

COMPARATIVA DE MÉTODOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONFLICTO (HOT SPOTS). CASO DE ESTUDIO: A-376 SEVILLA-UTRERA

PACS: 43.50 Lj

Serrano Fernández, José María ⁽¹⁾; Hernández Molina, Ricardo ⁽¹⁾; Cueto Ancela, José Luís ⁽¹⁾; López Santos, Fernando ⁽²⁾.

LABORATORIO INGENIERÍA ACÚSTICA UNIVERSIDAD DE CÁDIZ ⁽¹⁾

Campus de Puerto Real (CASEM); Polígono Rio S. Pedro s/n

11515 – PUERTO REAL (CÁDIZ)

Tel/Fax: 956016051, E-Mail: ricardo.hernandez@uca.es; joseluis.cueto@uca.es

SINCOSUR INGENIERIA SOSTENIBLE, S.L. ⁽²⁾

Dirección: Avda. San Francisco Javier, nº 9, Edif. Sevilla 2, Plta. 5ª, Mód. 27-28; CP 41018

Población: SEVILLA, País: ESPAÑA

Tel: 954510031, Fax: 954250684, E-Mail: flopez@sincosur.es

ABSTRACT:

Hot Spots are the areas where people are exposed to noise exceeding a defined limit. There are now a variety of methods and rating values, based on the data obtained in the Strategic Noise Maps, which enable us to identify these areas and quantify the exposed population. A comparative study of some of these methods is presented, applied to the same scope, in order to obtain some conclusions about the strengths and weaknesses of each one.

RESUMEN:

Los puntos de conflicto son las áreas en las que existen niveles sonoros que superan los valores límite establecidos. Existen en la actualidad una variedad de métodos e índices que, a partir de los datos obtenidos en el Mapa Estratégico de Ruidos, nos permiten identificar los puntos de conflicto (*hot spots*) y cuantificar la población expuesta.

Se presenta un estudio comparativo de algunos de estos métodos, aplicados a un mismo ámbito, el caso de estudio de la A-376, para intentar obtener alguna conclusión acerca de las bondades y debilidades de cada uno de ellos.

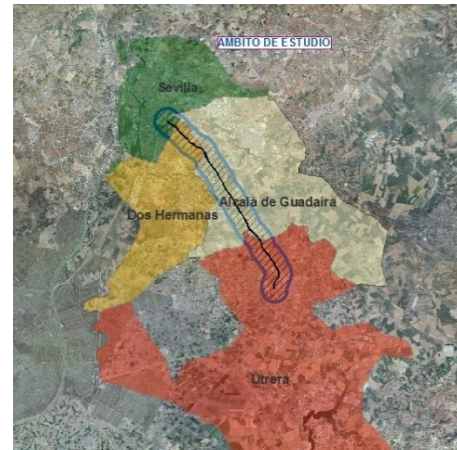
1.- INTRODUCCIÓN

En el marco de la política de la Comunidad Europea con respecto a la protección del medio ambiente y de la salud, se desarrolló la Directiva 2002/49/CE sobre evaluación y gestión del ruido ambiental [1] (*Environmental Noise Directive*, END), que en su Anexo VI requiere que se comunique a la Comisión, *el número estimado de personas (expresado en centenas) cuyas viviendas están expuestas a cada uno de los rangos siguientes de valores de L_{den} en dBA a una altura de 4 m sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta: (55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75)*. También indica la necesidad de realizar lo mismo para el índice L_{night} , en los rangos (50-54, 55-59, 60-64, 65-69, >70)

A partir de la realización del Mapa Estratégico de Ruidos, es necesario el desarrollo de los convenientes Planes de Acción que nos lleven a una reducción de la cantidad de personas expuestas a niveles elevados de ruido. En ese punto parece deseable una categorización de los puntos de conflicto (*hot-spots*), para señalar una priorización en la localización de las actuaciones necesarias.

2.- CASO DE ESTUDIO

Se va a analizar la situación acústica provocada por la carretera A-376, de ámbito autonómico y 25,31 km. de longitud, delimitada por las intersecciones con la Ronda de Circunvalación de Sevilla SE-30 y la vía A-362, en la localidad de Utrera.



En sus inmediaciones encontramos varios núcleos de población: la zona sur de Sevilla, el núcleo urbano de Montequinto y las urbanizaciones de Condequinto y Torrequinto, pertenecientes a la localidad de Dos Hermanas. El área de estudio vendrá dado por un buffer de 1.500 metros a ambos lados de la vía, con una extensión de 83,107 km².

Consideramos que es un tramo de vía interesante en cuanto a afección sonora, ya que en las cercanías de la infraestructura se observan diferentes usos del suelo y de tipología de edificios. Además, existen en la actualidad tramos de barreras acústicas implantadas que creemos no son lo útiles que debieran, al estar la vía con cota elevada sobre el terreno y tratarse de una zona altamente poblada (Montequinto), con una altura considerable en los edificios.

3.- OBJETIVO

El objetivo que se persigue con la presente comunicación es el de analizar y evaluar una serie de indicadores de categorización de los puntos de conflicto, a partir de los resultados de un Mapa Estratégico de Ruido. De este modo, se tratará de llegar a una serie de conclusiones acerca de la bondad y/o debilidad de cada uno de dichos indicadores, y se propondrá un método de trabajo general, que nos ayude a tomar decisiones acerca de la priorización de los lugares de actuación para la reducción del nivel de afección por ruido de la población.

4.- METODOLOGÍA Y RESULTADOS OBTENIDOS

4.1. Comparativa Métodos Asignación de Población

La asignación de población a los edificios resulta fundamental para un correcto análisis de la afección acústica. Dependiendo del método empleado se obtendrán diferencias cuantitativas en cuanto a la población afectada, datos extraídos del mapa de fachadas.

Se han utilizado tres métodos distintos para la asignación de la población a los edificios incluidos en el ámbito de estudio. A continuación indicamos una breve interpretación de los mismos y nos basaremos en su definición y en los resultados obtenidos para la elección de un

método común, que nos sirva de base para el cálculo de los indicadores de valoración. Según recogen el R.D. 1513/2005 [3] y el R.D. 1367/2007 [4], por los que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental y a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, respectivamente, se establecen unos valores límite de inmisión de ruido en función del tipo de área acústica y del índice de ruido utilizado.

Mediante consulta de los Datos Espaciales de Referencia de Andalucía (DERA), obtenidos a través del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, y realizando unas simples operaciones en un entorno SIG, se ha obtenido una población total incluida en el ámbito de estudio de 103.677 personas.

Método END

De acuerdo con la Directiva 2002/49/EC [1], se asignarán todos los habitantes de la edificación al mayor nivel de los receptores empleados, a una altura de 4 metros, en el cálculo de los niveles sonoros. Obviamente, éste es un criterio conservador, que persigue la protección contra el ruido ambiental del mayor número de personas y siempre nos devolverá un número de personas afectadas elevado.

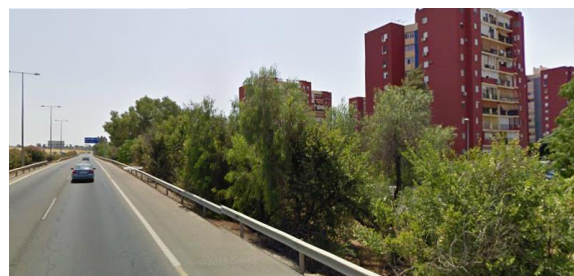
Método VBEB

Se trata del método nacional alemán [2], por el que se asigna una fracción de los habitantes a cada receptor, obtenida como el ratio entre los habitantes totales del edificio y el número de receptores colocados a 4 metros.

Método VBEB mejorado

Según el estándar europeo CNOSSOS [7], la elección de la altura de los receptores puede tener una influencia significativa en el beneficio de las medidas de mejora, tomándose la referencia de 4 metros sólo como un valor de referencia, útil por razones de consistencia. Para los planes de acción, la situación local debería ser estudiada con cuidado, considerando la altura real de todos los receptores “sensibles”.

Por este motivo, **SINCOSUR** ha desarrollado una mejora sobre el método alemán, consistente en el cálculo de los niveles de inmisión en todas las plantas de los edificios, repartiendo los receptores siguiendo las indicaciones dadas por el método VBEB, y asignando la parte proporcional de la población del edificio a cada longitud asociada a los diferentes receptores modelados en fachada. De este modo se obtiene un dato más real de la situación acústica, que tendrá en cuenta las particularidades de la zona de estudio, tales como la colocación de barreras acústicas en la cercanía de edificios de una altura considerable, o la diferencia de cota entre la infraestructura viaria y el terreno en la base del edificio, etc.



Se observa que los valores obtenidos según el último método se sitúan entre los resultantes por el método END y el VBEB. Era de esperar, ya que la vía transcurre junto a una zona densamente poblada, con el terreno ligeramente inferior a la cota de la carretera en esa zona,

afectando el ruido en alturas superiores a la primera planta. Adoptaremos, por tanto, este último método para la asignación de la población afectada.

Pobl. Afectada / % Pobl. Afectada s/ total	Franjas Sonoras (dB(A))									
	55 - 60		60 - 65		65 - 70		70 - 75		≥ 75	
MÉTODO END										
L _{den}					2.777	2,68%	358	0,35%	11	0,01%
					3.146 personas – 3,03 %					
L _{night}	3.209	3,10%	795	0,77%	32	0,03%	0	0,00%	0	0,00%
	4.036 personas – 3,89 %									
MÉTODO VBEB										
L _{den}					908	0,88%	49	0,05%	3	0,00%
					960 personas – 0,93 %					
L _{night}	1.334	1,29%	143	0,14%	7	0,01%	0	0,00%	0	0,00%
	1.484 personas – 1,43 %									
MÉTODO VBEB MEJORADO										
L _{den}					1.517	1,46%	126	0,12%	4	0,00%
					1.647 personas – 1,59 %					
L _{night}	1.826	1,76%	373	0,36%	9	0,01%	0	0,00%	0	0,00%
	2.208 personas – 2,13 %									

4.2. Indicadores de Valoración del Ruido Ambiental

Existe una extensa bibliografía al respecto, con diversos autores de reconocido prestigio, que aborda la necesidad de la aplicación de un indicador de valoración del ruido ambiental, que nos permita localizar los puntos de conflicto o *hot-spots*, útiles para el desarrollo de los planes de acción. La relación entre los niveles de ruido y el número de personas afectadas pueden ser resumidos en un simple criterio numérico.

Indicador HA

Miedema [5] recomienda el uso de una serie de relaciones para la estimación del porcentaje de altamente afectados (%HA – *percentage highly annoyed*), en base a una serie de encuestas realizadas en diferentes escenarios sometidos al ruido producido por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo. Obtuvo de este modo un modelo de dispersión, que ajustó a una fórmula polinómica, válida para tráfico rodado, que nos permite calcular el rango de ruido (*NS-Noise Score*) en un ámbito y nivel de población determinado:

$$\%HA = 9.868 \times 10^{-4} (L_{den} - 42)^3 - 1.436 \times 10^{-2} (L_{den} - 42)^2 + 0.5118 (L_{den} - 42)$$

$$NS = \sum_i n_i \cdot \frac{\%HA}{100}$$

Esta relación es sólo válida para el rango $42 \leq L_{den} \leq 75$ dB(A). Por debajo de 42 dB(A) el porcentaje se asume como nulo, y por encima de 75 dB(A) no se tiene en cuenta que un incremento del nivel sonoro en 1 dB(A) debe ser más significativo que en rangos inferiores.

Indicador NERS (*Noise Environmental Rating System*)

Este indicador ha sido desarrollado por Wolfgang Probst [6]:

$$NS = \begin{cases} \sum_i n_i \cdot 10^{0.15(L_{den,i} - 50 - dI + dL_{source})} & \text{with } L_{den,i} \leq 65 \text{ dB(A)} \\ \sum_i n_i \cdot 10^{0.30(L_{den,i} - 57.5 - dI + dL_{source})} & \text{with } L_{den,i} > 65 \text{ dB(A)} \end{cases}$$

with
NS Noise Score
n_i number of persons exposed with level L_{den,i}
L_{den,i} Noise indicator at most exposed façade at dwelling i
dI deviation of mean sound insulation of dwelling i from the mean insulation of all dwellings
dL_{source} correction that accounts for different reaction versus noise from roads, railways, aircraft and industry

Tiene en cuenta el riesgo de enfermedades inducidas por niveles sonoros superiores a 65 dB(A), por lo que el valor del indicador se incrementa exponencialmente con el incremento de nivel sonoro.

Indicador SVRA (Sistema de Valoración del Ruido Ambiental)

Se trata de una modificación del indicador anterior, ideado por el **Laboratorio de Ingeniería Acústica de la Universidad de Cádiz** [8], que pondera de diferente manera la situación diurna y nocturna, y que a su vez incluye otras variables:

$$SVRA(dia) = \sum_{f=1}^N Pob_f \cdot 10^{0,05[Ln, f_f - (65 + Fuente + Edi, f + Penaliz)]}$$

$$SVRA(noche) = \sum_{f=1}^N Pob_f \cdot 10^{0,084[Ln, f_f - (55 + Fuente + Edi, f + Penaliz)]}$$

SVRA (día/noche)	Sistema de Valoración del Ruido Ambiental (día/noche)
f	Fachadas expuestas número 1 hasta N
Pob _f	Población expuesta asociada a la fachada "f"
Ln, f y Ld, f	Indicador de ruido (entero) asociado a la fachada número "f"
Fuente	Corrección asociada a la fuente
Edi, f	Corrección asociada al edificio que tiene la fachada "f"
Penaliz	Penalización asociada a las características del ruido

4.3. Metodología Aplicada en la Obtención de los Indicadores y Resultados

Hay que tener en cuenta que no se dispondrá de toda la información que pueden admitir los indicadores NERS y SVRA en todos los casos, pero esto no implica que no se pueda realizar su cálculo. Lo común será disponer de los valores de población y nivel sonoro, que garantizan una buena estimación.

Se divide el territorio en cuadrículas de 100x100 metros, a modo de malla, que permitirá obtener una distribución homogénea de la población afectada. Así mismo, estas dimensiones permitirán la comparación con otros estudios al estar refiriéndonos a datos referenciados por hectárea. Se ha calculado el valor de cada uno de los indicadores para los receptores de todos los edificios incluidos en el ámbito de estudio. Acto seguido, se ha realizado la suma de los indicadores para cada uno de los edificios y se han caracterizado los edificios como elementos puntuales, para evitar la duplicidad de asignación de los edificios a distintos sectores del mallado.

Por último, se ha calculado el indicador en cada una de las cuadrículas, con lo que se consigue una categorización del mallado, en función del valor de cada indicador.

Hemos seguidos tres criterios distintos de aplicación de rangos, para poder analizar la consistencia de los indicadores frente a dichos criterios:

1. Según Probst [6], hemos dividido el intervalo [NS_{min}, NS_{max}] en los siguientes subintervalos [NS_{min}, 0.1*NS_{max}], [0.1*NS_{max}, 0.9*NS_{max}] y (0.9*NS_{max}, NS_{max}], que se representarán en un código de colores conveniente.





HA:
Máx: 1 cuadrícula, 669 hab.
Med: 56 cuad., 15.860 hab.

SVRA_DIA:
Máx: 1 cuadrícula, 669 hab.
Med: 39 cuad., 12.404 hab.

SVRA_NOCHE:
Máx: 1 cuadrícula, 669 hab.
Med: 23 cuad., 6.327 hab.

NERS:
Máx: 2 cuad., 25 hab.
Med: 11 cuad., 2.693 hab.

NERS reorganizado:
Máx: 4 cuad., (1540 + 25) hab.
Med: 14 cuad., 2.176 hab.

2. Siguiendo las indicaciones de Petz y Stenman [9], los tramos elegidos para establecer prioridades son $[NS_{min}, 0.5 \cdot NS_{max}]$, $[0.5 \cdot NS_{max}, 0.9 \cdot NS_{max}]$ y $(0.9 \cdot NS_{max}, NS_{max}]$.



HA:
Máx: 1 cuadrícula, 669 hab.
Med: 2 cuad., 943 hab.

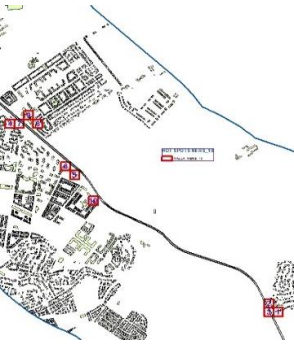
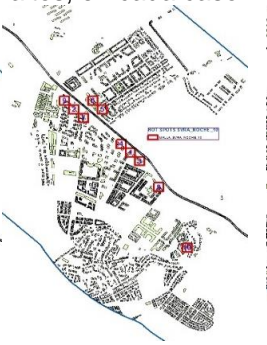
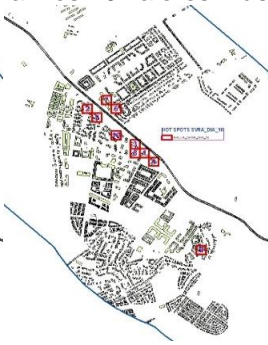
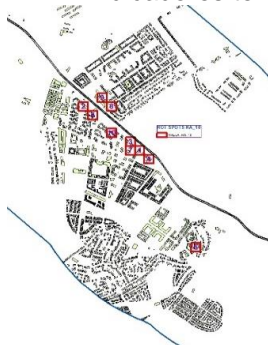
SVRA_DIA:
Máx: 1 cuadrícula, 669 hab.
Med: 2 cuad., 943 hab.

SVRA_NOCHE:
Máx: 1 cuadrícula, 669 hab.
Med: 2 cuad., 869 hab.

NERS:
Máx: 2 cuad., 25 hab.
Med: 0 hab.

NERS reorganizado:
Máx: 4 cuad., (1540 + 25) hab.
Med: 3 cuad., 526 hab.

3. Por último, se han tomado directamente las cuadrículas en las que cada uno de los indicadores tenían los 10 valores más altos, en cada caso.



HA: Habitantes: 4.243

SVRA DÍA: Habitantes: 4.243

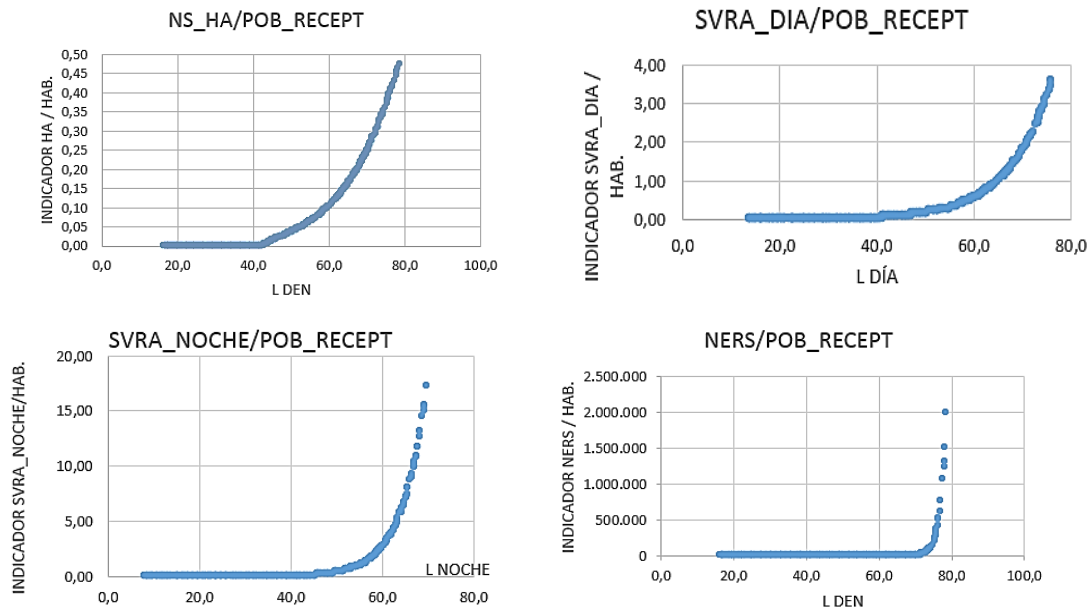
SVRA NOCHE: Hab: 3.856

NERS: Hab: 2.220

Nº ORDEN	CUADRICULA MALLA	HABITANTES	INDICADOR HA	CUADRICULA MALLA	HABITANTES	INDICADOR SVRA_DIA	CUADRICULA MALLA	HABITANTES	INDICADOR SVRA_NOCHE	CUADRICULA MALLA	HABITANTES	INDICADOR NERS
1	33450	669	95.78605274	33450	669	442.3999598	33450	669	796.561101	30515	20	972685.193
2	34314	567	72.78671589	34314	567	350.7458255	34314	567	701.582964	30688	5	887113.516
3	33623	376	50.17023398	33623	376	235.3033648	33277	302	432.986774	30614	2	445200.301
4	33277	302	44.91311819	33277	302	211.5440177	33623	376	394.49397	34314	567	439782.273
5	34141	395	40.05889612	34141	395	175.2143079	34317	244	290.128124	33277	302	433206.856
6	31542	679	39.10744296	34317	244	141.2186429	34490	264	268.577157	33450	669	408115.596
7	33449	390	32.69725774	34490	264	138.4145759	34141	395	258.870961	34315	18	367794.617
8	34317	244	32.09717617	33449	390	135.9238235	32757	129	202.864476	34317	244	356103.904
9	34490	264	30.9935324	31542	679	128.0886986	34487	231	177.246587	34490	264	242728.025
10	33795	357	29.69251808	33795	357	124.4320039	31542	679	170.395411	32757	129	178032.032
		4243			4243			3856			2220	

5.- CONCLUSIONES

Representando gráficamente, por habitante, cada uno de los indicadores, se puede observar la dependencia exponencial del nivel sonoro de los índices SVRA y NERS.



Se pueden extraer una serie de conclusiones a la vista de los resultados:

- El uso de los indicadores HA, SVRA (día) y SVRA (noche) son métodos consistentes con el criterio de catalogación según intervalos. Se estima que son muy útiles para establecer prioridades máximas en cuanto a las zonas de futura actuación, y arrojan resultados muy parecidos.
- El indicador NERS da una mayor relevancia a las zonas en las que los niveles de inmisión son más altos, lo cual puede dar lugar a una dispersión de los datos obtenidos.
- Haciendo uso del SVRA (noche) ponemos el foco de atención sobre la posible alteración del sueño, efecto que no tratan el resto de indicadores.
- El uso de la división en intervalos propuesta por Petz y Stenman no parece representativo de la situación sonora para nuestro caso de estudio, pues incluye la mayoría del mallado en la categoría de menor urgencia, por lo que se podría pasar por alto alguna zona en la que sí es necesaria una actuación.

Desventajas:

- Ninguno de los indicadores ha tenido en cuenta la existencia de viviendas unifamiliares dispersas o en pequeñas urbanizaciones en las que se superan el Objetivo de Calidad Acústica de 65 dB(A). El motivo es la baja asignación de población a dichas viviendas, ya que afectan a sólo una parte de la fachada, y a un nivel inferior a 70 dB(A).
- El indicador HA no viene bien definido para valores superiores a 75 dB(A).

Metodología propuesta:

A la luz de los resultados, se propone como un método válido de localización de puntos de conflicto (*hot spots*):

- Utilizar los indicadores SVRA y NERS, atendiendo a las posibles diferencias entre los puntos de conflicto obtenidos en ambos métodos, pues el indicador NERS nos va a focalizar en los puntos de mayor inmisión sonora. Si es necesario, se recalculará el NERS sin tener en cuenta los puntos de mayor valor que aporten una gran dispersión en la distribución de los resultados, aunque se deberán tener en cuenta posteriormente.
- El indicador SVRA noche nos da una buena medida de los puntos de conflicto en cuanto a la alteración del sueño en la zona.
- Se debe tener en cuenta la posibilidad de viviendas aisladas sometidas a niveles moderadamente superiores al OCA.

La clasificación obtenida nos puede servir como punto de partida para la elaboración de un Plan de Acción, localizando los lugares con mayor urgencia de actuación para mitigar los altos niveles de inmisión sonora debidos a la proximidad de una infraestructura viaria.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] **DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO (END) Y DEL CONSEJO** de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [2] German Regulation: **Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB)**, Federal Ministry of the Environment (07.02.2007)
- [3] **R.D. 1513/2005**, de 16 de noviembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [4] **RD 1367/2007**, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.
- [5] H. M. E. Miedema, H. C. Borst, **Rating environmental noise on the basis of noise maps**. Deliverable D 1.5 - TIP4-CT-2005-516420. EC-project Quiet City. Febrero 2005.
- [6] W. Probst, M. Petz, **Noise mapping, hot spot detection and action planning – an approach developed in the frame of the EC-project Quiet City**. INTER-NOISE 2007. Istanbul, Turkey.
- [7] S. Kephelopoulos, M. Paviotti, F. A.-Lédée, **Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU) to be used by the EU Member States for strategic noise mapping following adoption as specified in the Environmental Noise Directive 2002/49/EC**. JRC European Commission Reference Reports, 2012.
- [8] J.L. Cueto, F. López, R. Hernández, F. Martínez, D. Sales, R. Gey, **Sistema de gestión ambiental del ruido de las infraestructuras de transporte de Andalucía**, VIII Congreso Ibero-americano de Acústica, Évora – Portugal – 2012.
- [9] M. Petz, A. Stenman, P. Malm, G. Desanghere, **Detailed diagnostic of specific hot spots related to the particular attention areas of each site and related to people complaints**. Deliverable D 1.2 - TIP4-CT-2005-516420. EC-project Quiet City. Febrero 2006.