

## METODOLOGÍA PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE RUIDO

Hidalgo Otamendi, Antonio<sup>1</sup>, Hernández Martín, Alberto<sup>2</sup>, Morcillo López, Miguel Ángel<sup>3</sup>;  
Hernández Echegaray, María José<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup>.Centro de Estudio y Control de Ruido, S.L. (CECOR) Parque tecnológico de Boecillo, P 209. 47151,  
Boecillo, Valladolid, España Tel. +34 983 13 23 33 E-mail: anthid@cidaut.es<sup>1</sup>; albher@cidaut.es<sup>2</sup>;

<sup>3y4</sup> Fundación CIDAUT, Parque tecnológico de Boecillo, P.209. 47151, Boecillo, Valladolid, España Tel. +34  
983 54 80 35 Fax: +34 983 54 80 62 E-mail: migmor@cidaut.es<sup>3</sup>, marher@cidaut.es<sup>4</sup>

### Resumen

Cuando se elabora un mapa de ruido es necesario un elevado número de datos de entrada. La calidad de estos datos es esencial y de ello depende la obtención de un nivel de ruido en el modelo numérico simulado que se ajuste a los niveles de ruido existentes en la zona donde estamos realizando el mapa de ruido.

Por ello, en este documento se resumen los principales problemas que nos encontramos a la hora de construir un modelo geométrico. Problemática asociada al manejo del alto volumen de datos que hay que manejar, problemática en los datos de cartografía, edificaciones, distribución de población por edificio, determinación de las fuentes de ruido y cual es su nivel de emisión, y finalmente la configuración de todos los parámetros de cálculo en el modelo de simulación.

### Abstract

When a strategy noise map is elaborated we need a lot of information of input. The quality of this information is essential and the noise levels obtained in this simulation depend on this input. These levels have to be similar to those existing in the place of being studied.

So for this reason, in this paper there is a summary of the main problems that we can find when a geometric model is constructed. Problems associated with the managing of the high volume of information that is necessary to handle, problems in the information of cartography, buildings, distribution of population in each building, location of the noise sources and which is the level of emission, and finally the configuration of all the parameters of calculation in the model of simulation.

## 1 Introducción

En la actualidad nos encontramos en la fase de desarrollo de los planes de acción, etapa posterior a la primera fase de la elaboración de los mapas estratégicos de ruido básicos. En esta primera fase se han detectado muchos problemas y deficiencias a la hora de abordar la elaboración del mapa estratégico de ruido de una zona en concreto y diferentes a los encontrados en otras zonas próximas, municipios vecinos, etc.

Según lo dispuesto en el Artículo 8; *Identificación y elaboración de mapas estratégicos de ruido, del Real Decreto 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*, se establece el plazo de redacción de la primera fase de los mapas de ruido. Así mismo, en el apartado 2b del mismo artículo se refleja el año 2012 como fecha para la redacción de mapas estratégicos de ruido de todas

las aglomeraciones urbanas, todos los grandes ejes viarios y grandes ejes ferroviarios existentes en el territorio.

Por ello, para abordar la segunda fase de redacción de los mapas estratégicos de ruido es conveniente conocer y tener herramientas para reducir o eliminar los principales problemas encontrados a la hora de construir un modelo geométrico. Los resultados de afección dependen principalmente de los datos de entrada introducidos en los modelos geométricos de simulación.

Los resultados obtenidos en los mapas de ruido son la herramienta de partida para llevar a cabo los planes de acción. Por ello, hay que realizar un esfuerzo para detectar los puntos de mayor población afectada que permitirá realizar un plan de acción eficiente.

## 2 Problemáticas encontradas en base a la experiencia.

En todas las situaciones no es fácil disponer de buenos datos de entrada por lo que será necesario resolver la problemática asociada a ellos.

Además, hay que destacar el **elevado volumen de datos** necesario. Por ello, los **sistemas de información geográfica** (GIS), permitirán un mejor manejo de toda esta información.

El mapa está constituido por un determinado número de capas y cada una de ellas contiene **gran cantidad de información**. Las **principales capas** que existen en un modelo geométrico son las que contienen: curvas de nivel, obstáculos (como pueden ser diques de tierra, caballones, pantallas, etc.), taludes, plataformas, fuentes de ruido, viaductos, edificios, etc. es decir, cualquier elemento que tenga efectos en la propagación y recepción del ruido.

Cada una de estas capas contiene una **tabla de atributos** que almacena toda la información asociada a cada registro de esa capa. Por ello, la tabla de atributos está formada por una serie de filas y una serie de columnas. Cada fila representa un registro que lleva asociado una serie de campos que lo define.



Figura 1 – Capas mínimas para la construcción de un modelo geométrico.

### 2.1 Cartografía

El **grado de detalle** necesario en el estudio indicará la **escala** de trabajo. Dos escalas habituales de trabajo son 1:25000 y 1:5000, aunque, en determinadas ocasiones pueda ser necesaria otra diferente.

De este modo, para **1:25000**, en España, el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) dispone de cartografía digital en dos **formatos**: fichero formado en dos dimensiones (2D) y el fichero restituído en tres dimensiones (3D).

El problema detectado en estos casos es la fecha de actualización de los ficheros aportados. También dependerá de la zona concreta, si bien hay zonas de más reciente actualización que otras. Para el caso de ser necesario conocer la huella de ruido existente en una zona con fecha actual donde no se dispone de esta cartografía es necesario recurrir a otras herramientas como puede ser visitas de campo, cartografiar la zona, etc. lo cual supondrá un esfuerzo que redundará en el coste del estudio.

Para **1:5000**, no existe un organismo a nivel estatal que disponga de la cartografía de todo el territorio nacional, por ello es más crítico la zona que se va a estudiar. El paso a esta escala de trabajo suele considerarse en puntos que coinciden con aglomeraciones, de modo que hay situaciones en las que el propio ayuntamiento dispone de esta cartografía pero hay otras en las que no existe o es difícil conseguirla.

De tal manera, que como en muchos casos **no es posible disponer de cartografía actualizada** a fecha de realización del trabajo, será necesario realizar **visitas de campo** que permitan detectar cambios posteriores a la elaboración de la cartografía e incluirlos en el modelo geométrico.

La construcción del modelo digital terrestre se comienza con las curvas de nivel que son polilíneas georeferenciadas. Hay casos en los que podemos encontrar curvas de nivel en diferente HUSO, por lo que hay que homogeneizarlas.

Una vez esté construida la base del modelo mediante las curvas de nivel, hay que incluir todos los obstáculos geométricos que puedan afectar a la propagación del ruido. Como pueden ser diques que han de estar en una posición concreta y con una altura determinada. Pantallas acústicas, en su posición y dimensiones reales, etc. En definitiva, cualquier obstáculo que en algunos casos no están contemplados en la cartografía básica y son detectados en visitas de campo.

Cuando se incluyen en el modelo las fuentes de ruido, como puede ser una carretera, pueden modificar cartografía. Al definir la posición del eje de la carretera y las especificaciones de la plataforma, pueden generarse taludes, viaductos, desmontes, etc. que modifican la propagación del ruido. Por ello, hay que incluirlos en los modelos y tenerlos muy en cuenta.

## **2.2 Edificaciones**

La **diversidad de edificios** puede ser alta cuando se realiza un mapa de ruido de una determinada zona.



Figura 2 – Edificios de diferente uso.

Por lo tanto, en la problemática asociada a la capa de edificios se puede destacar:

- **Origen de los datos:** Hay diversas fuentes como puede ser CNIG, Catastro, Ayuntamientos, etc. Sin embargo, puede haber zonas donde los edificios no se ajusten perfectamente a la realidad.
- La **base del edificio**, no se corresponda exactamente con el edificio actualizado existente o existen edificios que no están contemplados en la capa de cartografía de los edificios.
- La **altura de los edificios** no es conocida generalmente y si lo es puede no ser correcta. Hay determinados edificios que presentan tejados no uniformes, lo cual provoca errores en la determinación de la altura a la hora de realizar un vuelo raster para construir la capa de cartografía de los edificios.
- Dentro de un **bloque de edificios** pueden existir diferentes alturas. Para la construcción del modelo, a efectos de propagación del ruido, puede no afectar sustancialmente. Por ello, en algunos casos se pueden hacer simplificaciones para que el modelo no tenga tanto peso y disminuir los tiempos de cálculo.
- Hay que conocer e incluir al modelo el **uso** de cada edificio. Se pueden clasificar principalmente en: Residenciales, Docentes, Sanitarios e industriales.

Si se analiza la capa de edificios en una zona urbana concreta, para un bloque de edificios, hay que valorar si es necesario introducir todos los detalles de cada uno de los edificios en el modelo geométrico.

Para ello, el criterio más adecuado es tener en cuenta la **escala** a la que se está realizando el mapa de ruido. De tal manera, que habrá casos en los que se puedan realizar simplificaciones en el modelo.

Por ejemplo, un cuarto de ascensores no va a producir modificaciones sustanciales en la propagación del ruido. Otros elementos constructivos a tener en cuenta son, por ejemplo, patios, pequeños salientes/entrantes de los edificios, equipos de climatización que existen en las azoteas, etc.

En definitiva, incluir excesivos detalles en la capa de edificios hace que en el modelo se **incrementen sustancialmente los tiempos de cálculo** sin obtener mejores resultados.

Otro problema que se puede encontrar a la hora de realizar el modelo geométrico son los edificios que se encuentran en ladera, dando lugar a diferentes alturas dependiendo del punto de análisis dentro de la planta del propio edificio.



Figura 3 – Edificios en ladera.

En este caso, la parte de arriba del edificio presenta una **altura H1** y en la parte de abajo una **altura H2**.

### 2.3 Fuentes de ruido

En cuanto a fuentes de ruido, hay gran **diversidad de tipos**. En este documento, por simplificar, se tratan únicamente dos tipos de fuentes; tráfico rodado y de actividades.

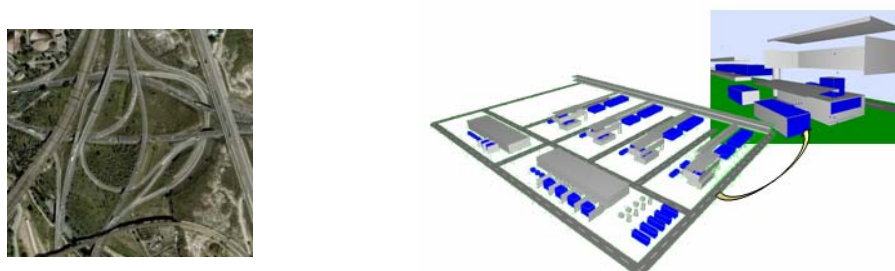


Figura 4 – Fuentes de ruido. Tráfico rodado (izda.) y actividades (dcha.).

Teniendo en cuenta el tráfico rodado por carretera hay que destacar:

- El primer problema que nos encontramos es la **gran diversidad** de vehículos que circulan por una vía. Podemos encontrarnos motos, coches, camiones, autobuses, vehículos especiales (como pueden ser ambulancias, bomberos, etc.). Incluso, dentro del mismo tipo de vehículos hay situaciones en las que el nivel de ruido generado varía, por ejemplo, dos motos de igual cilindrada: Una Harley Davidson o una Honda. Esto da lugar a diferentes niveles de emisión.
- Hay que estimar el **número y tipo de vehículos** que pasa por una sección determinada en un intervalo de tiempo, en definitiva la densidad de tráfico.
- Estimar la **velocidad media** del tráfico. Cuando el tráfico es fluido es relativamente sencillo, pero cuando el flujo es intermitente se complica considerablemente.
- Estimar el **periodo temporal** de circulación de cada tipo de vehículos.
- Estimar el **tipo de flujo de tráfico** puede ser complicado. Las situaciones más comunes suelen ser:
  - **Flujo continuo fluido y estable.** Es la situación que se da frecuentemente en autopistas, autovías, vías interurbanas, etc.
  - **Flujo continuo en pulsos.** Es la situación que se da frecuentemente en calles urbanas, aparcamientos, zonas residenciales, etc.

- **Flujo acelerado / decelerado en pulsos.** Es la situación que se da frecuentemente en entradas / salidas de peajes, entradas / salidas de autopistas, entradas / salidas de intersecciones , etc. donde los vehículos experimentan cambios bruscos de velocidad en un corto espacio.
- A parte se pueden dar cualquier situación y modelizar el tráfico resulta complicado.
- Estimar el **tipo de asfalto**. Donde, de nuevo hay diversos tipos, como puede ser asfaltos bituminos, hormigón, adoquinado, superficie porosa, etc. A parte, hay que tener en cuenta el estado de conservación en el que se encuentra el firme en el momento del estudio.

De tal manera, que vamos a encontrarnos con **muchos parámetros de entrada**. En algunas ocasiones habrá que realizar **hipótesis de simplificación** que requieren experiencia para que se corresponda con la situación real.

Para las fuentes de ruido de actividades

- El primer problema existente es la **gran diversidad** de actividades. Pueden localizarse grandes fábricas, pequeñas fábricas, actividades a nivel doméstico como pueden ser equipos de aire acondicionado, obras en la calle, etc. e incluso el ruido generado en el patio de un colegio en el recreo, considerado como una actividad en ese periodo.
- Hay que determinar las **fuentes de ruido** que existen dentro de cada actividad y modelizarlas por separado si así se considera o estimar el ruido de la actividad. En situaciones, no es fácil conocer el nivel de ruido generado por un equipo.
- Hay que conocer o estimar el patrón de **directividad** de las fuentes.
- Estimar el **periodo temporal** de operación de cada actividad.

De nuevo, hay **muchos parámetros de entrada**. En este tipo de fuentes es más probable que haya que realizar **hipótesis de simplificación** que requieren experiencia para que se corresponda a la situación real.

De modo que, los niveles de emisión son función de una adecuada modelización de las fuentes de ruido localizadas en la zona de actuación.

## 2.4 Configuraciones de cálculo de los modelos

En cuanto a las configuraciones de cálculo, son muchos los parámetros que hay que configurar en el software correspondiente.

Este punto es muy importante ya que los resultados de los niveles de ruido obtenidos varían considerablemente, como veremos a continuación, y depende en gran medida de la experiencia del técnico que realiza estas configuraciones.

Se pueden clasificar en dos grupos:

#### Parámetros Intrínsecos

Radio de búsqueda  
Radios de reflexiones  
Máximo error permitido  
Número de reflexiones  
Interpolación de la red  
Separación de carriles  
.....

#### Parámetros Extrínsecos

Absorción del suelo  
Condiciones de propagación  
Condiciones meteorológicas (  $t^a$ , humedad )  
Datos de tráfico  
Datos de actividades  
.....

Tabla 1 – Parámetros intrínsecos y extrínsecos.

Los parámetros extrínsecos son conocidos en algunos casos o por el contrario serán determinados bajo ciertas hipótesis externas al software de cálculo. Este puede ser el caso de la absorción del suelo, considerado totalmente absorbente o totalmente reflectante. Los datos del tráfico, serán más o menos fiables en función de la calidad de los aforos de tráfico disponibles. Análogamente ocurre para el resto de parámetros.

Sin embargo, los parámetros intrínsecos serán configurados en el software de cálculo en función de la experiencia del técnico correspondiente y el pliego de condiciones del mapa de ruido.

Para el caso del **radio de búsqueda**, que es una circunferencia alrededor del punto receptor (bien sea un receptor puntual o un receptor correspondiente a una malla de puntos) de modo que las fuentes que se encuentran dentro serán tenidas en cuenta en el cálculo. Por ejemplo, en el siguiente caso se puede ver cuales son los resultados de las diferentes configuraciones:

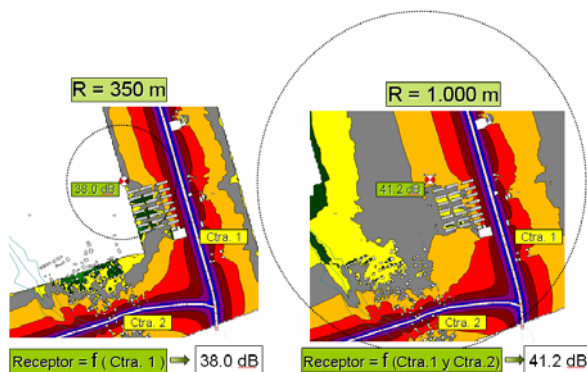


Figura 5 – Radio de búsqueda de fuentes.

Para un **radio de búsqueda de 350 metros** el receptor puntual determina un nivel de ruido de 38 dB. Este nivel de ruido es alcanzado por los niveles de emisión de la carretera 1, ya que la carretera 2 se encuentra fuera del alcance de este radio de búsqueda de fuentes. Sin embargo, si configuramos un radio de búsqueda de **1000 metros** tenemos un nivel de ruido de 41.2 dB y es función de los niveles de ruido emitidos por las dos carreteras, la 1 y la 2.

**Este es un ejemplo sencillo** donde solo hay dos fuentes, pero como se puede ver hay grandes diferencias de nivel para configuraciones diferentes.

Si estudiamos el número de reflexiones ocurre el mismo efecto. Con diferente **número de orden de reflexiones** los niveles de ruido estimados por un receptor varían.

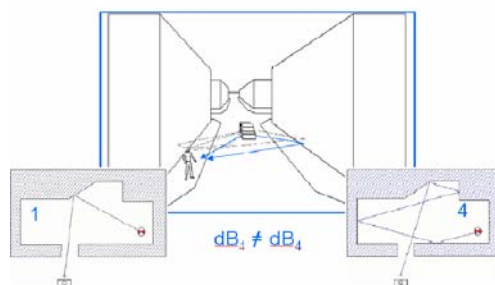


Figura 6 – Número de reflexiones.

Por lo tanto esta fase es muy importante. Una adecuada configuración de todos los parámetros de cálculo redundará directamente en la calidad del mapa de ruido calculado.

### 3 Conclusiones

La elaboración de los mapas de ruido es un proceso vivo en constante actualización. Por ello, es importante realizar un esfuerzo a la hora de hacer una recopilación de datos de entrada que sean fiables y adecuados. Un modelo geométrico sólo será válido si es una fiel reproducción del entorno que se está estudiando, puesto que los resultados de niveles de ruido y en consecuencia de población afectada están intrínsecamente ligados. Los planes de acción solo serán eficientes y adecuados si los resultados obtenidos en la elaboración del mapa de ruido son correctos, ya que permiten detectar a nivel global los puntos de actuación donde se consigue la mayor relación número de personas mejoradas / coste y no desviar actuaciones a puntos donde los resultados sean menos efectivos. De esta forma, se conseguirá mejorar la calidad de ruido al mayor número de personas para un conjunto de planes de acción finitos.

### Referencias

- [1] European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise. Good Practice Guide for Strategic 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 el Principado de Asturias, Ministerio de Fomento, 2005.
- [3] Ministerio de Fomento. Elaboración de los mapas estratégicos de ruido de las carreteras de la red del Estado en Galicia, Ministerio de Fomento, 2007.
- [4] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido
- [5] Real Decreto 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] 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