



¿Es idónea la norma UNE EN ISO 140/7 como método de verificación in situ de las exigencias de nivel del ruido de impactos en casos de forjados con tarimas flotantes?

A. Moreno, C. de la Colina y F. Simón

Instituto de Acústica, CSIC, Calle Serrano 144, 28006 Madrid, España, amoreno@ia.cetef.csic.es

ABSTRACT: The normalised impact noise level in dwellings is studied when lightweight floating floors are used as finishing elements. Problems arising from drum sound generated by impact machine on such lightweight floating floors both in laboratory and in situ conditions are analysed. Main characteristics of lightweight floating floors concerning the increase of airborne noise in the emission room and the reduction of impact noise are presented. The contribution of drum sound to the increase of apparent impact noise levels is studied in detail on an in situ case to estimate the order of contributions of every transmission pathway to the final apparent impact noise increase in the receiving room. Finally the inclusion of airborne drum contribution as a part of impact noise regarding requirements is proposed.

1. INTRODUCCION

Es conocido el hecho de que los impactos, además de vibraciones en los elementos sólidos del edificio que pueden transmitirse en esta forma hasta el recinto receptor, generan niveles de ruido aéreo en el recinto emisor tanto mayores cuanto mas livianos y poco amortiguados son los elementos sólidos donde inciden. Particularmente importantes pueden ser los niveles generados cuando se usan suelos flotantes y dentro de estos destacan los casos en que se usan suelos flotantes ligeros poco amortiguados como es el caso de las tarimas flotantes.

2. REDUCCION DEL NIVEL DE RUIDO DE IMPACTOS POR TARIMAS FLOTANTES

En este trabajo designamos por tarimas flotantes solados de lamas de madera ensambladas (o imitaciones en materiales ligeros), que reposan en el forjado a través de una delgada capa de material elástico, (1 a 2 mm), adherida a las propias lamas formando parte de ellas o independiente de las mismas simplemente extendida como una manta.

Estas características constitutivas básicas condicionan un comportamiento caracterizado por una frecuencia de resonancia del sistema flotante en la zona media-baja del intervalo de frecuencia de interés, y una pendiente variable con la frecuencia, con valores de unos 20 dB/octava en su parte central, e inferiores en el resto, asemejándose al comportamiento

genérico de moquetas y apartándose tanto de los suelos flotantes de reacción local caracterizados según el modelo de Cremer [2], por la ecuación:

$$\Delta L = 40 \cdot \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) \quad (1)$$

y de los suelos flotantes de reacción resonante caracterizados análogamente [2] por la ecuación:

$$\Delta L = 30 \cdot \lg\left(\frac{f}{f_0}\right) \quad (2)$$

que dan respectivamente para las pendientes de las curvas de reducción valores de 9 y 12 dB/octava.

En la Figura 1 se muestra una curva de reducción del nivel de ruido de impactos típica de estos productos.

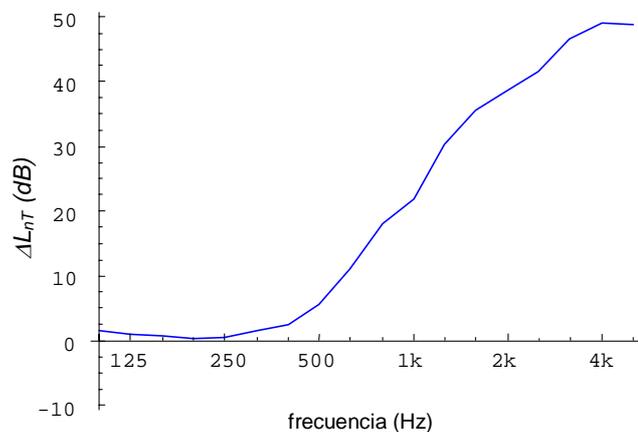


Figura 1 – Reducción del nivel de ruido de impactos de una tarima flotante típica

Una propiedad distintiva muy interesante en la práctica es que su asociación sobre un suelo flotante de unos 100 Kg/m² o superior da lugar a una reducción total del ruido de impactos aproximable por la suma aritmética de las reducciones de cada una de las dos flotaciones. [1]

Por el contrario la mejora del aislamiento frente al ruido aéreo que aporta al forjado es generalmente insignificante [1].

3. NIVELES DE RUIDO EN LOS RECINTOS DE EMISION Y RECEPCION

La Figura 2 muestra las curvas de los niveles medidos en las cámaras de emisión (L_1) y recepción (L_2) de un laboratorio típico para la medición de ruido de impactos, mostrando la equivalencia de los niveles en ambas cámaras cuando la máquina impacta en una losa de hormigón de referencia [3].

El efecto de las tarimas flotantes en el ruido en la cámara de emisión (L_{1t}) es realzar el nivel y cambiar el espectro, ambos dependientes del factor de amortiguamiento, del factor de radiación y de la frecuencias de resonancia de la tarima. Tal como se muestra en la citada figura 2, se observa un incremento general del nivel, respecto al forjado, configurándose una forma de campana prácticamente simétrica, con el máximo hacia 800 Hz.

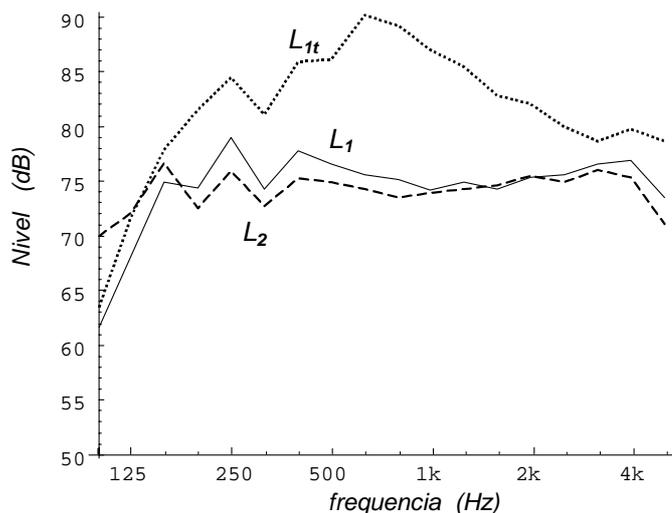


Figura 2 – Niveles de ruido en los recintos de emisión (L_1 - sin tarima; L_{1t} - con tarima flotante) y recepción (L_2 - sin tarima), generados por la máquina de impactos normalizada

4. ECUACION GENERAL DEL NIVEL DE RUIDO EN EL RECINTO RECEPTOR

Usaremos un modelo de propagación de tipo clásico incorporando las transmisiones indirectas. Supongamos dos recintos colindantes a través de un forjado con la máquina de impactos funcionando en el recinto superior.

Por su naturaleza la máquina de impactos genera ruido aéreo en los recintos emisor y receptor. Ambos debidos fundamentalmente a la conversión de las vibraciones del forjado, que si es homogéneo y monolítico sin mas aditivos, serán básicamente comparables. El ruido



ya aéreo del recinto emisor se transmitirá al recinto receptor (y análogamente en el sentido inverso).

Por tanto en el recinto receptor el nivel de ruido aéreo será la composición, que designaremos mediante \oplus , de los niveles debidos al ruido de impactos propiamente dicho, L_{i2} y al ruido aéreo transmitido desde el recinto emisor, L_{a2} :

$$L_2 = L_{i2} \oplus L_{a2} \quad (3)$$

En el caso general tanto el nivel de ruido de impactos como el aéreo, serán el resultado de la composición de los ruidos transmitidos por vía directa y por vías de flancos:

$$L_{i2} = L_{i2,D} \oplus L_{i2,F} \quad (4)$$

para el ruido de impactos y otra expresión análoga para el ruido aéreo.

Suponiendo que existe un suelo flotante caracterizado por una mejora del aislamiento a ruido aéreo ΔR una reducción del nivel del ruido de impactos ΔL_i y un incremento de nivel que designaremos por ΔL_a , los ruidos transmitidos al recinto receptor vienen modificados por la acción de este suelo flotante en las cuantías anteriores. El nivel de ruido de impactos queda reducido en la misma cuantía ΔL_i tanto para la transmisión directa como para la indirecta. El nivel de ruido aéreo, por el contrario, queda modificado diferentemente en el camino directo que en el de flancos ya que la presencia del suelo flotante no afecta a todos los caminos por igual: los caminos del tipo totalmente periférico Ff [5] solamente experimentarán incrementos de ruido transmitido, mientras que el directo y los de flancos del tipo Df o Fd experimentarán simultáneamente el aumento ΔL_a y la disminución ΔR .

Contabilizando todas las acciones queda la ecuación general:

$$L_2 = [(L_{i2,D} - \Delta L_i) \oplus (L_{i2,F} - \Delta L_i)] \oplus [(L_{a2,D} - \Delta R + \Delta L_a) \oplus (L_{a2,F} - \Delta R + \Delta L_a + \delta)] \quad (5)$$

donde los términos no precedidos por Δ corresponden a los niveles que habría en los recintos en ausencia del suelo flotante y δ represente la variación (lineal) del nivel de ruido aéreo debida a los caminos exclusivamente periféricos, que en general será pequeña respecto a ΔR .

En los laboratorios con mínimas transmisiones indirectas, la ecuación general anterior se reduce a

$$L_2 = [L_{i2,D} - \Delta L_i] \oplus [L_{a2,D} - \Delta R + \Delta L_a] \quad (6)$$

y habida cuenta de que $L_{a2,D} = L_{a1} - R + 10 \lg(S/A)$, con $L_{a1} = L_{i2,D}$, de que ΔR y ΔL_a son del mismo orden, y de que R generalmente supera a ΔL_i en más de 30 dB, el segundo término

que representa la contribución del ruido estrictamente aéreo de la cámara emisora, es despreciable frente al ruido estrictamente de impactos. Es decir que la influencia del ruido de tambor de tarimas no afecta la medición (en laboratorio) del ruido de impactos de estos productos.

In situ la situación puede cambiar cuando el aislamiento frente al ruido aéreo no sea tan importante como en el laboratorio, lo cual será debido generalmente a las transmisiones indirectas, y debe mantenerse la ecuación general para contabilizar el nivel total existente (y por tanto el que resulta de la medición) en el recinto de recepción de una situación dada.

Una aproximación buena del sumando debido al ruido aéreo puede obtenerse usando el aislamiento frente al ruido aéreo entre los recintos emisor y receptor con transmisiones indirectas pero incluyendo el suelo flotante. Usaremos esta aproximación en el apartado siguiente.

5. UN CASO TIPICO IN SITU

Para comprender mejor el contenido e importancia de las distintas contribuciones al nivel de ruido de impactos (aparente) que se mediría siguiendo las pautas de la citada norma UNE [4], consideremos el caso real de dos recintos, de igual planta, situados en dos niveles consecutivos de un edificio, dotados de un suelo de tarima flotante de los considerados en este trabajo[6]. Usando protocolos conforme a la norma UNE EN ISO 140, partes 4 y 7, se han medido las curvas de D_{nT} y L'_{nT} , representadas en la Figura 3, que también incluye el ruido de fondo en el recinto de recepción.

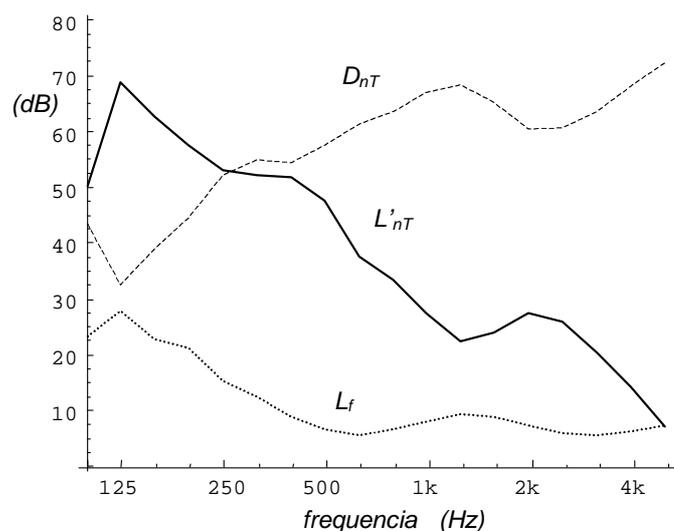
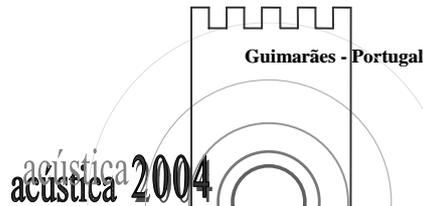


Figura 3 –Niveles del ruido de impactos normalizado (L'_{nT}) y de fondo (L_f) en el recinto receptor y aislamiento acústico normalizado(D_{nT}) in situ, de un caso con tarima flotante



La forma de la curva L'_{nT} a partir de 1250 Hz, sugiere alguna anomalía del caso y su simetría especular con la curva D_{nT} en esta zona de frecuencia da una pista sobre su posible causa: el ruido de tambor de la tarima.

En efecto, el primer corchete de la ecuación general (5) será la composición de los niveles de ruido de impactos $L_{i2,D}$ y $L_{i2,F}$ (básicamente constantes con la frecuencia o a lo sumo algo crecientes) a los que se aplica aritméticamente la reducción por el efecto de la tarima, que como hemos visto es monótonamente decreciente, resultando una curva también monótonamente decreciente. La modificación de la pendiente de caída por las transmisiones indirectas, respecto a la simple pendiente de la reducción del nivel de impactos por la tarima, puede estimarse en la parte de L'_{nT} en donde se tiene evidencia del escaso o nulo efecto debido al ruido de tambor de la tarima transmitido al recinto receptor, es decir en la primera parte de la disminución franca de nivel en L'_{nT} : entre 1000 Hz y 1250 Hz. Denominemos a esta curva L_{ic} , donde c indica que se ha corregido el efecto del ruido de fondo. Se ha suprimido el subíndice 2, para aliviar la escritura.

El conocimiento de D_{nT} incluidas las transmisiones indirectas permite la estimación directa del segundo corchete de la ecuación general (5), si se admite que el nivel de ruido estrictamente aéreo en el recinto de emisión, (ruido de tambor), puede aproximarse por la misma curva de nivel del ruido aéreo obtenido en el laboratorio. (Cabe esperar de esta aproximación alguna variación del nivel total, y mínimas variaciones de forma). Denominemos L_{at} a esta curva.

Si la teoría anterior es correcta la composición de las curvas L_{ic} y L_{at} debe dar la curva medida L'_{nT} y esto se muestra en la Figura 4, en donde solamente hemos tenido que aumentar 2 dB la curva L_{at} obtenida a partir de los valores medidos en el laboratorio (véase la Figura 2), para lograr el 'convinciente ajuste' que se observa y que corrobora nuestras hipótesis de partida.

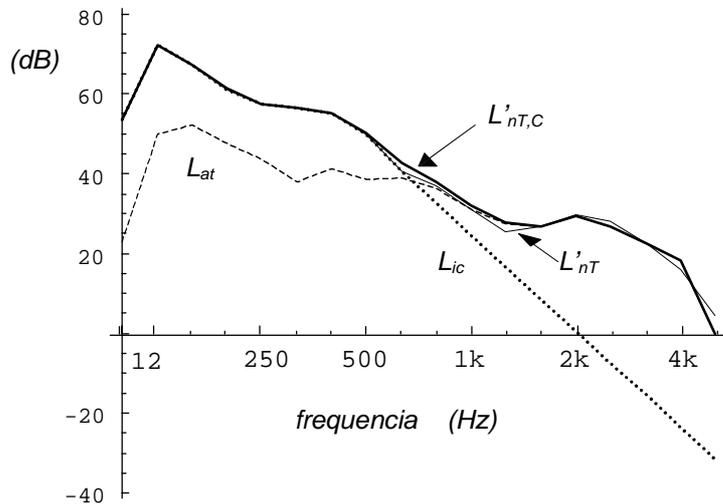


Figura 4 – Nivel medido (L'_{nT}) y composición ($L'_{nT,C}$) de los niveles del ruido de impactos (L_{ic}) y de tambor de la tarima (L_{at}) transmitidos al recinto receptor, del caso de la Figura 3

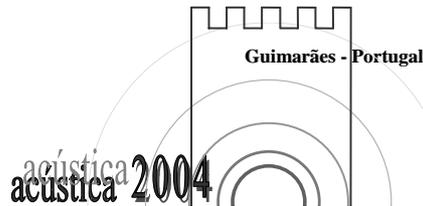
Con la curva D_{nT} , disminuida en 5 dB, todavía se cumpliría con una exigencia que estuviera establecida en 50 dB. En este caso la influencia del ruido de tambor se haría mas prominente (unos 5 dB mas) en la zona de frecuencia anterior e invadiría zonas de las bajas frecuencias, probablemente de forma clara y patente hasta valores inferiores a 500 Hz.

El exclusivo uso de tarimas flotantes como reductor adicional del nivel de impactos, casi con certeza daría lugar a valores del nivel de impactos superiores a 65 dB, incluyendo el efecto del ruido de tambor de la tarima. Desde un postura estricta o puritana parecería impropio al deberse a la contribución decisiva del ruido aéreo, aspecto para el que la situación cumple la exigencia. No obstante estimamos que este efecto, al ser inherente al producto, debe incluirse en la exigencia como si de puro ruido de impactos se tratase.

Otro tema de interés asociado a las tarimas flotantes es la molestia derivada del incremento del nivel de ruido aéreo en los recintos de instalación, que en los códigos y reglamentaciones actuales no aparece contemplada. Sin embargo esta preocupación existe ya en el ámbito de los fabricantes como una propiedad distintiva de las tarimas o solados flotantes ligeros[7].

6. CONCLUSION

Se ha mostrado como el ruido de tambor de tarimas flotantes, y en general de solados ligeros flotantes, pueden contribuir a falsear el nivel de impactos medido in situ, pudiendo en casos extremos dar lugar a incumplimientos aparentes de exigencias en operaciones de control.



No obstante los autores consideran que estos incumplimientos aparentes del nivel de ruido de impactos, al ser debidos a las características del propio producto, deben mantenerse como si fueran debidos 'real y exclusivamente' al ruido de impactos propio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento al Ministerio de Vivienda, por el uso de los datos del caso medido in situ, resultantes de un Programa de Investigación Prenormativa, cuya campaña de mediciones in situ fue realizada por seis laboratorios y coordinada por AECOR.

REFERENCIAS

- [1] C. de la Colina et al. *Propiedades de reducción del ruido de impactos de tarimas flotantes*. Publicación interna del Instituto de Acústica, Ref., Madrid, 2001.
- [2] E. Gerretsen, *A calculation model for the impact sound insulation of floors with floating and soft coverings*, Report F 38, Stichting Bowresearch, Rotterdam 1990
- [3] A. Moreno, R. Brot, *Le procédé ISO 140-7 est-il une méthode adapté au mesurage des bruits d'impact sur sols flottants in situ?*. Publicación interna del Instituto de Acústica. Madrid 2004.
- [4] UNE EN ISO 140-4: 2000; *Acústica – Medición del aislamiento acústico en edificios y de elementos de construcción*, Partes 6 y 7.
- [5] UNE EN 12354-*Acústica de la edificación – Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 1: Aislamiento acústico del ruido aéreo entre recintos*, Madrid, 2000
- [6] A. Moreno et al., *Análisis de los resultados de mediciones in situ del aislamiento acústico frente al ruido aéreo y de impactos en edificios (Campaña AECOR)*. Memoria interna del Instituto de Acústica, presentada al Ministerio de Vivienda, Madrid, 2004.
- [7] EPLF Norm 0210291, *Laminate floor coverings- Determination of drum sound generated by means of a tapping machine*, Asociación Europea de fabricantes de suelos flotantes ligeros laminados. Bielefeld, 2002.