

## **SOFTWARE PARA LA REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE CAPAS DE RODADURA**

PACS: 43.50.Lj

Terán Sierra, Fernando J.; 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**

The Laboratory of Acoustics Applied to Civil Engineering is qualified to carry out the assessment of some of the superficial characteristics of pavements. With this aim, the equipment records the sound generated by the tire/pavement interaction, as well as the surface profile (texture and roughness). Geo-referenced measurements of noise levels and surface profile are made on the same path, so they may be displayed together on graphics and maps. In this work we present a specialized software that allows us the visualization of the data of the different parameters on digital cartography (GPS coordinates) in order to simplify their analysis.

### **RESUMEN**

El Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil está capacitado para la realización de estudios de evaluación del firme. Para ello, registra el sonido generado por la interacción neumático-pavimento, así como, el perfil de la superficie (textura y regularidad superficial). Estas mediciones se hacen sobre la misma trayectoria de forma geo-referenciada, los datos obtenidos se pueden mostrar sobre gráficos y mapas. En este trabajo se presenta un software especializado que permite visualizar los datos de los distintos parámetros sobre cartografía digital (coordenadas GPS), para facilitar su análisis.

### **INTRODUCCION**

La técnica de medición utilizada ha sido desarrollada por el Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil (LA<sup>2</sup>IC) 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 nivel de intensidad sonora mediante el método CPX, ya utilizado en trabajos

anteriores por este grupo de investigación [1,2]. 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. 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.

### **TÉCNICAS EXPERIMENTALES**

Para la auscultación de las carreteras y vías urbanas se cuenta 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 LA<sup>2</sup>IC, el cual se encarga de registrar los niveles L<sub>CPr</sub> (intensidad sonora) generados por el contacto neumático/pavimento. Este se ha colocado en un vehículo motriz, el cual circula a la velocidad deseada (Fig.1). Las características del equipo empleado en la geo-auscultación se muestran a continuación. [3]



Fig.1.- Equipos empleados en la auscultación acústica

### **Tiresonic Mk4 LA<sup>2</sup>IC**

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 intensidad 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 motriz. En la Fig.2 se puede apreciar la disposición de los micrófonos en el equipo Tiresonic Mk4–LA<sup>2</sup>IC.



Fig.2.- Equipo Tiresonic Mk4-LA<sup>2</sup>IC. Disposición de micrófonos.

Como se ha expresado en la Introducción, además del Tiresonic Mk4-LA<sup>2</sup>IC el coche lleva acoplado el LaserDynamicPG-LA<sup>2</sup>IC realizándose la auscultación del ruido de rodadura y de la textura de forma simultánea. De este modo las irregularidades o singularidades de la superficie auscultada quedan reflejadas en los registros de ambos equipos.

### LaserDynamicPG-LA<sup>2</sup>IC

Este equipo está compuesto por un perfilómetro láser que permite el cálculo del perfil de textura de una superficie de manera dinámica y la obtención de parámetros de la carretera como la MPD (Profundidad Media del Perfil) de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 13473-1 [4] o el IRI (Índice de Regularidad Internacional). El equipo tiene unas dimensiones reducidas, lo que facilita su instalación. Está diseñado para colocarse en el exterior del vehículo, orientado hacia la superficie que se desea estudiar. También permite la obtención de datos geo-referenciados, ya que registra las coordenadas GPS de forma continua durante la medición. La disposición del perfilómetro láser se realiza en la parte delantera del vehículo (Fig.3). El ordenador desde el que se gobierna el equipo se sitúan en el interior del vehículo.



Figura 3.- Detalle del perfilómetro Laser del equipo LaserDynamicPG-LA<sup>2</sup>IC.

Así al vehículo motriz se le acoplan, 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 motriz. La configuración final del equipo Tiresonic & LaserDynamic en línea (Fig.1).

## PROGRAMA LA<sup>2</sup>IC: DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DE USUARIO

Con objeto de poder visualizar sobre mapas, los datos obtenidos en las distintas mediciones realizadas por el equipo del LA<sup>2</sup>IC y poder comparar distintas medidas de un modo sencillo, se ha confeccionado el Programa LA<sup>2</sup>IC del que se especificaran las principales características de su interfaz gráfica. Esta, consta de varias pestañas desde las que se realizan las funciones del programa. A continuación, se procede a la descripción de las pestañas.

### Pestaña GPS.

Inicialmente es necesario cargar los datos, una vez introducidos estos, se pueden apreciar en forma de tabla (parte izquierda de la pantalla) los datos de tiempo, situación, velocidad y distancia recorrida o en forma de gráfico (parte derecha de la pantalla) mediante sus coordenadas GPS en grados decimales (Fig.4)

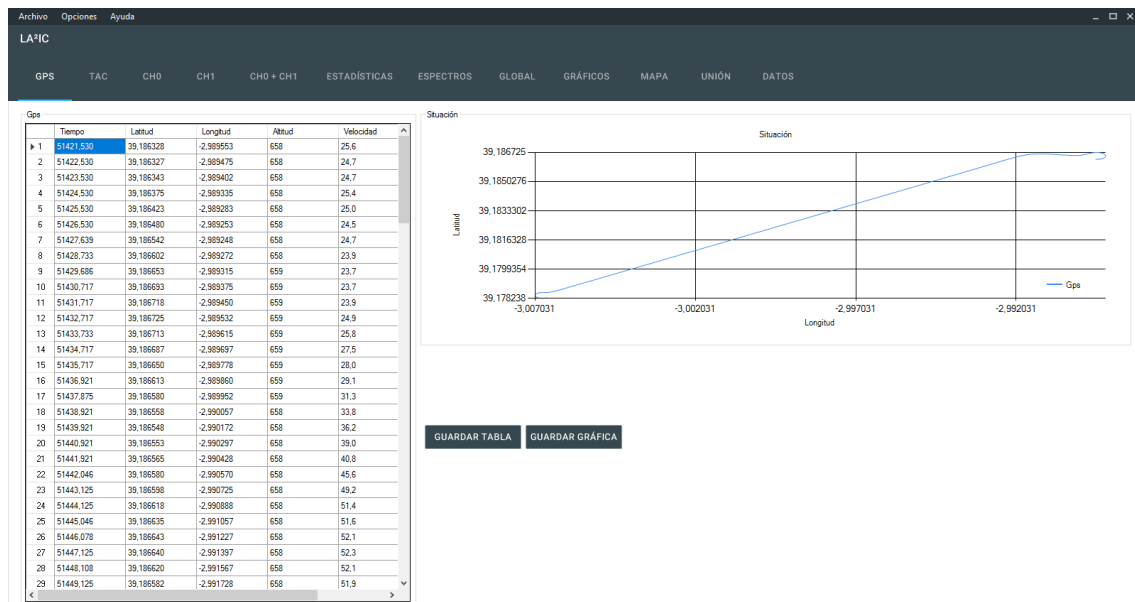


Fig. 4.- Pantalla con datos de situación espacial y velocidad. Gráfica de situación.

### Pestaña TAC.

En esta pantalla (Fig.5) se puede a la izquierda los datos del tiempo (s), espacio recorrido (m) y la velocidad (km/h) y en la parte derecha una gráfica de la velocidad mantenida en el espacio donde se realizó la toma de datos.

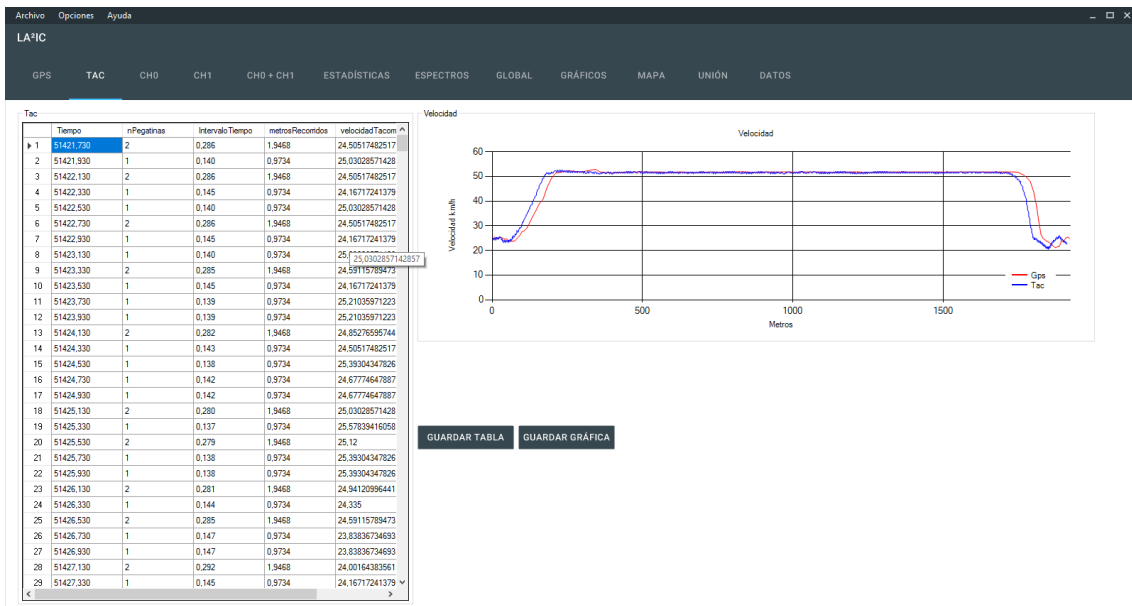


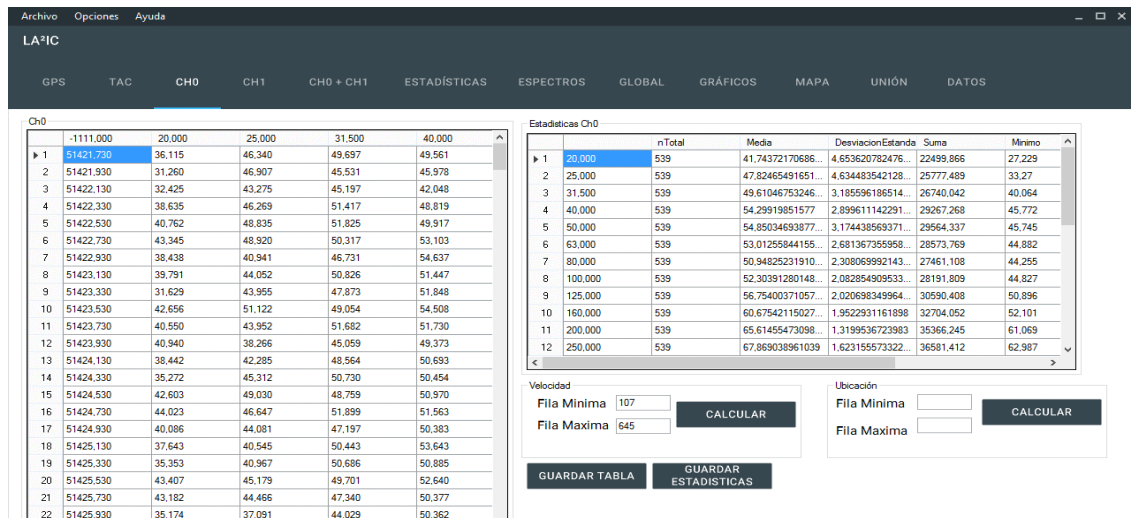
Fig. 5.- Datos de tiempo, espacio recorrido y velocidad

Las zonas correspondientes a aumentos o descensos de velocidad hasta o desde la velocidad de ensayo no se tienen en cuenta a la hora de elaborar el estudio acústico del tramo. Solo son importantes los puntos en que se ha mantenido más o menos estable la velocidad, en este caso alrededor de 50 km/h.

**Pestañas CH0, CH1, CH0+CH1.**

Se pueden delimitar los valores que son significativos para el estudio (Fig.6), a la izquierda la tabla muestra todos los valores, y a la derecha se muestra el espectro de emisión sonora correspondiente a los valores seleccionados. Los canales se corresponden con los dos micrófonos que lleva el Tiresonic Mk4-LA²IC. La selección de los valores se puede hacer mediante la velocidad o mediante la ubicación, marcando las filas inicial y final del tramo deseado.

Fig. 6.- Datos seleccionados del canal 0



El software permite guardar en Excel las tablas y las estadísticas de los valores que se seleccionen para su uso posterior. Esto se puede hacer para los datos de cada canal (micrófono) o para la media de ambos.

### Pestañas Estadísticas y Espectros.

El programa permite la representación de los valores medios del nivel de intensidad sonora de los canales y la velocidad para cada punto del tramo elegido para su estudio. Se pueden representar los espectros de emisión sonora (tercios de octava) en los tramos seleccionados para el estudio. Se muestra tanto el espectro medio de los dos canales como los correspondientes a cada uno de los mismos (Fig.7).

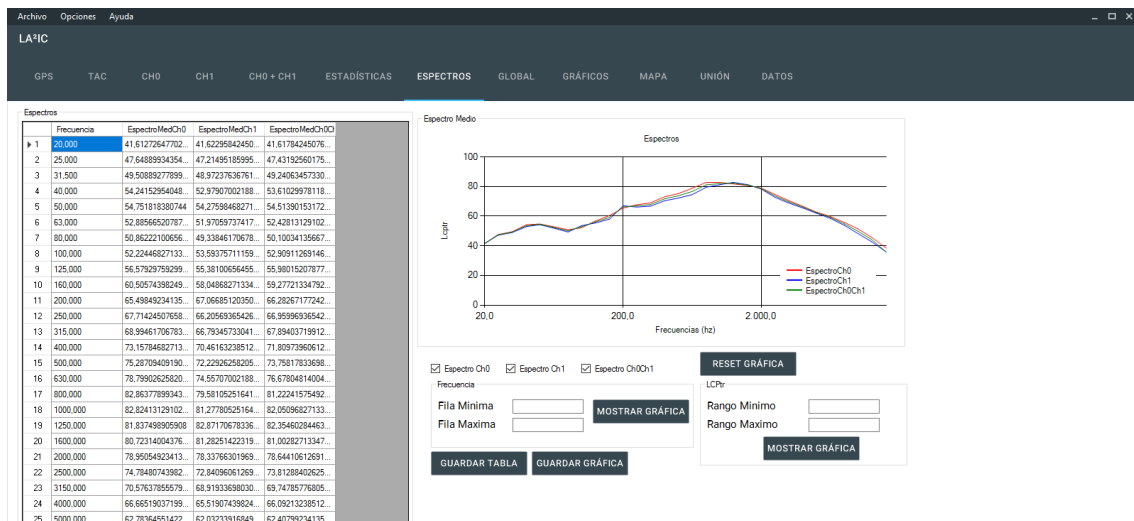


Fig. 7.- Espectro medio de cada canal y espectro medio del global.

### Pestañas Global y Gráficos.

El programa da los valores medios del nivel de intensidad sonora (decibelios A), para el tramo estudiado. También muestra los valores máximos y mínimos de cada uno de los canales por separado y de la media de los mismos. También permite la visualización de las gráficas de los valores, para el tramo escogido, de los niveles de intensidad sonora en función del tiempo y de la MPD e IRI en función de la distancia (Fig.8) y obteniéndose distintas gráficas en función de rangos diferentes.



Fig. 8.- Gráficas de los valores de nivel sonoro LCPtr, MPD e IRI

**Pestaña Mapa.**

Los datos de intensidad sonora se pueden cargar sobre cartografía digital de la zona de estudio (GoogleMap, GoogleHybridMap, OviMap, ArcGis...). En la pantalla se muestran los marcadores (posición GPS) que definen la trayectoria seguida durante la auscultación acústica, sobre cartografía GoogleMap (Fig.9).

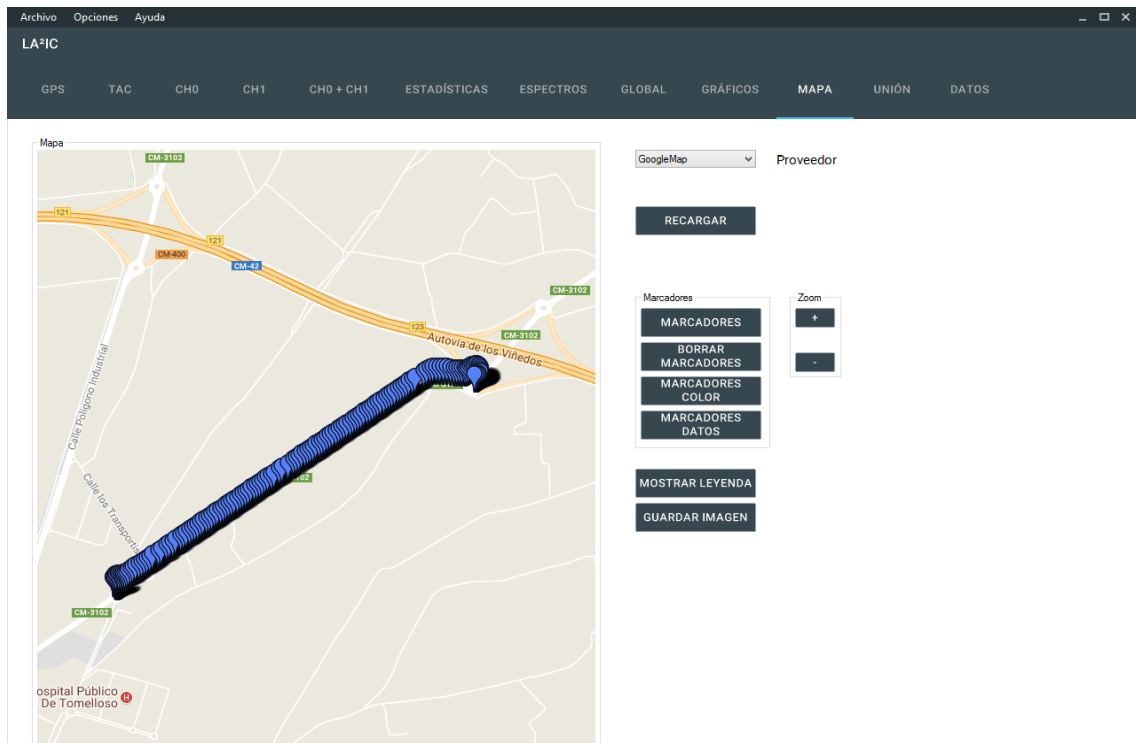


Fig. 9.- Marcadores de la trayectoria sobre GoogleMap

El programa permite que se muestren los marcadores indicadores del nivel sonoro con distinta graduación de color (Fig. 10). Con esta vista se puede tener ya una idea de que valores son los que predominan del nivel de intensidad sonora. Se puede modificar la representación mediante la utilización del zoom.

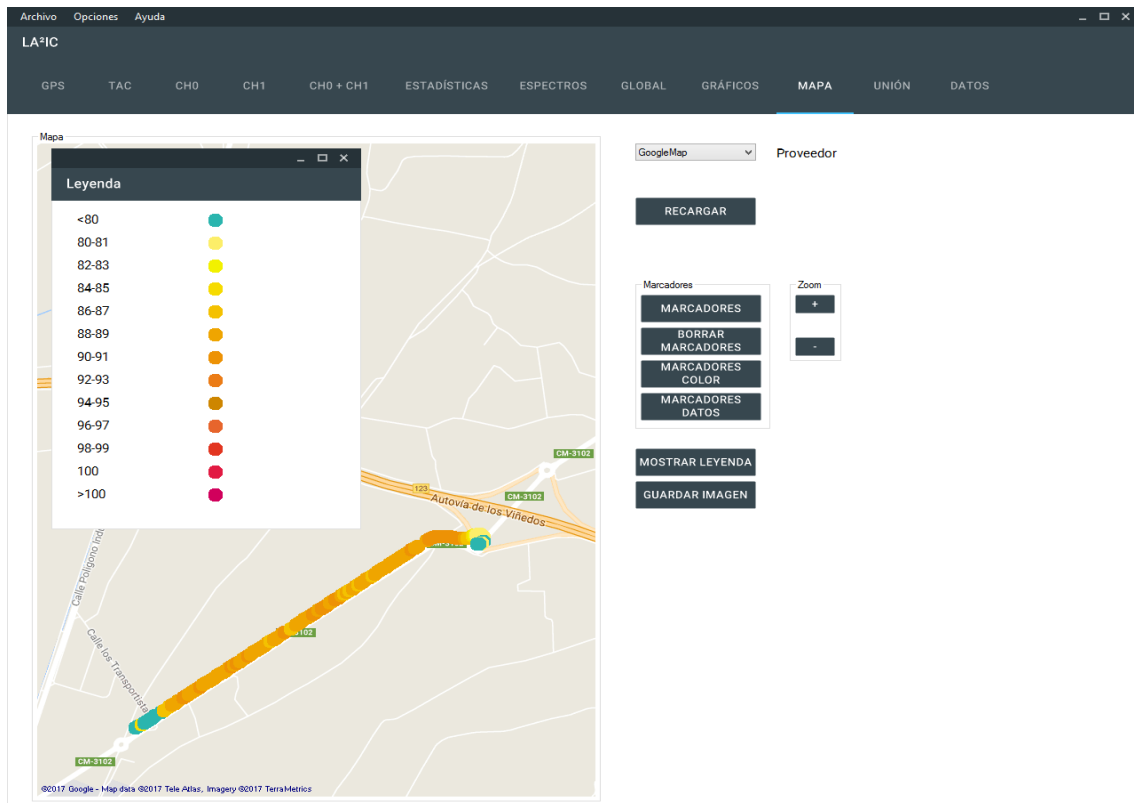


Fig. 10.- Representación con marcadores coloreados en función del valor

Aplicando un zoom mayor se diferencian mejor los puntos de toma de datos y poniendo el curso encima del punto se puede ver el valor de la intensidad sonora o de los niveles de MPD e IRI (Fig.11)

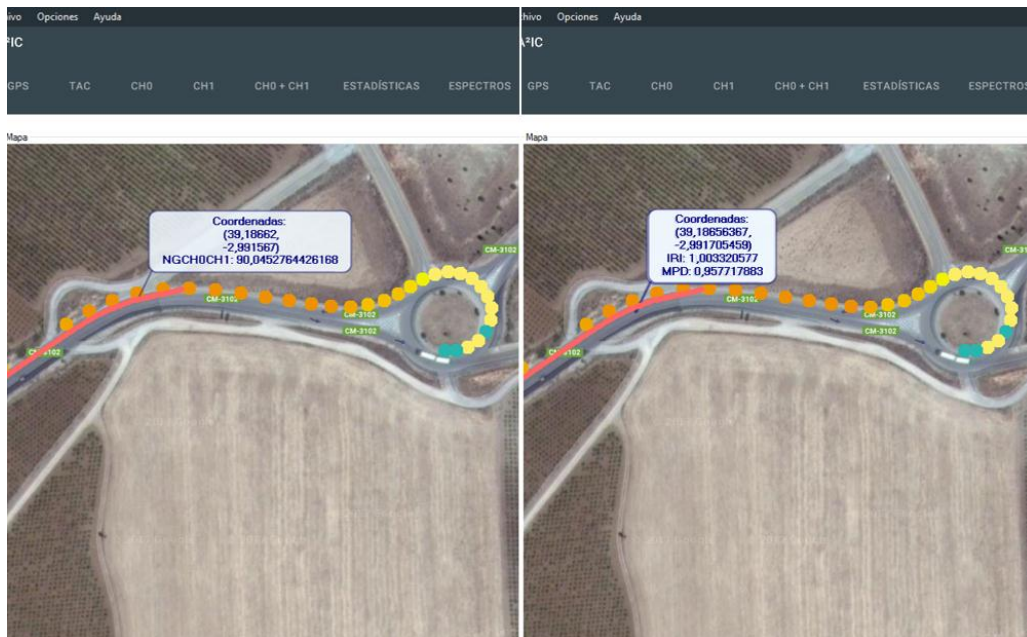


Fig. 11.- Representación de los niveles de intensidad sonora, MPD e IRI registrados durante una auscultación de un pavimento en servicio.



## CONCLUSIONES

Se dispone de una herramienta para poder introducir los valores tomados por los equipos que utiliza el Laboratorio de Acústica Aplicada a la Ingeniería Civil y mediante su tratamiento poder visualizar los espectros y graficas de estos valores situándolos espacialmente sobre la carretera que se ha estudiado (geo-referenciados).

Además de visualizarlos mediante tablas y datos numéricos, también se representan con colores que permiten una vista más rápida para el usuario de que rangos están los niveles de intensidad sonora en los tramos estudiados.

Es un programa dinámico que permite ir haciendo mejoras según aparezcan necesidades nuevas. Aunque el programa facilita el análisis de los datos, requiere una preparación de estos antes de su introducción en el programa y en algunos casos es necesario emplear otras técnicas de análisis para un estudio más exhaustivo.

Como proyección de futuro próximo, se está estudiando la posibilidad de introducir imágenes reales, en el programa, de los tramos estudiados recogiendo el recorrido mediante una cámara de alta resolución.

Así además de los valores puntuales de niveles de intensidad sonora (dB(A)), profundidad media del perfil (MPD) o índice IRI, se podrán representar fotografías del tramo de auscultación. Esta nueva información añadida al programa informático permitirá conocer de forma instantánea el estado de la capa de rodadura en el punto elegido y poder discernir si los datos son consecuencia de una anomalía en esa zona de la carretera o por otros factores.

## AGRADECIMIENTOS

Para el desarrollo de este trabajo se ha contado con la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad (MINECO) dentro del marco del proyecto TRA2016-77418-R (AEI / FEDER, UE).

La elaboración del software correspondiente al Programa LA<sup>2</sup>IC para el tratamiento de datos recogidos por los equipos, la ha realizado el alumno del Grado de Ingeniería Informática D. Alvaro Fernández Villa bajo la supervisión del equipo de investigación, al cual agradecemos su participación.

## REFERENCIAS

- [1] 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.
- [2] M. Bueno, J. Luong, U. Viñuela, F. Terán, S.E. Paje, "Pavement temperature influence on close proximity tire/road noise" *Applied Acoustics*. 72, 2011.
- [3] 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.
- [4] S.E. Paje, M. Bueno, F. Terán, U. Viñuela, J. Luong. *Assessment of asphalt concrete acoustic performance in urban streets*. *J. Acoust. Soc A*, 123 (2008), 1439-1445.