

# MAPAS ESTRATÉGICOS DE RUIDO DE CARRETERAS: ANÁLISIS DE CRITERIOS TÉCNICOS EN CASO CONCRETO DE LA PROVINCIA DE VALENCIA

Tomé Junciel, Rafael; Martín López, Beatriz; Lorente González, Inmaculada

([tome@naeacustica.com](mailto:tome@naeacustica.com), [bmartin@naeacustica.com](mailto:bmartin@naeacustica.com), [ilorente@naeacustica.com](mailto:ilorente@naeacustica.com))

## Resumen

Los mapas estratégicos de ruido pretenden evaluar la afección de las fuentes de ruido predominantes en la sociedad en la actualidad. Una vez realizados los mapas de España de acuerdo a la petición de la Comunidad Europea de las carreteras con más de 6 millones de vehículos al año, quedan por definir los planes de acción para mitigar las zonas afectadas. En este artículo se presentan las distintas fases del proceso de la ejecución del mapa estratégico de ruido de Valencia realizado en colaboración de la especialista NAE ACUSTICA con la adjudicataria ESTEYCO. Criterios de evaluación de población afectada, herramientas utilizadas, problemas encontrados, así como soluciones propuestas para obtener datos estadísticos fiables y representativos considerando los esfuerzos por homogeneizar los criterios de los distintos mapas realizados en España basándonos en criterios del Ministerio de Fomento, guía de buenas prácticas del grupo de trabajo WG-AEN y experiencia de nuestros expertos.

**Palabras-clave:** mapa, estratégicos, carretera, ruido, acústica.

## Abstract

Strategic noise maps represent the population affection due to predominant noise sources. After the Spanish maps are finished according to the European Union for roads with more than 6 millions vehicles per year, the following stage is the definition of action plans that mitigate affected areas. In this article it is described the different parts for the elaboration of the strategic noise map of Valencia province made with the collaboration of the acoustic consultancy NAE ACUSTICA and contractor ESTEYCO. This study includes the assessment criterion for affected population, used tools, found problems and proposed solutions to achieve reliable and representative statistical data, taking into account the effort to homogenize the criterion of different spanish noise maps based in the ministry ones, good practise guide WG-AEN and the experience of our experts.

**Keywords:** map, strategic, road, noise, acoustic.

## 1 Introducción

La elaboración de los mapas estratégicos de ruido pretende evaluar la exposición de ruido en ciertas áreas debida a la existencia de tráfico rodado como fuente de ruido y hacer una predicción global de esa área bajo estudio. Este proceso es laborioso y promovido por el Ministerio de Fomento que ha creado un procedimiento de control de calidad para su ejecución.

Desde la Dirección General de Carreteras se han realizado una serie de trabajos previos que han permitido disponer de una metodología básica para la realización de los mapas de ruido acorde a las exigencias de la Directiva y a la Ley del Ruido, a partir de la cual se han elaborado los Mapas Estratégicos de Ruido Básicos, escala 1:25.000, correspondientes a la Fase A, y los Mapas Estratégicos de Detalle, a escala 1:5.000, correspondientes a la Fase B.

Tomando como base de partida la información previa suministrada y analizando cada una de las carreteras que se incluyen en el estudio, se ha realizado una propuesta de Unidades de Mapa Estratégico (UME). El área de estudio se ha delimitado a partir de la longitud del tramo de carretera y en una banda con un ancho variable.

## **2 Normativa**

Tras la aprobación de la Directiva 2002/49/CE sobre Evaluación y Gestión de Ruido Ambiental, la Ley 37/2003 de Ruido y el Real Decreto 1367/2007, que desarrolla la Ley 37/2003, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, la Dirección General de Carreteras ha puesto en marcha el proceso de realización de los mapas de ruido, correspondientes a la primera fase de aplicación de la referida Directiva.

La siguiente fase es la información pública de estos estudios, tras la cual se definirán los planes de acción sobre las áreas críticas donde se encuentra un gran número de población expuesta a ruido. Como fase final se realizará el desarrollo de una estrategia europea con el objetivo de reducir el número de personas afectadas por ruido a largo plazo y políticas de reducción de ruido desde la fuente, lo que involucrará actualizaciones de los mapas de ruido ya elaborados en la fase primera.

## **3 Fases del estudio**

Las fases del estudio engloban tareas como la definición del modelo a partir de los datos de entrada, la generación del modelo digital, el cálculo de los mapas y la evaluación de los resultados.

La definición del modelo engloba la recopilación de toda la información de la zona de estudio asociada a edificios, en concreto residenciales y sensibles (sanitarios y educativos), datos básicos de tráfico, cartográficos, de carreteras, zonificación acústica...

El software utilizado para la realización de los modelos tridimensionales para los cálculos matemáticos de propagación de ruido en ambiente exterior para la ejecución de los mapas estratégicos de ruidos es CADNA A Versión 3.6 (DATAKUSTIK GMBH). El análisis de los datos obtenidos se realiza mediante el programa informático de tratamiento de la información geográfica ArcView Versión 9.0 (ESRI). Los datos base para la creación del modelo digital son la topografía, la plataforma y los edificios entre otros.

Para caracterizar las fuentes de ruido de tráfico se utiliza el Método Francés, NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB), mencionado en el “Arrêté du mai 1995 relatif au bruit des infrastructures routières, Journal officiel du 10 mai 1995, article 6” y en la norma francesa “XPS 31-133” a partir de valores de Nº de vehículos en cada periodo (día, tarde y noche), porcentaje de pesados para cada periodo, velocidades medias en cada periodo para pesados y ligeros, tipo de tráfico (fluido, pulsado, acelerado, decelerado), ancho de la vía así como el tipo de firme.

Se consideran también las propiedades del suelo, asignando los parámetros del factor de suelo correspondientes para considerar los efectos de absorción y atenuación acústica, así como los obstáculos y las condiciones meteorológicas.

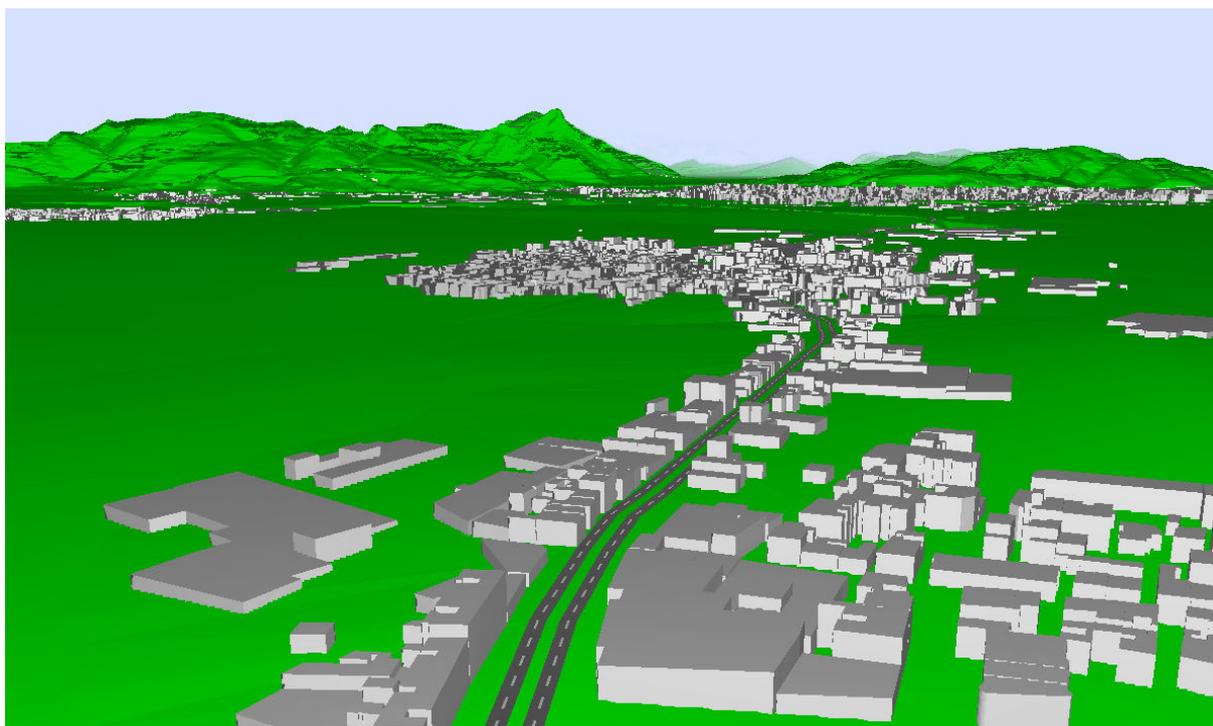


Ilustración 1 – Vista 3D del modelo de simulación acústica

Los mapas realizados en la Fase A se corresponden con la escala de trabajo 1:25.000, con información de curvas de nivel cada 10 m. A partir de la cartografía y los diversos datos de entrada se ha generado el modelo digital para el cálculo en una malla de 30 m, que para los núcleos de población se ha reducido a 15 m a una altura de 4 m. Se han configurado los márgenes horarios en función de las definiciones de los evaluadores acústicos  $L_{den}$ ,  $L_{día}$ ,  $L_{tarde}$ ,  $L_{noche}$ .

Los mapas de la Fase B tienen una escala de trabajo 1: 5.000 con información de curvas de nivel cada 5 m.

Además los mapas de exposición al ruido contienen información de personas cuya vivienda está expuesta a cada uno de los rangos  $L_{den}$ ,  $L_{día}$ ,  $L_{tarde}$ ,  $L_{noche}$ .

Los mapas de afección contienen datos de superficies totales (en  $km^2$ ), expuestas a valores de  $L_{den}$ ,  $L_{día}$ ,  $L_{tarde}$ ,  $L_{noche}$ , además de isófonas correspondientes a 55, 65 y 75 dB(A) con información sobre la ubicación de las ciudades, pueblos y aglomeraciones situadas dentro de esas curvas.

#### 4 Experiencias y criterios durante el estudio

Los valores resultantes obtenidos del cálculo del mapa estratégico de ruido y su precisión depende de forma directa de los criterios que debe ir tomando la empresa consultora durante las distintas fases del trabajo.

Son varios los métodos para caracterizar adecuadamente una determinada situación acústica, así como extraer resultados de las mismas. Una herramienta de simulación debe ser cotejada y validada por un consultor experto en cada una de sus actuaciones, por lo que está en la mano del consultor elegir una u otra opción, valorando siempre el resto de factores condicionantes en el desarrollo del proyecto y estableciendo un intercambio de información continua con el Ministerio de Fomento.

En este apartado se describen algunas de las situaciones importantes, extraídas de nuestra propia experiencia, en las que el consultor debe valorar diferentes maneras de proceder durante las distintas fases del proyecto, como son por ejemplo el tratamiento de los datos de partida, modelo digital, carreteras como fuentes de ruido, metodología de análisis de resultados y definición de zonas de detalle.

#### **4.1 Datos de entrada**

La caracterización adecuada de la zona bajo estudio conlleva la laboriosa tarea previa de recopilación de información, que permita la obtención de un modelo fiable y de unos cálculos estadísticos representativos de la situación.

Es importante no limitarse únicamente a los datos recogidos de diversas fuentes, sino realizar un exhaustivo trabajo de campo que amplíe y/o corrija la información relativa a la modelización, previamente obtenida: cartografía, ancho de la plataforma en sus distintos tramos, sobreechamientos en enlaces, barreras naturales y artificiales, etc. Asimismo, una información estadística contrastada proporcionará mayor fiabilidad a los resultados.

Una de las primeras decisiones a la que debe enfrentarse el consultor son los criterios a aplicar en la unificación de todos los usos de los edificios con los que se cuenta inicialmente, de manera que queden reducidos a los especificados en el pliego.

La complejidad de esta labor versa en la coexistencia en un mismo edificio de varios usos. No existe un criterio fijo a tomar al respecto sino que será decisión de la empresa consultora diferenciar los usos mayoritarios y establecer los que se tomarán como prioritarios.

Conviene prestar especial atención a la asignación de población a edificios de uso residencial en el área bajo estudio, ya que los criterios tomados en este punto serán la base para la obtención de unos resultados estadísticos acordes a la realidad.

Según indicaciones del pliego, los datos de población y vivienda desocupada/2ª vivienda se obtendrán a partir de las secciones censales más recientes. En ocasiones, el contraste de esta información con los datos suministrados por cada Ayuntamiento muestra una gran diferencia entre ambos. En ese caso, es labor del consultor el estudio de la magnitud de dicha discordancia y la decisión de asumir, corregir o sustituir los datos censales. Cualquiera de estas opciones será válida en tanto en cuanto lo sea su justificación.

La imposibilidad de obtener información detallada sobre la ubicación exacta de las viviendas desocupadas/2ª vivienda, supone una deriva con respecto a los datos reales. El criterio más habitual es la distribución homogénea de este tipo de vivienda dentro de la sección censal.

Una vez realizada la asignación de población de manera automática en función de los habitantes por m<sup>2</sup> de superficie residencial, (según se indica en la guía de buenas prácticas del grupo de trabajo WG-AEN) y con el fin de minimizar imprecisiones debidas al redondeo, es importante una comprobación posterior que asegure que la población total asignada coincide con el dato inicial de población a asignar. En caso contrario, es tarea del consultor establecer factores de corrección que garanticen que este redondeo no provoque aumentos o disminuciones de la población repartida con respecto a los datos originales.

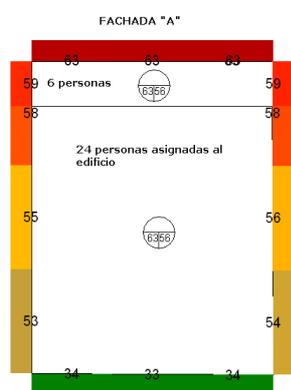
Otro punto en la asignación de la población es la información de partida sobre los edificios. Si se decide contar con la cartografía catastral se dispone de un grado de detalle excesivo para su visualización en mapa.

De la misma manera, esta escala de trabajo implica una asignación de población en fachada incorrecta, ya que en la asignación automática de población en función de la superficie residencial no existe diferencia alguna entre el tratamiento de los balcones y de las viviendas. De modo que la fachada del edificio tendrá asignada únicamente la población correspondiente al balcón, olvidando a la población del interior del edificio que no queda representada. Si no se corrige esta cuestión, la población expuesta en fachada se estará infraestimando. Dicha corrección implica una eliminación manual de los balcones o su integración automática en el edificio al que pertenece.

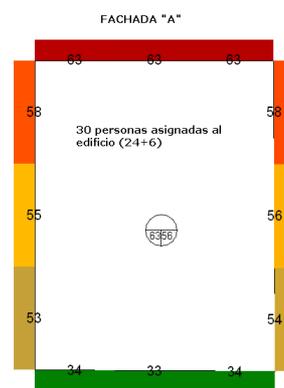
En la siguiente ilustración se muestra una comparación del número de personas expuestas teniendo en cuenta o no los balcones.

En la figura 2A se han asignado 6 personas al balcón y 24 al edificio de acuerdo a la superficie residencial de cada uno de ellos. En la fachada "A" resultarían expuestas únicamente las personas resultantes de repartir las 6 personas asignadas al balcón completo, de manera proporcional a la longitud de dicha fachada en relación con el perímetro del balcón.

En la figura 2B, el balcón se ha integrado en el edificio y, por lo tanto, el número de personas que corresponden a su superficie residencial es de 30 (24 + 6 del balcón). De esta manera, ahora en la fachada "A" se incrementa considerablemente el número de personas expuestas ya que han de repartirse las 30 asignadas al edificio completo de manera proporcional a cada fachada en función de su longitud con respecto a la del perímetro.



2A - Considerando balcones



2B – Sin balcones

Ilustración 2 – Efecto de la consideración de los balcones en el cálculo de personas expuestas.

## 4.2 Modelo digital

Antes de la importación de todos los datos al programa de simulación acústica, es necesario realizar una depuración de los diversos elementos que conformarán el modelo tridimensional.

La consultora plantea las simplificaciones que considera necesarias para el cálculo de los mapas y valora la incidencia que pueda tener para el resultado final.

Puede resultar de gran utilidad revisar la complejidad de diversos elementos que introduciremos en nuestro modelo *a priori* ya que esto puede ahorrar recursos en el desarrollo del proyecto.

Si bien existen elementos que no se prestan a ningún tipo de simplificación posible porque implicaría, automáticamente, la pérdida de información imprescindible para la obtención de unos datos representativos de la situación acústica, es posible cometer este proceso sin incurrir en error con otros elementos.

Generalmente, resulta eficiente:

- La adecuación de la configuración de cálculo.
- Discriminación de enlaces cuyo aforo implique que su impacto acústico no aporte información adicional al de la vía principal.
- Establecimiento de un cálculo en fachada para edificios fuera de Zonas de Estudio de Detalle más sencillo que el utilizado dentro de ellas.
- Supresión de vértices con información redundante en curvas de nivel.
- Fijación de un tamaño de malla óptimo que garantice una precisión adecuada de los resultados. Este criterio implica que se adecue un tamaño de malla diferente para las diferentes zonas según sus características cartográficas.
- Reducción del nivel de detalle de la geometría de los edificios.

Este último punto resulta de gran utilidad:

- Mejora considerablemente el rendimiento de la simulación, en función del criterio elegido por el consultor.
- Elimina incorrecciones en el cálculo de población expuesta en fachada.
- Permite una mayor claridad en la visualización de los resultados en mapa.

Independientemente del método de trabajo tomado, cada uno de ellos tiene como fin, en resumen, aunar los distintos polígonos que conforman un mismo edificio.

Algunas de las maneras de realizar esta simplificación son:

- Unificación de polígonos adyacentes de la misma altura y uso.
- Ponderación de la altura de cada manzana en función de las alturas y superficies de los edificios del mismo uso que la componen.

Es compromiso del consultor no sacrificar la calidad de los resultados en la toma de estas decisiones.

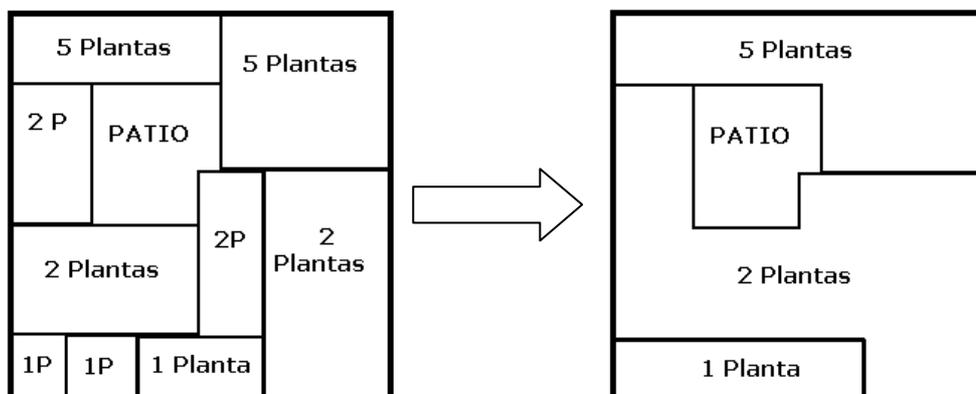


Ilustración 3 – Ejemplo de unificación de polígonos adyacentes de igual altura y uso.

### 4.3 Carreteras como fuentes de ruido de tráfico rodado

Salvo que se cuente con datos exactos, los aforos de los enlaces entre las vías de estudio, se obtienen de una estimación en porcentaje en función de las magnitudes de tráfico de las carreteras enlazadas.

Una correcta caracterización para estas vías requiere la diferenciación del tipo de flujo de tráfico en acelerado o decelerado (entrada o salida respectivamente). Así mismo es necesaria una adecuación de las velocidades máximas propias de la tipología de dichas vías de acceso.

Es decisión del consultor la eliminación de la simulación de ciertos enlaces cuyo flujo de vehículos no provoque una variación sustancial del impacto acústico generado por la carretera en esa zona.

Los mapas estratégicos de ruido, según la Directiva Europea, representan la afección de ruido en la población por cada carretera de manera individual. En la realidad, pueden darse poblaciones donde el estudio global de todas las vías de su entorno sea más representativo que el análisis de cada una de ellas por separado.

Por eso, es importante caracterizar y modelizar adecuadamente los enlaces tanto en aforo como en geometría y longitud con el fin de obtener unos resultados lo más aproximados posible a la realidad.

En la siguiente ilustración se muestra un caso práctico que refleja la influencia del tratamiento de los enlaces sobre los niveles obtenidos en las viviendas:

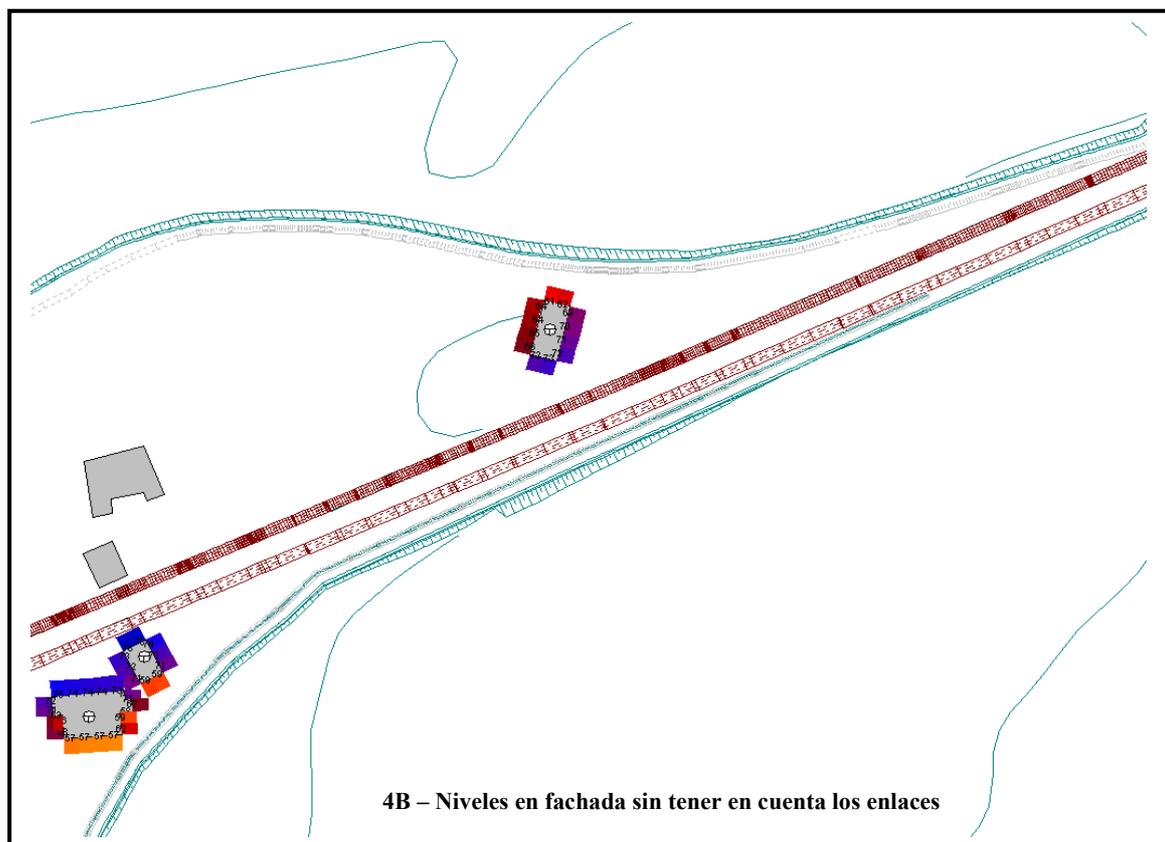
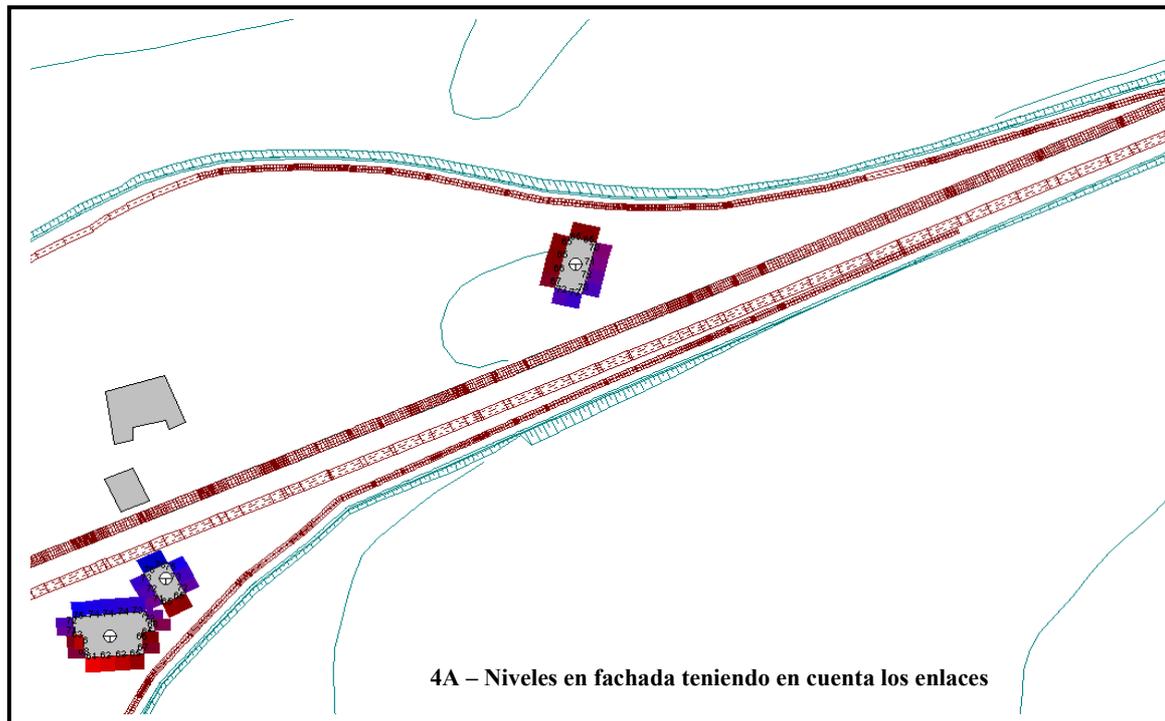


Ilustración 4 – Efecto de los enlaces en el nivel en fachada

#### 4.4 Metodología de evaluación de población expuesta a partir de los resultados de niveles de ruido

La población expuesta se calcula utilizando distintos métodos a lo largo de las fases del proyecto. Inicialmente, tras obtener la malla de toda la UME, y como una primera aproximación a las zonas que se propondrán para estudio en detalle, el consultor debe elegir un método de cálculo de la población expuesta que proporcione resultados representativos.

Existen diversas maneras de realizar esta estimación según la malla. Algunas de ellas son:

- Marcando el centroide de cada edificio como punto representativo del mismo; es decir, si el centroide está contenido en la malla, toda la población del edificio se considera expuesta. De esta manera pueden existir incompatibilidades con algunos programas de simulación que no interpolan adecuadamente los valores de la malla a 4m en el área ocupada por el edificio. Por otro lado, los edificios de mayor superficie, en los que el centroide quedará alejado de la fachada la infravaloración se hace mucho más evidente llegando incluso a la situación de descartar esos edificios cuando se encuentran parcialmente contenidos en la isófona que marca el valor límite inferior.
- Considerando toda la población correspondiente a un edificio como expuesta si una parte de él está contenida en el área de afección de la malla. Utilizando esta metodología se tiende a sobreestimar el resultado, pero se asegura la inclusión de toda la población expuesta.
- Estableciendo la completa inclusión del edificio dentro del área de afección de la malla como criterio para considerar a la población expuesta.
- Calculando el número de personas expuestas proporcionalmente al área del edificio que queda contenida en el área de afección de la malla.

Es importante valorar en cada caso si se está cometiendo una desviación por exceso o por defecto de la población expuesta. Ante la duda conviene recordar que al infraestimar la población expuesta se está obviando posibles áreas con afecciones a tener en cuenta.

Mientras que en la fase A se realiza únicamente una primera aproximación, una vez que se avanza en el desarrollo del proyecto, son necesarios datos más exactos de población expuesta. Es entonces cuando se realiza el cálculo de población por fachada. Igualmente no existe un criterio único a la hora de realizar este cálculo. Si bien en el pliego se establecen ciertas indicaciones como la longitud mínima de la fachada, existen otras cuestiones a elección del consultor:

- Considerar el valor en fachada como la media de los valores obtenidos por cada receptor puntual sobre la misma.
- Tomar el valor máximo de los evaluadores en una fachada como representativo de la misma.

A su vez se pueden realizar simplificaciones en las fachadas que quedan fuera de las Zonas de Estudio de Detalle:

- Considerando el perímetro completo del edificio como una única fachada. De modo que se asignará toda la población de ese edificio al valor máximo o medio de los evaluadores de fachada (a criterio del consultor).

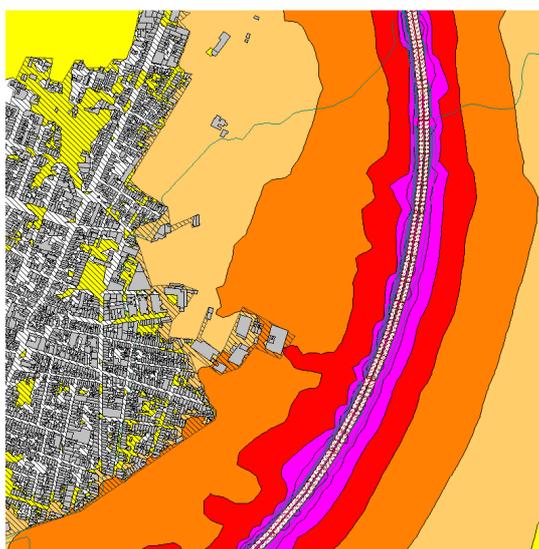
- Estableciendo como fachada la porción del perímetro contenida en el área de cada rango de la malla y asignando la población de la fachada en proporción con respecto al perímetro.  
Esta simplificación no requiere de evaluadores en fachada fuera de las zonas de estudio de detalle.

#### 4.5 Zonas de detalle

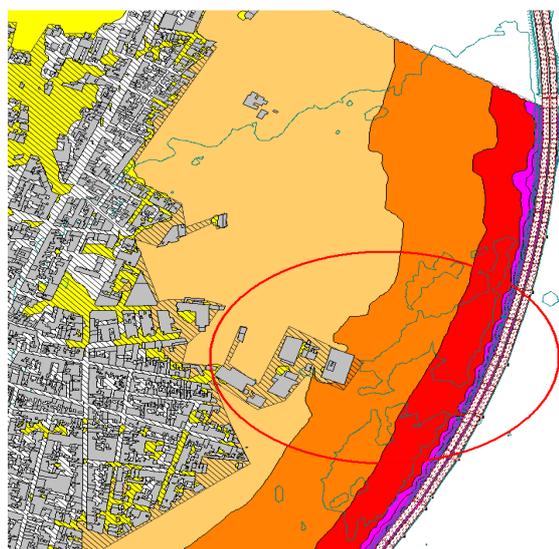
Una vez realizado el cálculo de personas expuestas en cada unidad de mapa estratégico de la fase A, se está en disposición de proponer las que formarán parte de un estudio más detallado. En la elección de dichas zonas son varios los factores a considerar, donde será decisión del consultor la definición que un único parámetro o un compendio de varios los que determinen la inclusión o no de una zona en el estudio de detalle de la fase B.

La escasa presencia de viviendas unifamiliares, el alto porcentaje de vivienda desocupada, los edificios sensibles dentro del área de afección, el rango de niveles a los que está expuesta la población, el número de personas expuestas o la posibilidad de ampliación de la información relativa a cada zona son algunos de los parámetros más valorados por el consultor.

Obviamente, el número de personas expuestas de una población tiene un gran peso en dicha valoración, pero no conviene olvidar que con un estudio más detallado se persigue la obtención de información adicional a la que ya se dispone tras los resultados de la fase A, y esto no siempre se puede obtener ya que en ocasiones una nueva cartografía a 1:5000 no proporciona una mayor definición del modelo tridimensional. En ocasiones puede llegar a darse incluso el caso contrario, donde la ampliación de la información cartográfica implique que una zona, tras ser estudiada en detalle, presente una afección menor a la estimada previamente.



5A – Lden en fase A (Cartografía 1:25.000)



5B – Lden en fase B (Cartografía 1:5.000)

Ilustración 5 – Ejemplo práctico de disminución del alcance de isófonas en el estudio de detalle debido a una mayor precisión cartográfica.

Como se ha mencionado, los puntos descritos son parte del extenso trabajo que engloba la realización de los mapas estratégicos de ruido, donde la experiencia y conocimientos técnicos del consultor juegan un papel principal y muy importante para que los resultados obtenidos sean lo más coherentes, precisos y representativos posible.

La complejidad del estudio junto con la decisión de criterios óptimos y el continuo intercambio de decisiones con el Ministerio de Fomento dan una clara visión de la importancia que tiene unificar criterios a nivel nacional para definir un procedimiento más concreto basado en las indicaciones del pliego y más dirigido a los casos reales encontrados en las distintas provincias del país. De esta forma, los resultados serán representativos de la situación real y podrán compararse entre sí, independientemente del autor del estudio.

## **5 Planes de acción**

La detección de las zonas de conflicto se lleva a cabo estableciendo unos valores límites, al objeto de determinar aquellas zonas donde es necesario implantar medidas concretas para alcanzar los objetivos de calidad establecidos.

Tanto el Real Decreto 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, como la legislación autonómica de protección contra la contaminación acústica, establecen niveles sonoros de recepción en ambiente exterior, en función del uso dominante de la zona.

Se toman decisiones para que las zonas de conflicto sean aquellas áreas con uso predominantemente residencial en las que se superen los valores de  $L_{noche}$  55 dB(A) por ser el indicador más restrictivo, y las zonas donde existan edificaciones de uso docente donde se superen los valores de  $L_{dia}$  55 dB(A). El estudio de las zonas de conflicto se centra en aquellas que han sido analizadas en la fase de estudio de detalle, y en aquellas poblaciones donde existen edificaciones que se exponen a niveles sonoros superiores al indicador considerado.

Posteriormente se proponen medidas priorizadas en las zonas de conflicto analizadas, con el fin de minimizar los impactos acústicos producidos por el paso de los vehículos en la carretera, como son las barreras acústicas (interponer un obstáculo en la propagación del sonido, de modo que se produzca una interrupción en el camino recorrido entre el foco emisor del ruido y el receptor) cuya implantación conlleva la realización de un estudio más detallado, u otras soluciones relacionadas con reducciones del tráfico en tramos de travesías urbanas o ejecución de variantes de población.

## **6 Conclusiones**

Este artículo recoge las labores relativas a la realización de mapas estratégicos de ruido de carreteras de acuerdo a la petición de la Comunidad Europea del estudio de aquellas carreteras con más de 6 millones de vehículos al año. La descripción de algunas de las experiencias relativas a este trabajo refleja la importancia de la faceta del consultor en la determinación de criterios que determinen la óptima ejecución del proyecto. A partir de los mapas estratégicos se definirán planes de acción sobre las áreas críticas donde se encuentra un gran número de población expuesta a ruido. Esta fase permitirá desarrollar en un futuro una estrategia europea cuyo objetivo será reducir el número de personas afectadas por ruido a largo plazo y la ejecución de políticas de reducción de ruido desde la fuente, lo que involucrará actualizaciones de los mapas de ruido ya elaborados en esta fase primera.

## Referencias

- [1] European Comisión Working Group Assessment of Exposure to Noise. Good Practice for Strategis Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure, 2006.
- [2] Ministerio de Fomento. Elaboración de los mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la Red del Estado en la Provincia de Valencia. 2006.
- [3] Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assesment and management of envirnmental noise.
- [4] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- [5] RD 1513/2005, de 16 de diciembre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.
- [6] RD 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.
- [7] CadnaA-Software for the calculation and evaluation of environmental noise, Datakustik GmbH, d-86926 Greifenberg, Germany.
- [8] ArcGis-Software GIS for Mapping, Data Integration and Analysis, ESRI, 380 New York Street Redlands, California 92373-8100 USA