

# INFLUENCIA DE LA CONFORMACIÓN DE LAS FACHADAS EN LA ATENUACIÓN DEL RUIDO

**Arturo Maristany, Leandra Abadía, Miriam Agosto, Lorena Carrizo Miranda**

Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas - CIAL, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina  
cial@faudi.unc.edu.ar

## Resumen

El nivel de ruido que poseen los ambientes interiores de determinadas tipologías depende fundamentalmente del ruido incidente, la conformación de las vías de tránsito, la distancia de las mismas al edificio y finalmente de las características de la envolvente que conforman las distintas fachadas. En este aspecto son dos las variables que se pueden considerar: el aislamiento acústico del elemento de cierre y la potencial atenuación producida por la forma del plano de fachada.

El objetivo de esta ponencia es presentar resultados de análisis de casos destinados a evaluar la atenuación acústica basada en la conformación y geometría de los planos de fachada y su incidencia en el aislamiento acústico global.

Se muestran los primeros resultados obtenidos en el marco de un proyecto de investigación relacionado con la influencia de la forma de las envolventes en el control de agentes ambientales. Se verificó que la conformación de la fachada y la terminación superficial de los planos límites tienen una influencia importante en la modificación del campo sonoro que llega al plano del aventanamiento y por lo tanto en el nivel de ruido incidente sobre el cerramiento que cumple la función de aislamiento acústico.

**Palabras-clave:** ruido urbano, fachadas, aislamiento acústico

## Abstract

The noise level indoors, in rooms with certain typology, depends mainly on the incident noise, the conformation of traffic routes and their distance from the building, and finally the enveloping characteristics that conform the different facades. In this regard there are two variables that can be considered: acoustic insulation of the closure element and the potential attenuation caused by the shape of the facade.

The aim of this paper is to present results of case studies to assess the acoustic attenuation based on the conformation and geometry of the facade and their impact on the overall acoustic insulation.

The first results obtained in the frame of a research project related to shape influence of the enveloping in the control of environmental agents are shown. It was verified that the conformation of the facade and the surface finish of the limit planes have an important influence on the modification of the sound field that reaches the plane of window system and therefore in the incident noise level on the enclosure which serves as acoustic insulation.

**Keywords:** urban noise, facades, acoustic insulation

**PACS no. 43.55.Rg**

## 1 Introducción

Entre los elementos constructivos característicos de un edificio la envolvente es la que permite la vinculación o aislación de los espacios interiores con el exterior. Su tratamiento, características de diseño y materialidad transformaran a esta piel o fachada en un elemento negativo o positivo desde el punto de vista del acondicionamiento y el confort interior. La resolución de las actuales envolventes, adolecen muchas veces de la evaluación y del estudio previo necesario en función del destino para el cual están construidas.

Está demostrado que la correcta configuración y diseño de la envolvente como un todo, teniendo en cuenta la luz, el calor y el sonido de manera conjunta se traduce en un diseño óptimo donde se han tenido en cuenta todos los componentes del confort, visual, térmico y también acústico [1]. Los parámetros de confort interior no son solo térmicos son también lumínicos y acústicos y estas condiciones necesarias se logran con una correcta configuración y evaluación de la relación entre el exterior y el interior.

Las fachadas, que constituyen los cerramientos de los espacios que están requiriendo un adecuado tratamiento acústico, deben estar tratadas con el correcto aislamiento, así como también deben tener el mismo aislamiento acústico aquellos elementos constructivos próximos y/o adyacentes a la misma. Es claro que dicho nivel de aislación se debe considerar para el ruido aéreo proveniente fundamentalmente del tráfico rodado de la vía considerada. Además debe evaluarse el uso o destino de los espacios o recintos limitados por dicha fachada, los niveles o alturas donde se realizan las mediciones sobre la fachada y los niveles sonoros en la zona urbana donde está implantado el edificio [2].

El concepto de aislamiento acústico implica un corte brusco de la propagación sonora, mientras que los elementos que conforman los planos de fachada como balcones, aleros, barandas, parapetos, etc., ofrecen una atenuación progresiva que depende de las características geométricas y de los coeficientes de absorción de las superficies límites. Los antecedentes bibliográficos relacionados con el estudio de este aspecto, demuestran que la influencia de la forma de la fachada en la atenuación del ruido es un aspecto poco estudiado que merece una consideración particular, no pudiéndose hasta el momento establecer una metodología de medición o cálculo específica [3].

La EN 12354-3:2000 en su anexo C orienta una posible mecánica de medición y cálculo de la influencia de la forma de la fachada [4]. La Norma refiere que el efecto de la forma exterior de las fachadas puede considerarse tanto de manera negativa cuando se produce una mayor transmisión acústica, o por el contrario será positiva si se logra un menor índice de transmisión acústica. Los efectos negativos obedecen a las reflexiones adicionales y al campo acústico reverberante que podría producirse si el balcón genera un encapsulamiento alrededor del plano de fachada.

Es conocido que la transmisión del sonido en el aire a través de la fachada es consecuencia de la transmisión del sonido por cada uno de los elementos componentes de la fachada del edificio [5]. Considerando que la transmisión de cada elemento es independiente en la transmisión de los otros, es posible evaluar de forma separada el aporte que puede producir la configuración del plano de fachada en la atenuación global de la envolvente. Así, cada tipología de balcón (balcón en galería, balcón cerrado, balcón abierto, balcón terraza ,etc.) presenta características formales propias y que merecen una evaluación y medición particularizada. El anexo E de la Norma UNE - EN 12354-3,2000, establece que el nivel de presión acústica obtenido en el interior del espacio considerado, se obtiene a partir de la suma de la contribución de cada elemento de la fachada al nivel de presión acústica en el interior teniendo en cuenta el nivel de presión acústica incidente, la influencia de la forma de la fachada y el índice de reducción acústica aparente para cada elemento separadamente.

En los últimos años existen múltiples trabajos que abordan el tema de la influencia de los balcones en el control del ruido en los edificios, tanto para edificios aislados, como para edificios incorporados a un canal urbano complejo. En todos los casos las técnicas de estudio se basan en la medición, la

simulación y/o la experimentación en modelos a escala [6], [7], [8], [9], [10] . El presente trabajo tiene como objetivo general aplicar una metodología práctica de medición in situ, con el fin de evaluar la atenuación acústica en función de la conformación y geometría de los planos de fachada. También como objetivos particulares se busca establecer resultados a partir de la medición del componente fachada y la influencia de balcones existentes en la misma; realizar mediciones de dicha fachada con la incorporación de diferentes materiales en los paramentos y limitantes del balcón a los fines de poder establecer valores de disminución del nivel de ruido incidente sobre el plano de aventanamiento y comparar los resultados obtenidos con los requerimientos de aislamiento acústico a los fines de poder establecer validez y confiabilidad en la metodología y acciones futuras.

## 2 Desarrollo

### 2.1 Presentación del caso en estudio

Se tomó como modelo para las evaluaciones los balcones de la fachada de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional de Córdoba, figura 1.

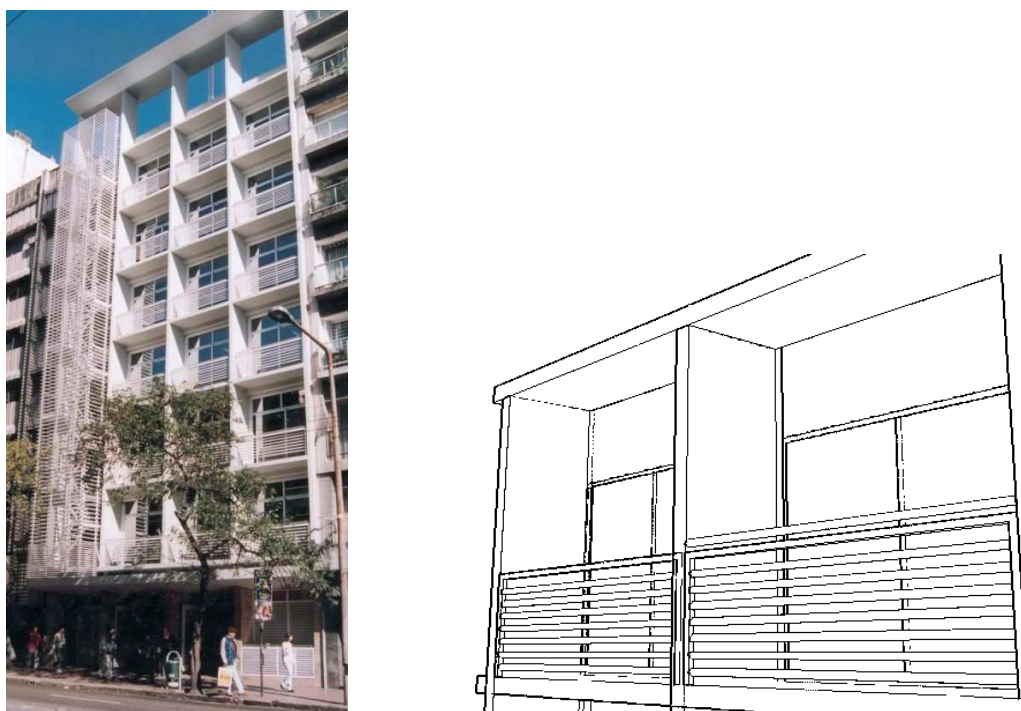


Figura 1 - Fachada del edificio y detalle de balcones

La conformación y dimensiones de los balcones del edificio, figura 2, permiten disponer de elementos destinados a evaluar la influencia de diversas variables que influyen en el control del ruido que llega al plano de aventanamiento: línea de visión entre fuente sonora y receptor, absorción de planos horizontales y verticales del cerramiento y transparencia de las barandas. El edificio se encuentra ubicado sobre la Av. Vélez Sarsfield con alto nivel de tránsito vehicular el cual es tomado como fuente de ruido externo para la evaluación. La presencia de edificios de menor altura en la vereda opuesta permite condiciones de campo sonoro útiles para el estudio. Los pisos altos no tienen edificios

enfrentados que condicionen el campo sonoro, mientras que los pisos mas bajos están dentro del canal que conforma los edificios y por lo tanto se ven afectados por el campo reverberado de la calle. En la figura 2 se muestra la conformación real del canal.

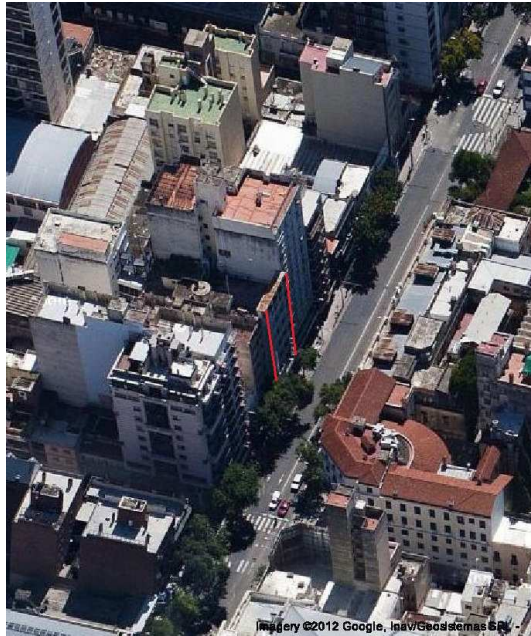


Figura 2 – Conformación del canal – edificios componentes

En el caso de estudio seleccionado, la fachada motivo de evaluación debe dar respuesta a los requerimientos de habitabilidad y condiciones de confort interior que permita el desarrollo de las actividades previstas en los espacios que las fachadas delimitan. Estos espacios son aulas que se utilizan para el dictado de clases teóricas y prácticas, lo cual exige condiciones acústicas muy específicas.

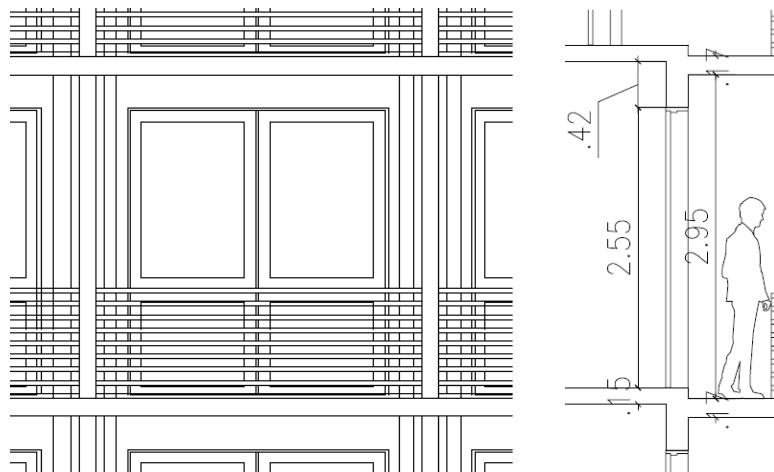


Figura 3 - Detalle de balcón

## 2.2 Metodología

Para cada alternativa de tratamiento se realizaron mediciones en base a la metodología propuesta en el anexo informativo C de la Norma Europea EN 12354-3 [UNE-EN, 2000]. Se midió el nivel de presión sonora de manera simultánea en el plano del aventanamiento ( $L_{1,s}$ ) y a 2 metros de distancia del plano de fachada ( $L_{1,2m}$ ). En el marco de la norma tomada como referencia el nivel de atenuación o de influencia de la forma de fachada se calcula de acuerdo a la expresión (1).

$$\Delta L_{fs} = L_{1,2m} - L_{1,s} + 3 \quad (1)$$

En donde  $L_{1,2m}$  es el nivel de presión acústica medio a 2 metros de la fachada, en dB y  $L_{1,s}$  es el nivel de presión acústica medio sobre la superficie exterior del plano de fachada, incluyendo el efecto reflectante de ese plano, en dB.

De acuerdo a lo expresado en la norma la diferencia de nivel debida a la forma de la fachada,  $\Delta L_{fs}$ , depende de la forma básica de la fachada, de la absorción de la parte expuesta de cielorraso y de la dirección general del sonido incidente, representado por la altura de línea de mira sobre el plano de la fachada. En la figura 4 se muestran estos parámetros extraídos de la norma.

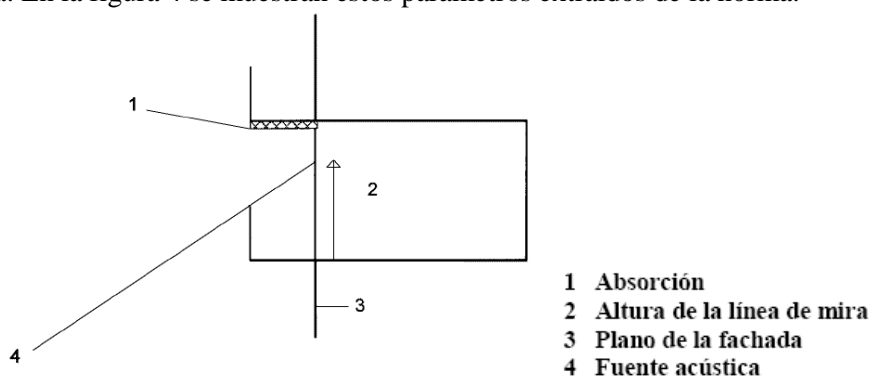


Figura 4 - Parámetros relevantes a la diferencia de nivel por la forma (de EN 12543-3)

Se realizó el relevamiento de nivel sonoro en un balcón de cada piso del edificio, el cual se basó en la medición de  $L_{1,2m}$ ,  $L_{1,s}$  para: a) balcones sin tratamiento (situación existente); b) con tratamiento absorbente en cielorraso; c) con cerramiento de baranda y d) con cerramiento de baranda y absorción en cielorraso expuesto. En los esquemas de la figura 5 se detallan las 4 alternativas seleccionadas para la evaluación.

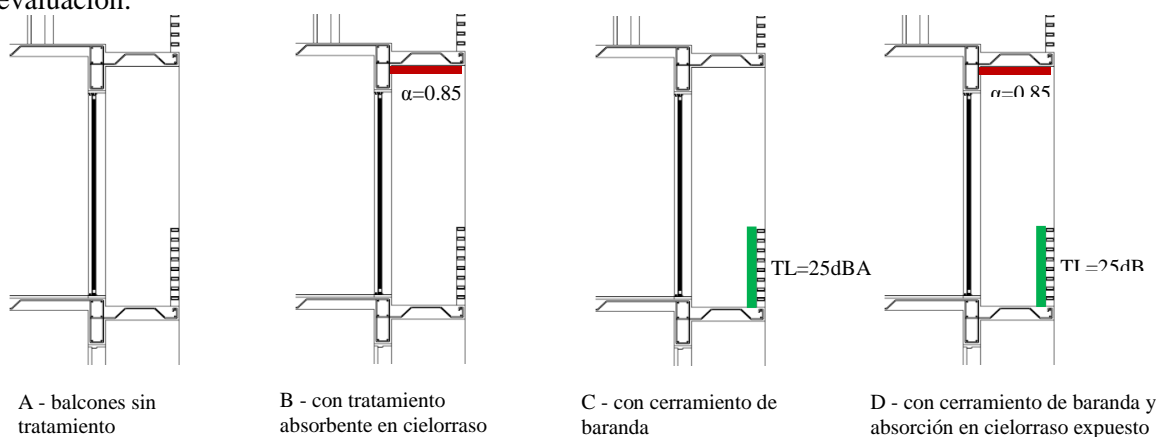


Figura 5 - Alternativas de ensayo propuestas

El elemento absorbente utilizado en el plano de cielorraso está compuesto por un panel de lana de vidrio de  $35 \text{ kg/m}^3$  de densidad y 2,5 cm de espesor, con recubrimiento final en velo negro, colocado de manera directa, sin cámara de aire, adherido sobre el cielorraso; con una absorción aproximada del 90%. El elemento de cierre de la baranda de los balcones consistió en un panel de madera dura cuya aislamiento estimado por masa es de aproximadamente 25 dBA lo cual asegura un aislamiento mínimo necesario para evaluar la influencia del elemento sobre el plano de fachada.

Las mediciones de  $L_{1,2m}$  fueron realizadas con un medidor de nivel sonoro marca Brüel & Kjaer modelo 2250 con micrófono montado en soporte extensible a 2 metros del plano de fachada y a 1,20 metros del nivel del piso interior. Las mediciones de  $L_{1,s}$  fueron realizadas con un medidor de nivel sonoro marca Brüel & Kjaer modelo 2235 montado a 1,2 m de altura sobre el plano de vidrio de fachada.

En la figura 6 se muestran esquemáticamente la ubicación de los balcones en relación al canal y la posición de los puntos de medición.

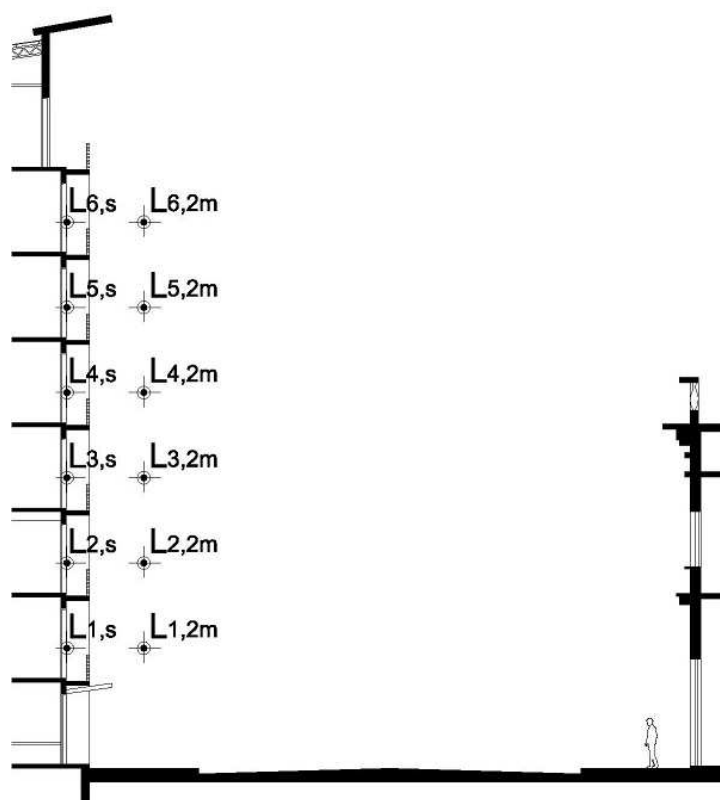


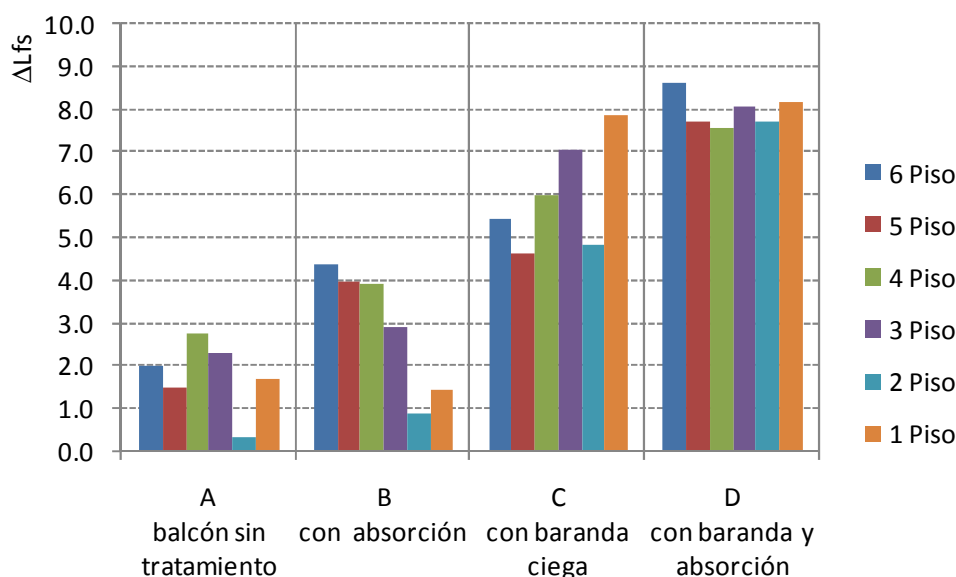
Figura 6 - Posición puntos medición y perfil de calle

### 2.3 Resultados

En la tabla 1 y en la grafica de la figura 7 se muestran los resultados promedios obtenidos en cada una de las situaciones analizadas.

Tabla 1 - Valores de  $\Delta L_{fs}$  alcanzados para cada alternativa

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Absorción en cielorraso</b>	<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>
<b>Cerramiento de baranda</b>	<i>No</i>	<i>No</i>	<i>Si</i>	<i>Si</i>
<b>Piso</b>	<b><math>\Delta L_{fs}</math> (dB)</b>			
<b>6</b>	2.0	5.5	4.4	8.6
<b>5</b>	1.5	4.6	4.0	7.7
<b>4</b>	2.8	6.0	3.9	7.6
<b>3</b>	2.3	7.1	2.9	8.1
<b>2</b>	0.3	4.8	0.9	5.4
<b>1</b>	1.7	7.9	1.4	5.7

Figura 7 -  $\Delta L_{fs}$  alcanzados en cada piso para cada alternativa

De análisis se observa que la conformación original “A” basada en aleros y pantallas verticales de cierre totalmente reflectantes (balcón sin tratamiento) tiene una atenuación  $\Delta L_{fs}$  que no supera los 2 dB independiente de la altura y el campo acústico. En el caso “B”, con absorción en cielorraso, se evidencia claramente un aumento progresivo de la atenuación con la altura del edificio, alcanzado los valores más altos, alrededor de 4dB, en los pisos superiores que, por diferencia de altura, se encuentran por fuera de la influencia del campo reverberado de la calle. En los pisos bajos la influencia de la absorción no es significativa. El apantallamiento producido por la materialización de la baranda de cierre, alternativa “C”, produce un incremento importante de la atenuación en todos los pisos, independiente de la altura y posición relativa en relación al campo sonoro. Finalmente la combinación de ambos tratamientos implica la atenuación  $\Delta L_{fs}$  más alta con valores en el entorno de los 7 a 8 en todos los pisos.

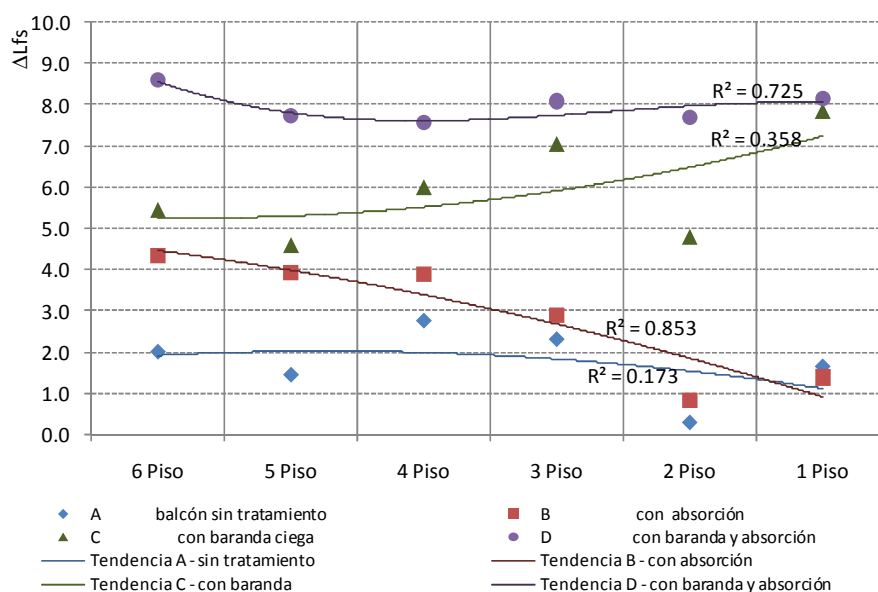


Figura 8 –  $\Delta L_{fs}$  por piso con línea de tendencia por tipo de tratamiento

El rango de valores de atenuación alcanzados se corresponde con los resultados de otros trabajos con objetivos similares [7], [8], [10], reflejándose que los niveles de atenuación o pérdida por inserción típica de este tipo de conformación es del orden de 2 a 10 dB

En la gráfica de la figura 8 se observan las líneas de tendencia de cada tipo de tratamiento en función de la altura del edificio. Del error cuadrático medio  $R^2$  en cada caso se observa una clara tendencia del aumento de  $\Delta L_{fs}$  con la altura del edificio ( $R^2=0,85$ ) y una atenuación casi constante independiente de la altura con el tratamiento absorbente y la baranda ciega ( $R^2=0,72$ ).

El aumento progresivo de la atenuación con la altura, basado en el uso de materiales absorbentes también lo verifican otros autores [10]. Se destaca que el aumento progresivo se da de manera previsible en la zona del edificio que está fuera del campo reverberado, y por lo tanto la atenuación está relacionada con el control del sonido directo que alcanza los planos límites, principalmente en el cielorraso del balcón.

El alto rendimiento de la baranda como sistema de protección en todos los pisos puede estar relacionado con su comportamiento en general como barrera acústica del sonido directo y, en los pisos inferiores, dentro del campo reverberado de la calle, contribuye limitar la penetración del campo reverberado al cerrar el volumen del balcón.

### 3 Conclusiones

Se realizó un análisis comparativo del comportamiento de los balcones sin tratamiento en diferentes pisos a los efectos de verificar la influencia del posible campo reverberado existente en el canal de la calle. Se confirmó que en los pisos bajos la influencia es importante, minimizándose en los pisos más altos por la inexistencia de edificios enfrentados.

Se verificó que la conformación de la fachada y la terminación superficial de los planos límites tienen una influencia importante en la modificación del campo sonoro que llega a la fachada y por lo tanto en el nivel de ruido incidente sobre el plano del aventanamiento que cumple la función de aislamiento



acústico. Los valores de atenuación alcanzados entre 1 y 5 A están dentro de los valores generales que da la EN-UNE 12354-3 para las distintas conformaciones y terminaciones. La metodología de trabajo y los resultados parciales alcanzados justifican la necesidad de continuar con mediciones y simulaciones que permitan desarrollar una metodología confiable para verificar la atenuación que produce la conformación de los planos de fachada.

Se evidencia que es necesario continuar este tipo de estudios, haciendo el análisis en el campo de la frecuencia para verificar diferentes tratamiento de cierre y absorbentes posibles y su comportamiento frente a los espectros típicos de ruido urbano. Por lo anterior, los resultados presentados son considerados preliminares y demuestran la importancia de los trabajos que se está realizando con este objetivo.

## Referencias

- [1] Unver, R.; Akdag N.; Gedik G.; Ozturk, L.; Karabiber, Z. 2004. Prediction of building envelope performance in the design stage: an application for office buildings, *Building & Environment* 39 (2004) 143-152. Elsevier.
- [2] Sanchidrián, C. D., Pedrero González, A., Navacerrada Saturio, M.A. 2008. Los huecos de las fachadas de los recintos y su protección frente al ruido exterior. VI Congreso Iberoamericano de Acústica - FIA 2008. Buenos Aires.
- [3] Gerretsen, E. 2008. Prediction Models for Buildings Performance – European Need and World Wide Use. *Euronoise, Acoustics* 2008, Paris.
- [4] UNE-EN 12354-3 2000. Acústica de la Edificación. Estimación de las Características Acústicas de las Edificaciones a partir de las Características de sus Elementos. Parte 3 – Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo contra Ruido del Exterior.
- [5] Saarinen, A. 2002 “Reduction of external noise by building facades: tolerance of standard EN 12354-3”. *Applied Acoustics* 63 2002 529-545. Elsevier.
- [6] Hothersall DC, HoroshenkovKV, Mercy SE., Numerical modelling of the sound field near a tall building with balconies near a road, *Journal of Sound and Vibration* 1996, 198(4),507–15.
- [7] K.M. Li, W.K. Lui, K.K. Lau, K.S. Chan, A simple formula for evaluating the acoustic effect of balconies in protecting dwellings against road traffic noise. *Applied Acoustics* 64 2003; 633–653
- [8] Hossam El-Dien H., P. Woloszyn, Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form, *Applied Acoustics*, 65 2004, 431-440.
- [9] Hossam El-Dien H., P. Woloszyn, The acoustical influence of balcony depth and parapet form: experiments and simulation”, *Applied Acoustics*, 66 2005, 533–551.
- [10] Busa, Lucia; Secchi, Simone Effect Of Facade Shape For The Acoustic Protection Of Buildings. *International Congress On Acoustics. MADRID, 2-7 SEPTEMBER 2007*