

ESTUDIO COMPARATIVO DE METODOLOGÍAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN AFECTADA POR RUIDO AMBIENTAL EN ENTORNOS URBANOS

PACS: 43.50.

Peral-Orts, Ramón; Muñoz-Peñarrubia, Rosalía; Campello-Vicente, Héctor; Campillo-Davó, Nuria; Velasco-Sánchez, Emilio
Universidad Miguel Hernández de Elche
Av. Universidad s/n. 03202 Elche. España
Telf.: 966 658 579. Fax: 966 658 928
ramon.peral@umh.es

ABSTRACT

The Directive 2002/49/EC establishes the need to estimate the number of people exposed to L_{den} exceeding the limits fixed by the current legislation. At present, there is not only one standardized method to determine the population exposed to noise and the alternatives offered in the bibliography are very disparate. In turn, none of these methods establish the population exposed and their real link with sound levels without a significant degree of uncertainty.

This work is intended to show the results obtained after analyzing three methodologies and it describes the technical difficulties that they entail, as well as the deviation implicit in their results.

RESUMEN

La Directiva 2002/49/EC establece la necesidad de estimar el número de personas expuestas a L_{den} superiores a los límites marcados por la legislación vigente. Actualmente, no existe un único método estandarizado para determinar la población expuesta y son muy dispares las alternativas que proporciona la bibliografía. A su vez, ninguno permite establecer, sin un significativo grado de incertidumbre, la población expuesta y su vinculación real con los niveles sonoros.

El presente trabajo muestra los resultados obtenidos al analizar tres metodologías y establece las dificultades técnicas que entraña cada una de ellas, así como la desviación implícita en sus resultados.

1. INTRODUCCIÓN

Las exigencias fijadas por la legislación comunitaria, estatal y autonómica obligan a un importante número de municipios españoles a confeccionar, evaluar e interpretar los mapas acústicos (o estratégicos de ruido) siguiendo las pautas y directrices marcadas por estos mismos textos legislativos.

El estudio de los niveles de inmisión sonora en un determinado municipio se presenta como la forma más apropiada para determinar el grado de impacto sonoro existente en el mismo debido a la presencia de diferentes focos sonoros. Como resultado de estos estudios, se obtienen

mapas acústicos de la población en los que se recoge de forma gráfica la presencia de las líneas de mismo nivel sonoro o isolíneas. Considerando que estos estudios están focalizados en un grupo de personas potencialmente afectadas por el ruido, los niveles de contaminación acústica están fuertemente correlacionados con la cantidad de personas afectadas por el ruido a través de los índices de ruido de uso general. Es por ello que la Directiva Europea 2002/49/EC (Environmental Noise Directive, END) requiere, en su Anexo VI, *la estimación del número 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 metros sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta (55-59, 60-64, 65-69, 70-74, >75)*. Del mismo modo, presenta la necesidad de realizar la misma estimación para el índice L_{night} .

Las diferentes guías de trabajo y documentos técnicos establecen pautas para la caracterización de las fuentes de ruido, la modelización de las mismas y la obtención de los mapas resultantes. Esta estandarización de la metodología a seguir para la confección de un mapa acústico, no resulta tan evidente a la hora de definir un método para la estimación del número de personas afectadas por los niveles captados en el mismo. En la actualidad, diferentes guías, normas y estudios de investigación han desarrollado metodologías para la estimación, pero no han conseguido concretar algunos aspectos:

- El grado de desviación de los resultados en función de la metodología empleada.
- El coste temporal y humano de la implementación de los diferentes métodos.
- Las hipótesis o aproximaciones validas a considerar ante la falta de información de la población afectada (datos de catastro u horario de uso de las estancias).

Con el presente estudio se persigue aportar información práctica que permita evaluar estas cuestiones, empleando diferentes metodologías sobre un entorno urbano real del municipio de Elche.

2. OBJETIVO

El objetivo que se persigue con el presente artículo es analizar y evaluar de una forma teórico-práctica los diferentes métodos existentes para la estimación de la población afectada por el ruido ambiental a partir de los resultados de un Mapa Estratégico de Ruido. Tras estudiar las diferentes metodologías empleadas para este propósito y seleccionar aquellas aplicables al presente trabajo se analizará:

- La aplicabilidad de las diferentes metodologías a entornos urbanos residenciales.
- Las diferencias existentes en los resultados obtenidos con cada una de las metodologías en una zona urbana residencial de municipio de Elche, evaluándose el coste temporal de la aplicación de cada uno de los métodos desarrollados.

3. MÉTODOS PARA LA ESTIMACIÓN DE HABITANTES AFECTADOS POR RUIDO AMBIENTAL

Para determinar los métodos más apropiados en el proceso de estimación de población expuesta en un entorno urbano, se llevó a cabo un exhaustivo estudio del estado del arte, en el cual se revisó normativa, guías de actuación y diferentes artículos de investigación relacionados con esta temática.

Los métodos extraídos de este análisis inicial fueron:

Método Alemán VBEB.

Mediante este método de cálculo es posible determinar de forma preliminar el número de personas expuestas al ruido ambiental (Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB) [1]), pudiéndose diferenciar entre zonas, número de viviendas, escuelas y hospitales dentro del mapa de ruido.

Este método de cálculo se basa en una norma *VDI* (Asociación de Ingenieros Alemanes), adaptada a las exigencias de 34th Federal Inmmision Control Ordinance y el los Anexos I, IV y VI de la Directiva 2002/49/EC. A su vez, las pautas establecidas por el mismo son recogidas en la Guía de Buenas Prácticas para los Mapas de Ruido Estratégico y la Producción de Datos Asociados con la Exposición al Ruido [2].

Este método trabaja con varios puntos de estimación de los niveles en una misma fachada¹ y recomienda trabajar con los niveles sonoros de cada vivienda a la altura en la que se encuentra (aplicando el número de personas por planta de cada uno de los edificios). A su vez, la metodología contempla la posibilidad de ser aplicada sin conocer el número de personas que habitan en la zona objeto de estudio, por este motivo se ha implementado el método para dos supuestos:

- 1) **Método VBEB Estimados:** Donde el número de habitantes no se conoce, pero si la superficie de vivienda por habitante para diferentes puntos de referencia.
- 2) **Método VBEB Reales:** Donde el número de habitantes está disponible a partir de los datos censados por la administración.

Método END:

Este método se extrae directamente de las indicaciones recogidas en la Directiva sobre Ruido Ambiental, 49/2002/CE. Por lo tanto, su implementación requiere la asignación, a los habitantes de una vivienda, de los niveles de ruido máximos existentes, a 4 metros por encima del suelo, en la fachada más expuesta del edificio.

Método GRID:

Este método implica la asignación del nivel de ruido en el punto de malla más cercano obtenido a través del mapa estratégico de ruido, a 4 metros del suelo. Este punto por lo tanto no se encontrará sobre la fachada, pero si deberá ser el mas cercano a la misma de entre los receptores de la malla.

Diferentes grupos de investigación han empleado estas metodologías para la estimación de población afectada, garantizando así la validez de las mismas [3][4].

Cabe destacar que el método para la obtención de los niveles sonoros en las distintas metodologías, sigue dos vertientes:

- *Cálculo de puntos directamente en el receptor (métodos VBEB y END).* Los puntos son medidos directamente en fachada, evitando así la existencia de reflexiones causadas por la misma.
- *Interpolación en la malla calculada (método GRID).* Los puntos empleados para el cálculo, en este caso, corresponden a la malla que integra el mapa sonoro (no es necesario un cálculo a través del software de predicción específico para obtenerlos).

4. ZONA PARA LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO

Elche es una ciudad localizada en la provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana, cuyo término municipal limita al Este con el mar Mediterráneo y la localidad de Santa Pola, al Sur con los términos municipales de Guardamar del Segura y San Fulgencio, al Oeste con los municipios de Dolores y Crevillente y al Norte con las localidades de Aspe, Monforte del Cid y

¹ Los puntos de estimación en cada fachada dependerán de sus dimensiones (un punto entre 2,5 y 5 metros lineales de fachada)

Alicante. Elche es la capital de la comarca del Baix Vinalopó y cuenta con una extensión de 326,07km², situada a una altura media de 86m sobre el nivel del mar según datos del Instituto Geográfico Nacional. La ciudad cuenta con una población de 230.354 habitantes (según el Instituto Nacional de Estadística, INE 2011), de los cuales 190.142 habitantes se localizan en el casco urbano mientras que el resto se encuentra en las partidas rurales y pedanías del municipio.



Figura 1. Casco urbano de la ciudad de Elche y localización de la zona objeto de estudio, Barrio de Altavix

El presente trabajo ha sido realizado para el barrio de Altavix, el cual cuenta con una extensión de 450.000 m², ver Figura 1. Altavix es la zona que cubre el territorio del casco urbano al este del palmeral histórico y se sitúa al norte de la Avenida de Alicante, trazado urbano de la Carretera Nacional 340. Esta es la zona actual de ensanche por excelencia, por consiguiente la que más población ha ganado en las últimas décadas. Además cuenta con edificios culturales, edificios de educación, edificios de sanidad y zonas verdes.

5. DESARROLLO DE LAS METODOLOGÍAS ESTUDIADAS

Aunque las tres metodologías muestran particularidades, todas ellas presentan una preparación común de aspectos generales previos para la obtención de los puntos de los cuales se extraerán los valores de exposición de la población. La Figura 2 muestra el diagrama de flujo en el que se resumen estos pasos comunes. Para la obtención de los niveles sonoros se ha empleado el software de predicción Predictor Type 7810 V6.0, de Bruel&Kjaer.

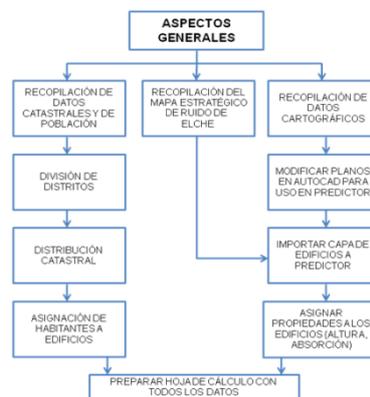


Figura 2. Diagrama de flujo con los pasos previos realizados en todas las metodologías

Una vez obtenida la base de datos con los valores de los puntos obtenidos en la simulación, se procede a aplicar las diferentes metodologías, siguiendo las directrices establecidas en la bibliografía consultada. La Figura 3 muestra los diagramas de las dos versiones del método VBEB. Ambas variantes del método presentan un alto coste temporal tanto para conseguir la estimación de habitantes, como para realizar asignación de niveles a la población.

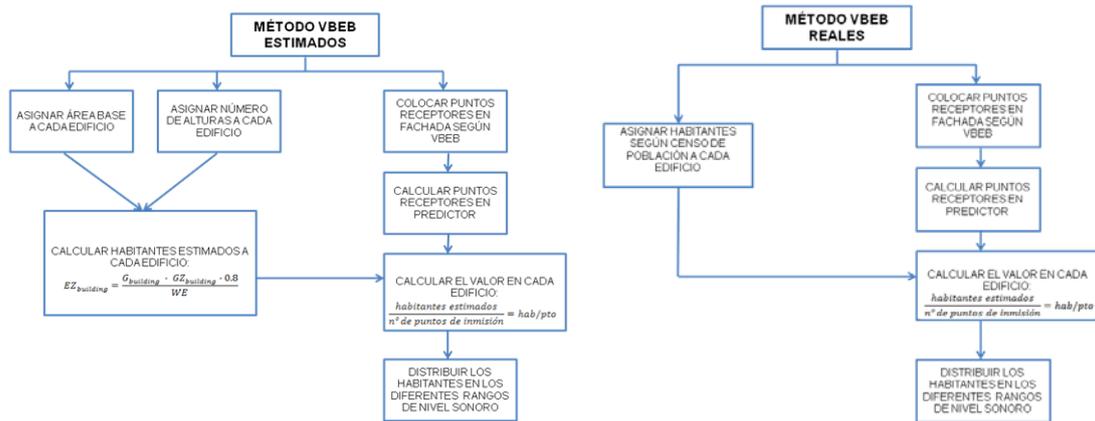


Figura 3. Diagramas de flujos con los pasos seguidos para la implementación del método VBEB Estimados y Reales

Siguiendo los diagramas de la Figura 4 se obtiene la población afectada por la misma realidad sonora por el método GRID y END. Es importante destacar la necesidad del manejo de un software GIS para el método GRID y la implementación de un protocolo que sea capaz de detectar el punto de la malla más próximo, en distancia absoluta, a cada una de las fachadas.

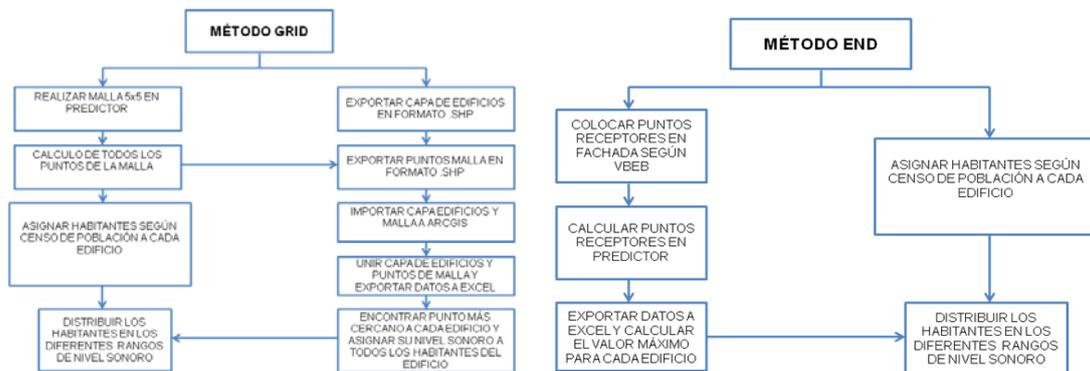


Figura 4. Diagramas de flujos con los pasos seguidos para la implementación de los métodos GRID y END

6. RESULTADOS

6.1. Comparativa VBEB Estimados y VBEB Reales

Inicialmente se procedió a analizar los resultados obtenidos empleando el método VBEB estimando la población residente en el área objeto de estudio y el mismo método con los datos de población por edificio conocidos. La Tabla 1 muestra como la estimación de población que realiza el método incrementa en un 25,96% la cantidad de población en la zona.

Tabla 1. Resultados de la aplicación de los métodos VBEB Estimados y VBEB Reales

| Franjas sonoras (dBA) | VBEB Estimados | | VBEB Reales | |
|-----------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| | L_{den} | L_{night} | L_{den} | L_{night} |
| <50 | 363 | 1.228 | 279 | 866 |
| 50-55 | 171 | 5.628 | 132 | 4.208 |
| 55-60 | 1.202 | 7.290 | 902 | 5.481 |
| 60-65 | 8.076 | 2.370 | 6004 | 1.676 |
| 65-70 | 5.820 | 0 | 4262 | 0 |
| 70-75 | 884 | 0 | 653 | 0 |
| >75 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL: | 16516 | 16516 | 12232 | 12232 |

Incremento población total **25,96%**

Para cuantificar el grado de afección del método estimado sobre el porcentaje de población y suponiendo conocido el total de población del área de estudio y no la población pormenorizada, habitantes por edificio, se realizaron los cálculos para una tercera alternativa, VBEB Estimados corregido con población total.

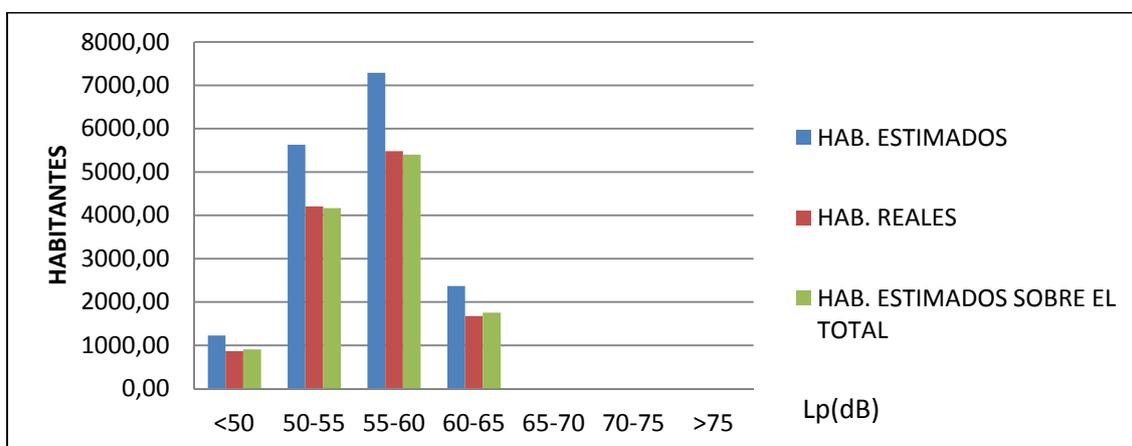


Figura 5. Resultados de L_{night} de las tres alternativas del método VBEB Estudiados

Como se muestra en la Figura 5, este método resulta una alternativa viable para aquellos supuestos en los que no se conoce la población por edificación (pero si el área) y si se dispone de la población total de una determinada área urbana (o un municipio completo).

6.2. Comparativa VBEB, GRID y END

Para realizar la comparativa de los métodos de las dos opciones realizadas mediante el método VBEB se ha elegido únicamente la opción que calcula los habitantes afectados por el ruido en sus viviendas conociendo los datos del censo de población, método VBEB habitantes reales, ya que tanto el método GRID como el método END utiliza el mismo valor de población.

Tabla 2. Resultados obtenidos de la aplicación de los tres métodos, Habitantes afectados para el índice L_{night} . Porcentaje de habitantes afectados para el índice L_{night}

| Franjas sonoras (dBA) | VBEB | | | | GRID | | | | END | | | |
|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | L_{den} | | L_{night} | | L_{den} | | L_{night} | | L_{den} | | L_{night} | |
| | Hab. | % |
| <50 | 279 | 2,28 | 867 | 7,09 | 0 | 0 | 448 | 3,66 | 0 | 0 | 256 | 2,09 |
| 50-55 | 133 | 1,08 | 4.208 | 34,40 | 92 | 0,75 | 3.770 | 30,82 | 0 | 0 | 3.322 | 27,16 |
| 55-60 | 902 | 7,37 | 5.481 | 44,81 | 673 | 5,50 | 5.618 | 45,93 | 548 | 4,48 | 5.961 | 48,73 |
| 60-65 | 6.004 | 49,09 | 1.676 | 13,71 | 4.734 | 38,70 | 2.363 | 19,32 | 4.758 | 38,90 | 2.693 | 22,02 |
| 65-70 | 4.262 | 34,84 | 0 | 0 | 5.333 | 43,60 | 33 | 0,27 | 5.642 | 46,12 | 0 | 0 |
| 70-75 | 653 | 5,34 | 0 | 0 | 1.367 | 11,18 | 0 | 0 | 1.284 | 10,50 | 0 | 0 |
| >75 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 | 0,27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTAL: | 12.232 | 100 | 12.232 | 100 | 12.232 | 100 | 12.232 | 100 | 12.232 | 100 | 12.232 | 100 |
| > Calidad | 4.915 | 40 | 7.157 | 59 | 6.733 | 55 | 8.014 | 66 | 6.926 | 57 | 8.654 | 71 |

La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos referentes a la población estimada y los porcentajes de la misma empleando las diferentes metodologías descritas en el apartado anterior. Las conclusiones que se pueden extraer son muy similares si se emplea el índice L_{den} o el L_{night} .

El Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas establece en el Anexo II los objetivos de calidad acústica para suelo de uso residencial un valor L_{night} de 55 dBA. Si marcamos este valor como objetivo de calidad acústica, todos los métodos analizados muestran más de un 50% de la población por encima de este valor, siendo el porcentaje de habitantes afectados por el ruido para un nivel sonoro mayor de 55 dBA de 59% para el método VBEB, 66% para el método GRID y 71% para el método END.

Tal y como se predecía anteriormente, el método END asigna una mayor cantidad de habitantes a los mayores niveles sonoros si lo comparamos con el resto de los métodos. Esto es debido a que utiliza un único valor sonoro (nivel máximo) de la fachada más expuesta. Como resultado, sólo un 29,25% de la población afectada estudiada mediante este método se encuentra por debajo del límite de calidad acústica.

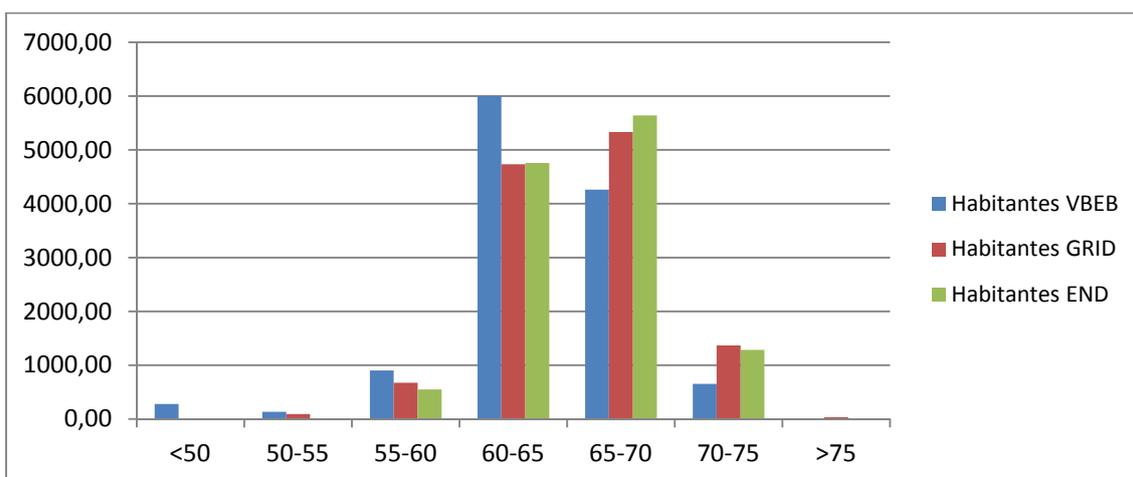


Figura 6. Comparativa de resultados de los habitantes afectados por los niveles sonoros L_{den}

Realizando el mismo análisis para el índice L_{den} , la legislación establece 65 dBA como valor de calidad acústica para suelo de uso residencial en. Siguiendo este referente, los métodos GRID y END muestran más de un 50% de la población fuera de este requerimiento de calidad acústica. En cuanto al método VBEB, muestra un 40% de la población por encima de este valor límite. Esto es debido a que realiza un reparto de los habitantes mucho más elaborado, detallado y, a priori, más cercano a la exposición real de la población estudiada².

Para los rangos de niveles sonoros menores, el método END apenas asigna habitantes a estos rangos, ya que casi toda la población la reparte en los valores más expuestos y por tanto muestra únicamente un 4,48% de la población por debajo del valor de 60 dBA.

7. CONCLUSIONES

Como se estableció tras la revisión bibliográfica, no existe un método estandarizado para determinar la exposición de la población de un municipio a niveles sonoros superiores a los fijados por la legislación vigente. Tras el análisis de diferentes metodologías existentes y según los resultados obtenidos, ver Tabla 3, se puede establecer que:

- El método que proporciona menos porcentaje de población expuesta es el método VBEB, por contra este método es el que mayor tiempo de ejecución, y por lo tanto coste, exige. Al trabajar con varios valores en una misma fachada y datos de población precisa en los edificios, refleja de forma fidedigna la realidad sonora de la zona estudiada².
- El método GRID da resultados aproximados, pero al asignar a todos los habitantes del edificio el mismo valor no hace una distribución precisa. Además, las exigencias

² Resultados en proceso de verificación a través de sondeos de población

requeridas por el manejo de una plataforma GIS y su posterior tratamiento puede ser un inconveniente.

- El método END es el menos que proporciona porcentaje de exposición mayores, puesto que asigna a todos los habitantes del edificio el valor de la fachada más expuesta. Debido a que este método es el más rápido de calcular, se recomienda emplearlo como una primera aproximación para seleccionar las zonas de riesgo y una vez seleccionadas profundizar más en el estudio aplicando el método VBEB si se dispone de los datos de población precisos. Su reducido coste de ejecución puede justificar este tipo de actuaciones.
- En la actualidad se está trabajando en el desarrollo de una metodología alternativa capaz de, a través de la información proporcionada por el mapa sonoro y muestreos de población consigan resultados aceptables con un coste de ejecución mínimo.

Tabla 3. Valoración de las metodologías empleadas

| | VBEB | | GRID | END |
|-------------------------|--|--|---|--|
| | ESTIMADOS | REALES | | |
| requisitos previos | Área y nº de plantas de cada edificio (m ²) Espacio de vivienda por habitante (m ² /hab) | Información de habitantes precisa | Mapa acústico Información de habitantes precisa. Cálculo de los puntos del grid. Nº de puntos del GRID | Mapa acústico Información de habitantes precisa. Cálculo de los puntos receptores en fachada |
| software requeridos | Software de predicción Autocad o similar Hoja de Cálculo (tipo Excel) | | Software de predicción Autocad o similar H. de Cálculo (tip. Excel) Programa GIS | Software de predicción Autocad o similar H. de Cálculo (tip. Excel) |
| ventajas | Capaz de estimar habitantes afectados en ausencia de datos | reparto de habitantes según receptores en edificio | Sin puntos receptores en la fachada, cálculo de malla sencillo. | Método rápido. Aproximación previa de zonas de riesgo. |
| inconvenientes | Dificultad para estimar habitantes, importante desviación de resultados | Importante carga computacional para reparto de habitantes afectados. | Procesado final a través de programa GIS. Aumenta tiempo de trabajo. | Es impreciso y no representa la exposición real de la población al ruido. |
| coste de implementación | 211 horas trabajo | 180 horas trabajo | 160 horas trabajo | 120 horas trabajo |
| Fiabilidad resultados | Baja en habitantes estimados Alta en % de población expuesta | Alta en valor de habitantes y % de población expuesta | Media en valor de habitantes y % de población expuesta | Media en valor de habitantes y % de población expuesta |

8. REFERENCIAS

[1] Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB). *Preliminary Calculation Method for Determination of the Number of Persons Exposed to Environmental Noise*. Federal German Gazette of 20th April 2007.

[2] European Commission Working Group: Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). *Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure*. Version 2, 47-48, 88-90, 2006.

[3] Arana, M.; San Martín, R.; Nagore, I.; Pérez, D. *Using noise mapping to evaluate the percentage of people affected by noise*, Acta Acustica united with Acustica, 95(3), 550-554, 2009.

[4] Licitra, G.; Ascari, E.; Brambilla, G. *Comparative analysis of methods to evaluate noise exposure and annoyance of people*. ICA 2010. Acta Acustica United with Acustica.