

## DIRECTIVIDAD SONORA DE VEHÍCULOS A ALTA VELOCIDAD

PACS: 43.50.Lj

Peral Orts, Ramón; Velasco Sánchez, Emilio.  
Universidad Miguel Hernández de Elche,  
Av. Universidad s/n,  
Elche, España.  
Tel: 966 658 410  
Fax: 966 658 979  
E-mail: ramon.peral@umh.es

### ABSTRACT

Lots noise studies detect road vehicles as main noise sources in urban and road areas. Because of that, road vehicle must be carefully analysed in order to define tools to reduce the noise impact in our streets.

Noise directivity of that kind of moving source is a not very common subject in researching, assuming main noise model that road noise could be an omnidirectional source. But, in any case, we should be able to determinate the error in models assuming this hypothesis.

### RESUMEN

La gran mayoría de estudios sonoros en ambientes urbanos e interurbanos, apuntan a los vehículos rodados como principales fuentes de ruido. Esta afirmación se basa en el elevado número de unidades que encontramos en las calles de nuestras ciudades y el importante nivel de potencia que pueden generar en función de las condiciones de conducción y mantenimiento. De esta forma se justifica la necesidad de estudiar el vehículo por sí mismo desde un punto de vista sonoro, puesto que conociendo sus características, será mucho más sencillo proponer medidas que minimicen su impacto en nuestras calles.

La directividad sonora de este tipo de fuentes de ruido en movimiento, es una cuestión que pocos investigadores se han planteado, dando por buena la suposición de que el vehículo rodado puede ser considerado como fuente omnidireccional. Algunos modelos de predicción de ruido de tráfico trabajan con este supuesto, sin llegar a determinar el grado de error que este aporta al modelo.

### ANTECEDENTES

La problemática del sonido en las calles de la mayoría de las ciudades está generando una alarma social cada vez más extendida. La administración, a través de los nuevos textos legislativos, propone diferentes herramientas de gestión y control de la contaminación acústica. Los mapas de ruido surgen como una de las primeras acciones a llevar a cabo, con el fin de detectar a través de ellos los principales puntos problemáticos dentro de una extensión determinada. Para la confección de estos modelos, la legislación contempla la posibilidad de

emplear modelos de predicción de ruido de tráfico. Estos algoritmos facilitan el estudio acústico, pero precisan de un conocimiento detallado de las fuentes de ruido existentes en el entorno.

El ruido de tráfico ha sido modelizado de multitud de formas y para una gran cantidad de condiciones. En cualquier caso, aún se detectan deficiencias en la mayoría de modelos cuando pretenden ser empleados en condiciones muy concretas.

Con el fin de mejorar el grado de precisión de los modelos de tráfico existentes, se está trabajando desde el Laboratorio de Ingeniería Acústica y Vibraciones de la Universidad Miguel Hernández, para determinar la directividad sonora de los vehículos rodados e integrar los resultados obtenidos en los principales algoritmos de predicción.

## OBJETIVO

Con este artículo se pretende dar a conocer los resultados obtenidos de los ensayos realizados a diferentes vehículos para la determinación de su directividad sonora en el plano horizontal. Para ello ha sido necesario establecer un método de medición fiable y disponer de la instrumentación necesaria para hacerlo efectivo.

## METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

En estudios anteriores *Peral[1][2]*, se ha planteado la mejor forma de obtener la directividad (horizontal y vertical) de una fuente de ruido en movimiento. Las principales conclusiones obtenidas de los mismos, establecen que embarcar los micrófonos a la fuente puede acarrear problemas de ruido severos y trabajar con un micrófono según el ensayo de homologación "pass-by", proporciona una información muy pobre.

Trabajando con un sensor direccional que sea capaz de seguir a la fuente en todo momento y registrar los niveles sonoros para cada ángulo de emisión, es una alternativa viable y que fue tomada en cuenta para el presente trabajo. La simulación y todos los cálculos previos mostraban el método de trabajo adecuado para los resultados que se pretendían obtener.

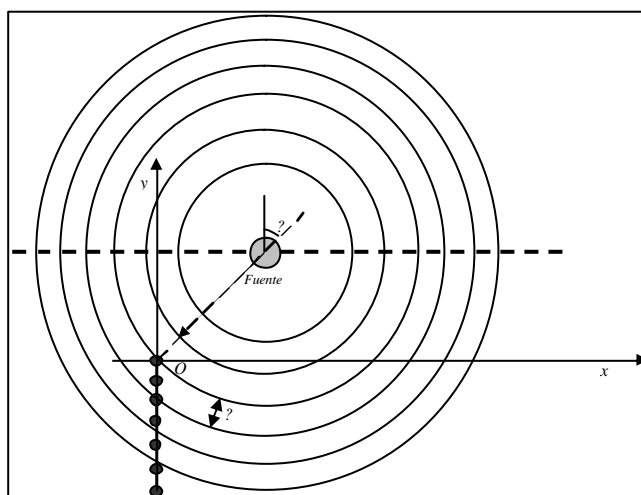


Figura 1: Comportamiento del array ante una fuente de ruido puntual.

El array diseñado cuenta con un total de 7 micrófonos 4935A-array de la marca **Bruel & Kjaer**, dispuestos en una estructura metálica de forma lineal. Estos micrófonos mandan la señal al analizador, a través del cual se realiza el proceso de tratamiento de señal (filtrado de las señales por separado y aplicación de los factores de peso y retraso propio del array). Como

resultado se obtiene una señal tratada que proporciona el nivel sonoro captado por la antena para el ángulo deseado (posición del vehículo)

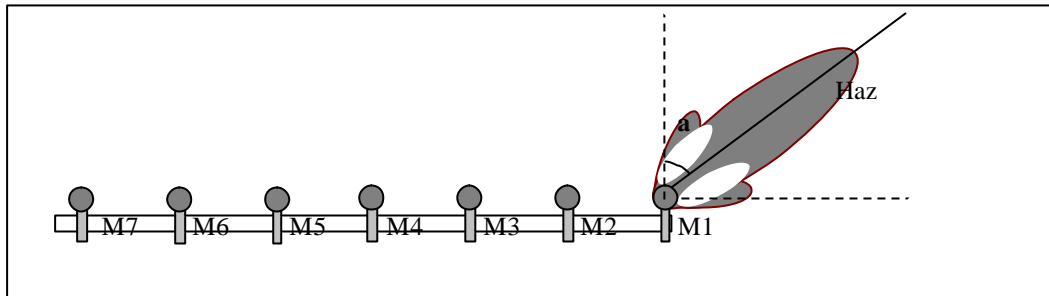


Figura 2: disposición del array y dirección del haz de captación.

### Simulación

Los resultados obtenidos a través de la implementación del tratamiento de la señal or medio del ordenador, proporcionaron resultados muy satisfactorios para señales de banda estrecha.

### Ensayos previos

De igual manera, los resultados previos, realizados con una fuente omnidireccional estática con posición conocida, corroboraban el funcionamiento adecuado de la antena de micrófonos diseñada.

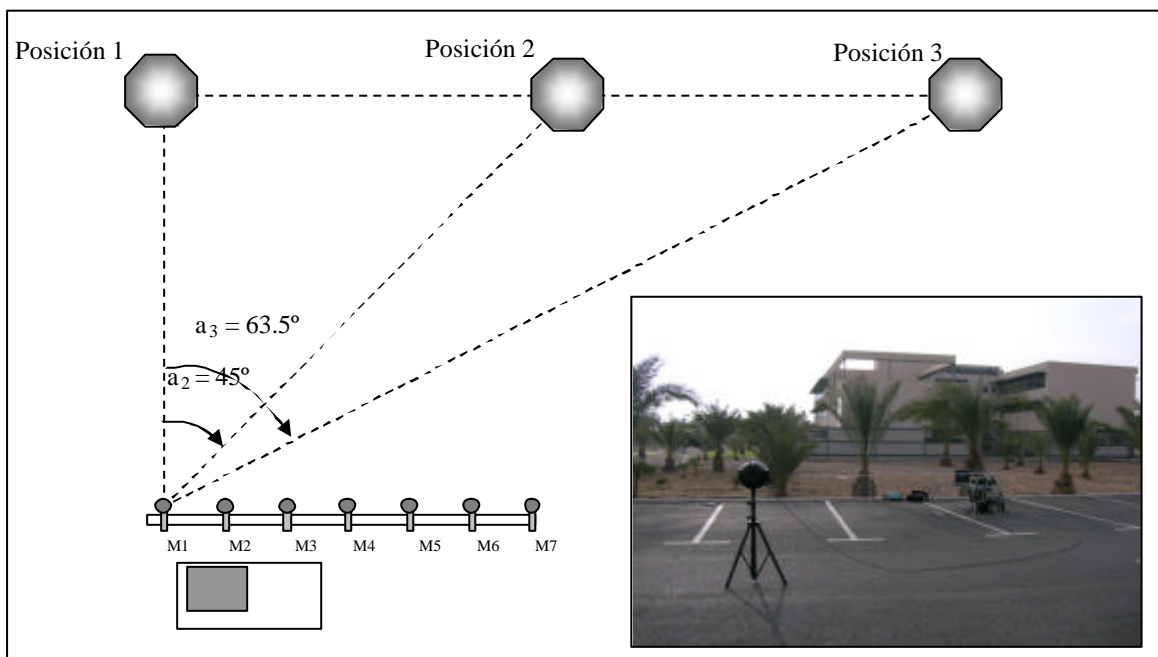


Figura 3: Esquema del ensayo previo realizado con fuente estática y fotografía del mismo.

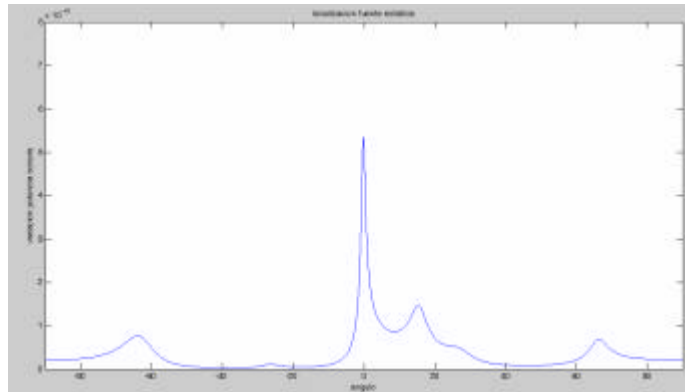


Figura 4: Resultado proporcionado por el array para la posición de 0° y 45°

El principal inconveniente que acarrea el uso de un array de estas características para este ensayo, va relacionado con los problemas de muestreo por posición del vehículo. La elevada velocidad del vehículo dificulta la posibilidad de tomar información suficiente como para que el método de tratamiento de las señales (método Capon *Don H. Johnson*[3]) dé resultados con el grado de precisión deseado.

Por este motivo, se pensó proponer y poner en marcha otro método de medición que permitiera comparar resultados con los obtenidos a través del array. El ensayo consta del mismo número de micrófonos dispuestos formando un semicírculo en torno al *punto O, centro de medición*. Estos sensores ya no actuarán como un array, sino que cada uno de ellos proporcionará el nivel de presión obtenido durante el instante de tiempo que marcan los sensores de posición del vehículo (ver figura 5).

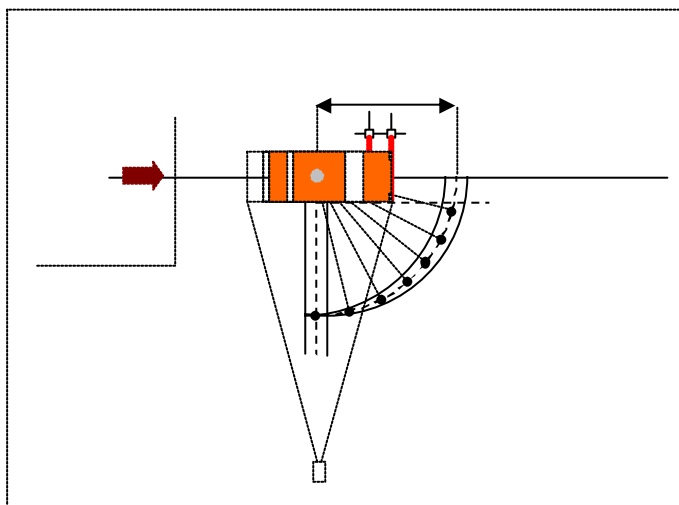
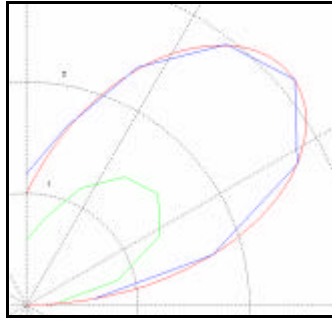


Figura 5: Disposición del ensayo formado por un cuarto de círculo de micrófonos

Los resultados obtenidos a través de este ensayo, se encuentran limitados por el número de sensores del que se dispone para el mismo. Con un mayor número de recursos, se podría obtener la directividad de forma más precisa y abarcando un semicírculo alrededor de la fuente de ruido.

Al igual que sucediera con el ensayo con array, los resultados obtenidos con los ensayos previos y las simulaciones son muy satisfactorios.



*Figura 6: Resultados de diferentes combinaciones de directividad obtenidos a través de la simulación del ensayo.*

## RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez definidas las características básicas de los ensayos, se procedió a realizar las primeras pruebas para cada uno de ellos. La finalidad de las mismas, no fue establecer de forma certera y definitiva la directividad sonora del vehículo ensayado, sino verificar la capacidad de cada ensayo y determinar el grado de similitud en los resultados obtenidos.

Los primeros tests se realizaron empleando un vehículo turismo de cilindrada media y motor de gasolina. Los ensayos se llevaron a cabo en un vial, dentro del Campus de Elche de la Universidad Miguel Hernández y por miembros del Laboratorio de Ingeniería Acústica y Vibraciones de la misma.

A continuación se muestran algunas imágenes de los ensayos, en las que se puede apreciar la función de los sensores foto-eléctricos, así como la presencia de los micrófonos.



*Figura 7: Pista de ensayo localizada en el Campus de Elche de la UMH y vehículo e instrumentación en el instante del ensayo.*

Los resultados obtenidos por cada uno de los métodos, muestran la directividad del vehículo ensayado a una velocidad constante de 80 Km/h con una revolución media del motor de 2750 RPM. Para ello, fue necesario realizar más de 20 ensayos que permitieron conseguir condiciones de conducción muy similares entre ellos.

Básicamente los resultados proporcionan huellas muy similares con un grado de diferenciación bajo de la directividad para cada ángulo. Es importante resaltar que en la actualidad se está trabajando con otros vehículos, que por sus características de potencia pueden generar huellas sonoras con factores de directividad mucho más dispares.

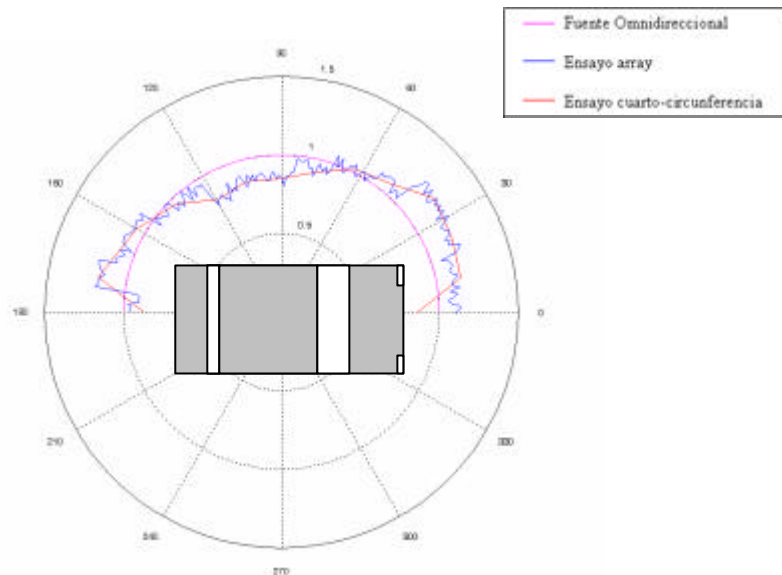


Figura 8: Resultados iniciales obtenidos para un turismo Seat Ibiza 1.4 del año 1994.

## CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

A continuación se exponen las principales conclusiones obtenidas fruto de la investigación:

- Establecer la directividad sonora de un elemento que se desplace a alta velocidad, puede parecer un problema sencillo, pero resulta especialmente complejo si lo que se desea es obtener la huella sonora en el 100 % del perímetro de la fuente de ruido.
- La metodología propuesta resulta eficiente y proporciona resultados satisfactorios. Las únicas restricciones que se han encontrado están vinculadas a la limitación de medios, lo que proporciona un grado de detalle menor al deseado. Ampliando el número de sensores los resultados serían más detallados y su futura aplicación más precisa.
- Los primeros resultados muestran el vehículo ensayado con un factor de directividad poco acusado. La confirmación de estos resultados tras ensayar un mayor número de vehículos respaldaría el supuesto de omnidireccionalidad del vehículo rodado.
- Dada la complejidad de la investigación y la amplitud del tema, este trabajo plantea muchos trabajos futuros de interés, tales como:
  - o Estudio estadístico del parque automovilístico y desarrollo de una tipología de vehículos en función de sus características sonoras.
  - o Ampliar el número de vehículos ensayados y comparar resultados.
  - o Desarrollar modelos matemáticos que reflejen la directividad de cada tipología de vehículos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] PERAL ORTS, R.; ALBEROLA ASENSIO, J.; MARÍN LÓPEZ, J.M.; FLINDELL, I. 'Measuring the directivity of road vehicles moving at high speeds. Congreso Internacional de Acústica INTERNOISE 2004, Praga, 2004.

[2] PERAL ORTS, RAMÓN; JOSÉ MARÍA MARÍN LÓPEZ; EMILIO VELASCO SÁNCHEZ. Propuesta de ensayo de medición de la direccionalidad sonora de vehículos rodados. Tecniacústica 2005, Terrasa, 2005.

[3] DON H JOHNSON, DAN E. DUDGEON, Array signal processing; Concepts and techniques. Prentice Hall Signal Processing serie. 1993.