obra” tiene una gran influencia en los niveles de ruido de rodadura. Por ello, un sistema de caracterización debe medir el comportamiento acústico de la capa de rodadura ejecutada, y su evolución.

La caracterización del ruido de rodadura presenta ciertos problemas, destacando la variabilidad de los resultados al medir según distintos métodos e incluso con distintos equipos siguiendo una misma sistemática.

Sin embargo, y a pesar de las dificultades reseñadas, es clara la necesidad de avanzar en la inclusión de las consideraciones acústicas en relación a las capas de rodadura de las carreteras, con el objetivo claro de reducir el ruido ambiental y contribuir a la sostenibilidad de la infraestructura. En este sentido, son muchas las ventajas del empleo de pavimentos “sono-reductores” que, correctamente ejecutados y mantenidos, podrían ser un elemento más a considerar entre las medidas que habitualmente se adoptan para mitigar las molestias provocadas por el ruido del tráfico.

Una carretera con un buen comportamiento acústico es sinónimo de una carretera bien ejecutada, con un buen acabado superficial, que repercutirá en una conducción más cómoda para el conductor y un entorno más saludable.

Menos ruido, por favor.

9. Bibliografía

CEDR (2017). “Technical Report 2017-01. State of the art in managing road traffic noise: noise-reducing pavements”.

CEDR (2017). “2017-03 State of the art in managing road traffic noise: summary report”.

DESCORNET, G., GOUBERT, L. (2006). “Noise classification of road pavements”. Directorate General Environment. European Commission.

KRAGH, J. (2007). “Noise Classification - Asphalt pavement”. Danish Road Directorate, Danish Road Institute, Technical note 61, 2007 (<http://www.vd.dk>).

MUÑOZ, J. (2005). “Medición de la influencia de la superficie de las carreteras en el ruido de rodadura por el método de proximidad (CPX)”. Revista Ingeniería civil, ISSN 0213-8468, N° 138, 2005, págs. 7-14.

PARRA, L., YANGUAS, S. (2011). “Auscultación del ruido de rodadura”. Revista Carreteras, N° 180, Noviembre/Diciembre 2011, Págs 66-76.

PARRA, L., DEL CERRO, J., CASTILLO, E., CASAS, T., ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR, R. (2012). “CPX noise measurements in different road surfaces”. 7th Symposium on Pavement Surface Characteristics: SURF 2012. Virginia (EEUU).

PARRA, L., CASAS, T. (2012). “Informe final sobre factores explicativos de la variación del nivel sonoro de un mismo tipo de rodadura”. CEDEX. Madrid.

PARRA, L., CASAS, T. (2016). “Informe sobre propuesta de metodología para la medida del ruido de rodadura por medio del método CPX en la RCE”. CEDEX. Madrid.

PARRA, L., CASAS, T. (2018). “Informe sobre variables que pueden influir en la generación del ruido en el contacto neumático pavimento”. CEDEX. Madrid.

PARRA, L., CASAS, T. (2018). “Informe final: Actualización y conclusiones sobre la variación del nivel sonoro de un mismo tipo de rodadura”. CEDEX. Madrid.

Proyecto LIFE SOUNDLESS ([https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoinfraestructurasyordenaciondelterritorio/areas/infraestructuras-viarias/proyecto-](https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoinfraestructurasyordenaciondelterritorio/areas/infraestructuras-viarias/proyecto-life-soundless.html)

[life-soundless.html](https://www.juntadeandalucia.es/organismos/fomentoinfraestructurasyordenaciondelterritorio/areas/infraestructuras-viarias/proyecto-life-soundless.html)).

SILVIA PROJECT (2006). “Guidance Manual for the implementation of low-noise road surfaces”. www.fehrl.org.

YANGUAS, S., ESTEBAN, M. (2008). “Informe: Análisis de los niveles sonoros Lp obtenidos sobre diferentes tipos de pavimentos y su incidencia en el nivel de ruido de rodadura”. CEDEX. Madrid. ❖