

EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LAS CARACTERÍSTICAS SONORAS DE LAS VÍAS URBANAS DE CIUDAD REAL

PACS 43.50.Lj

Terán Sierra, Fernando J.; Paz Núñez, Francisco; Fernández Vázquez, Victoriano; Huertas Gallardo, Pedro y Expósito Paje, Santiago.

Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil. Universidad de Castilla-La Mancha.

Avda. Camilo José Cela s/n 13071 Ciudad Real, España

Tel: 926 295300

E-mail: Fernando.Teran@uclm.es

ABSTRACT

This paper studies the acoustic situation of Ciudad Real, a medium size city in Castilla-La Mancha, Spain. The acoustic field characterization has been carried out by means of a nondestructive technique: the Close Proximity Method (CPX) developed and employed by the Laboratory of Acoustics Applied to Civil Engineering (UCLM). Geo-referenced tire/road noise levels are achieved through the CPX method. The main goal of this paper is to assess the urban noise pollution and its evolution between 2008 and 2015. The acoustic performance of several lanes of Ciudad Real, from rehabilitated road surfaces to old and deteriorated wearing courses, is finally presented in this work.

RESUMEN

En esta comunicación se exponen los resultados obtenidos, a través de técnicas no destructivas de geo-auscultación sonora, mediante el método CPX, utilizado y desarrollado por el Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil de la UCLM. En el proceso se cuantifica el ruido producido por la interacción neumático/pavimento de forma geo-referenciada. El objetivo es evaluar la contaminación acústica producida y su evolución en el tiempo, entre 2008 y 2015, de diversas vías urbanas de Ciudad Real, tanto en vías donde se ha procedido a su rehabilitación, como en aquellas que no se ha realizado ninguna actuación de mejora.

INTRODUCCION

En estos últimos años y debido a la crisis económica, la inversión de las administraciones en materia de conservación y mantenimiento de vías urbanas ha disminuido considerablemente y Ciudad Real es un ejemplo más. Esto ha propiciado el deterioro de los firmes y con ello el de sus características superficiales que influyen en el confort y la seguridad de todos los usuarios. En los firmes se pueden llevar a cabo actuaciones de mantenimiento que se desarrollan de forma ordinaria, es decir, con cierta periodicidad y en las que se integran las operaciones preventivas y curativas. Y otras actuaciones extraordinarias, donde se integran las rehabilitaciones estructurales, las reconstrucciones y los reciclados. Respecto a las estrategias de conservación existen dos ampliamente conocidas, las denominadas estrategias puntuales y

las estrategias continuas. Las primeras se basan en grandes actuaciones en momentos concretos y distanciados en el tiempo. Por otro lado, la estrategia continua se basa en actividades muy frecuentes, de modo que la pérdida de las características de la vía suceda de una forma gradual.

En el viario urbano, principal elemento de este trabajo, los objetivos de las actuaciones sobre el pavimento son las expuestas anteriormente. Por otro lado, se debe buscar que las características acústicas del pavimento sean adecuadas, de modo que no se superen los límites considerados como aceptables [1, 2, 3], especialmente en las inmediaciones de ciertos equipamientos urbanos como hospitales o colegios.

Teniendo en cuenta las características del tráfico en ciudad, es decir, predominancia de turismos y ausencia del tráfico de vehículos pesados, excepto en vías principales, se podría concluir que el deterioro de las superficies de rodadura en el interior de los núcleos urbanos es más lento que el de las vías interurbanas, sin embargo, existen otros factores, no relacionados únicamente con el tráfico, que pueden conllevar un deterioro acelerado del mismo. Como ejemplo, la realización de obras de canalización y otros, dan como resultado superficies de rodadura que se deterioran con relativa facilidad.

En Ciudad Real capital, las actividades de conservación que se realizaron durante los últimos años, se repartieron al cincuenta por ciento entre las actuaciones de rehabilitación del firme y las pequeñas actividades de reparación y puesta a punto como bacheos y pintado de marcas viales. Es por ello, que se hace necesario disponer de una herramienta que permita la auscultación de la superficie del pavimento de forma rápida y sencilla, de modo que se puedan establecer los tramos que precisan una rehabilitación y una vez realizada esta, ver su durabilidad o evolución en el tiempo.

La técnica utilizada ha sido desarrollada por el Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil (LA²IC) de la Universidad de Castilla-la Mancha (UCLM), y con ella se realiza el estudio de la evaluación del firme y el diagnóstico sobre su estado para un posterior análisis de las distintas opciones de rehabilitación. Esta técnica está basada, en una auscultación sincronizada, y sobre la misma trayectoria, del sonido generado por la interacción neumático/pavimento y del perfil longitudinal de la superficie del firme. En este proceso se cuantifica el ruido mediante el método CPX, ya utilizado en trabajos anteriores por este grupo de investigación [4,5], la textura superficial se obtiene del registro del perfil de la vía con un perfilómetro laser, que permite determinar la profundidad media del perfil y la regularidad superficial, aunque este trabajo se centrará en la cuantificación del ruido. Esta auscultación se realiza de forma geo-referenciada para posteriormente, mediante un adecuado tratamiento de datos, extraer conclusiones, realizándose con una mínima repercusión sobre el tráfico y la seguridad de la circulación vial.

La geo-auscultación se ha realizado en varias vías urbanas e interurbanas de Ciudad Real. Las primeras mediciones estudiadas se realizaron en diversas vías urbanas en el año 2008 que sirvieron para la elaboración del mapa de ruido de rodadura (50 km/h) urbano [6]. Las segundas mediciones se realizaron en el año 2013 y las últimas se han realizado en el año 2015.

TÉCNICAS EXPERIMENTALES

Para la auscultación de los viarios de Ciudad Real se ha contado con un equipo que permite la obtención de datos geo-referenciados, con las coordenadas GPS correspondientes, de los distintos tramos auscultados. La disposición del equipo y el método de trabajo permiten la realización de los ensayos gobernando el equipo desde un ordenador. El equipo es el denominado Tiresonic Mk4 LA²IC, el cual se encarga de registrar los niveles LCPtr generados por el contacto neumático pavimento. Este se ha colocado en un vehículo de ensayo, el cual circula a la velocidad deseada (Fig.1). Las características del equipo empleado en la geo-auscultación se muestran a continuación. [7]



Fig.1.- Equipo de trabajo con las dos técnicas de medida

Tiresonic Mk4 LA²IC

Consiste en una cámara semianecoica en cuyo interior se monta un neumático de referencia. En las cercanías del neumático se disponen dos micrófonos, a una distancia y ángulo determinados respecto del neumático y de la superficie del pavimento. Todos los posibles elementos reflectantes dentro de la cámara semianecoica van recubiertos con material aislante, de modo que se eviten reflexiones indeseadas. El equipo registra los niveles de presión sonora generados en la interacción neumático/pavimento cada 0,2 segundos, en bandas de tercio de octava con ponderación A y en el intervalo de frecuencias comprendido entre 200 Hz y 10 kHz. El equipo también registra la velocidad instantánea del vehículo de ensayo. El registro de la velocidad es necesario para poder comparar los resultados obtenidos para las distintas superficies a la misma velocidad. En la (Fig.2) se muestra el equipo Tiresonic Mk4-LA²IC.



Fig.2.- Equipo Tiresonic Mk4 LA²IC

Como se ha expresado en la Introducción, además del Tiresonic Mk4 – LA²IC el coche lleva acoplado el LaserDynamicPG –LA²IC realizándose la auscultación del ruido de rodadura y de la textura de forma simultánea, permitiendo asegurar que los datos obtenidos se corresponden con la misma trazada sobre la superficie de la vía. De este modo las irregularidades o singularidades de la superficie auscultada quedan reflejadas en los registros de ambos equipos.

El vehículo de ensayo queda definido por tanto por un texturómetro láser en la parte frontal del mismo, mientras que en la parte trasera se engancha el remolque encargado de la medición del ruido de rodadura. Ambos equipos están situados sobre el eje central del vehículo de ensayo. La configuración final del equipo Tiresonic & LaserDynamic en línea (Fig.3).



Fig.3.- Los dos equipos en línea

ZONA DE ESTUDIO

Se han estudiado algunas vías urbanas de Ciudad Real capital. Los tramos son la avenida de los Descubrimientos, en los alrededores del Campus Universitario, donde ya se tomaron datos en el 2008 y posteriormente se procedió, en 2012, a una reparación solo en el carril derecho de vehículos lentos, mediante un cajeo con restitución total del firme por deterioro del antiguo y falta de capacidad estructural, sustituyendo la capa de base de zahorra artificial y del pavimento con dos capas de mezcla bituminosa y capa de rodadura (Fig.4).



Fig.4.- Vista del tramo Avd. de los Descubrimientos II

El tramo urbano de la salida a la carretera de Porzuna donde se realizó en 2014 una reparación con fresado y refuerzo de dos capas Fig.5. La primera capa de 6 centímetros, consistente en una mezcla bituminosa y una segunda capa de rodadura. De este tramo se disponen de datos de años anteriores a la actuación.



Fig.5.- Vista del tramo salida a la carretera de Porzuna

Por último, varios tramos de las rondas de Ciudad Real, que siguen con el firme antiguo (no se han realizado actuaciones en los últimos años) compuesto por mezcla bituminosa convencional, y capa de rodadura de lechada bituminosa muy desgastada con menor macrotextura superficial.

Todos los tramos, donde se ha procedido a su estudio, se encuentran marcados en la (Fig.6), donde se muestran las coordenadas GPS de los tramos estudiados. En la parte derecha del gráfico se indica el número de cada ensayo realizado. Todas las mediciones se han realizado a una velocidad constante de 50 km/h.

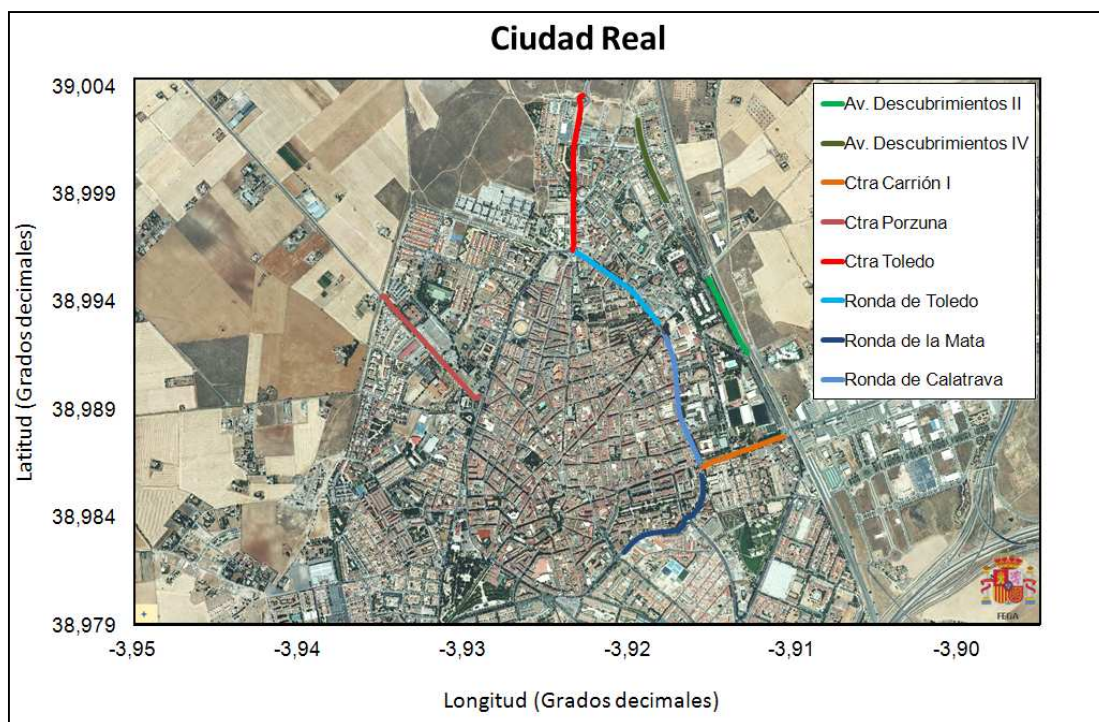


Fig.6.- Tramos urbanos estudiados en Ciudad Real con velocidad de referencia de 50 km/h

RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado se muestran los resultados en línea más destacados de los distintos tramos urbanos que se resumen en la tabla 1. Los equipos registran los niveles L_{CPT} de ruido de rodadura, obtenidos mediante el equipo Tiresonic Mk4 - LA²IC, con sus correspondientes coordenadas GPS.

| Tramo | Calle | Tipo Pavimento | Edad (años) | Niveles L_{CPT} | | |
|-------|---------------------------|----------------|-------------|-------------------|-------|-------|
| | | | | 2008 | 2013 | 2015 |
| 1 | Avda Descubrimientos II L | AC - D8 | >3 | 89,30 | 83,90 | 91,33 |
| 2 | Avda Descubrimientos II R | AC - S12 | >5 | 89,30 | 90,60 | 91,33 |
| 3 | Avda Descubrimientos IV | AC -D8 | >5 | 88,42 | 89,80 | 92,9 |
| 4 | Ctra Carrion I | AC - D20 | >5 | 91,20 | 93,30 | 94,3 |
| 5 | Ctra Porzuna | FRES+AC -S12 | <1 | 91,80 | | 87,08 |
| 6 | Ctra Toledo | AC -S12 | >3 | 91,24 | 88,40 | 92,4 |
| 7 | Ronda de Toledo | AC+LB | >5 | 88,40 | 89,30 | 90,73 |
| 8 | Ronda de la mata | AC+LB | >5 | 90,00 | | 91,12 |
| 9 | Ronda de Calatrava | AC+LB | >5 | 88,80 | | 90,82 |

Tabla 1. Tramos evaluados, L_{CPT} (50 km/h) en distintos años.

Se recuperaron los datos obtenidos en anteriores campañas de medición en concreto en los años 2008 y 2013, en donde en algunos tramos se había procedido a su restauración como se indicó en el apartado zona de estudio.

Las medidas realizadas sobre superficies de rodadura con edad inferior a dos años indican superficies poco ruidosas, cuyo resultado del índice L_{Cptr} es inferior al valor referencia de 90 dB (A) [8]. En los demás casos, como no se han desarrollado planes de actuación o si se han hecho han pasado más de 2 años, los niveles de ruido han subido significativamente, empeorando los que había en años anteriores. En algunos casos se han superado los que se registraron antes de las actuaciones reparadoras que se hicieron, como se puede apreciar en la (Fig.7).

Evolución Ruido Rodadura (50 km/h) Vías Urbanas Ciudad Real

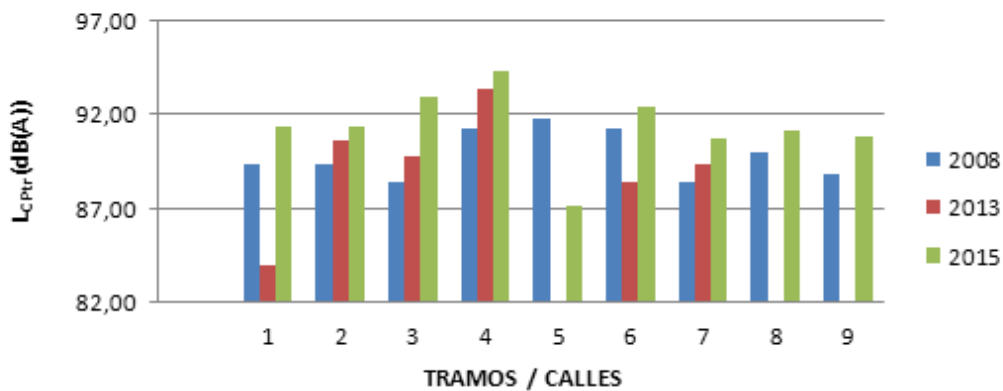


Fig.7. Evolución temporal del ruido de rodadura (50 km/h) en tramos de Ciudad Real.

Un ejemplo claro del deterioro sufrido a lo largo de los años se puede apreciar en la Ronda de Toledo, donde no se ha realizado ninguna actuación de mejora, en los espectros mostrados en la (Fig.8), durante los tres años donde se tienen mediciones se observa como aumenta los niveles de ruido especialmente en el 2015.

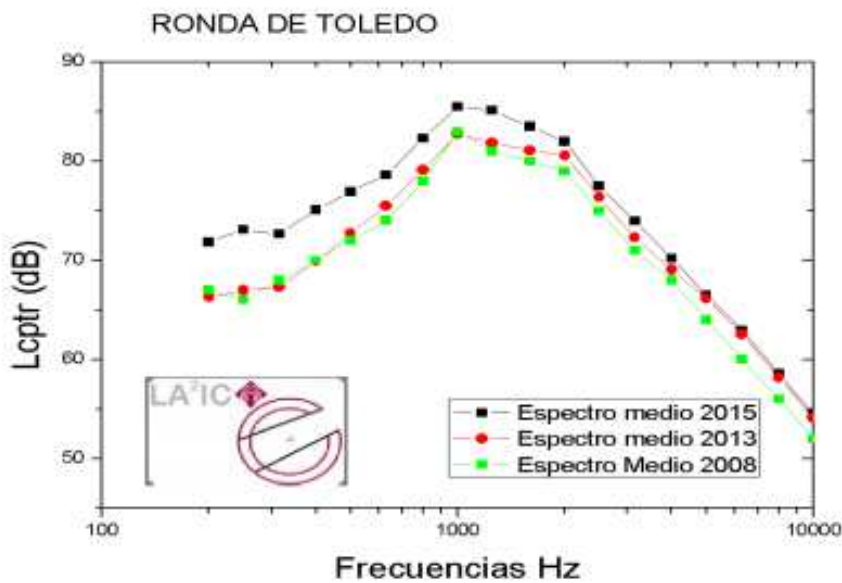


Fig.8. Evolución temporal 2008-2015, de espectro de rodadura en la Ronda de Toledo.

En 2012/13 el Ministerio de Fomento a través de la Dirección General de Carreteras hizo Mapas Estratégicos de Ruido (MER) de las Carreteras de la Red del Estado [9] donde se encontraba la N-401 a su paso por Ciudad Real, concretamente los tramos que denominados en la Tabla 1 carretera de Toledo y ronda de Toledo en donde se apreciaban alrededor de 70 dB de ruido ambiente y las mediciones efectuadas en este trabajo el ruido interacción neumático/pavimento ha aumentado alrededor de 4 dB, con lo cual cabe pensar que también se ha producido un aumento significativo del ruido ambiental. En el tramo de la carretera de Carrión se observa un deterioro muy importante. Esta zona lleva más de diez años sin que se proceda a su recuperación y los niveles de ruido alcanzan valores inadmisibles (Fig.9)

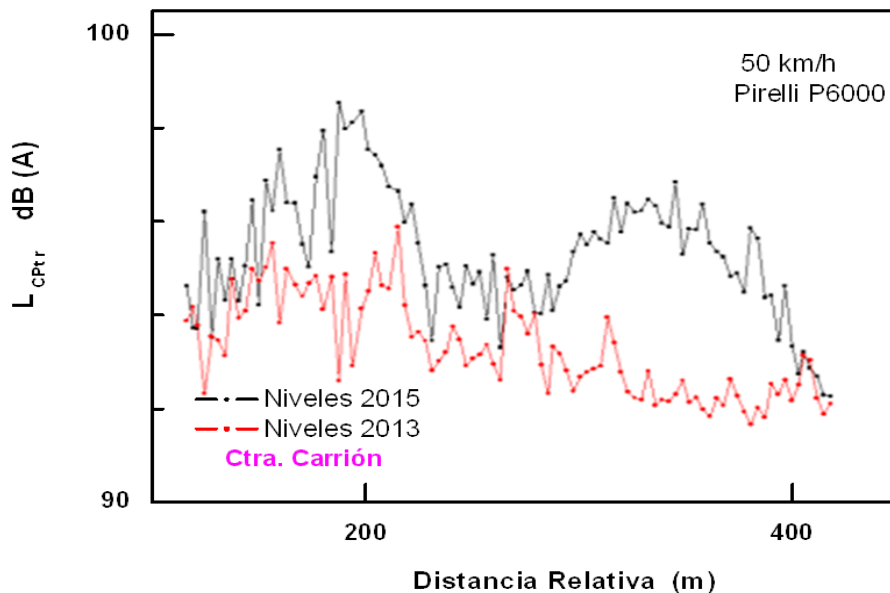


Fig.9. Niveles sonoros en el tramo urbano de la Carretera de Carrión.

CONCLUSIONES

En este trabajo la medición del ruido de rodadura tiene como objetivo principal la geo-auscultación acústica de pavimentos, aunque también puede ser empleada para la evaluación de la calidad de las superficies de rodadura ya existentes, así como para la determinación de las necesidades de rehabilitación de los pavimentos.

Esta capacidad está determinada por la relación existente entre el deterioro del firme y el aumento del ruido de rodadura emitido. Por otro lado se puede estudiar la evolución temporal de la textura de los pavimentos deseados y determinar cuándo es el momento indicado para realizar intervenciones de conservación o rehabilitación, sobre todo de gran relevancia en el caso de vías urbanas, donde el deterioro del firme tiene gran repercusión negativa en la población afectada.

Además de los MER se podría incluir los estudios de ruido de la interacción neumático/pavimento para categorizar los puntos de conflicto, ampliando elementos como expusieron Serrano et al. [10].

Deberían hacerse nuevos Mapas Estratégicos de Ruido, pues las condiciones de las vías han cambiado significativamente, evolucionando a peor, al menos en las referentes a Ciudad Real y por tanto, el ruido ambiental ha empeorado.

En el estudio acústico de diferentes tramos de Ciudad Real, con características de composición y tiempo de servicio distintos, con los resultados obtenidos, y comparando los tramos de acuerdo al tipo de capa de rodadura, se puede concluir que:

- Todos los tramos han sufrido un aumento de su nivel sonoro con el paso del tiempo, salvo aquellos en los que se ha realizado algún tipo de intervención para su reparación o mantenimiento. En los casos que se realizó algún tipo de intervención, pasados tres años, desde que se produjo la intervención han vuelto a alcanzar los niveles sonoros anteriores, y en algunos casos incluso superiores. En general, se observa que existe una relación entre la edad de la capa de rodadura y ruido de rodadura, aumentando el nivel de ruido con el tiempo y desgaste de las superficies.
- Los tramos contruidos con hormigón bituminoso, o mezclas bituminosas convencionales, son más ruidosos que los tramos en los que existe una rodadura de tipo de lechada bituminosa, en este caso, la menor macrotextura, les lleva a mejorar su nivel de emisión de ruido.
- Todos los pavimentos con más de cinco años de antigüedad pasan el nivel sonoro de los 90 dB (A), registrados a 50 km/h como velocidad de referencia. Este podría ser un índice que indicara la necesidad de una intervención sobre esos firmes.

AGRADECIMIENTOS

Para el desarrollo de este trabajo se ha contado con la financiación de la Consejería de Ciencia y Tecnología de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha a través del proyecto PPII-2014-012-A y del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) y FEDER, dentro del marco del proyecto BIA 2012-32177.

REFERENCIAS

- [1] World Health Organization. Guidelines for community noise. 1999
- [2] Santiago Espósito Paje. Innovación para el Control de Ruido Ambiental 2013. Colección Ciencia y Técnica 61. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
- [3] Ley 37/2003 de 17 de noviembre, de Ruido.
- [4] S.E. Paje, M.Bueno, F. Terán, R. Miró, F. Pérez-Jiménez, A. H. Martínez, "Acoustic field evaluation of asphalt mixtures with crumb rubber" Applied Acoustics. 71, 2010
- [5] M. Bueno, J. Luong, U. Viñuela, F.Terán, S.E. Paje, "Pavement temperature influence on close proximity tire/road noise" Applied Acoustics. 72, 2011
- [6] M. Bueno, Caracterización Acústica de Mezclas Asfálticas para Atenuar la Contaminación Sonora, PhD thesis ETSI de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real – Universidad de Castilla-La Mancha (spain), 2010
- [7] J. Luong, Evaluación de la Superficie de Mezclas Asfálticas: textura y Absorción Acústica relacionadas con el Ruido de Rodadura, PhD thesis, ETSI de Caminos, Canales y Puertos de Ciudad Real - Universidad de Castilla-La Mancha (Spain), 2012
- [8] S.E.Paje. Revista Carreteras, número extraordinario CILA Noviembre 2013. Título. Mezclas asfálticas con polvo de caucho NFU: Evaluación acústica de servicio.
- [9] Mapas Estratégicos de Ruido de las Carreteras de la Red del Estado Segunda Fase. Dirección General de Carreteras. N-401.
- [10] José M^a Serrano Fernández; Ricardo Hernández Molina, José Luis Cueto Ancela, Fernando López Santos, "Comparativa de métodos para la localización de puntos de conflicto. (Hot Spots). Caso de estudio: A-376 Sevilla-Utrera. Comunicación TECNOACUSTICA 2014.