

## IMPORTANCIA DE LA FORMA DE FACHADAS EN LA OPTIMIZACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO

**Arturo Maristany (1); Leandra Abadía (2)**

(1) PhD, Arquitecto, Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas CIAL, FAUD, UNC. Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. Te +543514333037 – arturo.maristany@gmail.com

(2) Arquitecta, Centro de Investigaciones Acústicas y Luminotécnicas CIAL, FAUD, UNC. Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina. Te +543514333037 – lea.abadia@gmail.com

### RESUMEN

Está demostrado que el ruido de tránsito es la mayor fuente de contaminación acústica en las grandes ciudades. Las características de las soluciones constructivas, el comportamiento de los cerramientos de las fachadas, así como la forma de la envolvente actúan sobre el aislamiento acústico global y deben necesariamente relacionarse con el tipo, frecuencia y nivel de ruido exterior. La evaluación del grado de molestia que producen los ruidos ambientales puede ser realizada por bandas de octavas y comparada con curvas de referencia NC (Noise Criteria). Las NC posibilitan evaluar el confort acústico en actividades que se realizan en el interior de los locales y que se aproximan a la sensibilidad del oído en función de la frecuencia. Se presentan resultados de una línea de trabajo en desarrollo referida al estudio de la capacidad de atenuación del ruido en base a la forma de fachadas. Se muestran los niveles de control del ruido de tránsito de diferentes conformaciones y tipo de balcones sobre el plano de fachada. Se propone el análisis comparativo del aislamiento combinado de las superficies vidriadas con balcones en comparación con el aislamiento mínimo necesario para cumplir con el criterio NC.

Palabras clave: balcones, ruido urbano, control de ruido

### ABSTRACT

It is shown that traffic noise is the major source of noise pollution in large cities. The constructive solutions characteristics, the closings facades behaviour, as well as the shape of the frontage have an effect on the overall sound insulation and have to relate to the type, frequency and level of external noise. The evaluation of the discomfort level that produces environmental noise can be performed by octave bands and compared with reference curves NC (Noise Criteria). The NC enables to evaluate the acoustic comfort in activities taking place inside locals and that approximates the sensitivity of the human ear performed by the frequency. Results of an in progress study of noise attenuation capacity concerned with the study of the noise attenuation ability based on the shape of facades are presented. Level control of traffic noise of different shapes and types of balconies on the facade are shown. Comparative analysis of the combined insulation of glass surfaces with balconies compared to the minimum insulation NC criteria is proposed.

Keywords: balconies, urban noise, noise control

## 1. INTRODUCCION

El alto tránsito que se genera en las arterias principales de una ciudad se propaga incidiendo sobre las envolventes de los edificios y en cada uno de los elementos que las conforman, hasta penetrar en el interior. Para poder evaluar la capacidad de aislamiento de una fachada es necesario conocer los niveles de ruido que inciden sobre la misma, las características de la fuente productora de ruido y las características formales y constructivas de la envolvente. El correcto diseño de las fachadas desde el punto de vista acústico aporta ventajas ambientales y económicas posibilitando que quienes habiten esos espacios tengan mejores condiciones de confort.

Entre los diferentes métodos que se utilizan para la evaluación del confort acústico de actividades que se realizan en los espacios interiores, con un ruido de fondo más o menos estable, se encuentran las curvas NC (Noise Criteria), que establecen valores mínimos aceptables para lograr las condiciones de confort interior. Lo que implica un correcto diseño de las envolventes y de las características constructivas de los elementos que las conforman.

El comportamiento acústico de una fachada frente a la incidencia del ruido de tráfico dependerá fundamentalmente de la forma, profundidad y características constructivas de los balcones que conforman las envolventes (HOSSAM; WOLOSZYN, 2004), (BUSA, 2007), así como también de la capacidad aislante del muro ciego y de la ventana, la que se constituye en un elemento de aislación débil dentro del conjunto.

Se realizó un análisis comparativo, de diferentes conformaciones y tipos de cierre de balcones, a los efectos de verificar la atenuación del ruido producido por el tránsito sobre el plano de las fachadas de los edificios (MARISTANY et al., 2014). La absorción de los materiales superficiales de cielorraso, el ancho del balcón y el apantallamiento de la baranda tienen una influencia importante en el nivel de ruido incidente sobre el plano de fachada. Las características constructivas y los diferentes diseños de las barandas como sistema de protección pueden relacionarse con su comportamiento como barrera acústica, contribuyendo a disminuir el ruido producido por el tránsito, actuando de este modo como control de ruido.

## 2. OBJETIVO

El objetivo de esta ponencia es mostrar el importante incremento que se produce en el aislamiento global de la fachada al utilizar los balcones o la forma de la misma como elemento de control, principalmente frente al déficit de aislamiento acústico que suelen presentar las superficie vidriadas, por ser el punto más débil de la envolvente, frente al ruido de tránsito.

## 3. METODOLOGIA

Para cumplir con los objetivos del presente trabajo se ha organizado el mismo en las siguientes etapas:

1. Simulación de la capacidad de atenuación del ruido de diferentes conformaciones de balcones de edificios en altura con dos alternativas dimensionales y dos variantes de tratamiento superficial de cielorraso.
2. Selección de los tipos de vidriados usuales y su capacidad de aislamiento normalizado.
3. Caracterización de la fuente de ruido de tráfico propio del área central de la Ciudad de Córdoba.
4. Definición de los niveles de aislamiento mínimo necesario para cumplir con el criterio NC de confort.
5. Análisis comparativo del incremento global de aislamiento incorporando los balcones como sistema de apantallamiento.

### 3.1. Control de ruido por forma de fachada

Para la evaluación del incremento del aislamiento por la forma de las envolventes se simuló siete conformaciones diferentes de barandas características de la ciudad de Córdoba y se consideraron dos anchos de balcones de 1 y 2 m con dos características superficiales de cielorraso (revoque y madera con cámara de aire). El cálculo del nivel de ruido incidente sobre el plano de fachada se realizó por medio de la aplicación del software de simulación DISIAPYR® (FARINA; BRERO, 1996) basado en la técnica del trazado de rayos, programa de simulación acústica que se utiliza para modelar el entorno de propagación del sonido. Se basa en un algoritmo que permite la simulación de la propagación al aire libre en formas urbanas complejas teniendo en cuenta la difracción de borde sobre los límites y el coeficiente de absorción de las superficies.

La simulación fue realizada mediante un modelo de canal urbano tipo de la Ciudad. Para cada alternativa de tratamiento se calculó el nivel sonoro promedio sobre el plano de fachada y a 2m de distancia al mismo respondiendo al criterio fijado en el anexo C de la norma europea EN 12354- 3 (UNE-EN, 2000). En las figuras 1 a 7 se presentan los casos estudiados y las correspondientes diferencias L promedio de atenuación

del nivel de ruido por bandas de octava calculado mediante la diferencia ( $L_{2m} - L_{0,20m}$ ), nivel en el exterior, a 2m del plano de la ventana menos el nivel de ruido promedio sobre el plano de la ventana, para balcones de 1 y 2 m de ancho y superficies de cielorraso de revoque y madera con cámara de aire.

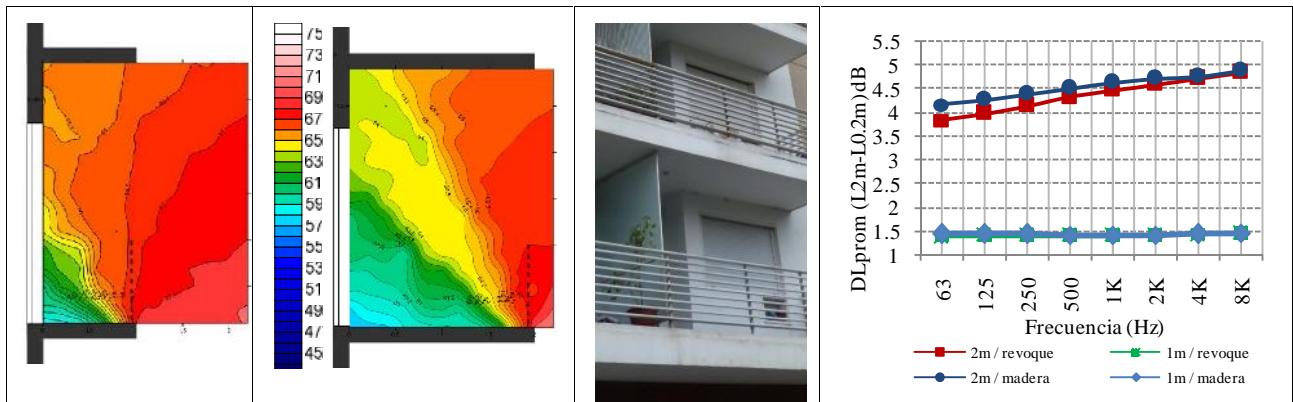


Figura 1 - Balcón tipo B1 – baranda de reja

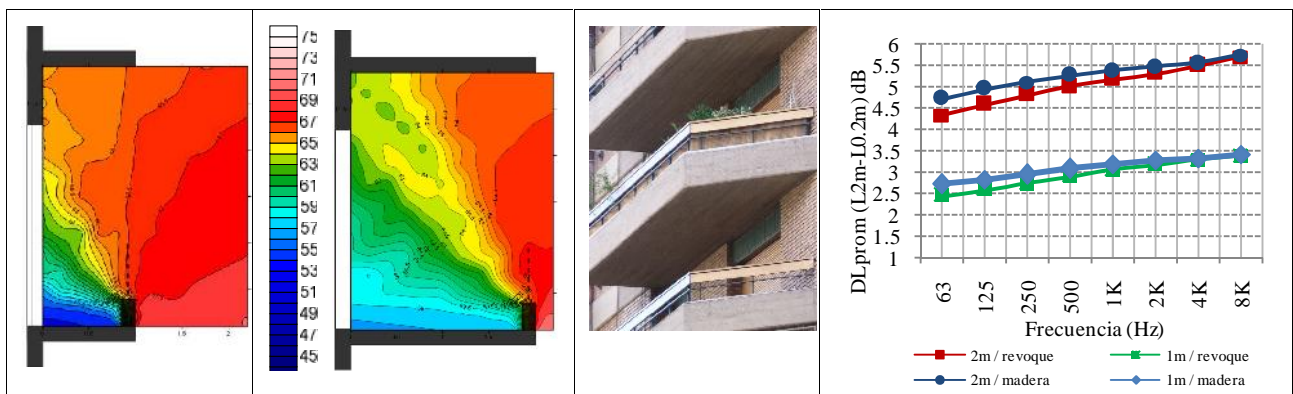


Figura 2 - Balcón tipo B2 – baranda de Mampostería 0,30 m y reja

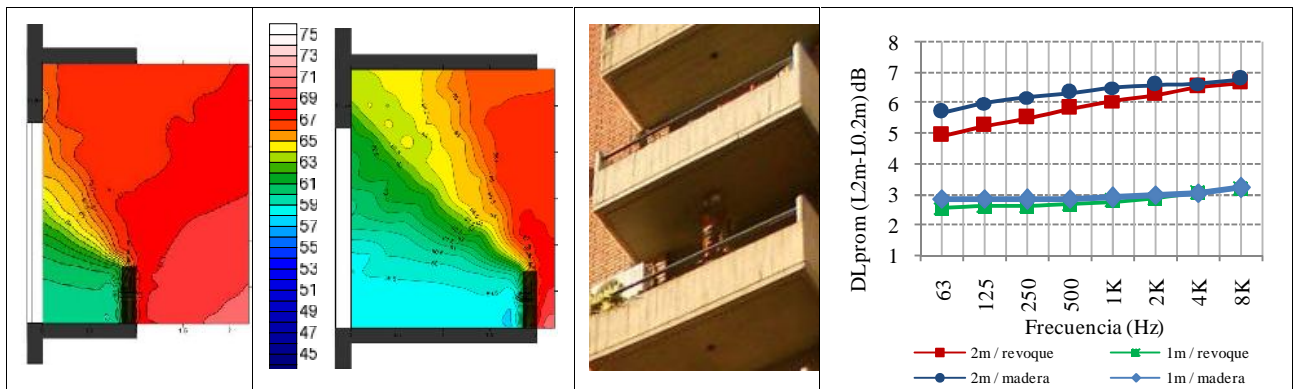


Figura 3 - Balcón tipo B3 – baranda de Mampostería 0,70 m y reja

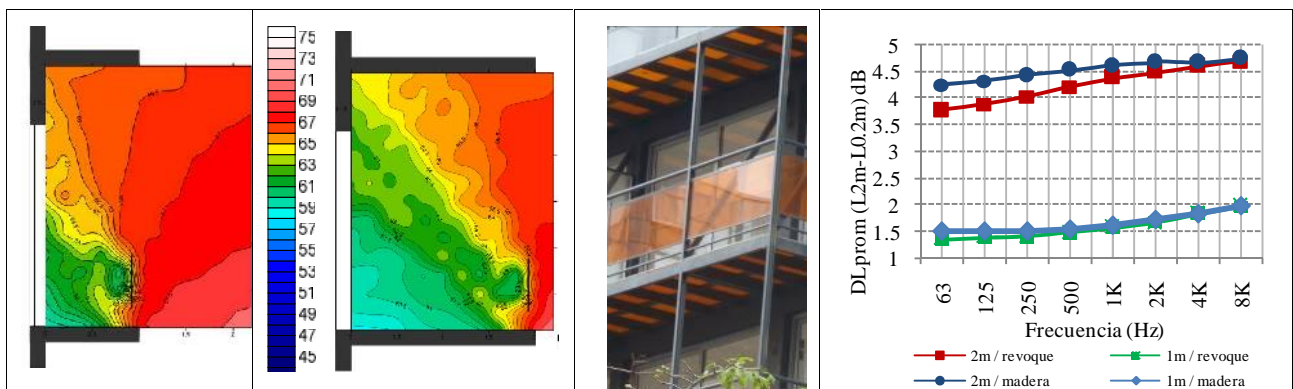


Figura 4 - Balcón tipo B4 – baranda de vidrio o chapa separada de la losa y con pasamanos de acero

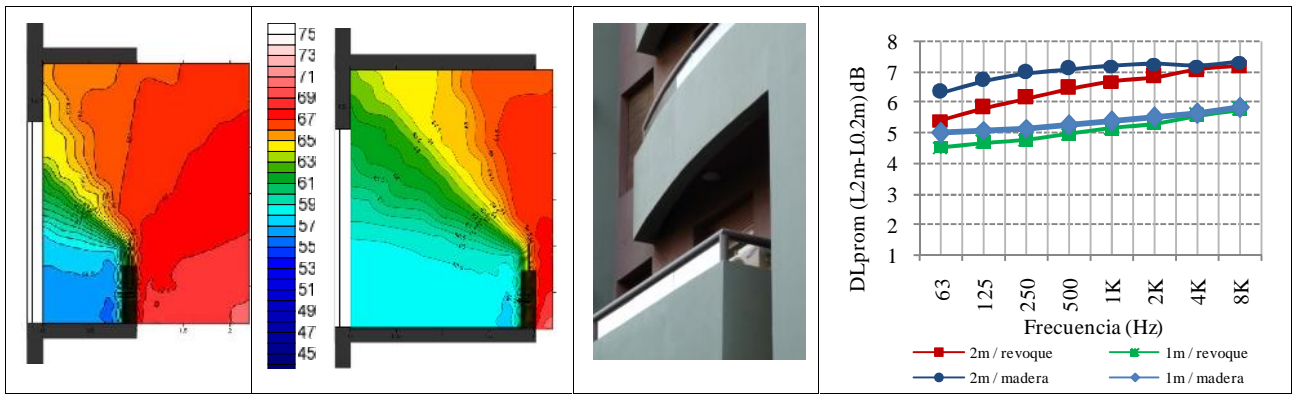


Figura 5 - Balcón tipo B5 – baranda de Mampostería y vidrio

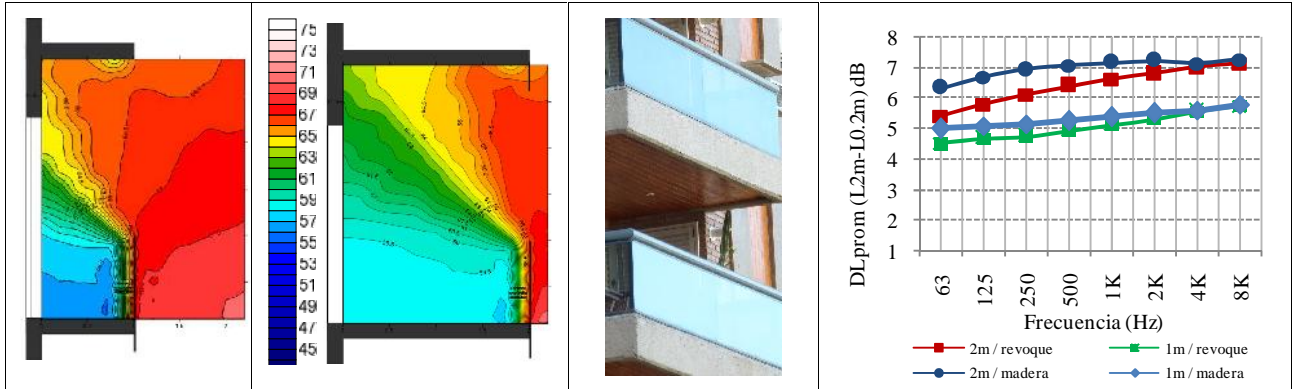


Figura 6 - Balcón tipo B6 – baranda de vidrio

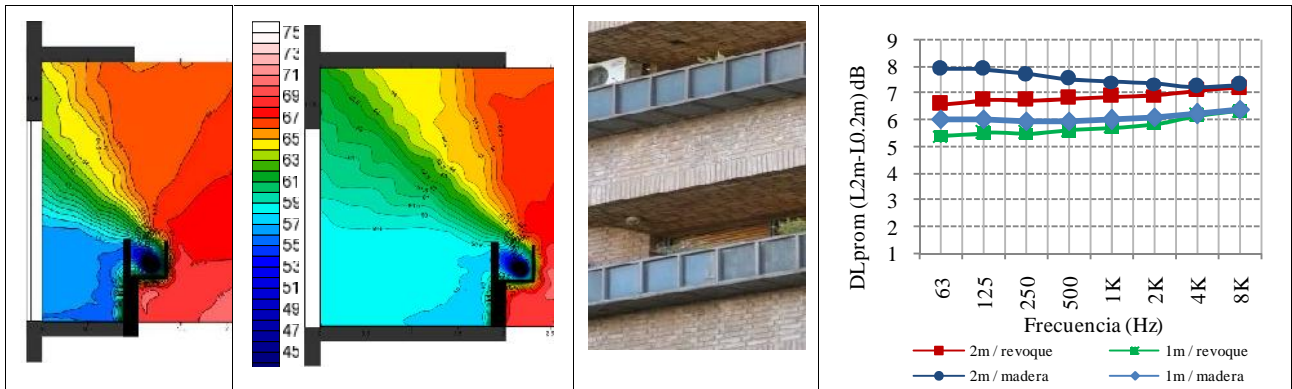


Figura 7 - Balcón tipo B7 – baranda de Mampostería y cantero

### 3.2. Índice de reducción acústica de distintos tipos de vidriado

La resolución del cerramiento de fachada y en particular del vidrio como parte componente de la misma se constituye en uno de los problemas de mayor importancia a resolver para el cumplimiento del aislamiento acústico. La capacidad de aislamiento acústico de la fachada depende fundamentalmente del comportamiento del vidrio que se utilice así como del tipo de carpintería y del sellamiento de la misma. Para el presente trabajo se adopta como referencia de estudio los vidrios usuales de 4 y 6 mm y DVH (doble vidriado hermético). Los valores de aislamiento se adoptan de la Norma EN 12354-3 2000 que establece el Índice de reducción acústica de diferentes tipos de vidrio de distintos espesores y para toda la banda de frecuencias. Dichos valores de aislamiento se muestran en la tabla 1

Tabla 1 - Valores de aislamiento acústico para distintos tipos de vidriado

|             | 63Hz | 125Hz | 250Hz | 500Hz | 1kHz | 2kHz | 4kHz | 8kHz |
|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| vidrio 4 mm | 8    | 17    | 20    | 26    | 32   | 33   | 26   | 24   |
| vidrio 6 mm | 10   | 18    | 23    | 30    | 35   | 27   | 32   | 30   |
| DVH 6+6+4   | 12   | 21    | 20    | 26    | 38   | 37   | 39   | 40   |

### 3.3. Fuente de ruido de tránsito

El ruido proveniente de automóviles, transporte público y motos se constituye en el ruido ambiente dominante en el área central de la ciudad. Para la simulación es necesario determinar el nivel de presión sonora por bandas de octava del ruido generado por el tránsito. Se realizaron simulaciones basadas en el espectro normalizado de ruido de tránsito dado por la ISO 1793-3:1998 y simultáneamente en base a los valores obtenidos en mediciones realizadas in situ, en las cuales se determinó el espectro típico de las avenidas principales, siendo este último el valor finalmente adoptado por adecuarse a la situación real del tráfico en las avenidas (MARISTANY et al., 2012).

En el gráfico de la figura 8 se muestra la composición espectral del nivel de presión sonora a dos metros del plano de fachada,  $L_{1,2m}$ , en donde se observa el predominio de bajas frecuencias característico del ruido de tránsito real utilizado para la evaluación. Se indican también, a la par del nivel sonoro continuo equivalente, los valores máximos y mínimos medidos y los correspondientes valores globales en dBA.

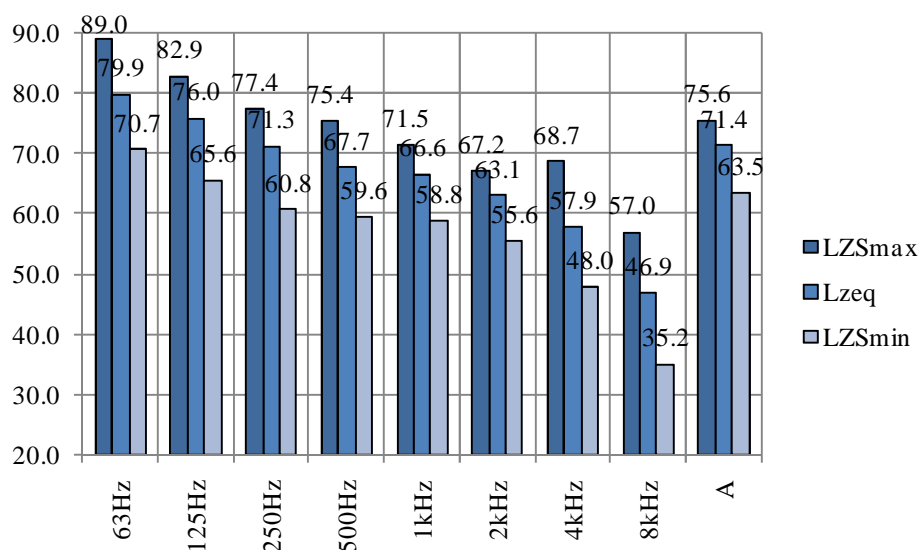


Figura 8 - Composición espectral de  $L_{1,2m}$

### 3.4. Evaluación de ruido mediante perfiles NC (noise criteria) y aislamiento mínimo

Para la evaluación del grado de molestia en el interior de las viviendas se procedió a la calificación del espectro del ruido mediante las curvas NC. El objetivo de la aplicación del criterio NC es lograr que en los diferentes espacios cerrados se realicen las actividades típicas sin ser afectadas por niveles sonoros más allá de lo considerado como recomendado (IRAM, 2008). Para la Norma IRAM 4070, en su anexo A “valores límites recomendados de perfiles NC para recintos tipificados”, el espectro de ruido de fondo a evaluar no deberá superar para el caso de viviendas una curva NC25 a NC30.

En la figura 9 se muestra el perfil NC para vivienda con los niveles de presión sonora para cada banda de octava y su comparación con el espectro de ruido de tránsito medido a dos metros del plano de fachada,  $L_{1,2m}$ . Se observa que el nivel de ruido en el interior de la vivienda deberá estar por debajo de las curvas de referencia, por lo tanto la envolvente o el sistema de fachada deberá atenuar la diferencia existente entre el nivel indicado de ruido ambiente y la curva NC recomendada.

En la figura 10 se indica el resultado de este cálculo correspondiente al aislamiento mínimo (adoptando la NC30) y del aislamiento recomendado (NC25) en función de la frecuencia. Los referenciales se obtuvieron mediante la diferencia entre las curvas NC recomendadas para la actividad a desarrollar y el espectro de ruido de tránsito medido a 2 m de la ventana. A los efectos de este trabajo se adoptó la diferencia absoluta de nivel. Este valor debería estar afectado por la absorción del local receptor a los efectos de dar un valor normalizado de reducción sonora. Considerando los valores usuales de reverberación de los locales destinados a vivienda el índice de reducción sonora normalizado no difiere de manera sustancial con la diferencia directa de aislamiento bruto, siendo el error despreciable para el objetivo del presente trabajo.

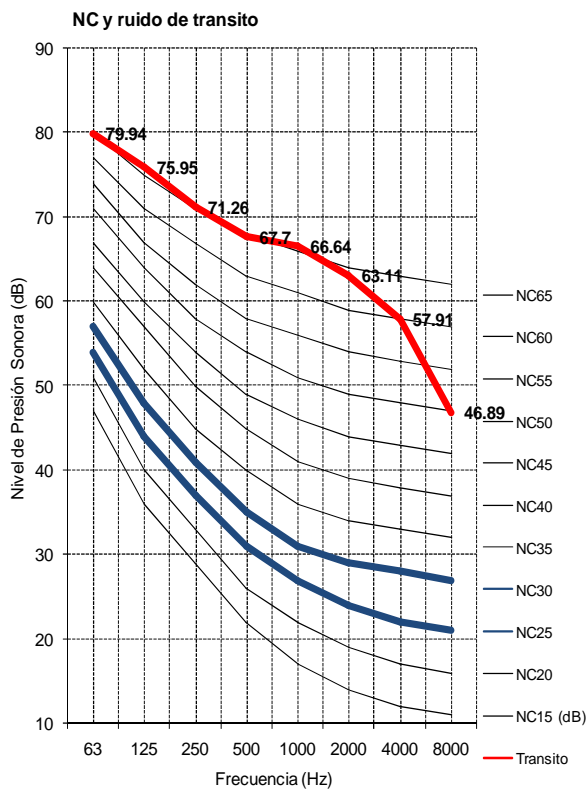


Figura 9 - Perfil NC para vivienda y espectro de ruido de tránsito.

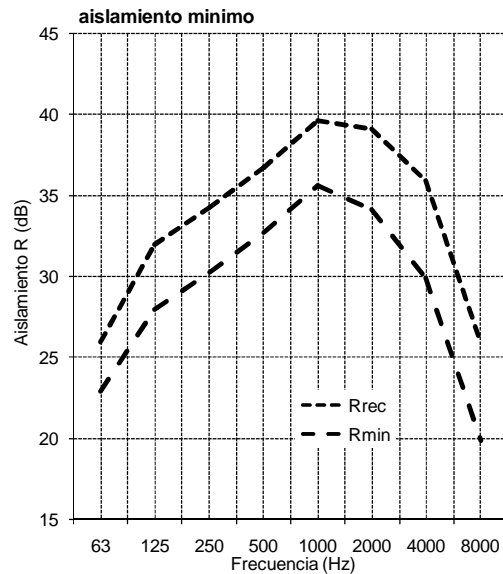


Figura 10 - Cálculo de aislamiento mínimo y recomendado por bandas de octava.

#### 4. ANALISIS DE AISLAMIENTO DEL CONJUNTO

Con el objetivo de verificar el potencial de incremento del aislamiento global de una fachada, se compara el índice de reducción acústico de los diferentes sistemas de vidriado adoptados con las curvas de aislamiento mínimo calculadas para cumplir en el interior de la vivienda con los criterios NC. En la figura 11 se observa que en general ninguno de los tres sistemas de vidriado adoptados alcanzaría el mínimo de aislamiento necesario para cumplir con el criterio de referencia cuando la fachada está sometida al ruido de tránsito. Se destaca que solo en caso de utilizar el DVH 6+6+4 se logran valores de aislamiento en las frecuencias superiores a los 1000 Hz.

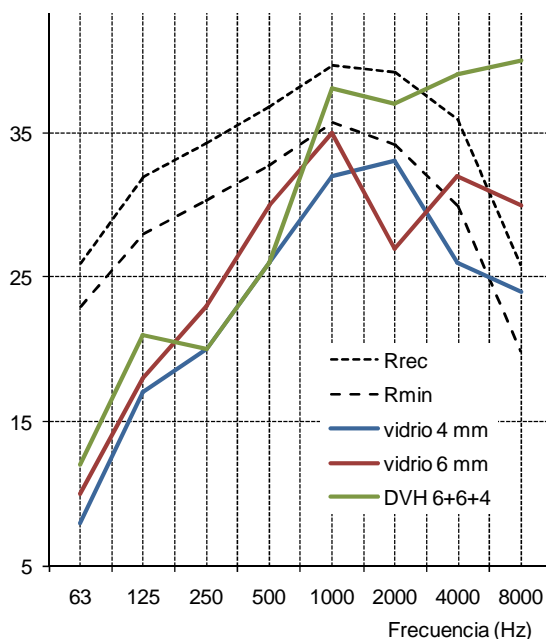


Figura 11 - Aislamiento de los cerramientos vidriados en relación a los mínimos establecidos

Se propone un análisis de aislamiento basado en los índices de reducción y de atenuación del cerramiento vidriado y del apantallamiento, dado por los balcones de manera complementaria. Se adoptaron como referencias de análisis un balcón de 2 metros de ancho con los cielorrasos revocados o revestidos en madera con cámara de aire. El aislamiento logrado en ambos casos es muy superior al de la fachada sin apantallamiento.

Se observa, figura 12a, que el aislamiento global alcanzado con la alternativa 1 (cielorraso revocado) permitiría alcanzar criterios de confort interior basado en la NC 30 para cualquier tipo de vidriado, excepto en bajas frecuencias. En la figura 12b se muestra el rendimiento del sistema en caso de que el cielorraso este revestido en madera con cámara de aire. Por el tipo de absorción acústica de este material se observa un incremento del aislamiento en bajas frecuencias, que si bien aún no alcanza al valor mínimo para bajas frecuencias supera en rendimiento a la alternativa anterior.

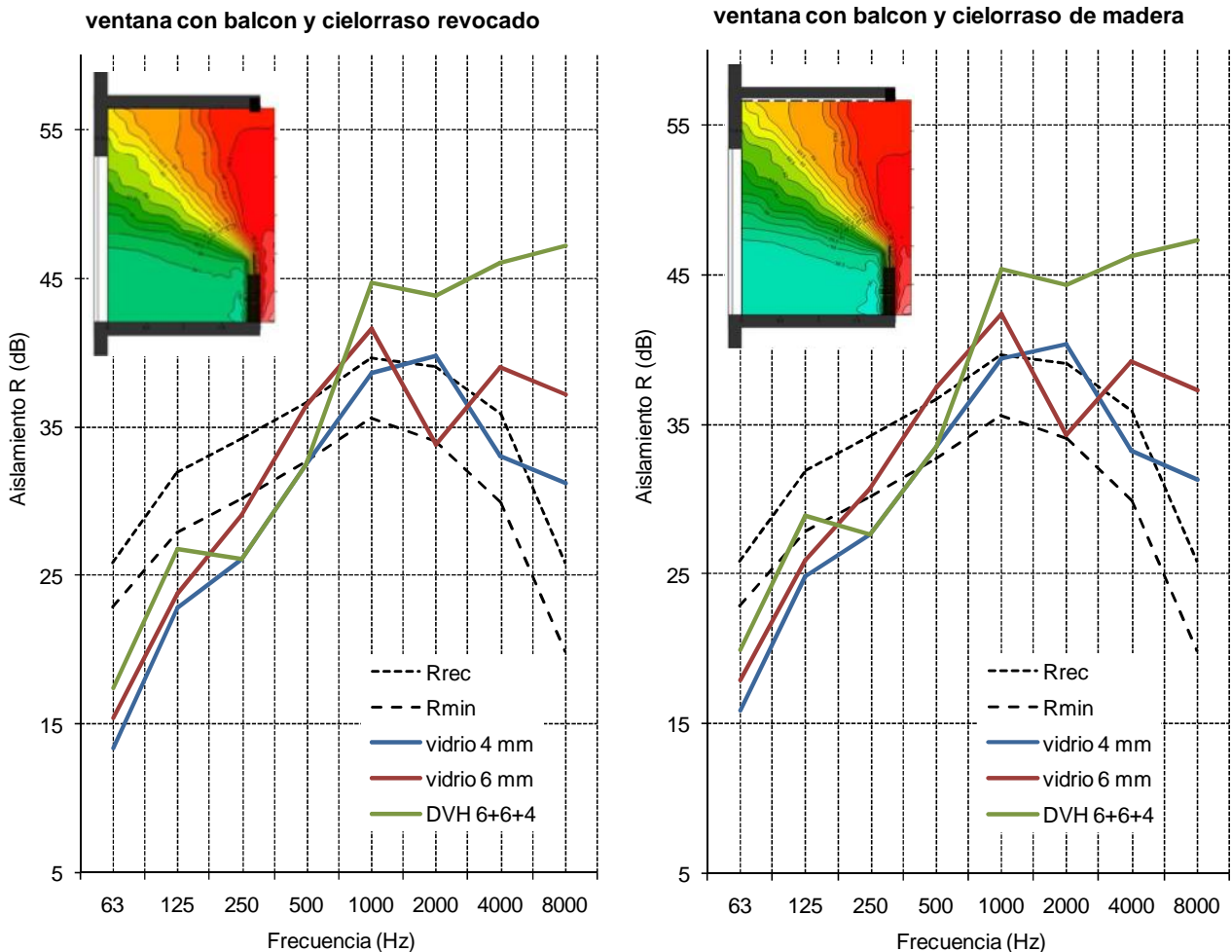


Figura 12 - Aislamiento de los cerramiento compuestos en relación a los mínimos establecidos

## 5. CONCLUSIONES

A partir del estudio realizado se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- En situaciones de predominancia de ruido de tránsito el índice de reducción sonora de cerramientos vidriados no siempre es suficiente para controlar el ruido y alcanzar criterios de confort normalizados.
- Se verifica que el desarrollo de fachadas que incorporan balcones, diseñados a partir de la elección conveniente de la forma y los materiales, serán un complemento importante al aislamiento global del cerramiento.

- Los niveles de atenuación logrados por el apantallamiento producidos por balcones y sus materiales son sustancialmente altos en relación a los requerimientos de control de ruido, lo cual justifica su uso como mecanismo de control acústico.
- Se demuestra un incremento importante del aislamiento global cuando se complementa el cerramiento vidriado con alguna de las alternativas propuestas que actúan como apantallamiento. Así por ejemplo en el caso de un cerramiento basado en vidrio simple de 4 mm, para una frecuencia de 1000 Hz el incremento de atenuación es de aproximadamente 10 dB. Para un vidriado de 6 mm el índice de reducción en 2000 Hz (su frecuencia de resonancia) aumenta de 27 a 35 dB aproximadamente.
- Aún es necesario optimizar el rendimiento en bajas frecuencias para alcanzar el valor de referencia preestablecido. En este sentido será de interés trabajar a futuro en la evaluación de materiales superficiales selectivos, balcones con otras conformaciones y/o establecer relaciones de superficies aconsejadas máximas del área vidriada con la superficie opaca.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BUSA L. & SECCHI S. Effect of Facade Shape for the Acoustic Protection of Buildings. International Congress on Acoustics. Madrid, 2-7 September (2007)
- FARINA A. & BRERO G. Computer code based on experimental results for acoustical mapping of urban areas. Proceedings of Noise & Planning, Pisa (1996).
- HOSSAM EL-DIEN H. & WOLOSZYN P. Prediction of the sound field into high-rise building facades due to its balcony ceiling form, Applied Acoustics, 65, 431-440 (2004).
- IRAM. IRAM 4070:2008. Ruidos. Procedimiento para su evaluación utilizando los perfiles NC y RC.
- ISO 1793-3:1998: "Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 3: Espectro normalizado de ruido de tráfico.
- MARISTANY A.R., ABADÍA L., AGOSTO M., CARRIZO L. & CHITARRINI M. Optimización del Diseño Formal de Envoltentes para el Control del Ruido de Tránsito. IX Congreso Iberoamericano de Acústica, FIA 2014. Valdivia, Chile, 2014.
- MARISTANY A., ABADÍA L., AGOSTO M. & CARRIZO L. Influencia de la conformación de la fachada en la atenuación del ruido. VIII Congreso Iberoamericano de Acústica. Evora- Portugal (2012).
- 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.