

## Modelo de identificación de fuentes sonoras. Aplicación al ruido del motor de un automóvil

M. D. Redel-Macías\*, D. Berckmans\*\*, A.J. Cubero-Atienza\*

\*Universidad de Córdoba, Escuela Politécnica Superior, Campus de Rabanales, Edificio Leonardo da Vinci, Ctra. Madrid km 396, 14071, Córdoba, España (e-mail: mdredel,ir1cuata@uco.es)

\*\*Dt. Mechanical Engineering Katholieke Universiteit Leuven, Celestijnenlaan 300B, B-3001 Leuven, Belgium (e-mail: Dries.Berckmans@mech.kuleuven.be)

Resumen: La Directiva 49/2002/CE de la UE obliga a los fabricantes de vehículos a certificar las emisiones de ruido al exterior, estableciendo importantes restricciones al respecto. Por lo tanto, resulta imperativo establecer modelos que identifiquen las fuentes de ruido en un vehículo, así como la exactitud de los mismos. En este artículo se presenta un modelo de identificación de fuentes sonoras para el estudio y caracterización del ruido del motor en vehículos. El ruido es experimentalmente caracterizado mediante la técnica de sustitución de monopolos adaptado al método general de síntesis de sonido. La técnica de identificación resultante se ilustra mediante varios casos en estudio variando el número de monopolos y la posición del receptor, determinando la precisión del sistema en cada caso. Los resultados indican que el error cometido en el caso más desfavorable es inferior a 15 dB. Copyright © 2010 CEA.

Palabras Clave: Síntesis de sonido, Identificación, "loudness", Calidad del Sonido, ASQ.

### 1. INTRODUCCIÓN

El ruido y las vibraciones en los vehículos son temas de creciente interés para los fabricantes de automóviles, motivado principalmente por la aparición de regulaciones que limitan las emisiones de ruido exterior. Para ello, actualmente someten a los vehículos fabricados a una serie de test recogidos en los estándares internacionales, denominados Pass-by y Coast by Noise. Por otro lado, las empresas, en el establecimiento de la calidad de los productos persiguen cada vez más una calidad óptima del sonido de los mismos. En el sector de la automoción, la calidad del sonido exterior e interior de los vehículos se ha convertido en toda una estrategia de marketing para atraer a los consumidores. Tradicionalmente los ingenieros en acústica han empleado métodos de medida y evaluación del sonido como el análisis basado en la transformada rápida de Fourier (FFT análisis) o el nivel equivalente de presión sonora ponderado A, aunque este tipo de parámetros resultan insuficientes para establecer la calidad del sonido percibido. Hoy día la decisión final sobre la calidad del sonido de un vehículo es tomada por un grupo de personas en los llamados "Jury Testing" o Jurados de Pruebas. La idea es que un grupo de personas evalúan la calidad del sonido de los distintos componentes del automóvil, por ejemplo, el motor, las ruedas, las puertas, entre otros. El establecimiento de la calidad del sonido depende, por lo tanto, de la subjetividad del observador y en ocasiones, resulta imposible eliminar este tipo de influencias, por lo que se convierte en un proceso muy complicado de llevar a cabo y poco contrastable. Por estas razones, resulta fundamental desarrollar modelos de fuentes sonoras que nos permitan identificar con

cierta fiabilidad y de manera sencilla la experiencia de un observador en una determinada posición receptora y establecer métricas específicas que cuantifiquen la calidad del sonido percibido.

Con frecuencia, la complejidad de este tipo de sistemas requiere de la identificación de modelos de manera tal que la diferencia de comportamiento entre el sistema real y su representación matemática sea mínima (Haro, 2008) (García-Nieto, 2009). En general, podemos decir que cualquier proceso de identificación consiste en obtener una representación del sistema a partir de los datos disponibles del mismo (Biagiola y Figueroa, 2009). En acústica a través de los métodos de Síntesis de Sonido dirigidos a la auralización del sonido producido por una fuente física de ruido podemos conocer cómo escucharía esta fuente de ruido un observador en una posición arbitraria. Para adaptar la aproximación de síntesis, la fuente física de ruido es representada por un modelo equivalente de fuente mediante el cual obtenemos un comportamiento similar de la misma en campo lejano.

Las principales fuentes de ruido en un vehículo, en condiciones normales de funcionamiento, pueden considerarse el ruido del motor y el de rodadura, pero también pueden contribuir el ruido del tubo de escape o el ruido aerodinámico. La experiencia de un observador en una determinada localización puede establecerse, se ha comentado anteriormente, mediante modelos de síntesis de sonido. La predicción del espectro en frecuencia en una posición receptor es el primer paso en un modelo de este tipo. Esta parte del proceso incluye el modelado de las contribuciones de las

distintas fuentes de ruido y la determinación de los caminos de transferencia (“*Transfer path Tps*”) siguiendo un modelo *fente-transmisión-receptor*. El paso siguiente es la síntesis de la señal de sonido en el tiempo.

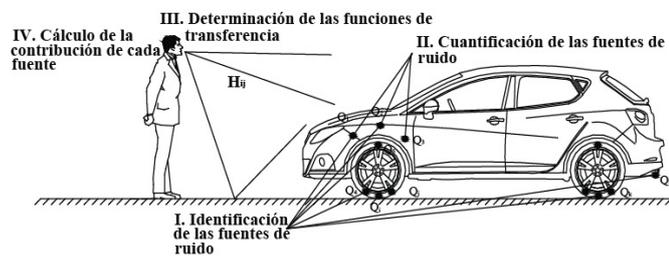


Figura 1. Primera etapa en modelos de Síntesis de Sonido.

En Síntesis de Sonido el proceso de identificación del sistema se corresponde con una serie de etapas:

- I) La primera parte del proceso empieza con una identificación de las diferentes contribuciones de las fuentes de ruido, tales como, el motor, ruedas, tubo de escape, entre otras.
- II) El segundo paso, a menudo es el más complicado, consiste en cuantificar la contribución de las fuentes de ruido identificadas en el paso anterior.
- III) En el tercer paso se determinan las funciones de transferencia entre la fuente de ruido y el receptor de dos formas posibles, numéricamente o experimentalmente.
- IV) Finalmente, el espectro del sonido en la posición receptora se calcula a través de los resultados obtenidos en los pasos anteriores.

Las técnicas de Identificación de Fuentes de Ruido han estado en constante desarrollo en las últimas décadas. Podemos distinguir principalmente tres métodos: “*Sound Intensity*” (Crocker, 1983), “*Acoustic Holography*” (NAH) (Williams, 1980) y “*Airborne Source Quantification*” (ASQ) (Verheij, 1997).

El principio básico de la técnica de “*Sound Intensity*” es la medida de la energía acústica que pasa por unidad de área. Mediante la integración de la superficie próxima al objeto en estudio se calcula la potencia del sonido. La principal ventaja es que permite determinar la direccionalidad del sonido pero tiene el inconveniente de su alta sensibilidad a los efectos del viento, lo cual restringe la distancia del receptor ya que las medidas deben llevarse a cabo muy próximas a la superficie de la fuente de ruido.

Las técnicas NAH están basadas en un tratamiento numérico de las presiones acústicas registradas por micrófonos, permitiendo una retropropagación de la onda desde la superficie de medida hasta la superficie de la fuente de ruido. Entre las ventajas de esta técnica están una alta resolución a baja frecuencia y el establecimiento del tamaño de la fuente. Los principales inconvenientes son el gran tiempo de computación necesario, y la sensibilidad inherente a los problemas de identificación necesitando en la mayoría de los casos técnicas de regularización en el paso de inversión.

El método ASQ representa la fuente física de ruido con un número limitado de descriptores distribuidos en la superficie de la misma. Además de tener una alta eficiencia computacional,

los modelos ASQ permiten calcular fácilmente las funciones de transferencia y cuantifica las fuentes acústicas.

El objetivo principal de este artículo es la obtención de modelos de identificación de fuentes sonoras que nos permitan conocer la experiencia de un observador en una determinada posición receptora, cuantificando la calidad del sonido percibido, para aplicarlo a los test realizados en los vehículos en la determinación del ruido emitido por el motor de los mismos. La idea fundamental es buscar modelos de fuentes sonoras muy simples que consten de pocos descriptores y que sean capaces de aportar la precisión perseguida en los procesos de síntesis de sonido. La ventaja de los modelos ASQ comparada con otras técnicas como NAH es el bajo coste computacional. Por este motivo se empleará este método en el proceso de identificación del presente sistema.

## 2. MODELO MATEMÁTICO

El Análisis de Caminos de Transferencia (“*Transfer Path Analysis TPA*”) es un procedimiento mediante el cual se puede determinar el flujo de energía vibro-acústica desde la fuente, a través de estructuras sólidas y el aire, hasta una posición receptora determinada. Cuando solamente interviene como medio de transmisión el aire, como es el caso del ruido del motor de un vehículo, el TPA se denomina ASQ.

Podemos encontrar dos problemas en la construcción de modelos ASQ: el tipo de elemento descriptor de la fuente y la cuantificación de los diferentes elementos descriptores del modelo.

En función del tipo de descriptor empleado los modelos se pueden clasificar en:

- Modelos basados en patrones de velocidad de la estructura (Verheij, 1997).
- Modelos basados en medidas de la velocidad de las partículas de aire (Berckmans, 2008).
- Modelos basados en medidas de presión (Mantoani y Bertolini, 1996; Van der Linden et al., 1996).

El modelo de identificación que se presenta en esta investigación está basado en descriptores de presión acústica obtenidos a partir de las medidas realizadas con micrófonos convencionales. La presión acústica en cualquier posición receptora  $j$  puede expresarse como una suma de las presiones parciales  $P_{ij}$ , i.e. la presión en una localización  $j$  causada por la vibración de la superficie  $i$  del motor. Los descriptores usados en este modelo son cuantificados según un método inverso denominado “*Pressure Indicator Inversion*”. Las presiones medidas se obtienen a partir de una matriz de micrófonos (Fig. 2) y se representan mediante un vector complejo  $P$ . Las funciones de transferencia acústicas  $H_{ij}$  [ $\text{Pa} \cdot \text{s} \cdot \text{m}^{-3}$ ] de la matriz  $H$  entre el receptor y la fuente pueden obtenerse directamente o recíprocamente. El cálculo directo es con frecuencia inestable y requiere un gran coste computacional, por lo que se emplea la reciprocidad: se sitúa una fuente de ruido omnidireccional en la posición del receptor y los micrófonos en la posición de la fuente midiendo las presiones acústicas para cada posición receptora a identificar.

Download English Version:

<https://daneshyari.com/en/article/1702070>

Download Persian Version:

<https://daneshyari.com/article/1702070>

[Daneshyari.com](https://daneshyari.com)