

DESVIACIONES EN LOS CÁLCULOS DE POBLACIÓN EXPUESTA AL RUIDO AL REALIZAR SIMPLIFICACIONES GEOMÉTRICAS EN LAS EDIFICACIONES

REFERENCIA PACS: 43.50.Lj

Carretero de la Rocha, David; López Santos, Fernando; Giménez Anaya, Isabel
SINCOSUR Ingeniería Sostenible, S.L.
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: dcarretero@sincosur.es, flopez@sincosur.es, isabel@sincosur.es

ABSTRACT:

A good balance between computation time and accuracy of results achieved is very important in the elaboration process of a noise map.

The guide to good practice on strategic noise maps elaboration stands up for simplification of geometry, especially in the case of buildings, in order to reduce computation time required to calculate them.

This simplification process must be oriented to obtain accurate results. Consequently, this paper brings up a comparison among obtained results of population exposed to noise, setting up the difference for both building and block calculations.

RESUMEN:

En el proceso de elaboración del mapa de ruido es muy importante el equilibrio entre tiempo de cálculo requerido y la solidez de los resultados obtenidos.

La guía de buenas prácticas para la elaboración de mapas estratégicos de ruido defiende la simplificación de las geometrías, especialmente en el caso de las edificaciones, para reducir el coste computacional requerido para calcular los mapas de ruido.

Esta simplificación debe realizarse de tal forma que se obtengan resultados fiables. Por ello, esta comunicación plantea una comparativa entre los resultados de población expuesta al ruido, diferenciando cálculos con edificios y manzanas.

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Uno de los principales objetivos de los Mapas Estratégicos de Ruido es la determinación del número de personas expuestas a diferentes niveles sonoros, especialmente aquellos por encima de los umbrales límite establecidos por la normativa en materia de contaminación acústica. Dado el carácter macro de los estudios de esta índole, cabe plantearse ciertos

factores que puedan afectar en la precisión de los resultados. Parámetros como el número de reflexiones en el cálculo predictivo, la complejidad de las geometrías introducidas en el software, la población y altura asignada a cada edificio o el método para evaluar la población afectada pueden variar considerablemente los resultados obtenidos.

Por otro lado cabe tener en cuenta que se depende de ciertos recursos informáticos para la obtención de estos cálculos, por lo que resulta necesario simplificar todo lo posible el modelo digital del mapa de ruido previo a su cálculo para la obtención de los resultados en un plazo determinado de tiempo, siempre asumiendo que estas simplificaciones no supondrán una reducción de los resultados del mapa de ruido.

Con respecto al hecho de simplificar las geometrías, la Guía de Buenas Prácticas para la elaboración de Mapas de Ruido Estratégicos de la WG-AEM, por un lado, se plantea la discusión de la simplificación de los contornos de los edificios en el punto 2.35. En este punto se presenta el problema de que el excesivo detalle del contorno de los edificios puede complicar los cálculos de la propagación del sonido, recomendándose la simplificación de los contornos. Se menciona así mismo que una excesiva simplificación puede alterar significativamente los contornos de los edificios y reducir la precisión de los resultados.

Por otro lado, el punto 2.36 introduce la discusión de la combinación de alturas de un edificio individual y de edificios de alturas similares. Esta discusión plantea que la simplificación de las alturas de los edificios generalmente se plantea en la elaboración de los mapas de ruido. Así mismo, se propone que se asigne una única altura a cada edificio, a partir de las diferentes alturas de los elementos que lo componen, como el valor de la moda, y que, para los edificios conectados (adyacentes), donde estos tengan una altura similar, se les puede asignar la menor de estas alturas. Se menciona, además, que es recomendable usar áreas de prueba para evaluar el impacto de los niveles de ruido al realizar la fusión de edificios contiguos antes de la aprobación del modelo final.

En esta línea, la presente comunicación versa sobre la simplificación de la geometría de las edificaciones para la obtención de los niveles en fachada que determinará la exposición al ruido de la población. Concretamente, se planteará el uso de manzanas en lugar de edificios, entendiendo como tales aquellos conjuntos de edificios contiguos (que comparten una o más fachadas) delimitados por distintas calles en un recinto cerrado.

Para ello, se realizará un estudio sobre el centro urbano de Logroño, en una zona densamente poblada, en la que se han contabilizado 54.201 personas y 29.489 viviendas. En las siguientes figuras se localizan, en amarillo, los edificios estudiados.



Fig.1 - Localización del municipio de Logroño



Fig. 2 - Detalle de los edificios estudiados

Por lo tanto, el principal objetivo del estudio será determinar si el uso de manzanas en lugar de edificios resulta adecuado en la elaboración de los Mapas Estratégicos de Ruido, permitiendo la reducción de los tiempos de cálculo (debido a la simplificación geométrica) sin disminuir la precisión en los valores obtenidos.

Este estudio tomará los resultados obtenidos del Mapa Estratégico de Ruido de la aglomeración de Logroño, en lo referente al tráfico viario, y evaluará los niveles sonoros en fachada de un modelo con edificios aislados y otro modelo con manzanas, bajo los métodos END y una modificación del método VBEB de estimación de población expuesta.



Fig.3 - Modelo tridimensional con edificios

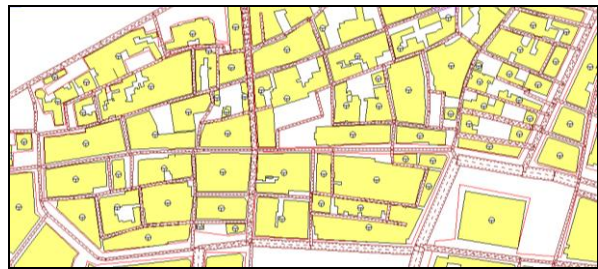


Fig.4 - Modelo tridimensional con manzanas

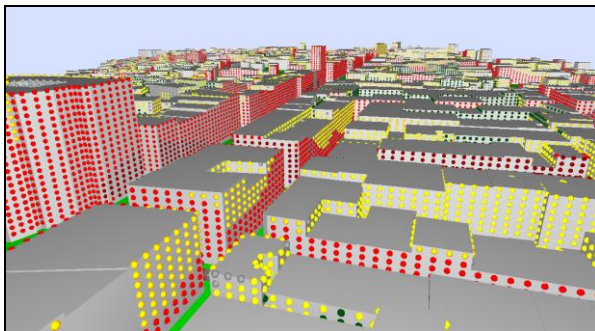


Fig.5 - Vista 3D del modelo con edificios

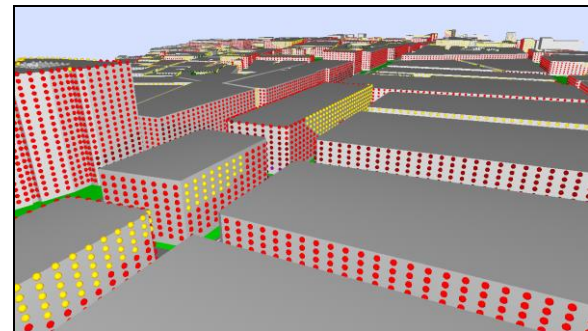


Fig.6 - Vista 3D del modelo con manzanas

2.- METODOLOGÍA

2.1. Obtención de Edificios y Manzanas

Toda la información geométrica relativa a los edificios se ha obtenido a partir del Catastro. Esta entidad pone a disposición del público datos cartográficos con gran nivel de detalle de las edificaciones con información del número de planta que compone cada edificio. A partir de estos datos, es necesario, mediante un sistema de información geográfico (SIG) identificar cada edificio de forma única con un único dato de altura.

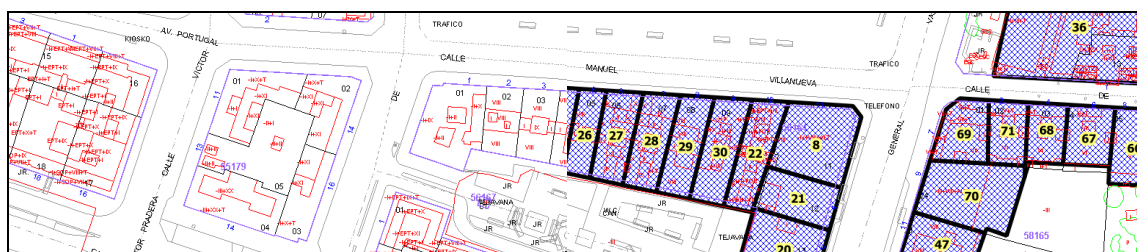


Fig.7 - Entidades del Catastro (izquierda) y edificios independientes (derecha)

Para la obtención de las manzanas se ha procedido de forma similar, a través del SIG, combinando edificios contiguos y eliminando los huecos resultantes en el interior, en aquellos casos en los que existen patios interiores.

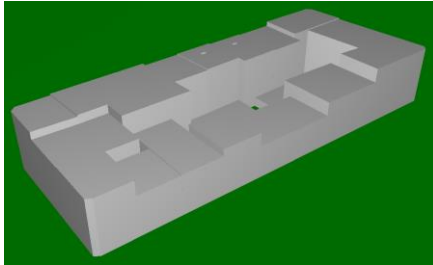


Fig.8 - Conjunto de edificios contiguos

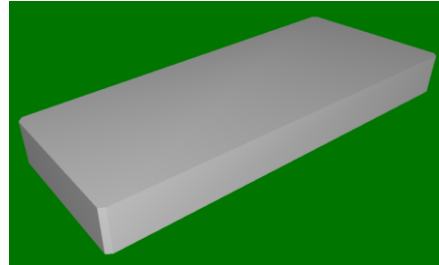


Fig.9 - Manzana resultante del conjunto

Determinada la altura de cada edificio, a partir de todas las alturas de los diferentes elementos que proporciona el Catastro, será necesario determinar una altura equivalente representativa de la manzana. Tras diversas pruebas se ha comprobado que en la mayor parte de los casos la altura de los edificios pertenecientes a una misma manzana no difiere en más de una o dos plantas. Se ha estimado que la altura representativa de la manzana puede determinarse como la media de todos los edificios que la componen.

2.2.- Métodos de Evaluación de la Población

Existen diferentes métodos para determinar los niveles de exposición en fachada para cada uno de los edificios, conforme a la normativa y a las guías de trabajo internacionales en materia de contaminación acústica. Cada uno de estos métodos establece unas pautas de trabajo que determinan resultados de exposición que pueden ser más o menos precisos con respecto a la situación real.

Método END

El método END (European Noise Directive) se presenta en la Directiva Europea 2002/49/CE como un método para satisfacer la obligación de proporcionar a la comisión europea los datos del número estimado de personas cuyas viviendas están expuestas a diferentes rangos de L_{den} y L_{noche} , a una altura de 4 metros sobre el nivel del suelo en la fachada más expuesta, distinguiendo tráfico rodado, ferroviario, aéreo y fuentes industriales.

Esta estimación del ruido soportado por cada fachada requiere del cálculo de receptores específicos en cada una de las fachadas de los edificios, a una altura relativa de 4 metros respecto al suelo y tomando las consideraciones necesarias para excluir las reflexiones acústicas de la propia fachada como ruido incidente en el propio receptor. Este cálculo determinará la fachada más expuesta, como aquella que soporte mayor nivel de presión sonora.

El planteamiento que define este método supone que todos los habitantes de cada edificio están sometidos al mayor nivel de presión sonora registrado en la fachada más expuesta. Esta definición del procedimiento no se acerca a la situación real, en la que la población se distribuye a lo largo del edificio, en relación a la posición de las viviendas. Como se puede intuir, si bien este procedimiento podría dar resultados próximos a la realidad en el caso de viviendas unifamiliares, en el caso de edificios residenciales de varias viviendas se obtendría un resultado de población expuestas sobreestimado.

Método VBEB Modificado

La modificación planteada del método alemán VBEB (Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm) permite obtener los valores reales de afección a los que se encuentra expuesta la población. Su procedimiento contempla la distribución de receptores de niveles de presión sonora a lo largo de las fachadas, estableciendo estos a diferentes niveles de altura en función del número de plantas.

Cada uno de estos receptores determinará el nivel de presión sonora al que se encuentra expuesta cada vivienda, considerando el parámetro de altura, a diferencia del método END expuesto anteriormente en el que la evaluación de la exposición solo se realiza a 4 metros del suelo.

Esta metodología permite afinar los resultados al distribuir la población de cada edificio a lo largo del perímetro en planta y de las alturas. Como se puede intuir, los niveles de presión sonora evaluados a diferentes alturas proporcionarán resultados distintos, en función de la mayor o menor distancia a la fuente y las posibles reflexiones de los edificios del entorno, encontrándose, de esta forma, los habitantes de viviendas a diferentes alturas, en una misma planta, expuestas a distintos grados de afección.

2.3.- Consideraciones del Cálculo del Modelo Acústico Tridimensional

Los modelos acústicos tridimensionales se han desarrollado y calculado en el software de predicción acústica CadnaA, tomando los resultados del Mapa Estratégico de Ruido de la aglomeración de Logroño en lo referente al tráfico viario. Tanto para el modelo de edificios, como para manzanas, las entidades de edificaciones se han importado como elementos geográficos con información de altura asociada.

Los cálculos de ambos modelos se han realizado sobre el mismo equipo: una estación de trabajo de 32 núcleos, con una configuración de dos reflexiones en la propagación del sonido.

En cuanto a los receptores en fachada, se han establecido a lo largo del perímetro de la fachada cubriendo todas las plantas de los edificios, con un espacio de 0,05 metros entre receptor y fachada, de tal forma que sólo se considere en sonido incidente, nunca las propias reflexiones de la fachada evaluada.

Así mismo, para comparar de forma correcta los resultados de ambos procedimientos, solo se considerarán en los cálculos las fachadas exteriores, nunca las correspondientes a patios interiores, desechándose estas últimas.

Para la determinación de la población expuesta, se asignará a cada receptor un número de personas, según el método END o VBEB.

3.- RESULTADOS OBTENIDOS

El tiempo requerido para el cálculo del modelo tridimensional con edificios fue de un total de 22 horas y 26 minutos, mientras que para el correspondiente con manzanas fue de 4 horas y 29 minutos, es decir, unas 5 veces menos.

Tras exportar los resultados a un sistema de información geográfica y ejecutar un script para obtener la población expuesta a diferentes rangos de niveles sonoros, según los métodos END y VBEB, sobre los niveles de exposición en fachada de ambos modelos, se han obtenido las siguientes tablas:

Afección (LTARDE) [valores en centenas]						
Rango	Población (END)		Población (VBEB)		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
≥ 55 dBA	488	487	262	261	428	428
≥ 65 dBA	286	279	154	150	119	105
≥ 75 dBA	0	0	0	0	0	0

Afección (LTARDE) [valores porcentuales]						
Rango	Población (END)		Población (VBEB)		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
≥ 55 dBA	89,98%	89,86%	88,77%	88,63%	78,92%	79,05%
≥ 65 dBA	52,76%	51,49%	52,14%	50,79%	22,03%	19,34%
≥ 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Afección (LNOCHE) [valores en centenas]						
Rango	Población (END)		Población (VBEB)		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
≥ 55 dBA	140	137	76	74	42	34
≥ 65 dBA	0	0	0	0	0	0
≥ 75 dBA	0	0	0	0	0	0

Afección (LNOCHE) [valores porcentuales]						
Rango	Población (END)		Población (VBEB)		Viviendas	
	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios	Manzanas	Edificios
≥ 55 dBA	25,79%	25,27%	25,62%	25,07%	7,73%	6,20%
≥ 65 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
≥ 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

4.- CONCLUSIONES

Como se puede comprobar analizando las tablas anteriores, los resultados obtenidos al utilizar manzanas como entidades de edificación en lugar de los propios edificios prácticamente coinciden con los resultados del modelo tridimensional con edificios.

Si atendemos a las diferencias porcentuales de población entre ambos modelos tridimensionales, bajo el criterio de las tres isófonas de referencia para la determinación de la afección (55, 65 y 75 dB(A)), nos encontramos lo siguiente:

% Diferencia Afección - LDIA			
Rango	END	VBEB	Viviendas
≥ 55 dBA	0,08%	-0,16%	0,07%
≥ 65 dBA	0,57%	2,61%	0,50%
≥ 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%

% Diferencia Afección - LTARDE			
Rango	END	VBEB	Viviendas
≥ 55 dBA	0,12%	0,14%	-0,13%
≥ 65 dBA	1,26%	1,35%	2,69%
≥ 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%

% Diferencia Afección - LNOCHE			
Rango	END	VBEB	Viviendas
≥ 55 dBA	0,53%	0,55%	1,53%
≥ 65 dBA	0,00%	0,00%	0,00%
≥ 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%

% Diferencia Afección - LDEN			
Rango	END	VBEB	Viviendas
≥ 55 dBA	0,14%	0,11%	-0,18%
≥ 65 dBA	0,39%	0,29%	2,69%
≥ 75 dBA	0,00%	0,00%	0,00%

En vista de estos resultados, se puede concluir que, para el caso de estudio propuesto, la utilización de manzanas como entidades de edificios nos ha permitido reducir drásticamente (5 veces menos) el tiempo de cálculo del mapa de ruido con respecto al tiempo requerido si hubiéramos utilizado los propios edificios, de mayor complejidad geométrica, con unos resultados prácticamente iguales. Se observa además, que, en término medio, el error asociado a la simplificación geométrica incrementa la población afectada, en lugar de reducirla, lo que nos sitúa en un escenario más ruidoso, con lo que las propuestas que se enuncien contra el ruido en los puntos conflictivos asumirán una población afectada levemente superior a la real.

Se observa también que los resultados de manzanas y edificios no coinciden para el caso del método END, cuando teóricamente deberían hacerlo (en las manzanas puede haber mayor o menor número de receptores con respecto a los edificios, en función de la altura promedio, pero forzosamente todas las manzanas tendrán receptores en la primera planta). Esta diferencia radica en la forma que el software de simulación establece los receptores en fachada. En aquellos casos en el que terreno sea irregular, especialmente con pendientes pronunciadas a lo largo de una manzana, los receptores se establecerán a distinta altura, de tal forma que queden alineados horizontalmente. En el caso de los edificios, los receptores se colocarán según la pendiente. Por eso, salvo en el caso de que la topografía sea totalmente plana, los resultados de END variarán ligeramente si se utilizan edificios o manzanas.

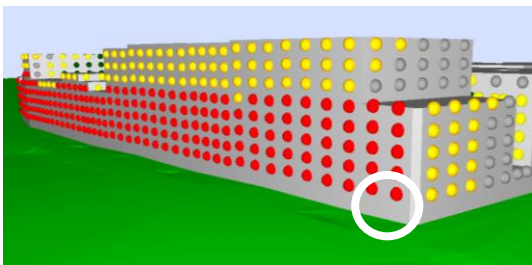


Fig.10 - Receptores de edificios. La primera planta se sitúa en función del terreno.

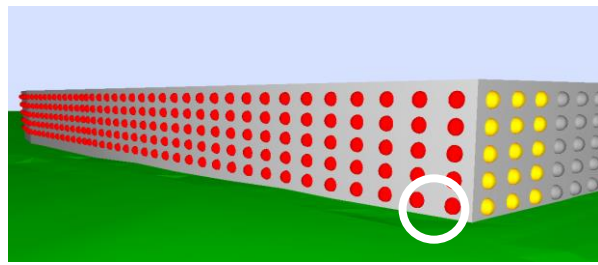


Fig.11 - Receptores de manzanas. La primera planta es común para todo el bloque.

Por todo lo expuesto, queda demostrado que el uso de manzanas en los modelos tridimensionales, entendiéndose estas como simplificaciones de los propios edificios, supone un mayor aprovechamiento de los recursos informáticos y temporales, al generar resultados con mínimas desviaciones con respecto a los obtenidos con edificios, en un tiempo mucho más reducido.

5.- BIBLIOGRAFIA

[1] **Good Practice Guide for Strategic Noise Mapping and the Production of Associated Data on Noise Exposure Version 2.** European Commission Working Group Assessment of Exposure to Noise (WG-AEN). 13th January 2006.

[2] **Vorläufige Berechnungsmethode zur Ermittlung der Belastetenzahlen durch Umgebungslärm (VBEB).** Federal German Gazzete, No 75 of 20 April 2007.

[3] **Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.** «DOUE» núm. 189, de 18 de julio de 2002, páginas 12 a 25.

[4] **Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.** «BOE» núm. 276, de 18 de noviembre de 2003, páginas 40494 a 40505.