

EL EDIFICIO BARRERA Y LA INCIDENCIA DE SU GEOMETRÍA EN LA ATENUACIÓN DEL RUIDO EN EL AMBIENTE URBANO

PACS: 43.50.Gf

González Reyes, Mara Rocío; Tarrero Fernández, Ana I.⁽¹⁾; Martín Bravo, M^a Ángeles⁽²⁾;
Machimbarrena Gutiérrez, María
Universidad de Valladolid
C/ Francisco Mendizábal, nº 1
47014 Valladolid, España.
E-mail: ⁽¹⁾ anatarrero@eii.uva.es ⁽²⁾ maruchi@eii.uva.es;

ABSTRACT

The high levels of noise in the cities is a serious environmental problema, and the actions for its reduction are complex and costly. It is necessary, thus prevent urban noise pollution starting from the design phase. These prevent measures should be taken into account beginning by the proper planning of land use to the design of the building itself (volumetric, type of plant, distribution functions, layout over the road, etc.) to optimize the acoustics conditions. The main objective of this work is to establish a possible criteria for noise reduction through the studies of impact assessment of the volumes of buildings in the attenuation of environment noise.

RESUMEN

Los altos niveles de ruido en las ciudades son un grave problema medioambiental, en el que las actuaciones para su reducción son complejas y costosas. Es necesario, por tanto, prevenir la contaminación acústica urbana desde la fase de diseño. Estas medidas preventivas deben tener en cuenta desde la correcta planificación del uso del suelo, hasta el diseño de la propia edificación (volumetría, tipología en planta, distribución de funciones interiores, disposición respecto a la vía, etc) para optimizar las condiciones acústicas. El objetivo principal de este trabajo es establecer posibles criterios de reducción del ruido a través de la evaluación de la incidencia de la volumetría de los edificios en la atenuación del ruido ambiental.

1 – INTRODUCCIÓN

La molestia causada por el ruido tiene una componente subjetiva muy importante, y está condicionada en gran medida por factores emocionales, culturales y sociales. Estos aspectos están siendo estudiados en la actualidad al considerarse necesaria la evaluación de los patrones de calidad acústica para la sociedad moderna. Al ser la actividad humana la principal generadora de este contaminante, los ambientes acústicos más agresivos se producen donde se concentran la mayor parte de estas actividades, es decir, en las ciudades.

El control de la contaminación acústica en el medio urbano debe ser prioritario, ya que es dónde se concentra el mayor número de receptores y emisores acústicos, destacando el tráfico rodado como fuente de contaminación acústica más importante. A este escenario se suman dos aspectos esenciales que se contraponen: el crecimiento de las ciudades y las mayores exigencias de los ciudadanos de alcanzar un bienestar acústico. Las características del ambiente acústico, una vez construidas las edificaciones, suelen ser muy complejas y costosas de modificar, es por ello que se debe reflexionar sobre la necesidad de prevenir la contaminación acústica urbana desde la fase previa a la ejecución, o sea, en la etapa de diseño. Estas medidas preventivas deben tener en cuenta, desde la correcta planificación del uso del suelo, hasta el diseño de la propia edificación en cuanto a su tipología, este último aspecto menos estudiado.

Si el arquitecto, en el proceso de diseño de la edificación dispusiera de información sobre la influencia que tienen en la contaminación acústica algunos aspectos, como altura, volumetría, tipología en planta, distribución de funciones interiores, disposición relativa con respecto a la vía y distancia a la misma, etc., podría optimizar desde su concepción, las condiciones acústicas de la edificación con respecto a su entorno, evitando intervenciones futuras para tratar de corregir las deficiencias y alcanzar los niveles exigidos. Considerando los aspectos señalados, y la escasa información que hay sobre este tema, en este trabajo se analiza el efecto sobre la atenuación del sonido en el ambiente urbano, de distintos aspectos relacionados con la tipología de las edificaciones, analizando el papel del propio edificio como barrera acústica, a través de un estudio comparativo entre diferentes tipologías.

2 – EL EDIFICIO BARRERA

Los edificios que consiguen por apantallamiento propio atenuar los niveles de ruido en alguna de sus fachadas (las que no están expuestas directamente a la fuente de ruido) y los espacios exteriores colindantes a ellas, mediante su disposición en la superficie edificable y el “sacrificio” de una fachada “ruidosa”, se les conoce como edificios pantallas o barreras. Estos edificios logran cumplir su objetivo de atenuación del ruido, considerando en su diseño aspectos relativos a los materiales, al tipo de fachada, a la disposición y orientación con respecto a la fuente de ruido, etc. Este diseño debe ser abordado con especial cuidado en tres aspectos fundamentales, la distribución del espacio exterior, el volumen y la distribución interior.

De manera general, a los edificios pantallas se les asigna una función de uso terciario, al menos en los primeros niveles cuando no es posible hacerlo en toda la edificación. (en estos casos se compatibiliza el uso terciario con el uso residencial). Estos edificios tienen la característica de tener volúmenes más cerrados y las fachadas expuestas al ruido con un pequeño porcentaje de ventanas. En relación a la disposición de la edificación en la superficie edificable cercana a vías de tráfico rodado, hay que destacar que las configuraciones de bloque lineal o de edificación envolvente son las más acertadas, siempre que se exponga la fachada más larga, aunque no existen datos cuantificados en la bibliografía consultada [1].

Profundizando un poco más en la expresión del edificio, se puede destacar que la atenuación

del nivel de inmisión en fachada depende en gran medida de las características de la misma, su diseño, materiales, disposición de ventanas, balcones y espesor del elemento de separación vertical, entre otros. Se pueden ilustrar con ejemplos prácticos soluciones con balcones reflectantes, donde se coloca un parapeto inclinado en la fachada, en la parte inferior del balcón, que ofrece mejoras en la protección acústica, entre 0.5- 6 dB, dependiendo del ángulo de inclinación y la profundidad [2]. Ya en el interior del edificio, es aconsejable agrupar las áreas de servicio y los locales que precisan menos protección en las fachadas más expuestas al ruido, con el fin de proteger los espacios más sensibles.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran ejemplos de los edificios barrera contemporáneos más actuales y novedosos de la última década [3,4 y 5]



Figura 1. Barrera acústica de Utrecht, Alemania



Figura 2. Edificio AIC Automotive Intelligence Center. Bilbao, España



Figura 3. Administration Building for ZMS. Alemania.

3 – METODOLOGÍA.

Una vez analizadas las principales características a considerar en los edificios barreras, se procede a realizar simulaciones de diferentes tipologías volumétricas con el software de predicción acústica CadnaA, con el objetivo de obtener algunas conclusiones de diseño urbano-arquitectónicas que faciliten mejorar las condiciones acústicas del entorno.

Para llevar a cabo la simulación se han escogido cuatro tipologías básicas de edificación y sus combinaciones de orientación, con perímetros muy similares (P), partiendo de las más sencillas, como son la edificación clásica en forma de ortoedro y la edificación en forma de C, hasta la edificación con fachada curva y la de fachada escalonada, figura 4. Los edificios simulados tienen 30 m de largo y una altura de 15 m, equivalentes a 5 niveles de 3 m cada uno. Las profundidades de cada edificación están entre los 15 y los 20 m.

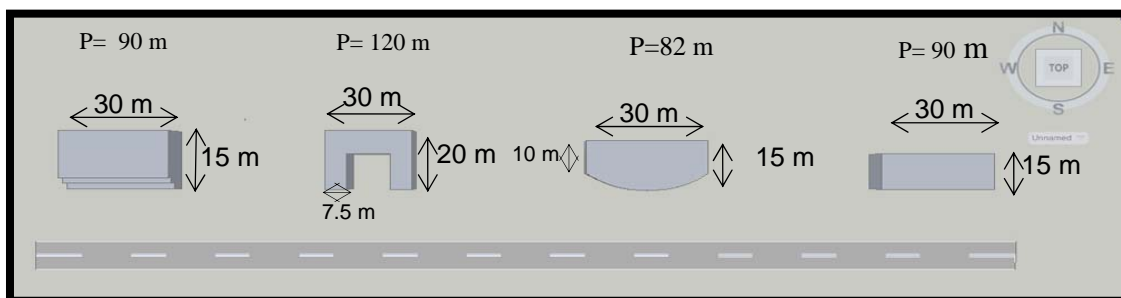


Figura 4. Tipologías simuladas

La separación escogida entre el edificio y la vía es de 25 m, siguiendo lo estipulado en la Ley 25/1988, de 29 de julio, de Carreteras, aún vigente. En las propiedades de la carretera se escoge un aforo (IMD) de 15000 vehículos/día, con una velocidad media de 100 km/h, un asfalto bituminoso, por ser uno de los más duraderos, la pendiente del 0% y un flujo continuo fluido por valorarse como una carretera principal. Los niveles de ruido generados con estas condiciones son 90.4 dBA para el día (Ld) y 82.9 dBA para la noche (Ln) en la carretera.

En la figura 5 se muestran los casos evaluados según su tipología (fachada plana, fachada envolvente, fachada curva y fachada escalonada) y ubicación (paralela, caso A, y perpendicular a la carretera, caso B). Destacar que aunque algunas de las ubicaciones de las variantes propuestas a priori ya parecen ser más favorables que otras, es necesario demostrarlo cuantitativamente, y por esta razón se simulan.

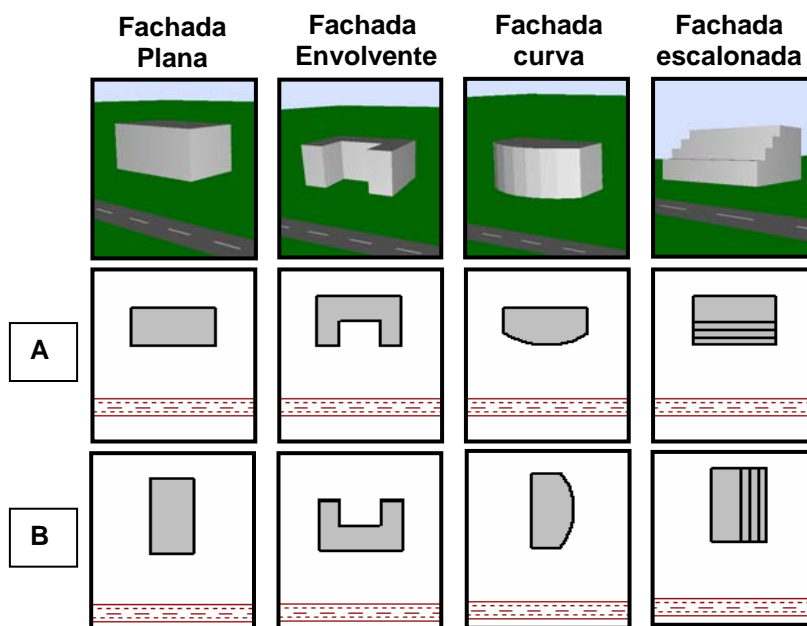


Figura 5. Tipologías y ubicaciones simuladas

4 – ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE DIFERENTES TIPOLOGÍAS.

Una vez simuladas las 4 tipologías, con las dos ubicaciones, se analizarán los resultados obtenidos. En primer lugar se evalúa el comportamiento del edificio como pantalla, colocando receptores a distintas distancias de la fachada protegida de la edificación, con el objetivo de obtener las atenuaciones según la distancia. Posteriormente se realiza el mapa de ruido a la altura de 4 m, a partir del nivel de inmisión en fachada. Por último se ubica un receptor de nivel por cada punto de una malla predeterminada, con el propósito de analizar el comportamiento de los niveles de ruido recibidos en fachada, a medida que se aumenta la altura. Partir de los resultados, se analizarán cuáles son las tipologías con un comportamiento más favorable.

4.1 – Evaluación del edificio como pantalla acústica.

Para analizar este comportamiento se han dispuesto tres receptores a las distancias de 5, 10 y 15 m de la "fachada silenciosa" de la edificación, es decir en la parte de atrás de la edificación, a la altura de 4 m. Esta simulación evalúa la atenuación del ruido según la distancia, para las cuatro tipologías expuestas anteriormente y para las dos ubicaciones. Todos los análisis y gráficos que se muestran a continuación han sido evaluados para el índice Ld, por ser el más representativo de los niveles de ruido, teniendo en cuenta siempre que el valor límite de referencia indicado en RD 1367/2007 para este índice, es de 65 dBA. Los resultados se recogen en la tabla 1.

Tabla 1: Resultados en función de la distancia

Distancia a la fachada trasera (m)	FACHADA PLANA				FACHADA ENVOLVENTE			
	Ld(dBA) 1A	Dist. a Fuente (m)	Ld(dBA) 1B	Dist. a Fuente (m)	Ld(dBA) 2A	Dist. a Fuente (m)	Ld(dBA) 2B	Dist. a Fuente (m)
5	55,5	45	58,3	60	56,1	50	46,2	40
10	60,0	50	61,5	65	59,9	55	50,6	45
15	61,6	55	62,4	70	61,3	60	57,1	50
	FACHADA CURVA				FACHADA ESCALONADA			
	Ld(dBA) 3A	Dist. a Fuente (m)	Ld(dBA) 3B	Dist. a Fuente (m)	Ld(dBA) 4A	Dist. a Fuente (m)	Ld(dBA) 4B	Dist. a Fuente (m)
5	56,8	45	61,5	60	53,5	45	55,4	60
10	60,5	50	63,2	65	58,6	50	59,2	65
15	61,9	55	63,5	70	60,7	55	60,6	70

Al hacer el análisis general se puede destacar que en tres de los cuatro casos estudiados la variante A, que coincide con la disposición del bloque de la edificación con la fachada más larga paralela a la vía, es la que presenta un mejor comportamiento, a excepción del caso de la fachada envolvente. Los valores se representan en la figura 6 para los casos 1A, 2B, 3A y 4A, que son los que presentan niveles más bajos. La mejor de las variantes es la de la tipología envolvente (2B), que logra atenuar en comparación con la tipología convencional de fachada plana de 5 a 9 dBA, según la distancia, a pesar de que los receptores se encuentran más cerca de la fuente. Le sigue en eficacia la de fachada escalonada, con valores de 2 dBA menores.

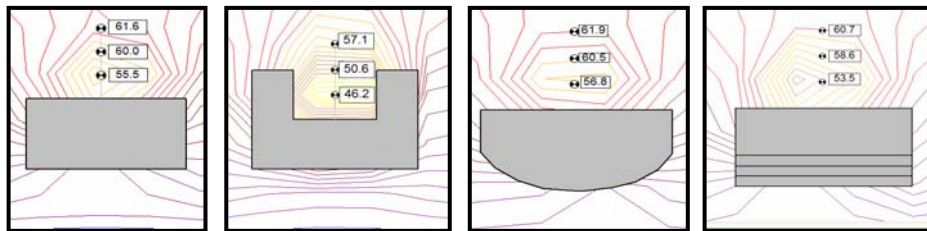


Figura 6: Configuraciones con las que se obtienen niveles más bajos

Los resultados de la tabla 1 se representan en la figura 7

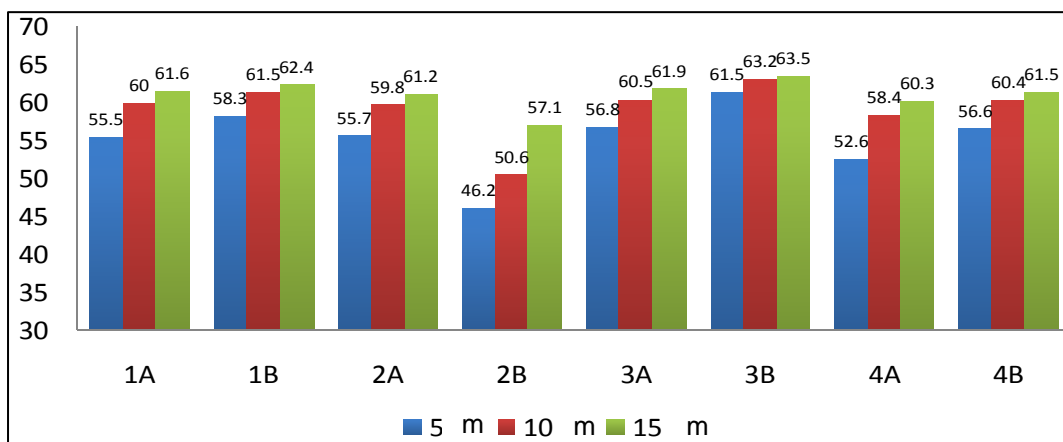


Figura 7. Atenuación según la distancia al edificio para cada uno de los casos simulados

4.2 – Porcentaje de fachada que supera el valor de referencia.

Para evaluar este parámetro se ha tenido en cuenta la cantidad de metros lineales de fachada con niveles de inmisión, a 4 m de altura, que superan el valor límite de referencia para el período día (65 dBA). Los resultados que se obtienen, expresados en porcentaje referido a la fachada total, se recogen en la figura 8 y en la tabla 2. Los mejores resultados han sido obtenidos para las configuraciones 1A, 2B, 3B y 4A, cuya representación se muestra en la figura 9.

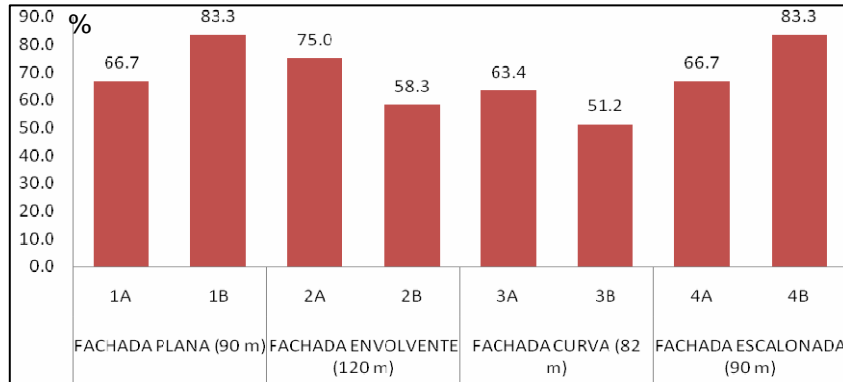


Figura 8: Porcentaje de metros lineales que superan 65 dBA

Hay que destacar que, aunque cuantitativamente la mejor configuración en este caso es la de fachada curva (3B), las edificaciones envolvente y escalonada, cualitativamente son mejores, si se tiene en cuenta que el área de sombra acústica que proyectan es mucho mayor. No obstante, curvando la fachada se logra reducir hasta 2 dBA desde el centro del arco hasta los extremos, en la fachada expuesta, figura 9.

Tabla 2: Porcentaje de metros lineales que superan 65 dBA

	Metros lineales de fachada donde se supera el valor de referencia día							
	FACHADA PLANA (90 m)		FACHADA ENVOLVENTE (120 m)		FACHADA CURVA (82 m)		FACHADA ESCALONADA (90 m)	
	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B
metros lineales	60	75	90	70	52	42	60	75
% del total.	66.7	83.3	75.0	58.3	63.4	51.2	66.7	83.3

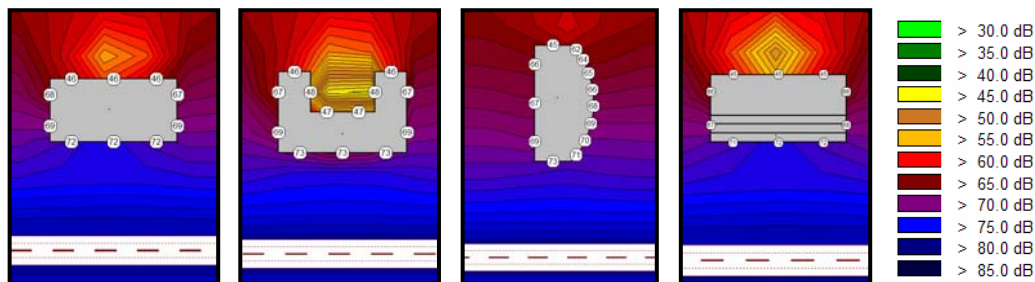


Figura 9: Valores en los receptores en los casos más favorables

4.3 – Evaluación de los niveles de inmisión en fachada para distintas alturas.

Para analizar este parámetro se han colocado receptores en las fachadas de la edificación para cada piso. Las tipologías estudiadas tienen 15m de altura, como se ha mencionado anteriormente, y poseen 5 pisos. La altura de cada uno es de 3m y los receptores han sido ubicados a la mitad de la altura de los mismos, es decir, a 1.50 m en planta baja (PB) y en el resto de los pisos a 4.50m, 7.50m, 10.50m y 13.50m. Teniendo en cuenta los niveles obtenidos, se determinan los receptores que superan el valor límite para el día (65 dBA) y la cuantía en que lo superan, para después hacer una comparación entre todos. Además se realizan mapas verticales, para visualizar mejor el comportamiento de la sombra acústica, como se ve en la figura 10.

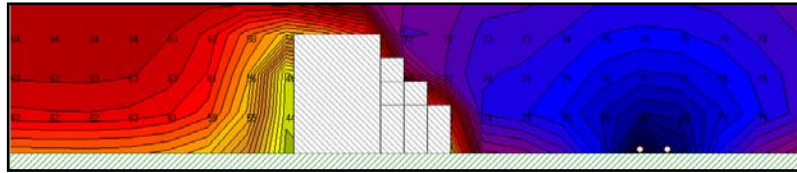


Figura 10: Niveles en función de la altura en la fachada escalonada

Al obtener los resultados de la evaluación del nivel de inmisión en las fachadas a distintas alturas, se aprecia que a medida que se aumenta en altura se incrementan ligeramente los niveles de ruido [en la fachada protegida](#). Las variaciones que se observan son pequeñas, entre 1 y 2 dBA, los niveles obtenidos en planta baja siempre son menores que los obtenidos en el último piso.

Haciendo una comparación entre todos los casos, tomando como parámetro el porcentaje de receptores que superan los valores límite para el período día y los valores en dBA de los valores excedidos, que para los casos de los receptores más críticos han sido aproximadamente de 7 dBA. La configuración más favorable ha sido la 2B, tipología de edificación envolvente, como se puede apreciar en la figura 11, y a continuación se encuentran las variantes de edificación escalonada (4B y 4A) y la de fachada curva 3B. Las tipologías más desfavorables han sido la 1A, la 1B, la 2A y la 3A.

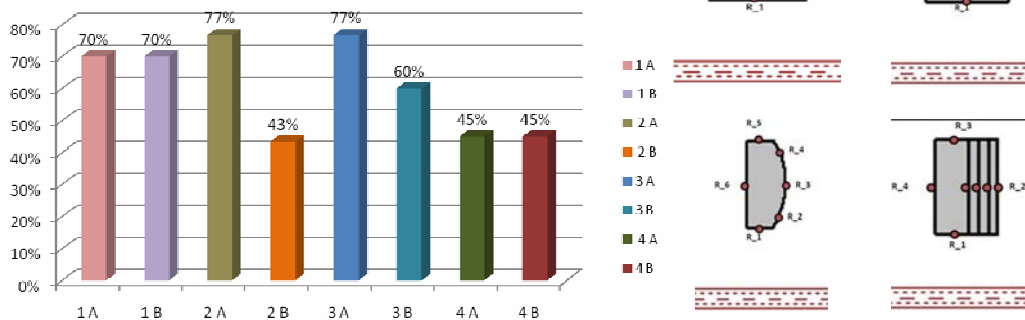


Figura 11: Porcentaje de receptores con niveles superiores a 65 dBA

4.4 – Configuraciones más favorables

Al obtenerse que las configuraciones más favorables son la edificación de fachada envolvente y la de fachada escalonada, se realizó una simulación para combinar ambas tipologías con el objetivo de comprobar si se lograban mejores resultados. Simulando dos edificaciones con las mismas dimensiones, ambas de tipología envolvente, una con fachada escalonada y la otra no, se puede apreciar cómo la de fachada plana presenta mejores atenuaciones, figura 12. Aunque las diferencias son pequeñas, en torno a 1-2 dBA aproximadamente, permite tener criterio en el momento de diseño de la edificación, pues la variante más favorable es la que más área construida posee.

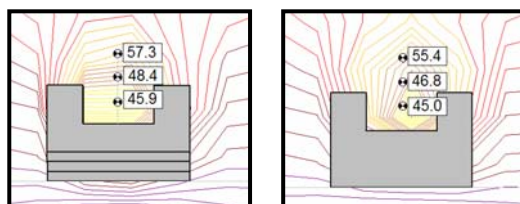


Figura 12: Resultados en la tipología envolvente con fachada escalonada y sin escalonar

5 – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE DISEÑO

Los resultados obtenidos en las simulaciones realizadas, permiten extraer las siguientes conclusiones:

- En general, los mejores resultados se obtienen para los casos donde la fachada más larga de la edificación es paralela a la carretera.
- Como edificio pantalla, la mejor variante es la tipología de edificación envolvente (configuración 2B), seguida por la escalonada.
- La evaluación, a 4m de altura, de los metros lineales de fachada que superan el valor límite, da mejores resultados para la fachada curva, seguida de la fachada envolvente.
- En la evaluación de los niveles de inmisión en fachada para distintas alturas, los mejores resultados se obtuvieron para la tipología de fachada envolvente y de fachada escalonada.

Del análisis de la bibliografía consultada y de las conclusiones anteriores, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Ubicar en la primera línea, frente a la carretera, edificaciones de uso terciario, dejando en una segunda línea las edificaciones de uso residencial.
- Contemplar que la disposición más adecuada de la edificación es la de bloques con su eje mayor paralelo a la carretera.
- Tratar de disminuir el efecto “cañón acústico” (edificios paralelos) inclinando moderadamente en planta la edificación con respecto a la vía. De esta manera se reducen las múltiples reflexiones de las ondas sonoras.
- En la distribución interna, agrupar las áreas de servicio en las fachadas más expuestas.
- Diseñar los llamados “corredores acústicos” cerrados, que consisten en ubicar la galería de circulación y acceso a las viviendas en la fachada más expuesta.
- Diseñar las fachadas expuestas a la fuente de ruido con menor porcentaje de ventanas y emplear alternativas de diseño que permitan disminuir los niveles de inmisión en fachada, (elementos arquitectónicos como aleros o lamas, además de elementos protectores como una “doble piel” con materiales más absorbentes).
- Aprovechar el uso de balcones para diseñarlos con materiales acústicos absorbentes y con inclinaciones en el parapeto y el techo, con el objetivo de disminuir las reflexiones

En el proceso de diseño de las tipologías a considerar la más adecuada para obtener menores niveles de ruido es la edificación envolvente seguida de la fachada escalonada.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración de la empresa Iberacústica en este trabajo

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- [1] García, Armando... [et al.] “Acústica ambiental: análisis, legislación y soluciones”.
- [2] H. Hossam El Dien,. “Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form”. Applied Acoustics 65 (2004) 431–440.
- [3] http://www.disenoyarquitectura.net/2009_09_01_archive.html
- [4] <http://www.archdaily.com/51830/automotive-intelligence-center-acxt/>
- [5] <http://www.archdaily.com/31274/built-landscape-archimedialab/>
- [6] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.
- Carrión A.; “Diseño acústico de espacios arquitectónicos”. Edicions UPC, 1998. ISBN 84-8301-252-9.
- [7] Calvo-Manzano...[et al]. “El ruido en la ciudad: Gestión y Control” “. 1991.Madrid. Sociedad española de acústica.
- [8] Jean P.; Noise barriers: combining performance with aesthetic appeal. URBAN ACOUSTICS. CSTB Recherche. No. 33. January 1998.
- [9] Memoli G., Paviotti M., Kephelopoulos S., Licitra G.; Testing the acoustical corrections for reflections on a façade. Applied Acoustics 69 (2008) 479–495.