

REHABILITACIÓN ESTRUCTURAL DE EDIFICIOS DE MADERA FRENTE A PRESTACIONES ACÚSTICAS

PACS 43.55.-n

Autores: *Muzio, Giovanni ; Esteban, Alberto*
CTO Estudios y Proyectos
C/ Doctores Castroviejo, nº 18. 1a.
26003 Logroño (La Rioja)
info@ctenobra.es

ABSTRACT

Experiences carried out in the rehabilitation of old buildings with wooden floors have noted the influence of some variables that are usually associated with the structural part of the rehabilitation of a building, but that also have important implications in the acoustic performance.

Understanding and quantifying these influences is necessary to incorporate the acoustic aspects from the structural rehabilitation and, thus, optimize the final cost of the intervention.

RESUMEN

Experiencias reales llevadas a cabo en la rehabilitación de edificios antiguos con forjados de madera han constatado la influencia de algunas variables que habitualmente se asocian a la parte estructural del proceso de rehabilitación de un edificio, pero que sin embargo tienen también implicaciones notables en las prestaciones acústicas finales del mismo.

Conocer y cuantificar dichas influencias es necesario para incorporar los aspectos acústicos ya desde la fase de rehabilitación de la estructura y optimizar de ese modo el coste final de la intervención realizada.

INTRODUCCIÓN

Por diversas circunstancias, como la propia crisis del sector construcción o el impulso de las administraciones para recuperar entornos urbanos existentes, el mercado de la rehabilitación está experimentando un claro aumento.

Esta tendencia se encuentra muchas veces con la dificultad técnica que supone la aplicación de los requisitos del CTE (y especialmente del DB-HR [1]), y en todo caso alcanzar una

situación de calidad y de confort en estas intervenciones sobre edificios existentes, especialmente en lo de más edad y estructura de madera.

En este sentido, es necesario generar y difundir un mayor conocimiento sobre el comportamiento y las expectativas de prestaciones exigibles a este tipo de edificios y de hecho es un trabajo que ya se empieza a realizar de un tiempo a esta parte [2].

No obstante, con objeto de poder comparar diferentes soluciones o técnicas constructivas empleadas en rehabilitaciones de edificios antiguos con estructura de madera, es necesario valorar todos los parámetros que influyen en el resultado final de los ensayos acústicos. En el caso de rehabilitaciones pueden ser importantes algunos factores que habitualmente no se tienen en cuenta al considerarse parte del refuerzo estructural del edificio y no de protección acústica del mismo.

ASPECTOS IMPORTANTES EN EL ANÁLISIS DE UN CASO REAL

La geometría:

Por empezar con un ejemplo ya conocido, la geometría de los recintos implicados puede tener bastante importancia. Los índices usados en el dB-HR pretenden evaluar el confort del usuario y por ello es importante la superficie común entre recintos (a mayor superficie, más energía acústica puede pasar) y el volumen de la sala receptora (a más volumen, más se tiene que “repartir” dicha energía acústica y por lo tanto la sensación del usuario es de menor ruido).

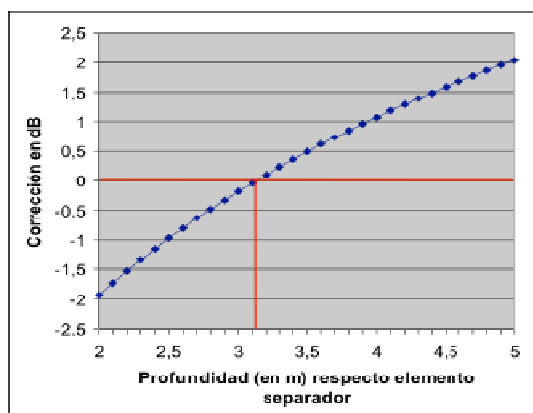
En casos reales (sin geometrías especialmente complejas) con las mismas soluciones constructivas y uniones entre elementos pero variando la geometría, el aislamiento medido varía hasta 5 dBA entre los casos más y menos favorables.

Este efecto se puede evaluar de forma exacta a partir de la fórmula que define el $D_{nT,A}$, donde el primer término es el que agrupa las transmisiones directas e indirectas y el segundo término incluye las correcciones por geometría de los recintos:

$$D_{nT,A} = R_{t'} + 10 \cdot \log\left(\frac{0,32 \cdot V}{S_g}\right)$$

V = Volumen recinto receptor

S_g = Superficie elemento separador



El espesor (real) y masa real

Un factor que puede influir en el aislamiento es el espesor real de las capas de compresión (por su contribución de masa y rigidez) y niveladoras (por la contribución en masa) de los forjados rehabilitados. Por lo tanto, parece intuitivo que las prestaciones acústicas dependan de dicho espesor.

En una obra nueva, el espesor de los forjados puede considerarse un parámetro relativamente controlado y homogéneo. Sin embargo, en una rehabilitación donde las vigas de madera pueden tener unas flechas importantes, dichos espesores pueden variar notablemente (típicamente mucho mayores en las zonas centrales de los forjados, donde se presentan deformaciones y “panzas” mayores) y con ellos, las prestaciones acústicas.



Para cuantificar la importancia de dicho efecto, se han realizado mediciones de las deformaciones de los forjados y los espesores de las capas compresoras en varios recintos del edificio antes citado. Para ello se ha realizado un mallado de dichos recintos, siguiendo las líneas sobre los ejes de las vigas existentes y con una separación entre puntos de medida de unos 50 - 55cm, dependiendo del recinto.

En función de los datos citados, pueden encontrarse aislamientos diferentes del que sería esperable con el espesor “nominal”.

No existiendo apenas datos sobre aislamientos de elementos de espesor variable (losas curvas en la realidad), así que se trabaja inicialmente con dos hipótesis:

- a) que el aislamiento correspondiese al del espesor medio del forjado.
- b) que por el contrario se comportara como una especie de “elemento mixto” donde las zonas de menor espesor estuvieran en la práctica condicionando el aislamiento del conjunto.

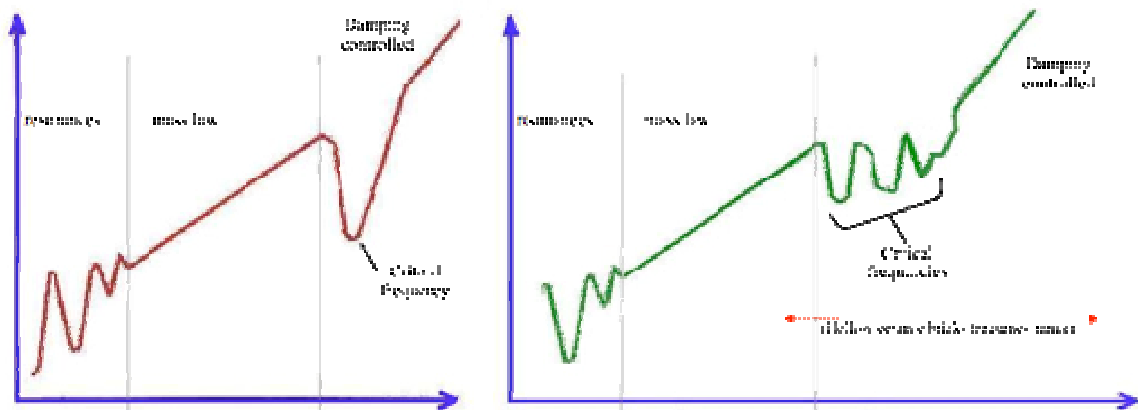
Esta segunda opción parece estar de acuerdo con la experiencia, ya que en muchos casos tras la reforma los forjados pueden ser de hecho más ligeros que antes de la intervención y sin embargo sus prestaciones acústicas son mejores. Es decir: se ha eliminado “peso muerto” que no aportaba masa / aislamiento desde el punto de vista acústico. Ello se ve influenciado asimismo por el parámetro que se describe en el siguiente punto.

El canto virtual del forjado, o la importancia de los refuerzos estructurales

Otro parámetro que también merece ser analizado para poder valorar correctamente las prestaciones medidas, es la rigidez del elemento, y no solo su espesor o su masa. dicho parámetro tiene influencia en el aislamiento acústico del forjado.



Sin entrar excesivamente en detalles sobre el comportamiento acústico de elementos simples, su comportamiento se ajusta a las gráficas inferiores (la izquierda -en rojo- para el caso de elementos homogéneos y la derecha -en verde- para elementos heterogéneos).



Un elemento homogéneo presenta una frecuencia crítica claramente definida frente a los elementos cuya rigidez depende de la dirección, que presentan más bien una zona amplia de frecuencias críticas.

La ubicación de la frecuencia(s) crítica(s) depende de forma directa de la rigidez a flexión del elemento, según la conocida fórmula:

$$f_c = \frac{c_0^2}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_s}{E \cdot I}}$$

Al aumentar rigidez a flexión ($E \cdot I$ = módulo de Young x inercia de la sección), baja la frecuencia crítica. Esto puede ser negativo si estamos en un material con f_c alta o positivo si esta es baja (evitando tener bajadas de aislamiento dentro del rango 100-5KHz).

En el caso de un forjado mixto de vigas de madera + capa compresión de hormigón, la rigidez del conjunto puede depender de la existencia o no de conectores y de su capacidad para hacer la labor para la que están diseñados.

En los casos en que existan conectores es esperable por lo tanto una variación en la frecuencia crítica y por tanto en su aislamiento acústico (a ruido aéreo y de impactos).. Dicha variación puede ser positiva o negativa en función del tipo de conector y su ejecución en obra, siendo por lo tanto un parámetro a tener en cuenta.

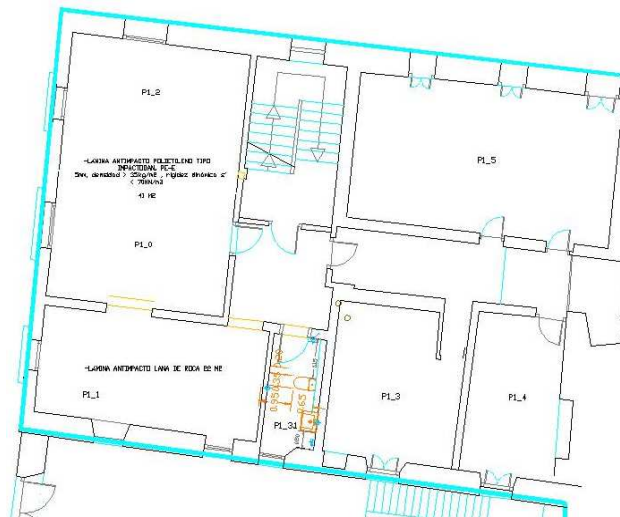
Las transmisiones indirectas

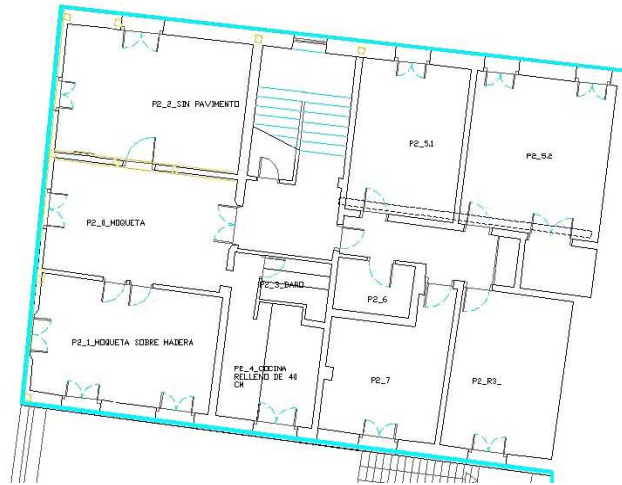
Son otra posible causa de errores a la hora de interpretar resultados, ya que pueden dar lugar a que se atribuya al elemento separador un aislamiento insuficiente, cuando este no tiene porque ser necesariamente ser el camino más relevante.

El problema para poder evaluar dichas transmisiones es la falta de datos de partida (máxime, teniendo en cuenta los citados aspectos sobre la influencia de conectores y espesores reales de capa compresora en el aislamiento de los forjados), así como de ajuste del modelo de la EN 12354 en construcciones ligeras.

RESULTADOS

Aplicando esto en un caso real, como puede ser la rehabilitación del Ayuntamiento de Briñas, encontramos que la contribución de la geometría es muy importante ya que encontramos recintos con mucha diferencia de volúmenes y decalaje entre los mismos (especialmente cuando hablamos del recinto P1_2+1_0, indicado en los planos siguientes).





En el caso de P1_2+1_0 frente al P2_0, las diferencias son cercanas a los 4 dBA. Por lo tanto, esta corrección (igual para el caso de ruido aéreo y de impactos) ha de ser muy tenida en cuenta a la hora de valorar y comparar los resultados obtenidos en las mediciones con diferentes soluciones constructivas.

En lo que respecta al espesor real de la capa de compresión, las medidas realizadas arrojaban diferencias entre diversos puntos de los forjados de incluso los 20 cm en el caso de los forjados “desnudos” y los 13cm cuando se ha vertido la capa de compresión. Por lo tanto, incluso suponiendo que posteriormente se verterá una capa niveladora de hormigón aligerado, las diferencias en la masa superficial entre distintas zonas del forjado pueden llegar a ser de 80 o más kg/m² (con la consecuente influencia en el aislamiento acústico).

En cuanto al espesor de la capa de compresión, se estima a partir de las mediciones realizadas en unos 7cm en P2_1, 9cm en P2_0 y 8cm en P2_2, de promedio, existiendo diferencias entre puntos de 5 o más cm (esto es: otros 100 kg o más de diferencia entre masas superficiales).

Para evaluar la posible influencia de los conectores, se han comparado los resultados de ensayos realizados en una fase intermedia de la obra, donde aún no se había colocado revestimiento alguno sobre los diferentes forjados (esto es: sobre la capa de compresión desnuda). Realizando las pertinentes correcciones por el efecto de la geometría, y una vez descartada la existencia de transmisiones indirectas significativas, se ha encontrado que el aislamiento de los forjados con los conectores utilizados es de aproximadamente 2 dBA superior al del resto de forjados.

CONCLUSIONES

Aspectos que hasta ahora no se están considerando desde el punto de vista “acústico” como son el espesor “real” de los forjados o la presencia de conectores entre vigas y capas de compresión, parecen que tienen influencia medible sobre las prestaciones finales que se alcanzan en una rehabilitación acústica, siendo necesario abordar un estudio más detallado sobre dichos aspectos e incorporando las necesidades acústicas desde la fase de refuerzo estructural, buscando el máximo resultado con el mínimo coste. Es decir: no tratar la parte de refuerzo estructural y de aislamiento acústico de forma separada, abordando el problema del aislamiento acústico una vez se ha finalizado el refuerzo estructural).

Este conocimiento permitirá una mejor optimización de las soluciones constructivas en este tipo de actuaciones. Pudiera ser, por ejemplo, que una solución algo más cara en la fase inicial supusiera un ahorro de costes en el cómputo global.

En todo caso, las prestaciones exigidas por el CTE DB-HR parecen alcanzables (al menos en vertical) por lo que pueden ser mantenidas como exigencias en rehabilitación.

BIBLIOGRAFIA

[1] www.codigotecnico.org

[2] *Aislamiento acústico de forjados de madera en la rehabilitación de un edificio histórico.* Amelia Romero Fernández, M^a Teresa Carrascal García, Giovanni Muzio.