



2.2

CONTROL DE REVERBERACIÓN CTE DB-HR (Código técnico de la edificación)

Ivana Rossell Turull

Directora del Máster de Acústica Arquitectónica y Medioambiental
Gerente de Ivana Rossell - Acústica
ivana@salle.url.edu / acustica@ivanarossell.com



CTE DB-HR

El Código Técnico de la Edificación (CTE) español tiene asociado varios documentos básico (DB) para controlar los diferentes aspectos o campos.

Todo lo relacionado con las exigencias acústicas queda recogido en el documento básico DB-HR, que se llama de protección contra el ruido.

A continuación explicaremos lo que se exige a nivel español en cuanto a control de reverberación se refiere.

(El el módulo de aislamiento acústico se explicará todo lo referido a este tema).

EXIGENCIAS:

Valores límite de tiempo de reverberación (tiempo promedio entre 500, 1K y 2KHz)

En conjunto los elementos constructivos, acabados superficiales y *revestimientos* que delimitan un aula o una sala de conferencias, un comedor y un restaurante, tendrán la absorción acústica suficiente de tal manera que:

El *tiempo de reverberación* en **aulas y salas de conferencias** vacías (sin ocupación y sin mobiliario), cuyo volumen sea menor que 350 m^3 , no será mayor que **0,7 s.**

El *tiempo de reverberación* en **aulas y en salas de conferencias** vacías, pero incluyendo el total de las **butacas**, cuyo volumen sea menor que 350 m^3 , no será mayor que **0,5 s.**

El *tiempo de reverberación* en **restaurantes y comedores** vacíos no será mayor que **0,9 s.**

Datos previos y procedimiento

Para satisfacer los valores límite del tiempo de reverberación requeridos en aulas y salas de conferencias de volumen hasta 350 m^3 , restaurantes y comedores, puede elegirse uno de los dos métodos que figuran a continuación:

- el **método de cálculo general** del tiempo de reverberación a partir del volumen y de la absorción acústica de cada uno de los *recintos*
- el **método de cálculo simplificado** del tiempo de reverberación, que consiste en emplear un tratamiento absorbente acústico aplicado en el techo. Este método sólo es válido en el caso de aulas de volumen hasta 350 m^3 , restaurantes y comedores.

En el caso de aulas y salas de conferencias, ambas opciones son aplicables si los *recintos* son de formas prismáticas rectas o asimilables.

Debe diseñarse y dimensionarse, como mínimo, un caso de cada *recinto* que sea diferente en forma, tamaño y elementos constructivos.

Método de cálculo general del tiempo de reverberación

El tiempo de reverberación, T , de un *recinto* se calcula mediante la expresión:

$$T = \frac{0,16 \ V}{A}$$

V : volumen del recinto
 A : absorción acústica total

La absorción acústica, A , se calculará a partir de la expresión:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$$

El término $4 \cdot \overline{m_m} \cdot V$ es despreciable en los *recintos* de volumen menor que 250 m³.

Método de cálculo simplificado del tiempo de reverberación. Tratamientos absorbentes de los paramentos

En la mayoría de los casos puede emplearse un **tratamiento absorbente uniforme aplicado únicamente en el techo**.

En aquellos casos en los que **no sea posible encontrar un material o un techo suspendido** con el valor de coeficiente de absorción acústica ponderado requerido deben utilizarse además **tratamientos absorbentes adicionales** al del techo en el resto de los paramentos.

Tratamientos absorbentes uniformes del techo

Las ecuaciones que figuran a continuación expresan el valor mínimo del coeficiente de absorción acústica ponderado, $\alpha_{m,t}$, del material o del techo suspendido para los casos siguientes, promedio de 500Hz, 1KHz y 2KHz, :

aulas de volumen hasta 350 m³:

sin butacas tapizadas:

$$\alpha_{m,t} = h \cdot \left(0,23 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right)$$

con butacas tapizadas fijas:

$$\alpha_{m,t} = h \cdot \left(0,32 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right) - 0,26$$

restaurantes y comedores:

$$\alpha_{m,t} = h \cdot \left(0,18 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right)$$

(h: altura libre del recinto, St: sup. Techo)

Tratamientos absorbentes adicionales al del techo

Los tratamientos absorbentes empleados en los paramentos deben cumplir la relación siguiente:

$$\alpha_{m,t} \cdot S_t = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i$$

Características exigibles a los productos y a los elementos constructivos:

...

El coeficiente de absorción acústica medio, α_m , en el caso de productos utilizados como absorbentes acústicos.

Los tratamientos absorbentes se caracterizan por el coeficiente de absorción acústica ponderado, α_m (a partir del coeficiente de absorción según ISO 354).

α_m : Coeficiente de absorción acústica medio de cada paramento, para las bandas de tercio de octava centradas en las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz

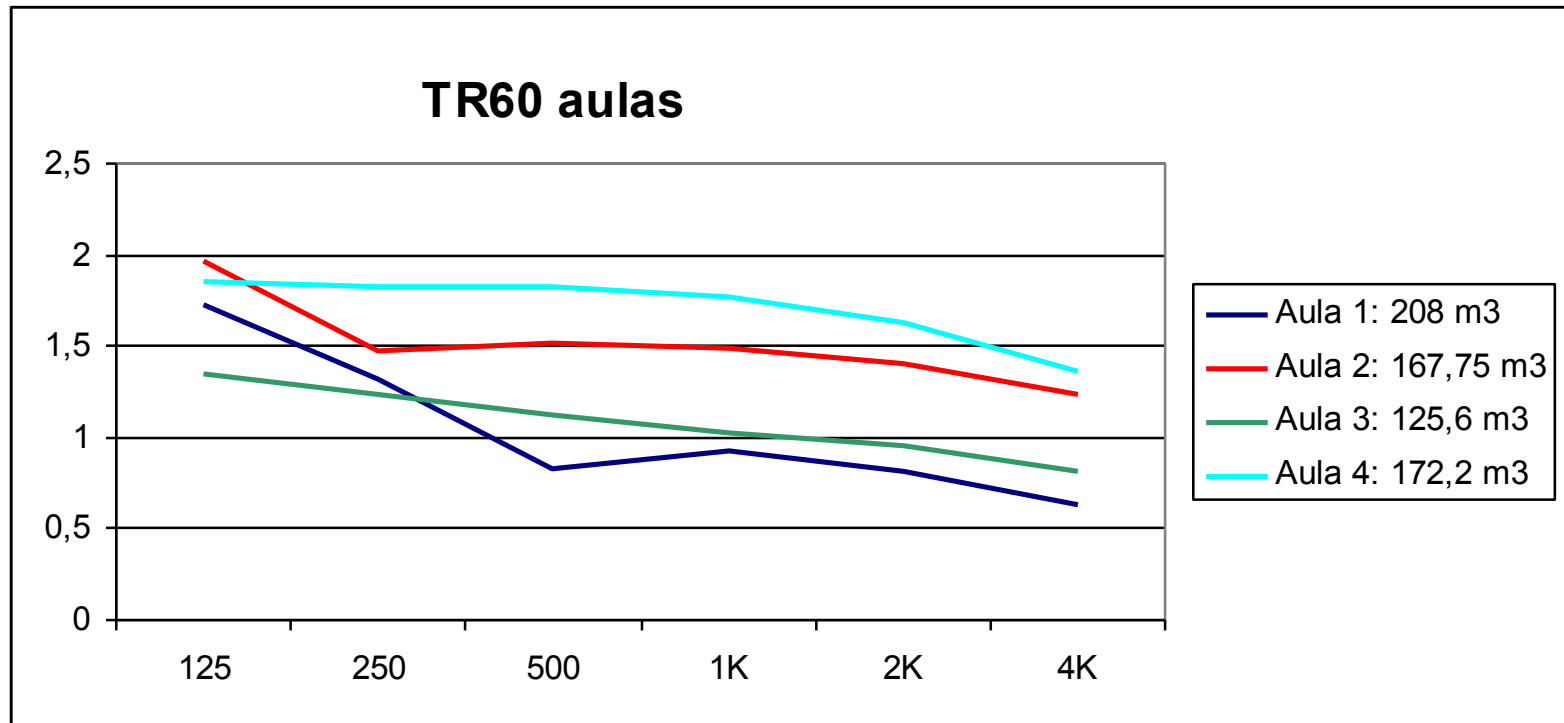
Control de la obra terminada

En el caso de que se realicen mediciones in situ para comprobar las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo, de aislamiento acústico a ruido de impactos y de limitación del tiempo de reverberación, se realizarán por laboratorios acreditados y conforme a lo establecido en las UNE EN ISO 140-4 y UNE EN ISO 140-5 para ruido aéreo, en la UNE EN ISO 140-7 para ruido de impactos y en la UNE EN ISO 3382 para tiempo de reverberación. La valoración global de resultados de las mediciones de aislamiento se realizará conforme a las definiciones de diferencia de niveles estandarizada para cada tipo de ruido según lo establecido en el Anejo H.

Para el cumplimiento de las exigencias de este DB se admiten **tolerancias** entre los valores obtenidos por mediciones in situ y los valores límite establecidos en el apartado 2.1 de este DB, de 3 dBA para *aislamiento a ruido aéreo*, de **3 dB** para *aislamiento a ruido de impacto* y de **0,1 s** para tiempo de reverberación.

Ejemplos de medidas en casos reales:

Características de aulas reales sin tratamiento acústico:



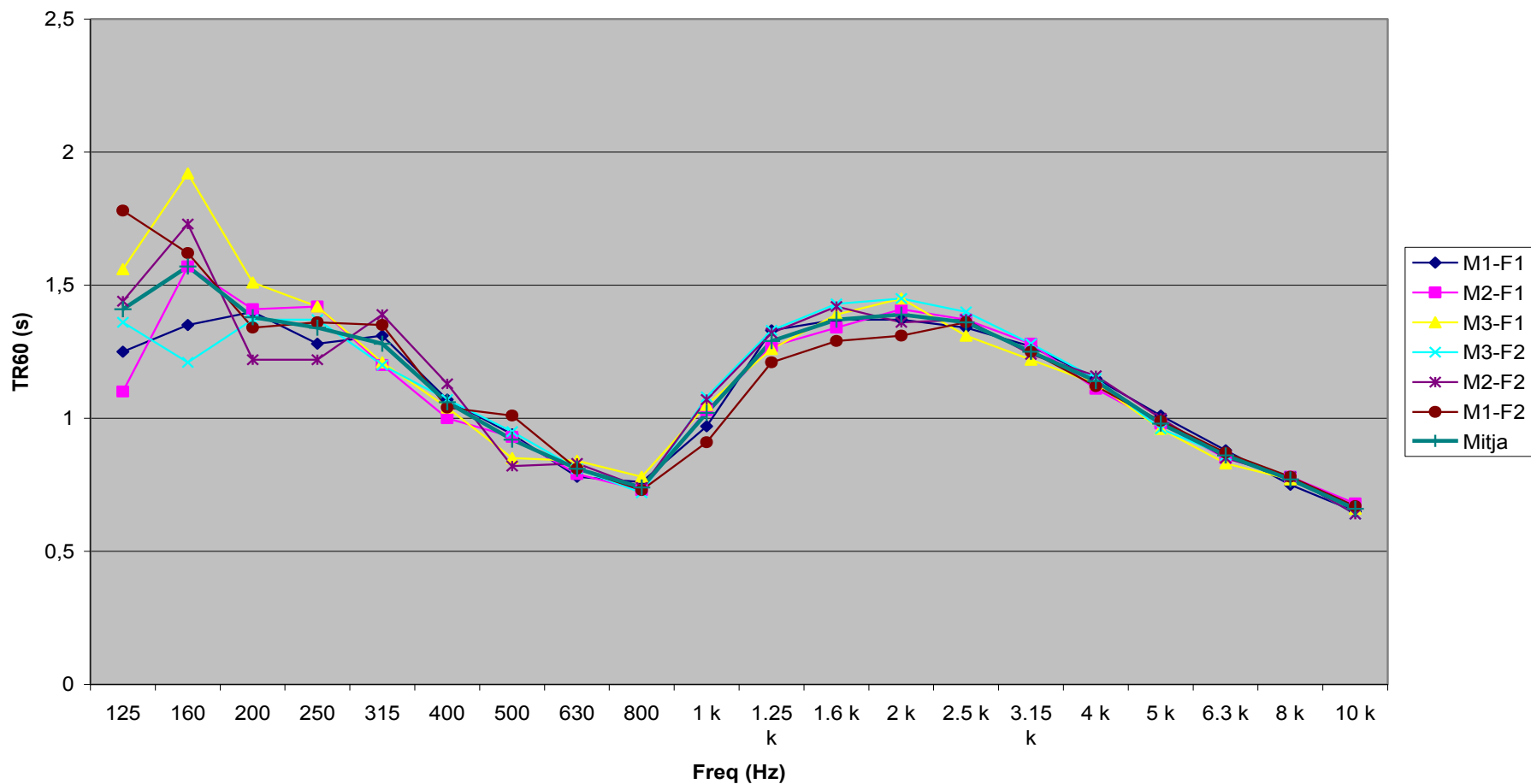
Datos medidos de aulas (anteriores al CTE):

Como se observa en la tabla, los valores de reverberación son muy elevados y en la mayoría de casos, muy por encima del límite máximo exigido actualmente.

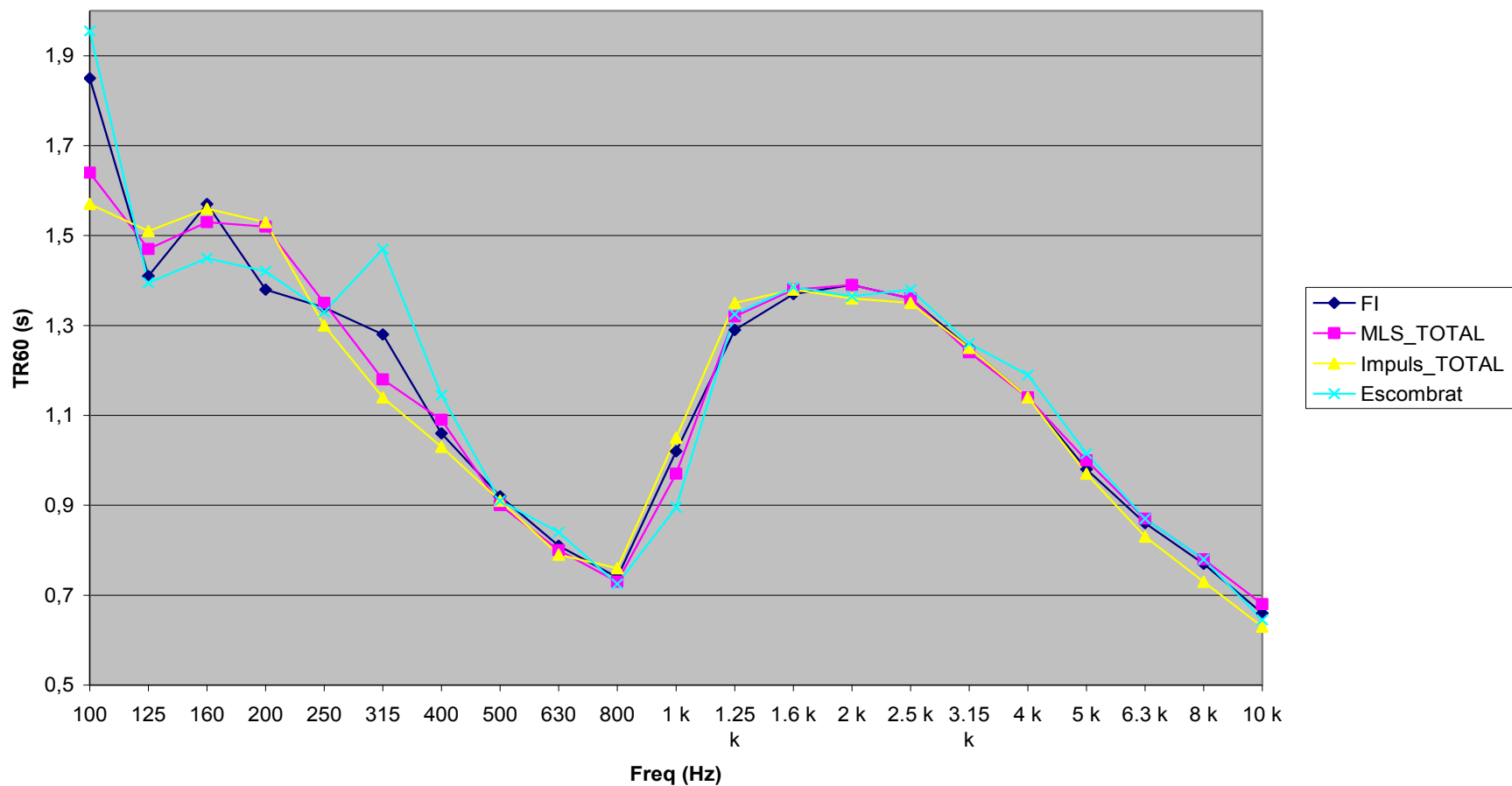
	Capacidad	V (m³)	Tmid	NC
Aula 1	32	208,5	0.9	50
Aula 2	13	167,75	1,51	35
Aula 3	29	125,6	1,08	30
Aula 4	28	172,2	1,8	45

Medidas de un aula en diferentes puntos

Técnica: Ruido interrumpido



Diferencias según la metodología de medida:



Medidas en restaurantes con problemas de ruido por reverberación:



Algunas consideraciones:

Es muy bueno que el nuevo Código de la Edificación obligue a controlar la reverberación en ciertos espacios. Aunque es una lástima que el control sólo se exija a medias frecuencias.

El control únicamente del T_{Rmid} no asegura la calidad acústica.
Las bandas de 125Hz y 250Hz no se consideran y es importante controlarlas.
La baja frecuencia produce efectos de enmascaramiento y pérdida de inteligibilidad.

Los espacios de volúmenes reducidos pueden tener problemas a bajas frecuencias; coloraciones importantes.
La ecuación de Sabine no siempre funciona bien en la predicción del TR60 (sobretudo en casos de distribución de absorción heterogénea).