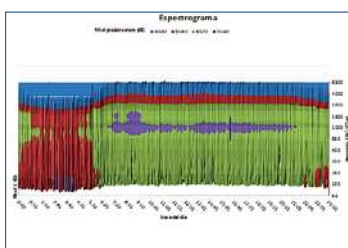


LIFE SOUNDLESS:

Mezclas sono-reductoras ecoeficientes y de gran durabilidad



LIFE SOUNDLESS:
Noise reducing and eco-friendly asphalt mixes with high durability

M^a Elena Hidalgo Pérez
Eiffage Infraestructuras
S.A. (Sevilla, España)

M^a del Carmen Pastrana Zambrana
Dirección General de Infraestructuras,
Junta de Andalucía.

Miguel Angel Morcillo López
Fundación CIDAUT. Boecillo
(Valladolid, España)

Juana Torres Pérez
Eiffage Infraestructuras
S.A. (Sevilla, España)

Begoña Arroyo Martínez
Dirección General de Infraestructuras,
Junta de Andalucía.

David García Ruiz
Fundación CIDAUT. Boecillo
(Valladolid, España)

Resumen

Este artículo presenta los pasos seguidos en la solución de un problema de contaminación acústica en dos zonas urbanas de la provincia de Sevilla en el entorno de las carreteras A-376 y A-8058. Las acciones que se han llevado a cabo perseguían tanto la reducción del nivel de ruido como del número de personas afectadas. En la metodología seguida se comenzó con el estudio de los mapas estratégicos de ruido de las zonas afectadas, complementado con una diagnosis experimental in situ de las zonas, con el fin de confirmar si el tráfico rodado era una de las fuentes dominantes del ruido en las áreas de estudio.

Una vez verificado que el origen del problema era el tráfico rodado, se procedió al diseño de mezclas bitumi-

nas incorporando aditivos especiales de materiales reciclados (polvo de caucho y fibras de nylon de NFU, residuos plásticos), con el fin de incrementar la reducción del ruido a la vez que se buscaba una mayor durabilidad.

Una vez seleccionadas las mezclas bituminosas óptimas, se procedió a los trabajos de pavimentación de los tramos piloto y a la posterior evaluación acústica de los niveles de ruido de la zona y población afectada. La fase de monitorización del comportamiento acústico durará dos años. En este artículo se presentan los resultados obtenidos durante el primer año de vida de la solución diseñada.

Este trabajo se ha desarrollado dentro del Proyecto de Demostración LIFE SOUNDLESS, cofinanciado por la Unión Europea y cuyo principal objetivo es la mitigación de la contaminación acústica en aglomeraciones urbanas mediante el empleo de mezclas sono-reductoras que generen menos niveles de emisión sonora.

Abstract

This article aims to show the steps followed in the solution of a noise pollution problem in two urban areas in the province of Seville (Spain), around the roads A-376 and A-8058. The actions which have been carried out not only aim the reduction of the noise level but also reduce the number of people affected. The methodology followed starts with the initial study of the strategic noise maps of the affected area with the acoustic problem, complemented with an in situ experimental diagnosis of the area, to bear out if the road noise was one of the dominant sources in the studied area.

Once verified that the origin of the problem was the road noise, we proceeded to the design of the

bituminous mixtures incorporating special additives from recycled materials (rubber powder and nylon fibers from ELT, plastic wastes), to increase noise reduction while looking for greater durability of the asphalt mixes.

Once the optimal bituminous mixtures were selected, the pilot sections were paved, and the subsequent acoustic evaluation of the noise levels and population affected was carried out. The monitoring phase of acoustic behaviour will last two years. This article presents the results obtained during the first year of life of the designed solution.

This work has been developed within the LIFE SOUNDLESS demonstration Project, co-financed by the European Union and whose main objective is the mitigation of noise pollution in urban agglomerations using noise-reducing mixtures that generate less noise emission levels.

Presentación

La urbanización, el crecimiento económico y el transporte motorizado son algunas de las causas que determinan la continua exposición de la población urbana al ruido ambiental. La contaminación acústica es un problema ambiental especialmente en las áreas urbanas, donde es mayor el número de personas afectadas. Hoy en día nadie cuestiona la relación entre el ruido ambiental y sus efectos específicos en la salud como pueden ser los problemas cardiovasculares, trastornos en el sueño y deterioros cognitivos (1). Merece la pena resaltar los resultados publicados en el Proyecto EBoDE (2), que apunta al ruido del tráfico como el segundo factor causante del estrés ambiental, con el agravante de que la tendencia en Europa es que la exposición al ruido se ha incrementado en comparación con otros factores estresantes que están disminuyendo

(exposición al humo, dioxinas o benceno). Por su importancia, la Comisión Europea está desarrollando un plan de acción enfocado al control de este problema, en el marco de la Directiva de ruido ambiental. Con este fin, administraciones públicas, empresas de ingeniería y organismos de investigación están trabajando en el desarrollo de nuevas herramientas y soluciones para reducir los niveles de ruido, así como la población afectada por esos niveles, a la vez que se tienen en cuenta los principios de la economía circular.

Dentro de este área prioritaria se enmarca el proyecto financiado por la Unión Europea LIFE SOUNDLESS "New generation of eco-friendly asphalts with recycled materials and high durability and acoustic performance", coordinado por la Dirección General de Infraestructuras de la Junta de Andalucía y en el que participan como socios la Fundación Cidaut especialistas en acústica medioambiental y la

empresa constructora Eiffage Infraestructuras, especialista en diseño y puesta en obra de mezclas asfálticas.

LIFE SOUNDLESS persigue demostrar la efectividad y durabilidad de las mezclas sono-reductoras discontinuas tipo SMA (3) para mitigar la contaminación acústica en origen. Además, se centra en la efectividad de estas mezclas en climas mediterráneos (sur de Europa), en los que las condiciones climatológicas son muy diferentes de las que se dan en los países del norte, donde tienen mayor experiencia en el empleo y prestaciones de mezclas porosas fonoabsorbentes. Este tipo de mezclas porosas en climas secos y cálidos no han dado el resultado esperado por colmatación de huecos o por problemas de desprendimientos de áridos en zonas de frenada y esfuerzos tangenciales severos. Para acentuar el carácter medioambiental de las mezclas LIFE SOUNDLESS, se ha propuesto la incorporación en su composición de



Figura 1. Pasos seguidos en el diseño y ejecución de la solución LIFE SOUNDLESS

residuos de otras industrias cuyo efecto en la reducción de ruido se ha pretendido estudiar. Por último, con este proyecto se pretende animar a los Organismos Públicos a integrar aspectos medioambientales relacionados con la contaminación acústica y la reutilización de residuos en sus licitaciones de pavimentos.

Para garantizar el éxito de los planes de acción contra el ruido debido al tráfico rodado, es importante establecer un sistema de operaciones con escalones bien diferenciados que permitan encontrar la mejor solución para cada caso concreto (Figura 1).

2. Análisis inicial del área de estudio

Como primera actividad del Proyecto se planteó un estudio previo de los tramos donde se tenía previsto construir los demostrativos con las mezclas LIFE SOUNDLESS. La finalidad de esta tarea era en primer lugar, justificar la bondad del tramo para poder evaluar la solución propuesta y en segundo lugar, llevar a cabo una valoración actual de las soluciones existentes con el ánimo de poder ser comparadas posteriormente.

Los tramos seleccionados para actuar han sido:

- Escenario 1: A-8058 (Sevilla-Coria). 600 m. 50 km/h. IMD 30.000
- Escenario 2: A-376 (Sevilla-Utrera). 800 m. 80 km/h. IMD 80.000

La caracterización acústica se realizó a tres niveles diferentes:

Nivel 1: Revisión de los mapas estratégicos de ruido realizados en 2015 por la administración titular de las infraestructuras (Dirección Gene-

ral de Infraestructuras de la Junta de Andalucía). Esta herramienta, usada de manera común en toda la Unión Europea, permite obtener una foto de los niveles de ruido promedio a lo largo del año para los principales focos de ruido (carreteras, vías de tren, aeropuertos o ciudades), así como la población afectada. Hay que señalar que los mapas estratégicos de ruido están contruidos en base a un modelo universal comúnmente adoptado dentro de la Unión Europea que, si bien permite una correcta armonización entre los diferentes países, se queda un poco corto a la hora de poder explicar en detalle una determinada situación como pueden ser los dos tramos pilotos considerados en este estudio. Como se deduce de este análisis preliminar de los mapas de ruido (Figuras 2 y 3), hay

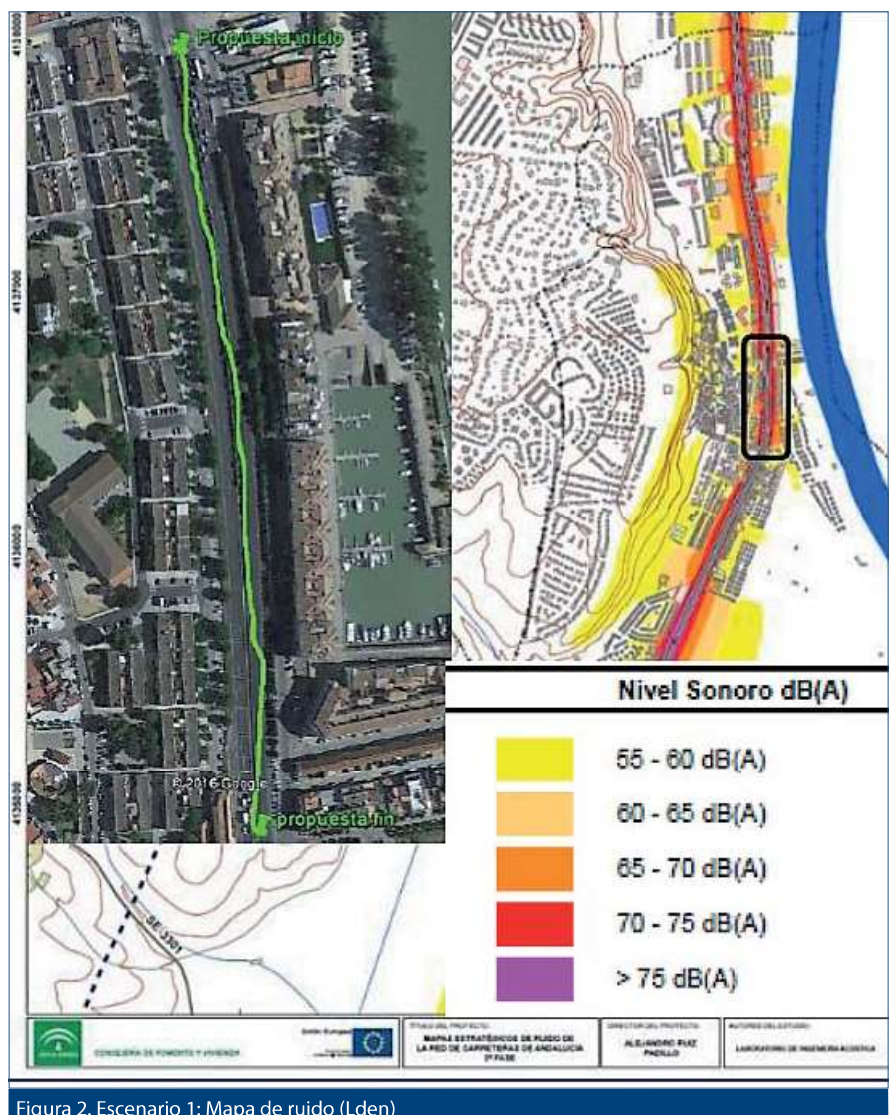


Figura 2. Escenario 1: Mapa de ruido (Lden)

Tabla 1. Población Afectada por el Ruido

dBA	Escenario 1				Escenario 2			
	LDía	LTarde	LNoche	LDen	LDía	LTarde	LNoche	LDen
50-55	534	562	233	401	4323	4315	1562	4372
55-60	349	309	322	500	1969	2207	1227	3311
60-65	164	168	47	196	1079	1063	344	1381
65-70	331	291	0	232	980	988	0	1154
70-75	10	8	0	151	174	25	0	354
>75	0	0	0	0	0	0	0	0

edificios en ambos tramos en los que se excede el máximo nivel permitido por la legislación europea: 65 dBA para los valores de Ld (mañana) y Le (tarde) y 55 dBA para Ln (noche). La población afectada en ambos escenarios se presenta en la Tabla 1.

Nivel 2: Una vez concluido este primer análisis en el que se confirmó la importancia de la contaminación acústica, sobre todo en el segundo escenario, en el que más de 1500 personas están afectadas por valores superiores a los permitidos por la legislación (tanto en el valor global como en el nocturno), se realizó un estudio experimental para confirmar que la fuente predominante de ruido era debida al tráfico rodado. Para ello, se colocaron unas estaciones de muestreo locales que llevaron a cabo un análisis detallado durante 24 horas con un intervalo de muestreo de 5 minutos. Además de registrar el nivel de ruido equivalente, en cada punto se realizó un análisis en frecuencias que ha permitido evaluar si el ruido de rodadura es predominante en los sitios elegidos o por el contrario existen otros focos predominantes que pudieran hacer que las soluciones consideradas en los tramos de estudio no supongan las reducciones de nivel esperadas en la zona. A modo de ejemplo, el análisis espectral para el Escenario 2 se presenta en la Figura 4 en un gráfico 3D, donde el eje X corresponde al tiempo, el eje Y es el eje de frecuencias y el nivel en dB corresponde con los colores. Se aprecia perfectamente que la banda de frecuencia de 1000Hz es la predominante para los niveles altos de ruido. Este fenómeno es típico en la identificación del ruido de rodadura y confirma que tiene sentido la sustitución del pavimento actual por uno sono-reductor como medida para la reducción del ruido ambiente.

Nivel 3: Por último, y con el objetivo de poder cuantificar la efectividad real de las soluciones propuestas, se llevó a cabo la primera de las monitorizaciones de los tramos antes de actuar sobre el pavimento. Esta moni-

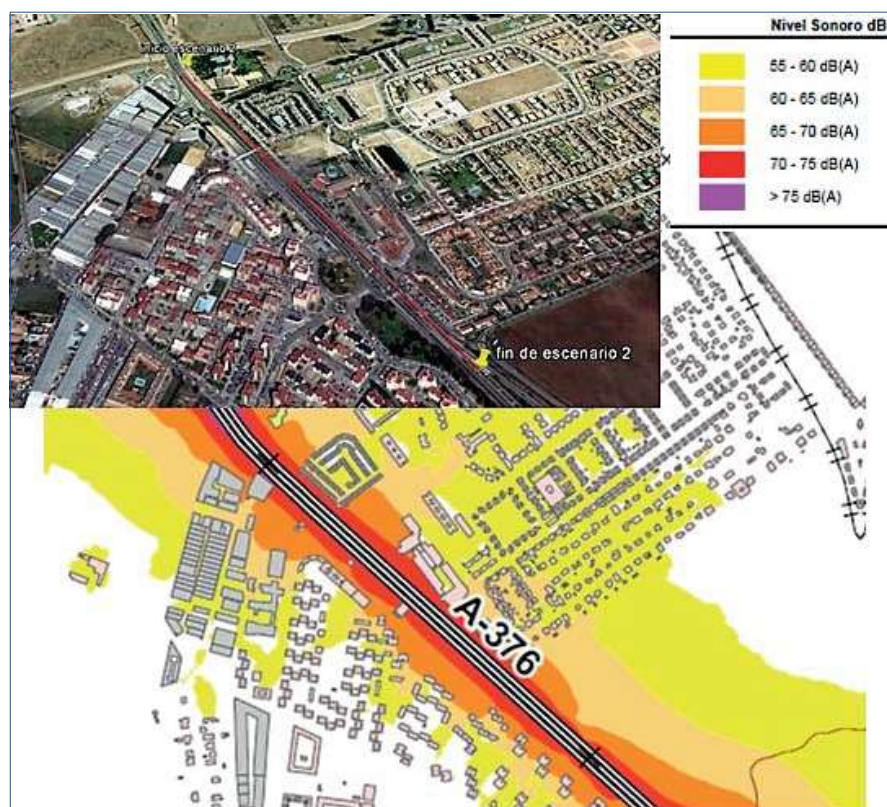


Figura 3. Escenario 2: Mapa de ruido (Lden) y población afectada

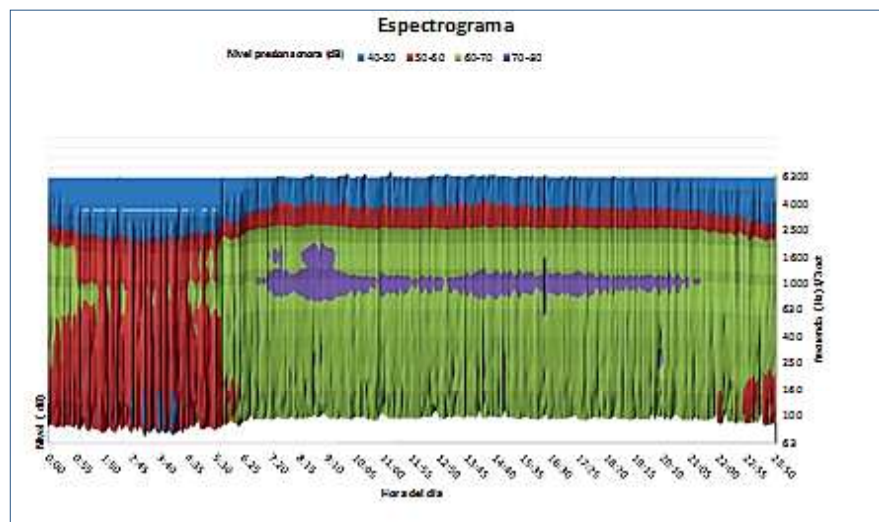


Figura 4. Espectro de presión sonora recogido por la estación fija del Escenario 2



Figura 5. Sistema de medida CPX utilizado por la Fundación CIDAUT

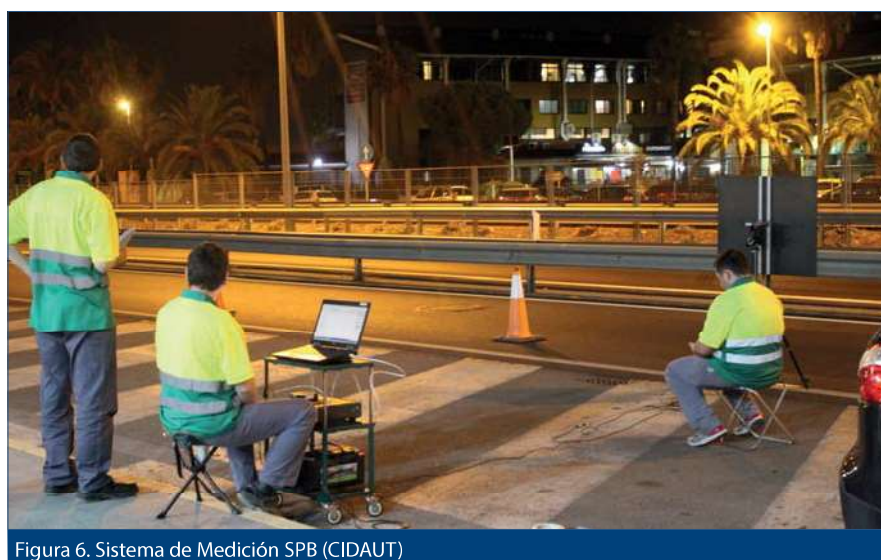


Figura 6. Sistema de Medición SPB (CIDAUT)

Tabla 2. Resultados de la Caracterización Acústica Inicial de los Tramos en Estudio

Escenario	Velocidad de ensayo	SPB (dBA)	CPX (dBA)
1. A-8058 C ¹	50 km/h	73,5	92,2
1. A-8058 S ²	50 km/h	-	93,3
2. A-376 U ³	50 km/h	-	96,1
2. A-376 S	50 km/h	77,2	94,6
2. A-376 U	80 km/h	-	104,2
2. A-376 S	80 km/h	82,9	104,1

¹ C: Sentido Coria; ² S: Sentido Sevilla; ³ U: Sentido Utrera; -: sin datos

torización se hizo mediante el método CPX (Close ProXimity method)(4) que permite conocer en detalle el nivel de ruido de rodadura generado por el pavimento. También se midió el nivel de ruido del tráfico según el método SPB (Statistical Pass By noise)(5), el cual res-

ponde de manera más fiel a los niveles de ruido real a los que están sometidos los ciudadanos por el tráfico.

El método CPX consiste en la medida del ruido exterior próximo a una rueda estandarizada según ISO 11819-2 (Figura 5). Los niveles de rui-

do se obtienen como media de tres pasadas de dos micrófonos (delantero y trasero) en dos rodadas (izquierda y derecha), e integrado su valor cada 20 metros de distancia recorrida a la velocidad consignada (en nuestro caso 50 y 80 km/h).

El método SPB (Figura 6) consiste en la medida de diferentes eventos sonoros relativos al paso aislado de vehículos que vienen caracterizados por un nivel de presión sonora y una velocidad de paso. El número de vehículos medidos debe ser suficiente (en torno a 100). Una vez registrados y después de un posterior análisis se llega a una curva de regresión donde se presentan los diferentes eventos registrados y que permite obtener como resultado del ensayo el nivel de presión sonora correspondiente a una velocidad determinada.

Ambos métodos son métodos normalizados y complementarios que permiten evaluar mejor el comportamiento de los pavimentos frente al ruido, bien fijándonos en la generación de ruido de rodadura del pavimento en sí (sin tener en cuenta otra contribución: método CPX), bien haciendo hincapié en la contribución del ruido del tráfico al nivel de ruido general que existe en un punto (método SPB). No obstante, conviene indicar que los resultados de estos ensayos no son directamente comparables entre sí ni con los valores de ruido estimados en los Mapas Estratégicos de Ruido (MER), ya que no están evaluados en los mismos puntos.

Los resultados obtenidos con el método SPB y CPX se resumen en la Tabla 2.

3. Diseño e implantación de la solución

En este apartado se resumen las tareas llevadas a cabo para el diseño y ejecución de los pavimentos sonorreductores LIFE SOUNDLESS.

Esta acción está centrada en el diseño de una mezcla tipo SMA de

a) Nylon de NFU



b) Polvo de caucho de NFU



c) Plástico de invernaderos



d) Plástico de cableado eléctrico



e) Plásticos de masterbatches



f) Plásticos de masterbatches



Figura 7. Residuos estudiados en la fase de diseño de las mezclas LIFE SOUNDLESS

alta durabilidad con el objetivo de alcanzar una reducción del ruido de rodadura en origen debido a la interacción entre neumático-pavimento. Además, la sostenibilidad ambiental es otro objetivo de este proyecto. Por ello, se han empleado materiales residuales como materia prima en el proceso. Concretamente, se han usado residuos plásticos, caucho y fibras de nylon provenientes de los neumáticos.

El optar por una estructura granular de mezcla tipo SMA en lugar de una mezcla porosa tipo PA, ha venido motivado por el interés de proponer un tipo de mezclas que no perdieran sus propiedades acústicas en climas mediterráneos de baja pluviometría. Es bien sabido que uno de los problemas de las mezclas porosas en este tipo de climas es la colmatación de los huecos con el polvo y suciedad del pavimento, lo que hace que pierdan sus características fonoabsorbentes en un tiempo relativamente corto. Además, también es común el fallo de

este tipo de mezclas en zonas urbanas sometidas a esfuerzos tangenciales (giros en gloriets, aceleraciones y frenadas en zonas de semáforos, etc.). Estos inconvenientes se han pretendido salvar con el diseño de unas mezclas tipo SMA, que si bien no obtienen en un primer momento la reducción de ruido que se consiguen con las mezclas porosas, sí se espera que el efecto sono-reductor se mantenga durante más tiempo, al tratarse de unas mezclas con una gran cohesión a la vez que dotadas de buenas características superficiales gracias a su macrotextura negativa.

Como punto de partida para la composición granulométrica de las mezclas SOUNDLESS se tomó referencia, el huso granulométrico de la Propuesta de Normativa de Pliego de Prescripciones Técnicas de las Mezclas Tipo SMA. Esta propuesta se redacta partiendo de las experiencias recogidas a lo largo del Proyecto SMA "Mezclas SMA sostenibles medioambientalmente amigables" financiado por el

Centro Tecnológico para el Desarrollo Industrial (CDTI) y liderado por Eiffage Infraestructuras(6).

Para el diseño de las mezclas SOUNDLESS, la composición granulométrica se modificó con respecto a la media del huso de referencia, buscando una curva granulométrica más abierta (mayor contenido de huecos) que favoreciera una mayor macrotextura y así disminuir el ruido de contacto del neumático con el pavimento. Se seleccionó como contenido de betún el 5,8% sobre mezcla.

En cuanto a los residuos estudiados, éstos se presentan en la Figura 7.

El resto de los componentes de las mezclas han sido:

- Árido grueso de naturaleza ofítica
- Árido fino de naturaleza caliza
- Filler: carbonato cálcico
- Betún: 50/70 (salvo para la mezcla convencional de referencia que se ha empleado betún 35/50)

Las variables en el diseño óptimo de las mezclas SOUNDLESS fueron el porcentaje de residuos empleados y

Tabla 3. Mezclas Estudiadas en el Proyecto LIFE SOUNDLESS

Mezclas estudiadas	Ensayos realizados
4 de referencia (1 AC16 y 3 SMA8) 2 con plástico de invernadero (0,5%-1%) 4 con plástico de cableado (0,5% -1%) 2 con plásticos de masterbatches (1%) 2 con nylon (0,2%-0,5%) 6 con NFU (0,5%-1%-1,5%-2%) variando contenido de betún 1 con NFU y plástico cables (0,5%+0,5%) 2 con NFU y plástico invernadero (0,5%+0,5% - 1%+0,5%) 2. A-376 S 2. A-376 S	Dmax, Dapa, %huecos Sensibilidad al agua Deformación permanente Pérdida de partículas Estabilidad Marshall Rigidez y fatiga

la curva granulométrica buscando huecos en mezcla en torno al 12%. Como consecuencia se estudiaron 22 composiciones de mezcla SMA (Tabla 3).

Como resumen de todo el trabajo de laboratorio, se indica que todas las mezclas estudiadas salvo las que incorporaban residuos plásticos de cables cumplían las especificaciones españolas para capa de rodadura tipo BBTM B, salvo en la especificación de huecos en mezcla, que no se alcanzó la especificación (>12%), quedando en torno al 10% (debido sobre todo al mayor porcentaje de mástico de las mezclas SMA diseñadas). Las mezclas con residuos de cables presentaban unas deformaciones plásticas por encima de lo permitido. El criterio definitivo para la selección de las mezclas sería el correspondiente al comportamiento

acústico, una vez asegurado su cumplimiento desde el punto de vista mecánico y estructural.

Para este tipo de mezclas, en las que los huecos en mezcla no están interconectados, el parámetro que mejor define su comportamiento acústico futuro es la impedancia mecánica (7), en cuanto que, en cierto modo, indica la excitación producida por la radiación del neumático al golpear el pavimento durante la rodadura. Dos parámetros se extraen del test de impedancia mecánica. Por un lado, la rigidez dinámica (módulo de Young equivalente): cuanto más bajo es este valor, menor es la excitación de la rueda y por tanto menos propensión a la generación de ruido. El otro parámetro es el factor de amortiguamiento, es decir el desfase entre la respuesta del neumático y la fuerza que lo excita: cuanto mayor sea

este amortiguamiento el retraso será mayor, generando un nivel más bajo de ruido.

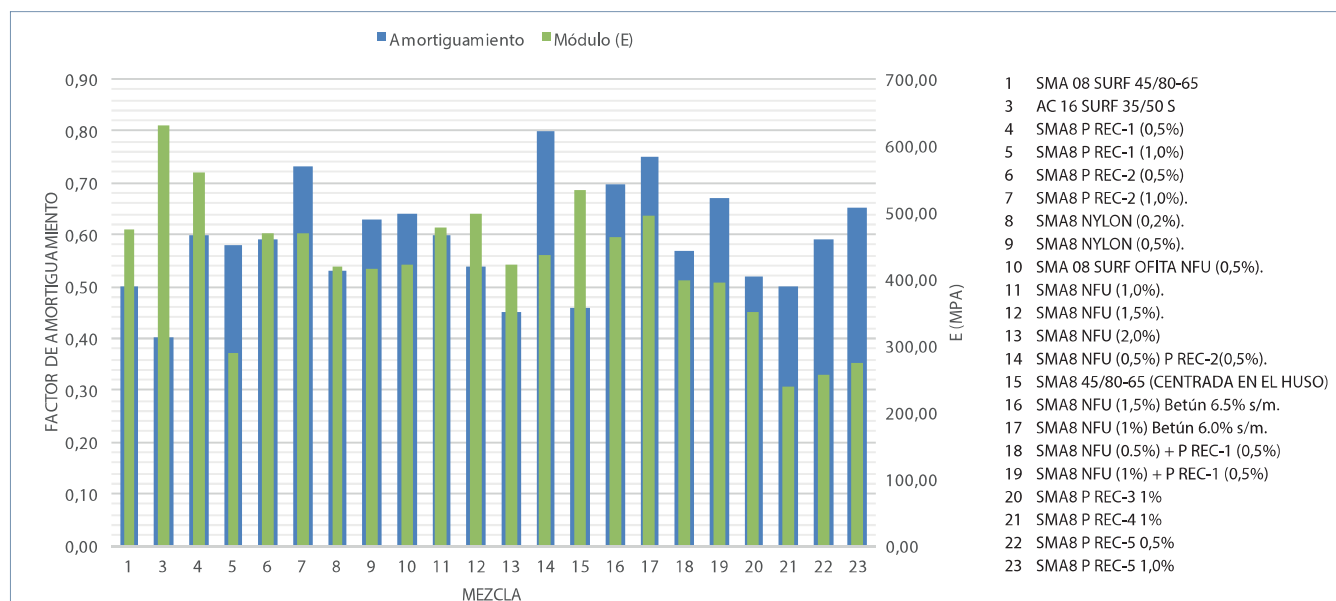
A raíz de los resultados del ensayo de impedancia mecánica recogidos en la Figura 8, se seleccionaron las siguientes mezclas para los demostrativos a escala real que fueron ejecutados en abril de 2017 (Figura 9):

Escenario 1: A-8058

- Mezcla SMA8 sono-reductora: 1% de caucho sobre mezcla (betún 6%)
- Mezcla SMA8 sono-reductora: 1,5% de caucho sobre mezcla (betún 6,5%)

Escenario 2: A-376

- Mezcla SMA8 sono-reductora: 0,5% nylon
- Mezcla SMA8 sono-reductora: 1% plástico reciclado
- Mezcla SMA8 sono-reductora: 0,5% de caucho + 0,5 % plástico reciclado
- Mezcla de referencia: AC16 SURF S


Figura 8. Resultados del ensayo de impedancia mecánica

a) Carretera A-8058

b) Carretera A-376



Figura 9. Pavimentos sono-reductores ejecutados

Tabla 4. Resultados Auscultación CPX

Vía	Mezcla	Pavimento existente		Pavimento LIFE SOUNDLESS					
		Feb-16		May-17		Oct-17		May-18	
		CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)	CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)	CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)	CPXI50 (dBA)	CPXI80 (dBA)
A-8058 C	1% NFU	92,2	-	89,8	-	90,1	-	89,7	-
A-8058 S	1,5% NFU	93,3	-	88,7	-	89,6	-	89,3	-
A-376 U ¹	0,5% Nylon	94,6	-	90,7	-	90,6	-	90,9	-
A-376 U	1% P	96,1	104,2	91,4	96,9	90,7	96,4	91,3	97,3
A-376 S	0,5% NFU + 0,5% P	94,6	104,1	90,8	96,9	90,3	96,3	91,1	97,3
A-376 S	AC16	94,6	104,1	92,9	101,4	93,4	100,8	94,5	101,8

¹ Vía de servicio, -: no medido

4. Evaluación del comportamiento acústico del pavimento life soundless

Se presenta a continuación los resultados obtenidos relacionados con el ruido en el proyecto. En un primer lugar se presentan las reducciones reales del nivel de ruido obtenidas durante diferentes campañas de mediciones realizadas una vez finalizada la obra. Posteriormente se presenta un cálculo estimativo de la reducción de población afectada tomando como base los mapas estratégicos de ruido realizados para ambas zonas.

4.1 Reducción del nivel de ruido

Con el fin de evaluar la durabilidad de este tipo de pavimentos, dentro del Proyecto LIFE SOUNDLESS está previsto realizar 5 campañas de auscultación acústica y superficial cada 6 meses. En este artículo se presentan los re-

sultados obtenidos en las campañas de auscultación del primer año tras la ejecución de los tramos piloto. La tabla 4 recoge los datos globales del ensayo CPX y en las Figuras 10 y 11 se muestra gráficamente la evolución de ese parámetro a las dos velocidades de estudio.

Los resultados ponen de manifiesto el buen comportamiento en cuanto a reducción del ruido de las mezclas LIFE SOUNDLESS, tanto en comparación con el pavimento antiguo existente como respecto a un pavimento convencional tipo AC16 nuevo tomado como referencia. El

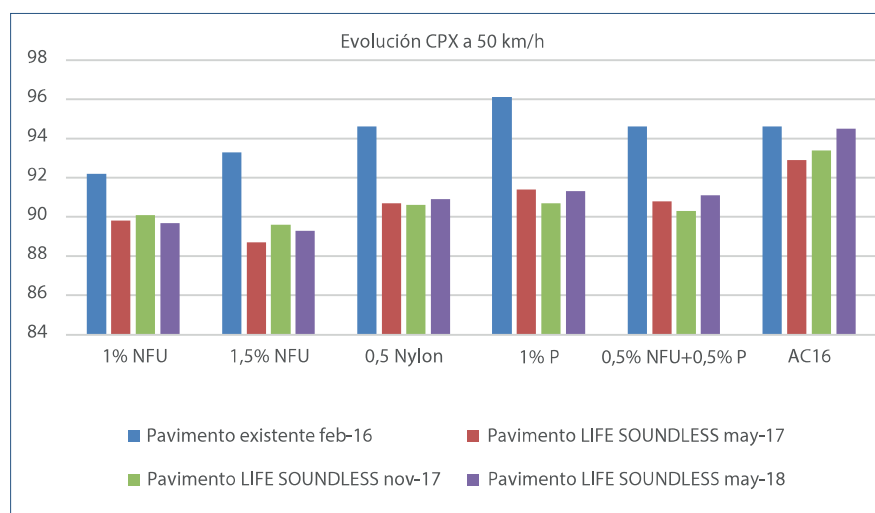


Figura 10. Resultados del ensayo de impedancia mecánica

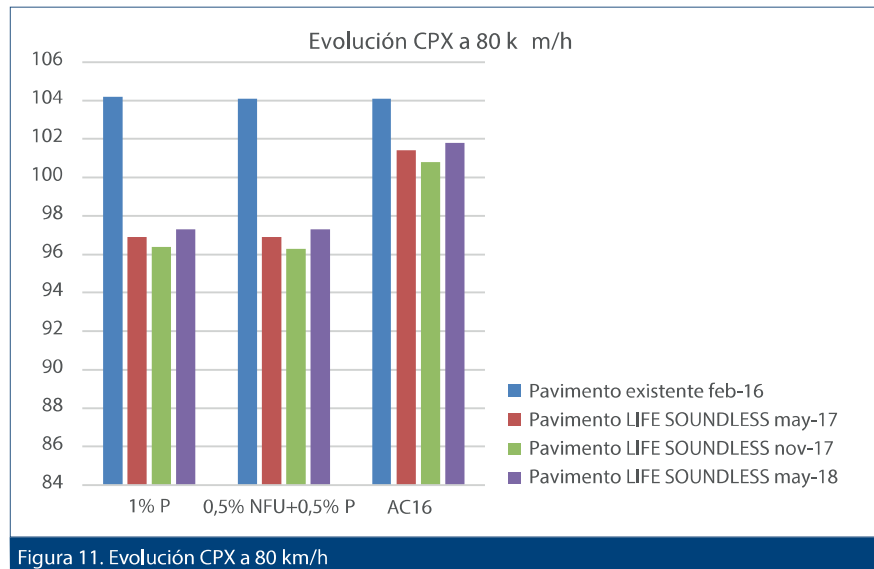


Figura 11. Evolución CPX a 80 km/h

objetivo que se tenía al inicio del Proyecto de reducir al menos en 3dB la generación de ruido con respecto al pavimento existente se ha alcanzado y en algunos casos, mejorado. Además, esta reducción es todavía más importante a la velocidad de 80 km/h, obteniéndose una ganancia en torno a 7dB con los nuevos pavimentos SOUNDLESS. Y lo más importante: al año de la puesta en obra las prestaciones acústicas se mantienen.

Los resultados de las mediciones con el método SPB correspondientes a 50 km/h se presentan en la Tabla 5. Se ha escogido la velocidad de 50 km/h para presentar los resultados para poder comparar los niveles sonoros en ambos escenarios. Como puede verse en esta tabla, se ha conseguido una reducción significativa en el nivel de ruido en torno a 9dB en la carretera A-376 y en torno a 5dB en la A-8058 para vehículos ligeros.

Puede llamar la atención que la reducción obtenida para ambos casos con el método SPB es superior a la obtenida en el ensayo de CPX. La explicación de estos resultados se fundamenta en que mientras que en la prueba del CPX al medir próximo al neumático, la contribución de otras fuentes (ruido de fondo¹) es despreciable, en el ensayo SPB el ruido de fondo sí que le afecta de manera considerable.

Hay que reseñar que en la carretera A-376 (Figura 12) hay una rampa que proyecta el ruido de los vehículos que salen de la zona sentido Utrera sobre la rotonda (punto donde estaba ubicado el sistema de medida), de ahí que la reducción sea tan espectacular.

¹ Ruido de fondo: ruido de otras fuentes diferentes a la considerada. En el ensayo SPB la fuente considerada es la del vehículo que pasa delante del micrófono. El ruido de fondo sería el ruido que genera el resto de actividades en la zona (entre otras, el resto de los coches que pasan en ese instante por la carretera).

Vía	Mezcla	Tipo vehículo	Feb-16	May-17	Oct-17	May-18
			Lveh (dBA)	Lveh (dBA)	Lveh (dBA)	Lveh (dBA)
A-8058 C	1% NFU	Ligeros	73,5	68,2	67,8	68,0
		Pesados	78,0	76,2	78,1	77,6
A-376 S	0,5% NFU+0,5% P	Ligeros	77,2	68,3	68,2	68,4
		Pesados	80,7	72,5	74,8	78,0
A-376 U	1% Plástico	Ligeros	No medido	64,2	66,8	63,8
		Pesados	No medido	79,3	77,4	No medido

dBA	A-8058				A-376			
	Día	Tarde	Noche	Media (Lden)	Día	Tarde	Noche	Media (Lden)
50-55								
55-60			146				873	
60-65			45				229	
65-70	208	274	4	28	683	710	0	812
70-75	9	8	0	149	147	25	0	235
>75	0	0	0	0	0	0	0	0
Global	217	282	195	177	830	735	1102	1047



Figura 12. Perfil longitudinal del tramo piloto en la A-376 sentido Utrera

En las campañas de mayo-17 y mayo-18 se obtienen unos resultados sorprendentemente bajos en la A-376 sentido Utrera, debido a que por la alta densidad de tráfico hubo que hacer la medida de SPB por la noche cuando el ruido de fondo del área es menor, y por tanto también lo es el resultado obtenido. Por tanto, como no se ha medido en circunstancias equivalentes no se puede interpretar la reducción de 13 dB que se desprende de la tabla como real.

4.2 Reducción de la gente afectada

Así como los resultados anteriores se corresponden con mediciones reales realizadas en la zona, en este segundo apartado se pasa a explicar una estimación basada en modelos numéricos que permiten evaluar la población afectada según la directiva europea por la contaminación acústica. Como en toda estimación, se parte de una serie de hipótesis simplificadoras de la realidad que se enumeran a continuación:

- Los niveles de potencia acústica considerados en el recuento inicial de población afectada se consideran para una velocidad medida asignada a cada una de las carreteras que se ha podido comprobar in situ con mediciones reales. Para la A-8058 se considera una velocidad de 50 km/h y 70 km/h para la A-376. En base a los resultados medidos a partir del ensayo CPX respecto de

lo que podemos considerar una situación típica de partida, los autores de este estudio han asignado una reducción de la potencia sonora de 2dB para el caso de la A 8058² y 6 dB para el caso de la A-376

- Se considera una distribución uniforme de la gente sobre un plano situado a 4 m de altura.

Teniendo en cuenta estas hipótesis, se establece una reducción del número de personas en las áreas estudiadas en torno a la mitad.

5. Conclusiones

A raíz de los resultados obtenidos tras el primer año desde la puesta en obra de los pavimentos sono-reductores LIFE SOUNDLESS, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El plan de acción contra el ruido llevado a cabo en las áreas demostrativas, teniendo en cuenta las principales fuentes de ruido, **ha permitido reducir la población afectada en un 50%**.
- Con respecto a la situación inicial, **la generación del ruido de rodadura** debido a la utilización de estos nuevos pavimentos ha disminuido en 7dB en la A-376 (@80km/h) y en torno a 3dB en la A-8058 (@ 50km/h). Si se compara con respecto a un pavimento nuevo semidenso tipo AC, la reducción del ruido está en torno a 4dB a una velocidad de 80 km/h.
- Si se pone el énfasis en **la propagación del ruido** en puntos cercanos a la carretera y teniendo en cuenta la velocidad media de las vías, el nivel de ruido se ha reducido en torno a 9dB en la A-376 y 5dB en la A-8058.
- Para el diseño de las mezclas se ha considerado como parámetro de selección relevante la impedancia

² Hay que tener en cuenta que en la zona de la A8058 había anteriormente un pavimento fonoabsorbente.

mecánica de la mezcla: menor rigidez dinámica y mayor amortiguamiento mecánico

- Finalmente, aunque no ha sido demostrado todavía, tras el primer año de la puesta en servicio de estos pavimentos sono-reductores, se espera que los valores de reducción acústica se mantengan durante al menos los tres años de duración del proyecto.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer al Programa Europeo LIFE+ por la financiación otorgada al Proyecto LIFE14-ENV_ES_000708 que ha posibilitado el desarrollo de estos trabajos.

Referencias

- (1) Organización Mundial de la Salud y Comisión Europea. "Burden of disease from environmental noise". WHO Regional Office for Europe. http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/e94888/en/. 2011. Último acceso 11/05/2018
- (2) EBoDE Project. Environmental Burden of Disease- European countries. <http://en.opasnet.org/w/EBoDE>. Último acceso 11/05/2018.
- (3) Norma UNE-EN 13108-5. Mezclas bituminosas. Especificaciones de materiales. Parte 5: Mezclas bituminosas tipo SMA. 2007
- (4) Norma ISO/CD 11819-2 "Acoustics. Method for measuring the influence of road surfaces on traffic noise. Part 2: The close-proximity method". 2017
- (5) Norma ISO 11819-1. "Preview Acoustics. Measurement of the influence of road surfaces on traffic noise. Part 1: Statistical Pass-By method". 1997
- (6) Proyecto SMA. "Propuesta de Normativa SMA para España". <http://www.proyectosma.eu>. 2012. Último acceso 11/05/2018.
- (7) EU FP 5 Project SILVIA. "Guidance Manual for the Implementation of Low-Noise Road Surfaces". FEHRL Report, No. 2006/02. 2006. ❖