

## RUIDO DE IMPACTOS, NUEVAS HERRAMIENTAS TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

PACS 43.55.Rg

Manuel Taborga Pérez  
Salvador Domingo Bets  
Noiselab  
Ctra. de Níjar – Los Molinos 56  
04006 Almería  
España  
Tel. 950228899  
E-Mail: tech@noiselab.net

### ABSTRACT

To estimate the impact noise, we have two alternatives. The empirical, following the methodology described in the standard ISO 12354-2, this standardization does not describe the casuistry of assessing the impact from bottom to top room, which if it is considered in DIN 4109. The other alternative is an *in situ* measurement; under controversy, due to the instrumentation used and the evaluation rates described in the ISO 717. This article presents a discussion on the available tools and how to combine them, in order to accurately estimate the impact noise.

**Keywords:** impact noise, ISO 12354-2, ISO rubber ball, Impact sound reduction index.

### RESUMEN

Para estimar el ruido de impactos tenemos dos alternativas. La empírica, siguiendo metodología de la norma ISO 12354-2, esta estandarización no describe la el evaluar el impacto de abajo hacia arriba, lo cual sí describe la Norma DIN 4109. La otra alternativa es una medición *in situ*; bajo controversia, debido a la instrumentación utilizada y a los índices de evaluación descritos en la ISO 717. Este artículo presenta una discusión sobre las herramientas y cómo combinarlas para estimar con certeza el ruido de impactos.

**Palabras clave:** ruido de impactos, ISO 12354-2, pelota de goma, Índice de reducción sonora a impactos.

## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando se proyecta el aislamiento a ruido de impactos de una edificación, siempre calculamos dos casos: el primero, el local emisor está arriba y el receptor abajo. El segundo, uno junto al otro. Ambos están descritos en la Norma UNE -EN 12354-2:2001 [5]. Estas distribuciones espaciales no consideran cuando el impacto se produce de abajo hacia arriba. Esta y otras casuísticas están bien documentadas en la norma Alemana DIN 4109 [6]; y aunque no es de aplicación en España, sí que puede ayudarnos a una buena estimación del impacto.

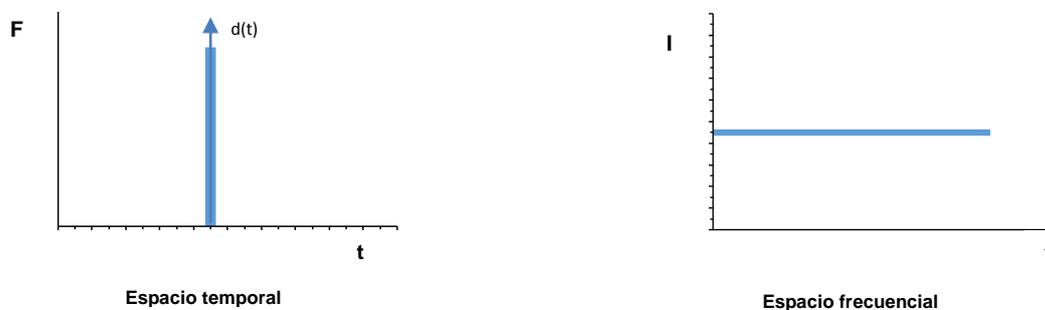
Al evaluar “in situ” el ruido de impactos, usamos un nivel de presión sonora en sala receptora como expresión de aislamiento, sin considerar la fuente de ruido y más aún sin aplicar espectro según la percepción humana (ponderación A). Sería conveniente utilizar un Índice de Reducción Sonora, y así realmente transformarlo en un valor de aislamiento.

Por otra parte, respecto a las fuentes de excitación que utilizamos normalmente para evaluar los ruidos de impactos; como la máquina de impactos normalizados, existe mucha controversia por su baja correlación respecto a los ruidos domésticos cotidianos. Con la introducción de la Pelota de Goma como fuente (ISO Ruber Ball), en la nueva ISO 16283-2 [4], podemos acercarnos más a la realidad.

En esta comunicación nos proponemos analizar estos tres aspectos anteriormente descritos, intentando llegar a un consenso en el uso de las herramientas disponibles e introduciéndonos a los nuevos cambios normativos establecidos y a los que están por venir.

## 2. CONCEPTOS

Entendemos por ruido de impactos al “sonido aéreo” radiado a un recinto por una pared o suelo de una edificación, cuando es excitado estructuralmente. Al generarse un impacto sobre una estructura, esta entra en vibración radiando parte de la energía que no es absorbida, a elementos constructivos que estén solidariamente conectados e incluso las partículas de aire adyacentes que son perturbadas, generando ruido aéreo inducido. En términos físicos, corresponde a una Fuerza impulsiva (F), de corta Duración (t), que cuando aplicamos el análisis de Fourier, encontramos que todas las Frecuencias (f) tienen la misma Intensidad (I).



Cuando estimamos el comportamiento acústico a impactos de un recinto a través de un elemento como el suelo. Lo podemos realizar de mediante un modelo de cálculo o una medición acústica “in situ”.

## 2.1 Estimación del Ruido de Impactos en condiciones no descritas en Norma

Para el cálculo teórico contamos con la norma UNE EN 12354-2 [5], este modelo de cálculo presupone una “alta precisión” en la medición de los valores de entrada, además de una buena ejecución, también es muy importante que la situación concreta se adecue al modelo. En impactos verticales, podemos tener una desviación estándar de 2 dB, en impactos horizontales encontramos un error sistemático variable de 0-5 dB, con una desviación estándar de 3 dB.

La Norma describe dos modelos, el Detallado y el Simplificado. El primero, requiere un sinfín de datos de entrada como (presión acústica  $L_n$ , reducción nivel presión del recubrimiento  $\Delta L$ , reducción nivel presión de capas adicionales  $\Delta L_d$ , índices de reducción acústica del elemento excitado y de elemento flanco en el recinto receptor, además de su mejora  $R_i$ ,  $R_j$ ,  $\Delta R_j$ , tiempo de reverberación estructural  $T_{s,lab}$ ; índice de reducción vibracional  $K_{ij}$ ; área de elemento separador  $S_i$ , área del elemento flanco en receptor  $S_j$ , longitud de acoplamiento  $L_{ij}$ ). El segundo, es un método más simple; aunque con menos precisión, solo requiere como datos de entrada la densidad superficial del forjado, la rigidez dinámica del elemento de cobertura o su mejora  $\Delta L$ , el inconveniente radica en que es sólo aplicable a construcciones homogéneas de cemento y/o hormigón con suelos flotantes o recubrimientos blandos para recintos uno encima del otro de tamaño convencional en viviendas.

En esta revisión describiremos el método de cálculo simplificado de la norma, por su rapidez de cálculo para predecir un ruido de impactos. Así, calculamos según Norma UN EN 12354-2 [5]:

**Nivel de presión acústica ponderada de impactos normalizado global equivalente de forjados homogéneos dentro del intervalo 100 a 600 Kg/m<sup>2</sup>,  $L_{n,w,eq}$ :**

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \lg(m'), \text{ (dB)}$$

**Índice de mejora acústica ponderado de impactos global del suelo flotante,  $\Delta L_w$ :**

Teniendo la rigidez dinámica por unidad de superficie (MNm/m<sup>3</sup>) y la densidad superficial del suelo flotante (Kg/m<sup>2</sup>), obtenemos el Índice  $\Delta L_w$  de las tablas del anexo C de la Norma, o de fichas técnicas fiables.

**Corrección para la transmisión indirecta K:**

Conociendo la densidad media de los elementos flancos no cubiertos con capas elásticas  $m'$  (kg/m<sup>2</sup>) y la densidad superficial del forjado, nos vamos a la Tabla 1 del punto 4.3.1 de la Norma, para obtener el valor K (dB).

**Nivel de presión acústica ponderado de impactos normalizado  $L'_{nw}$ :**

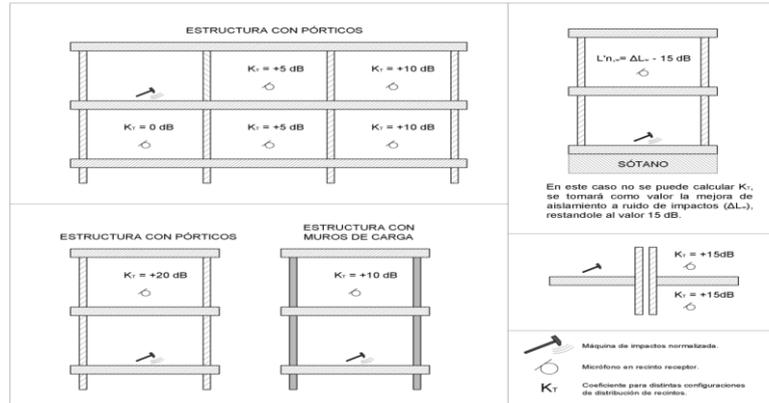
La versión simplificada predice la presión acústica a partir de los valores ponderados de sus elementos según procedimientos de la norma EN ISO 717-2:2013 [3], su aplicación se reduce a recintos situados uno sobre el otro con forjado homogéneo, con la fórmula:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K, \text{ (dB)}$$

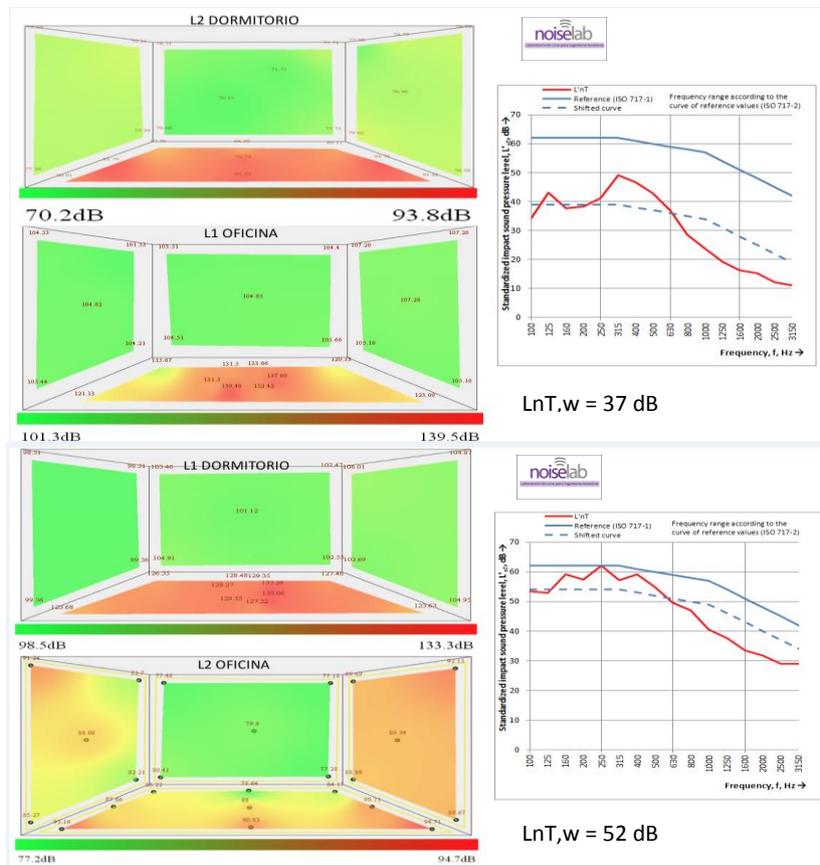
En este punto ya podemos calcular perfectamente las casuísticas del impacto de arriba hacia abajo y con el método detallado además de este, podríamos en vertical. Pero que pasa en el caso del “impacto de abajo hacia arriba”, como en el caso de una actividad ruidosa como un restaurante, cafetería o pub bajo una vivienda. ¿Cómo llegamos a realizar una buena predicción sin sobreestimar o subestimar?

Para esta casuística la norma Alemana DIN 4109/11.89 [6], define el mismo valor  $L'_{n,w}$ , pero añade además un valor **KT**, dependiendo de las configuraciones de distribución de recintos y sistemas constructivos; creando una relación entre punto de excitación y propagación. Agregando este valor a la fórmula obtenemos:

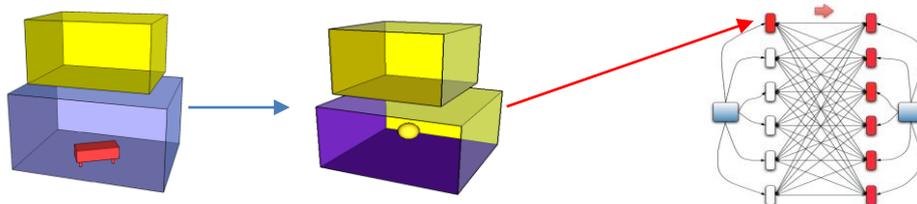
$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K - K_t, \text{ (dB)}$$



Utilizando Noise Mapper de Noiselab, analizamos la transmisión de vibraciones por elementos, además del ruido aéreo producido por la máquina de impactos en L1 y L2 (Leq), en ambos sentidos de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba, de una oficina en planta inferior respecto a un dormitorio en planta superior representado en las siguientes gráficas.



Con estos valores de vibraciones en paramentos (paredes, suelo, techo) y nivel de presión en recintos, podemos analizar el intercambio energético entre diversos sistemas vibrantes, a través del análisis SEA de elementos y recintos según su disposición. Finalmente obteniendo una matriz capaz de correlacionar y establecer los nuevos valores KT, como se ve en las figuras siguientes:



### 2.1 Uso del Índice de Reducción Sonora en vez del Nivel de Presión Sonora

Cuando evaluamos los datos obtenidos de la medición “*in situ*”, usamos la Norma ISO 717-2 [3], que describe el aislamiento con una cantidad numérica  $L_n T$  [7], w. Pero aquí entra la gran duda, ¿porque utilizamos índice nivel de presión sonora ( $L_n$ ), en vez de índice de reducción sonora ( $R$ )?. Si lo comparamos con ruido aéreo, causa confusión expresar el aislamiento de diferentes maneras, por eso se plantea la idea de un índice de reducción sonora a impactos ( $R_{\text{impacto}}$ ). Este índice de reducción sonora debería estar caracterizado para las diferentes fuentes de ruido (máquinas de impacto, bola, personas caminando), y se podría definir de la siguiente manera (2):

$$R = \log \frac{P_f}{P_r}, \text{ (dB)}$$

$P_f$ : potencia de la fuente utilizada  
 $P_r$ : potencia radiada en receptor

No hay que confundir ( $P_f$ ) bajo condiciones de impedancia entre la fuente y la estructura ( $P_{fz}$ ), con potencia inyectada ( $P_i$ ), que es la proporción de la energía que se transmite a la estructura. La diferencia entre potencia máxima disponible y potencia inyectada debe ser considerada como parte de la capacidad de aislamiento del receptor y no ser excluida del numerador ( $P_f$ ), el cual sólo depende de las propiedades mecánicas de la fuente. Por otro lado ( $P_r$ ), depende del nivel de presión sonora y del área de absorción equivalente.

Así de manera más general, el índice de reducción sonora ( $R$ ) tiene la ventaja de especificar la fuente de ruido, por lo que las predicciones son válidas para el tipo de fuente medida, así como a la fuente de referencia usada. Desarrollando la fórmula, índice de reducción sonora ( $R$ ):

$$R = 10 \log \frac{P_c(f_i)}{P_{rad}(f_i)}, \text{ (dB)}$$

$P_c$ : potencia característica de fuente de impacto aplicada ( $f_i$ )  
 $P_{rad}$ : potencia radiada en receptor, con fuente de impacto específica ( $f_i$ )

Si lo relacionamos con la fuente:

$$R_{\text{impacto}} = 10 \log \left( \frac{10^{L_{Pref}/10}}{10^{L_{Pref} - R_{if}}} \right), \text{ (dB)}$$

$L_{Pref}$ : potencia característica de fuente de referencia  
 $R_{if}$ : índice de reducción sonora para la fuente utilizada (puede diferir en amplitud pero no en movilidad con respecto a  $L_{Pref}$ )

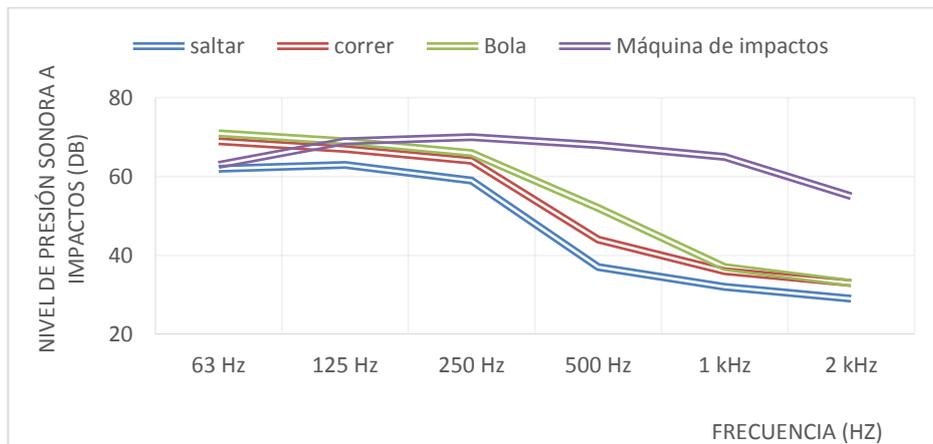
$$R_{if} = L_{p_{car}} - L_{p_{rad}}, \text{ (dB)}$$

$L_{p_{car}}$ : potencia característica de fuente de referencia  
 $L_{p_{rad}}$ : índice de reducción sonora determinado con la fuente utilizada

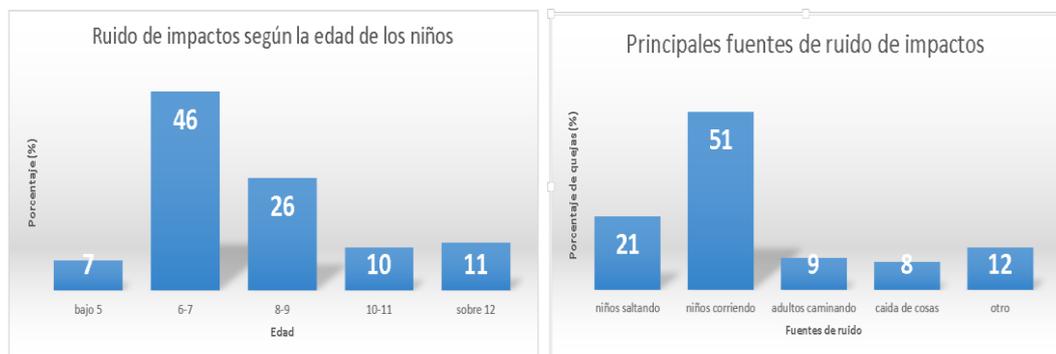
### 2.3 Fuentes de Ruido para determinar Aislamiento a Ruido de Impactos

Esencialmente comparan movilidad mecánica del elemento respecto al receptor. En ruido aéreo la fuente es un campo acústico en el aire. En impactos, muchas fuentes de muy diferentes características dinámicas ocurren, y los resultados alcanzados con una fuente no pueden ser transferidos a las propiedades mecánicas de la fuente y el receptor. En el caso de la máquina de impactos normalizada, la excitación proveniente de 500 g de martillos de acero cayendo en el suelo, ¿es un evento importante en nuestra vida cotidiana? [8], es de poco interés práctico y menos representativo de lo que realmente nos interesa “pisadas”. Si nos planteamos otra pregunta, ¿qué es lo que oímos?, LnT no lleva ponderación (A), ¿dónde quedan los rangos de audibilidad?[9]

La primera aproximación vino en la ISO 140-11 (ahora ISO 10140-3) [10], donde se expone la máquina de impactos modificada, con una capa suave bajo los martillos, representa mejor los ruidos de vecinos en un edificio, aunque todavía no ha sido implementada en algún sistema [8]. En la nueva norma UNE EN ISO 16283-2 [4], aparece una nueva herramienta el balón de goma (ISO Rubber Ball), los resultados muestran que el impacto de la bola es similar al ruido de niños corriendo y saltando, además de correlacionarse bien con la respuesta subjetiva del ruido. En el siguiente gráfico podemos ver las frecuencias características de impactos reales generados por niño de 26 kg y de las fuentes de impactos utilizadas para evaluar [1] :



Claramente la máquina de impactos no es un buen descriptor de los fenómenos más comunes, que ocurren en una vivienda, los cuales podemos ver en el gráfico siguiente [1]:



En un futuro  $R_{\text{impacto}}$  debe ser reemplazado por  $R_{\text{caminado}}$  o  $R_{\text{máquina}}$  de impactos. Una pregunta importante es ¿fuerzas perpendiculares en el suelo o edificios son las más importantes?, ¿qué pasa con el arrastre de elementos como sillas o cajas?

### 3. CONCLUSIONES

Se debería analizar en profundidad el ruido de impactos según la disposición espacial y utilizar la gran cantidad de herramientas disponibles como SEA, Elementos Finitos, para así, poder caracterizar a través de un coeficiente ( $K_t$ ), un valor que refleje la distribución espacial según sistema constructivo.

El índice de reducción sonora es el mejor indicador del aislamiento a ruido de impactos; refleja un aislamiento y no un nivel de ruido, con lo cual se expresa en los mismos términos que el aislamiento a ruido aéreo, eliminando errores comunes de interpretación y además permite referenciarlo según niveles audibles.

Después de analizar las distintas fuentes de impactos, sería conveniente promover el uso de la Bola de goma, ya que tiene mejor correlación respecto a los impactos domésticos. Los requerimientos y uso están descritos en la norma ISO 16283-2.

### 3. REFERENCIAS

- [1] **J. Jeon, J. Ryu, J. Ho Jeong**: Review of the Impact Ball in Evaluating Floor Impact Sound. Acta Acustica United with Acustica. Vol, 92 (2006) 777-786.
- [2] **W. Scholl, R. Ciszewski, and V. Wittstock**: Revision of 717, Why Not Use Impact Sound Reduction Indices Instead of Impact Sound Pressure Level? Part 2 – Application to Different Impact Sources. Acta Acustica United with Acustica. Vol, 99 (2013) 917-930.
- [3] **ISO 717**: Acoustic – Rating of sound Insulation in buildings and of building elements - Part 2: Impact sound insulation. (2013).
- [4] **ISO/DIS 16283-2**: Acoustic – Field measurement of sound insulation in buildings and of buildings elements – Part 2: Impact sound Insulation. 2013 (under development).
- [5] **UNE – EN 12354-2**: Acústica de la edificación – Estimación de las características de las edificaciones a partir de las características de sus elementos – Parte 2: Aislamiento acústico entre recintos.
- [6] **DIN 4109**: Schallschutz im Hochbau – Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren: Beiblatt 1. (1989).
- [7] **DB HR**: Protección frente al ruido. Código Técnico de la Edificación. Real Decreto 1371/2007.
- [8] **W. Scholl**: Impact sound Insulation: The standard tapping machine shall learn to walk! – Journal of Building Acoustics 8 (2001) 245-256.
- [9] **W. Scholl, J Lang and V. Wittstock**: Rating of sound insulation at present and in future – The revision of ISO 717. Acta Acustica United with Acustica 97 (2011) 686-698.
- [10] **UNE – EN ISO 10140-3**: Acústica – Medición en laboratorio del aislamiento acústico de los elementos de construcción. Parte 3: Medición del aislamiento acústico al ruido de Impactos.