

**PROCESO DE CREACIÓN DE MAPAS DE RUIDO DINÁMICO BASADOS EN  
EL SOFTWARE DE PREDICCIÓN TRASGUNET: VALIDACIÓN DE LOS  
RESULTADOS MEDIANTE LOS REQUERIMIENTOS DE LA GUÍA DE  
BUENAS PRÁCTICAS**

PACS: 43.50.Rq

José Elías Arias Puga<sup>1</sup>; Julio González Suarez<sup>2</sup>; Roi Arias Salve<sup>3</sup>; Dolores García  
Escribano<sup>4</sup>

1 Proceso Digital de Audio.

C/Ávila 23, Bajo, Burgos. España. Tel: (0034) 947 207 041. Fax: (0034) 947 209 774  
{pachearias@ecudap.com}

2 Universidad de Valladolid, departamento de Arquitectura.

Tel: (0034) 983 423 446 {juliog@opt.uva.es}

3 Proceso Digital de Audio.

C/Ávila 23, Bajo, Burgos. España. Tel: (0034) 947 207 041. Fax: (0034) 947 209 774  
{roiarias@ecudap.com}

4 Proceso Digital de Audio.

C/Ávila 23, Bajo, Burgos. España. Tel: (0034) 947 207 041. Fax: (0034) 947 209 774  
{ingruideo2@ecudap.com}

**ABSTRACT**

The process of creating a noise map that meets the requirements established by the rules, is often a laborious and complicated process. To realize this, the "Guide to Good Practice" developed by "European Commission as Working Group" provides the methodology to follow, depending on the definition or accuracy of the baseline information (maps, population distribution, uses of ground ...) and the degree of accuracy achieved by following a methodology or other work. In addition, the new line of work followed in the today, that leads to the need for drafting effective action plans and their monitoring, requires the use of noise maps and to do so easily renewable developing new working methods.

This article has been directed toward the process of creating these new maps, more flexible and upgradeable, made by using the inverse prediction method, as used by the TrasguNET, using the calculation methods established by the European legislation in force and results validated by the criteria of "Guide Good Practices" cited above.

**RESUMEN**

El proceso de creación de un mapa de ruido que cumpla con los requerimientos establecidos por la normativa vigente, es a menudo un proceso laborioso y complicado. Para su realización, la "Guía de Buenas Prácticas", desarrollada por la "European Comission Working Group", establece la metodología a seguir, en función de la definición o precisión de la información de partida (cartografía, distribución de la población, usos del suelo...), y el grado de exactitud que alcanzaremos siguiendo una metodología u otra de trabajo. Además, la nueva línea de trabajo seguida en la actualidad, que lleva a la necesidad de redacción de planes de acción eficaces y a su seguimiento, hace necesario el uso de mapas de ruido fácilmente renovables y para ello el desarrollo de nuevos métodos de trabajo.

Este artículo ha sido dirigido hacia el proceso de creación de estos nuevos mapas, más flexibles y actualizables, realizados haciendo uso del método de predicción inverso, como el usado por el TrasguNET, usando los métodos de cálculo establecidos por la normativa europea

vigente y con resultados validados por los criterios de la “Guía de Buenas Prácticas” anteriormente citada.

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a la publicación de la normativa nacional española que obliga al seguimiento de las directrices europeas, los métodos de trabajo desarrollados para la creación de mapas de ruido se han adaptado a las mismas. La WG-AEN [1] propuso en 2006 una guía a seguir para adaptar la cartografía utilizada a unos estándares de calidad especificados con objeto de alcanzar la máxima coherencia entre los resultados retratados por el mapa de ruido y la realidad acústica existente.

Estas recomendaciones abarcan todo el proceso de trabajo, desde el mismo trazado de la cartografía a los parámetros de cálculo utilizados. La situación que se plantea es cómo, utilizando otros métodos, algo alejados de las recomendaciones realizadas por la WG-AEN pero apoyados en métodos mixtos de creación de mapas, alcanzar finalmente resultados que se ajusten a las exigencias de calidad establecidas.

Además, en la normativa vigente, se realiza la recomendación de uso de diferentes estándares como el establecido por la norma Francesa de la “Guide du Bruit”[2], actualmente totalmente desfasada, en cuanto a los niveles de potencia sonora que se asigna a los ejes viarios en función de la velocidad de circulación de los vehículos por la misma, como se verá más adelante. Por este motivo, cada vez más, se hace necesaria la determinación de la potencia sonora de las fuentes de forma más directa, para evitar concurrir en estos errores. Con este fin y con el de obtener datos fiables del comportamiento de los focos ruidosos, en los largos períodos temporales, en los que la normativa obliga a extender los mapas de ruido, se propone la monitorización de cada foco, de forma que, se pueda actualizar de forma eficaz la potencia sonora de cada fuente. Este proceso nos lleva finalmente a la creación de mapas de ruido dinámicos [3].

Por otra parte, este sistema de trabajo facilitará el proceso de reconstrucción de los mapas de ruido en un período de 5 años, tal y como se estipula en la Directiva 2002/49/CE de 25 de junio de 2002, permitiendo modificar levemente los modelos, ajustar los aforos y remodelaciones sufridas, sin gastar demasiado dinero del contribuyente.

## 2. OBJETIVOS

El fin de este artículo es presentar el método de trabajo desarrollado, en el que se hace uso del denominado método mixto de creación de mapas, en el que se combina la realización de mediciones, usadas para la calibración de los resultados en las primeras etapas, con la creación de modelos de comportamiento del municipio. Siguiendo esta metodología se pueden conseguir resultados fiables y validables por los requerimientos y exigencias establecidas, a pesar de no partir con una información cartográfica inicial demasiado detallada.

## 3. PLANTEAMIENTO DEL MODELO

### 3.1. Consideraciones previas

Antes de recoger toda la información necesaria y con el fin de facilitar el trabajo y seguir un proceso de economía del tiempo, se realizó un estudio de las normas y recomendaciones actualmente establecidas, de su formulación teórica y cómo éstas pueden influenciar el resultado final produciendo desviaciones o mejoras entre el modelo y la realidad acústica medida.

### 3.2. Influencia de la pendiente de la calzada

En las ciudades en las que las calzadas tienen cierta pendiente, es necesario considerar el incremento de nivel de ruido que suponen las aceleraciones de los vehículos, pero este término solo es significativo cuando las pendientes son elevadas. En la aglomeración donde nosotros vamos a aplicar esta metodología, la ciudad de Miranda del Ebro, las pendientes de las calles no superan el 2% y por tanto no se tomó en consideración este término.

Esta conclusión es asumida en otros trabajos recientes en los que, con el fin de actualizar los parámetros de cálculo de las fuentes lineales, se consideran y aproximan como zonas planas y sin pendiente [4], [5].

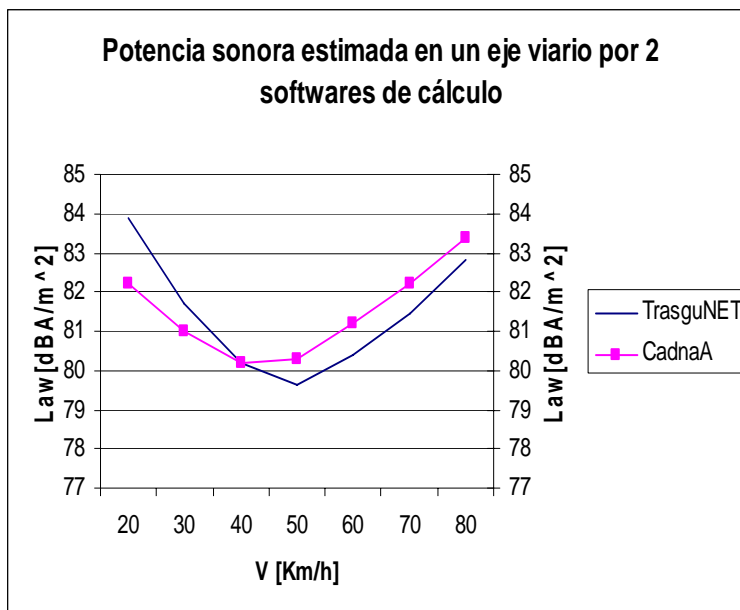
### 3.3. Influencia de la velocidad

Generalmente se considera un parámetro muy influyente para la determinación de la potencia sonora del eje viario, pero poco tienen que ver los coeficientes de asignación de la potencia sonora, y su evolución conforme aumenta la velocidad de circulación con el comportamiento de los vehículos actualmente. Es por esto que nos planteamos la verdadera bondad de la aplicación de las recomendaciones de la "Guide du bruit", desarrollados en la fórmula 1, a un mapa sonoro realizado en la actualidad.

$$L_{Awi} = 10 \log \left[ \left( 10^{(E_v + 10 \log Q_v) / 10} + 10^{(E_p + 10 \log Q_p) / 10} \right) \right] + 20 + 10 \log(I_i) + R_j \quad (1)$$

Donde:

- $E_v$  y  $E_p$ : niveles de emisión sonora de los ábacos de le "Guide du Bruit"
- $Q_v$  y  $Q_p$ : Caudal de vehículos en el periodo considerado
- $I_i$ : Longitud de la porción de la fuente lineal
- $R_j$ : valor de normalización del espectro.



Para ilustrar esto recurrimos a la comparación de dos situaciones, por un lado la reflejada en la figura 4, creada a partir de los datos de potencia sonora asignados a una vía definida de forma similar, para dos softwares de cálculo, cuyo funcionamiento está basado en la formulación anteriormente citada y los parámetros de cálculo que ésta considera.

En estos primeros casos, la evolución de la potencia sonora con la velocidad sigue una tendencia similar, inicialmente decreciente y posteriormente creciente.

Fig. 4-Potencia sonora Law de ejes viarios similares en dos softwares de cálculo de mapas de ruido

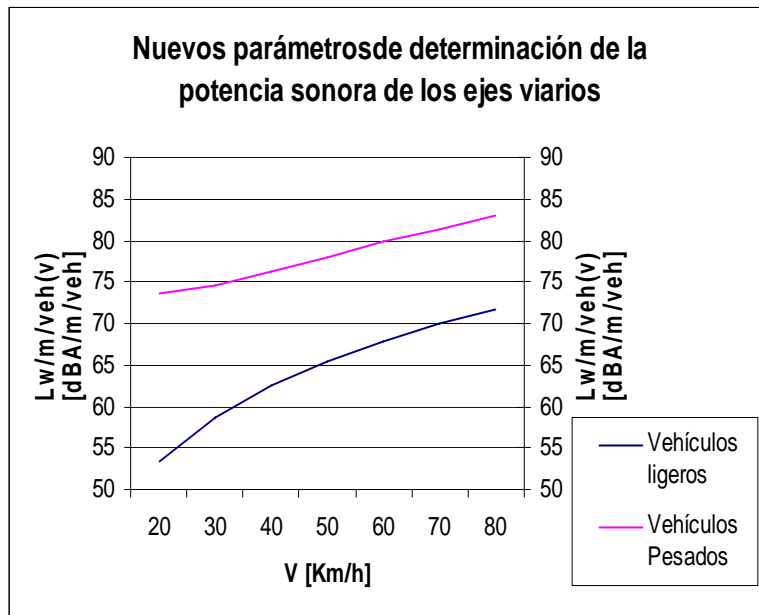


Fig. 5 - Nuevos parámetros propuestos para adaptar la Guide du Bruit al comportamiento de los vehículos actuales

Sin embargo, si recurrimos a la nueva formulación, propuesta para la determinación de la potencia sonora del parque automovilístico actual, representada en la figura 5, se aprecia que la evolución de la potencia sonora con la velocidad es constantemente creciente.

Por tanto, a la vista de estas conclusiones, se plantea un punto de inflexión en el trabajo, ¿El uso de estos métodos de cálculo que poco o nada tienen que ver con la realidad actual, es recomendable para alcanzar buenos grados de similitud entre estimaciones y

mediciones de nivel sonoro? ¿Puede esta información mantenerse constante, de forma que deje de ser una variable de la información de entrada y basarnos en la medición y monitorización continua de este tipo de fuentes para realizar la actualización de las fuentes y promediado de sus niveles a los períodos temporales exigidos por la normativa?

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

El objetivo, por tanto, es aplicar estas aproximaciones en un mapa de ruido de un municipio real, en este caso Miranda de Ebro, que consta de unos 40.000 habitantes y está situado al norte de la Comunidad Autónoma de Castilla y León (Spain).

Para ello el proceso de trabajo desarrollado se ha desglosado en las siguientes fases:

1. Recopilación, registro y elaboración de la información en el mapa de ruidos en el formato adecuado a las necesidades del software de cálculo utilizado, el TrasguNET
2. Puesta a punto y calibración de los equipos de calle
3. Programación y desarrollo de las campañas de medida de aforos de tráfico y niveles sonoros, en puntos estratégicos del municipio
4. Creación del algoritmo matemático que relacione los valores de las medidas con las fuentes
5. Calibración de los resultados del mapa con las mediciones y realización de nuevas mediciones en puntos con resultados poco satisfactorios.

6. Establecimiento de las bases de datos y recursos de red necesarios para la operatividad del mapa y consulta vía web del mismo

#### 4.1. Medidas realizadas

Además de mediciones resulta importante, en los primeros estadios de desarrollo del mapa de ruido, la realización de un estudio de la configuración de la localidad, flujos de tráfico, distribución y configuración de los ejes viarios... Por otra parte, la propia guía de buenas prácticas establece esta práctica como útil y esencial para la validación de los resultados de los modelos sonográficos, la creación de bases de datos de fuentes sonoras, confirmación de resultados de mapas de ruidos, creación y aceptación pública y política y la validación de los planes de acción.

##### Mediciones de nivel:

Las mediciones de nivel se realizaron haciendo uso de un equipo con localizador GPS, el cual fomenta la reducción de errores humanos, automatizando el proceso de localización exacta del punto de medida de modo que cada uno queda exactamente referenciado en el mapa. Las medidas de comprobación realizadas se hicieron en dos formatos:

- Larga duración: ubicación del equipo durante 24 horas en un punto fijo. Para la determinación de relaciones entre fuentes
- Media duración: ubicación del equipo durante 1 hora. Para la calibración de los resultados

El parámetro de promediado se trata del  $L_{Aeq}$ , 1 minuto en todos los casos, de modo que los resultados pueden ser comparados.

##### Mediciones de aforo:

La estimación del número de vehículos se realizó haciendo el conteo durante 5 minutos a distintas horas del día y de la noche, de tal forma que se abarcaban las 24h y se diferenciaban los tres periodos de día, tarde y noche.

#### 4.2. Situación de los equipos de medida

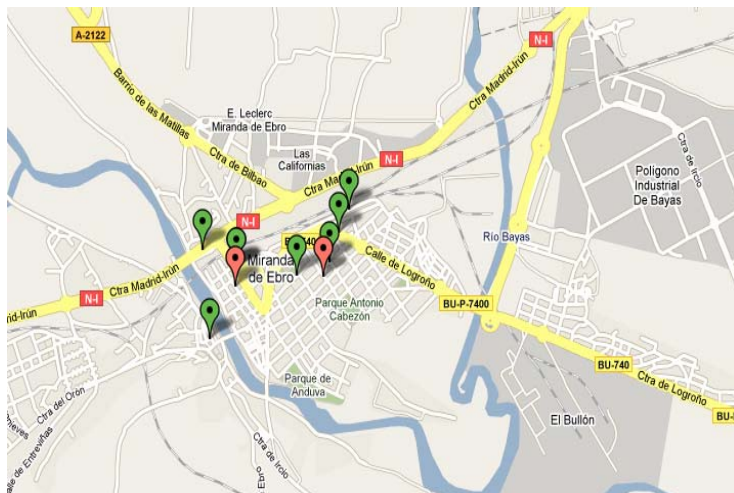


Figura 6 - Ubicación de los equipos de Miranda de Ebro

Para el mapa de ruidos de Miranda de Ebro se han utilizado 7 equipos SDR-500 con sonómetro tipo I según normativa UNE 60651/60804 y IEC 61672-1 clase 1 [6], con los que se monitoriza el campo sonoro, dedicadas al control de fuentes del tipo:

- Zona de ocio
- Zona peatonal y comercial
- Carretera nacional de acceso
- Vía de circunvalación interna
-

- Vías de acceso y salida
- Calles de destino final

#### 4.3. Caracterización de fuentes y elementos cartográficos:

##### Edificaciones:

Información GIS	Altura	Absorción	Trazado	Población
Edificaciones	Nª pisos x altura media	Standard 0	Manzanas	Distritos censales/ superficie construida
	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>
	1 dB	2 dB	Recomendado 1 m de detalle	mínima

Tabla 1- Información de la capa GIS de edificaciones

##### Ejes viarios:

Información GIS	Densidad de tráfico	Velocidad	% pesados	Pavimento	Pendiente
Ejes viarios	En tramos de M,T,N	Fija 50 Km/h	Fija por zonas	Liso	Nula
	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>	<b>Desviación WGAEN</b>
	0 dB	2dB	0,5-2 dB	0,5-3dB	Hasta 3 dB

Tabla 2- Información de la capa GIS de ejes viarios

##### Malla de cálculo:

Información de cálculo	Altura	Distancia puntos
Precálculos	4,8 y 20m	5 metros
	<b>Recomendación WGAEN</b>	<b>Recomendación WGAEN</b>
	4 m y alguna más	10 m en aglomeraciones

Tabla 3- Información de los parámetros de cálculo

Partiendo de estos datos y teniendo en cuenta las aproximaciones señaladas anteriormente, se ha realizado la cartografía de Miranda de Ebro. Destacamos principalmente la estimación de la velocidad de los ejes viarios, que se ha dejado fija a 50 km/h en todas las vías, por la razón anteriormente expuesta a cerca de la desviación respecto a la realidad que supone el uso de los métodos de cálculo de los softwares, basados en las recomendaciones de la actual legislación europea, se alejan en gran medida de las emisiones producidas por el parque automovilístico actual y además debido al funcionamiento del mapa dinámico, que actualiza la potencia de las fuentes, en función de las mediciones, esta carencia se verá mitigada y compensada, por la asignación de la potencia actualizada de cada fuente, en función de su aportación al campo sonoro, medido en cada momento.

**5. RESULTADOS:**

Para la presentación de resultados se han elegido al azar 17 puntos de la localidad, en los que se han realizado mediciones de 1 hora de duración, del parámetro  $L_{Aeq,1m}$ , y se ha comparado con el mapa de ruido estimado para esa misma configuración, realizando su actualización con

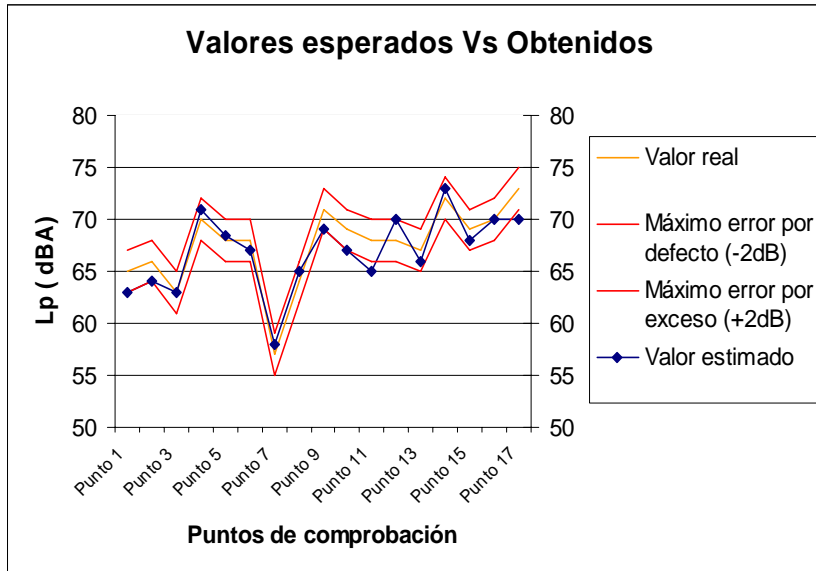


Figura 7 – Resultados y margen de error de la WG-AEN

los valores de los sensores reales registrados durante ese período temporal.

La “Guía de Buenas Prácticas” establece, en su apartado 3.03, que los resultados de la comparación de los valores estimados y medidos en un punto deben tener un error máximo de 2 dB en la estimación anual.

Se observa en la figura 5 que los resultados cumplen con las expectativas establecidas por el

estándar de calidad de la WG-AEN a excepción de 2 puntos. La desviación entre los datos experimentales y los que aporta el modelo para estos 2 puntos, es consecuencia, de que en esos puntos el flujo de tráfico era muy reducido y la de la influencia de otras fuentes puntuales muy ocasionales que aparecían en el entorno. Además, hay que tener en cuenta que las mediciones y estimaciones se han realizado para una hora concreta, en un día concreto, mientras que el estándar de calidad establecido por la WG-AEN es para mapas promediados a períodos anuales, en tramos de 12, 4 y 8 horas (mañana, tarde y noche) y los promedios a períodos de tiempo mayores tienden a minorar los picos y los valles y a hacer el ajuste más significativo.

<b>Máxima tolerancia de error</b>	2dBA
<b>Diferencia media</b>	1,38 dBA
<b>Error medio absoluto</b>	1,6 dBA

Tabla 4- Resultados

**6. CONCLUSIONES**

A modo de conclusiones más significativas que deducimos del trabajo realizado, cabe destacar:

- o La incorporación de una nueva forma de plantear la metodología a seguir en la forma de obtener los mapas estratégicos al introducir la idea de la aplicación de procesos de ingeniería inversa para la determinación y monitorización de la potencia de las fuentes y el establecimiento de procedimiento de relación de fuentes para su monitorización indirecta lo que supone un cierto grado de innovación en la forma de obtener información del nivel de ruidos en los espacios exteriores.

- La facilidad de implementación: debido a las simplificaciones realizadas, cuyas posibles carencias son solventadas por la constante actualización de la potencia sonora de las fuentes gracias a su monitorización.
- Otro aspecto que consideramos muy interesante en la forma de operar que proponemos, es la fiabilidad de los resultados: cumpliendo en su mayoría con los requerimientos establecidos por la WGA-EN para períodos temporales mucho más amplios en cuanto a exposición de la medida ( $L_{Aeq, 1m}$  frente a  $L_d$ ,  $L_n$ ,  $L_{den}$ ) y tiempo de promediado (1 hora de medida y comparación de resultados frente a 1 año de promediado exigido por la normativa vigente).
- También consideramos de sumo interés el tratamiento que se hace de las fuentes al realizar su monitorización que nos permite a la vez realimentar el modelo matemático que representa el municipio y extraer información muy valiosa que aplicar en otras situaciones similares así como facilitando su posterior tratamiento en futuros planes de acción.

Además de las presentadas por el sistema de soporte de los mapas de ruido dinámicos:

- Posibilidad de promediado de los resultados para la obtención de los mapas de ruido exigidos por la normativa vigente.
- Conocimiento de la realidad acústica y su evolución en periodos temporales muy pequeños lo cual permite hacer su seguimiento y evolución.
- Trabajo en red aumentando la potencia de cálculo, velocidad de procesado, capacidad de almacenaje y flexibilidad.

Por tanto, habiendo partido de una cartografía no muy depurada y realizando aproximaciones en la definición de la potencia sonora inicial, de las principales fuentes, las de tráfico rodado (obviando los datos de velocidad de circulación y pendiente del terreno), hemos podido mitigar el efecto de las interpolaciones haciendo uso de la técnica de creación de mapas de ruido dinámicos, en los que la potencia acústica de las fuentes, es ajustada mediante las mediciones realizadas de forma continua, permitiendo reducir el error final, incluso referido a períodos de tiempo menores a los estimados por la normativa vigente (mañana, tarde y noche).

Este trabajo permitirá en un futuro, realizar mapas de ruido, de precisión adecuada, con un menor trabajo y esfuerzo dirigido a la obtención de información inicial de cada fuente individual.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the production of associated data on noise exposure: *WG-AEN*
- [2] NMPB-Routes-96: *Bruit des infrastructures routieres*
- [3] Arias Puga, J.E. Realización de mapas estratégicos dinámicos: Aplicación para predicción de la incidencia de una fábrica en su entorno. *Revista del SEA*
- [4] Doisy, S. Lelong, J. Hamet, J F: New Vehicle noise emission values to update the French "Guide du Bruit". *Euronoise 2008*.
- [5] Besnard, F. Béringier, M. Doisy, S. Früst, N. Hamet, J F. Lelong, J. Pallas, M A. The procedure of updating the vehicle noise emission values of the French "Guide du Bruit". *Euronoise 2005*
- [6] [www.ecudap.com](http://www.ecudap.com)