

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS EN RESTAURANTES: TIEMPO DE REVERBERACIÓN

PACS: 43.55.Br

Martín Bravo M^a Ángeles ⁽¹⁾; Tarrero Fernández Ana I ⁽²⁾; Alejo Arias Víctor; Ordax García Rafael

Universidad de Valladolid, C/ Francisco Mendizábal, nº 1, 47014 Valladolid, España.

⁽¹⁾ maruchi@sid.eup.uva.es; ⁽²⁾ ana@sid.eup.uva.es

ABSTRACT

The Noise Law of Castilla y León, adopted in June 2009, includes new requirements arising from the DB-HR, among which an upper limit to reverberation time in restaurants and empty dining rooms. The purpose of this paper is to determine the value of this parameter in some restaurants in the city of Valladolid and then verify the compliance with the Noise Law. When necessary, solutions will be suggested as well as an economical estimate of the suggested solutions. Measurements have been performed in 21 restaurants in this city and 81% of the restaurants tested met the requirements. In restaurants where the reverberation time is above the required limit both a technical and economical report has been provided.

RESUMEN

La Ley del Ruido de Castilla y León, aprobada en Junio de 2009, contempla nuevas exigencias derivadas del DB-HR, entre ellas el valor máximo del tiempo de reverberación en restaurantes y comedores vacíos. El objetivo de esta comunicación es analizar los valores del tiempo de reverberación en una muestra de restaurantes de la ciudad de Valladolid, comprobar su conformidad con la Ley del Ruido de Castilla y León, y, en su caso, plantear posibles soluciones al problema y hacer su valoración económica.

Con esta finalidad, se han seleccionado restaurantes de forma aleatoria, procurando que estuvieran distribuidos por toda la ciudad, en el centro y en los barrios, y que sus características (categoría, tamaño, etc.) fuesen lo más heterogéneas posible. Las medidas se han realizado en 21 restaurantes, aquellos en los que nos han permitido hacer el estudio, y cuyos resultados presentamos en esta comunicación. Aunque esta muestra no es completamente aleatoria, ya que está influenciada por la negativa de algunos restaurantes a permitirnos hacer las medidas, los resultados obtenidos pueden ser indicativos de la situación real. Se ha obtenido que el 81% de los restaurantes analizados cumplen con las exigencias de la Ley del Ruido de Castilla y León. En aquellos restaurantes cuyo tiempo de reverberación es

superior al exigido, se han propuesto posibles soluciones al problema, y se ha realizado una valoración económica de estas propuestas.

INTRODUCCIÓN

El ruido se ha convertido en uno de los problemas ambientales que tiene mayor incidencia en la calidad de vida de los ciudadanos tanto en espacios exteriores como en interiores. Además de los efectos auditivos, que se producen para niveles altos de ruido, el ruido produce importantes efectos negativos para la salud. Provoca malestar, ansiedad, estrés, produce alteraciones en el sueño, perturba el reposo y el descanso, disminuye la capacidad de concentración, y provoca otros efectos fisiológicos como contracciones musculares, aumento de la frecuencia cardíaca, aumento de la presión sanguínea, acelera los movimientos respiratorios, etc. La Organización Mundial de la salud establece que cuando los niveles son superiores a los 65 dBA el ruido produce efectos perjudiciales en las personas.

Además, el ruido dificulta la comunicación, produciendo un malestar en las personas, e interfiriendo en la correcta comunicación entre ellas. Para una perfecta inteligibilidad en la comunicación, el ruido de fondo debe estar entre 10 y 15 dBA por debajo. A partir de 65 dBA de ruido de fondo la comunicación se hace extremadamente difícil. Pero en la inteligibilidad también influye el tiempo de reverberación del recinto, cuanto mayor sea éste, mayor será la reverberación del local y más difícil la comunicación.

En estos últimos años se ha desarrollado nueva normativa en el ámbito de la acústica arquitectónica y la entrada en vigor del nuevo Código Técnico de la Edificación, Protección contra el ruido DB-HR [1] supone un cambio significativo respecto a lo exigido y realizado hasta el momento ya que exige mayores niveles de aislamiento acústico de los cerramientos (lo que se traducirá en la búsqueda de nuevas soluciones constructivas), niveles de recepción de ruido de impacto muy por debajo de los exigidos hasta su entrada en vigor (debiendo tratar los forjados con materiales específicos), medición in situ del aislamiento acústico de los cerramientos, entre otros. También aparecen nuevas exigencias en relación con el tiempo de reverberación (TR) tanto en aulas como en restaurantes y comedores.

Debido a la entrada en vigor de la Ley del Ruido de Castilla y León [2] aprobada el 4 de Junio de 2009, que en algunos casos se basa en el Código Técnico de la Edificación, Protección contra el ruido, aparecen nuevas exigencias en los parámetros acústicos, en concreto en el que nos ocupa en esta comunicación, exigencias mínimas del TR de restaurantes y comedores.

El objetivo de esta comunicación es analizar el valor de este parámetro en restaurantes de la ciudad de Valladolid, comprobar su conformidad con la Ley del Ruido de Castilla y León, y, en su caso, plantear posibles soluciones al problema y hacer su valoración económica.

TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Cuando una fuente sonora emite en un recinto cerrado, un oyente recibe el sonido directo y el sonido reflejado en cada una de las superficies del recinto. El sonido reflejado seguirá reflejándose en las diferentes superficies hasta su extinción. Esta permanencia del sonido aún después de interrumpida la fuente se denomina reverberación, y se cuantifica mediante el tiempo de reverberación, TR, que es el tiempo que tarda el sonido en decaer 60 dB desde que se interrumpe la fuente. Este factor es determinante en la transmisión e inteligibilidad del sonido, figura 1.

En la práctica, es muy difícil conseguir un descenso del nivel de 60 dB, pues debido al ruido de fondo sería necesario trabajar con niveles superiores a 100 dB. Por ello y considerando que el nivel de presión sonora decrece linealmente con el tiempo, se considera una caída de 20 dB (TR20) o de 30 dB (TR30), multiplicando el resultado por 3 o por 2 respectivamente para obtener el TR.

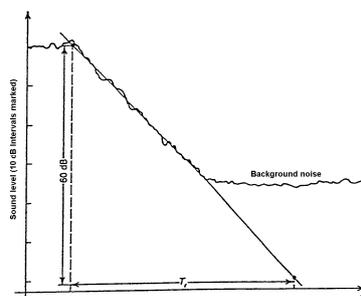


Figura 1. Decaimiento lineal del nivel

Un desarrollo teórico basado en las características de campo difuso permite relacionar el T_R de un recinto con el volumen de este recinto y la absorción de sus paredes. La expresión correspondiente se conoce como *fórmula de Sabine*.

$$T_R = 0,161 \frac{V}{A} \text{ (s)} \quad (1)$$

donde T_R se expresa en segundos cuando el volumen de la sala, V , se mide en m^3 y el área de absorción equivalente de las paredes, A , se mide en m^2 . El área de absorción equivalente se puede calcular como se especifica en [4]:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{m,i} \cdot S_i + \sum_{j=1}^N A_{O,m,j} + 4 \cdot \overline{m}_m \cdot V \quad (2)$$

siendo

$\alpha_{m,i}$ 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;

S_i área de paramento cuyo coeficiente de absorción es α_i [m^2];

$A_{O,m,j}$ área de absorción acústica equivalente media de cada mueble fijo absorbente diferente [m^2];

V volumen del *recinto*, [m^3].

\overline{m}_m coeficiente de absorción acústica medio en el aire, para las frecuencias de 500, 1000 y 2000 Hz y de valor $0,006 m^{-1}$.

El término $4 \cdot \overline{m}_m \cdot V$ es despreciable en los *recintos* de volumen menor que $250 m^3$.

El tiempo de reverberación se controla con la absorción acústica de los paramentos, los acabados superficiales y los revestimientos. Se recomienda que el área de absorción acústica equivalente, A , sea, al menos, $0,2 m^2$ por cada metro cúbico del volumen del recinto.

El Documento Básico de Protección Frente al Ruido (DB-HR) del Código Técnico de Edificación (CTE) establece el valor máximo del tiempo de reverberación en salones y comedores vacíos. Este tiempo no debe ser superior a 0.9 segundos. La ley 5/2009 del Ruido de Castilla y León mantiene este mismo valor máximo marcando un periodo de adaptación de 3 años para aquellos locales que no lo cumplan.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo el objetivo propuesto se ha medido en una muestra formada por un grupo de 21 restaurantes de Valladolid, que han colaborado voluntariamente para el desarrollo de este trabajo. En la muestra utilizada se ha tratado de recoger a los más representativos, más frecuentados y más prestigiosos de la ciudad, eliminando comedores de tamaño muy reducido y los de comida rápida. Además se ha tratado de que estuvieran representadas distintas tipologías de comedores y de que su distribución se extendiera por toda la ciudad. Los restaurantes en los que se ha hecho el estudio suponen cerca de un 12% del total de restaurantes en la ciudad.

Las medidas se han realizado siguiendo las especificaciones que figuran en [2 y 3] que indican el Método y Procedimiento de medición y las Condiciones y equipo de medición (nº de medidas, nº de posiciones de fuente y micrófono, ancho de banda, frecuencias de interés, etc).

Para las medidas se ha utilizado el sistema Symphonie y el software dBAT12, programa que permite la generación interna de ruido rosa, conectando directamente la salida del Symphonie al amplificador, y calcular el tiempo de reverberación de forma digital y gráfica. El TR medido ha sido el TR20.

En la figura 2 se muestra el resultado de una de las muchas medidas realizadas. Para cada frecuencia se observa, en la parte superior de la figura 2, el resultado del tiempo de reverberación calculado (TR60) por el programa dBAT12. Para la realización del cálculo, el software utiliza un sistema de aproximación y linealización de la curva de decrecimiento. El estudio requiere que se mida para las frecuencias de 500, 1.000 y 2.000 Hz, frecuencias principales para la comunicación entre personas.

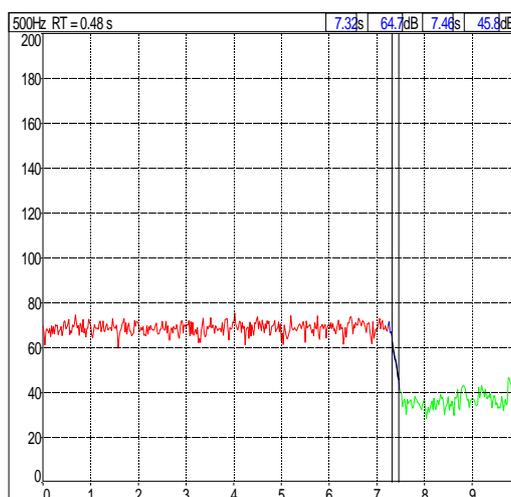


Figura 2: Resultado de una de las medidas

En la gráfica de la figura 2 aparece la frecuencia considerada, en este caso 500Hz, el nivel de excitación, 64,7 dB, el ruido de fondo, 45,8 dB, y los instantes en los que se interrumpe la excitación y se alcanza el nivel de fondo, 7,32 s y 7,46 s, respectivamente.

La metodología de medida en todos los casos fue similar. Los pasos seguidos son los siguientes:

- Posicionamiento del equipo de medida
- Comprobación del software y calibración del micrófono
- Verificación del cerramiento de la sala
- Excitación acústica del comedor y grabación de los decrecimientos.
-

Se han realizado medidas en dos posiciones de fuente, 3 posiciones de micrófono para cada una de ellas, y 2 mediciones en cada posición de micrófono, es decir, 12 mediciones para cada una de las frecuencias de interés, Para cada posición de fuente y de micrófono se calcula el promedio de las 2 mediciones, esto se hace para cada una de las frecuencia de 500, 1.000 y 2.000 Hz.

El cálculo global del tiempo de reverberación se hace calculando previamente para cada frecuencia el promedio de las medidas en cada posición de micrófono, a continuación el promedio de las seis posiciones de micrófono, y por último el promedio de los valores obtenidos para cada una de las tres frecuencias consideradas.

RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos en este trabajo. En primer lugar, en la tabla 1, se recoge el valor del tiempo de reverberación de cada uno de los restaurantes estudiados, en orden decreciente de su volumen. En la figura 3 se representan conjuntamente los valores del tiempo de reverberación y del volumen de los restaurantes analizados. Se puede comprobar que aproximadamente la mitad de ellos tienen un volumen reducido (menor de 200 m³), y únicamente cuatro de ellos tienen un volumen que se puede considerar grande, superior a 300 m³.

De los restaurantes analizados, se puede observar que más de la mitad tienen un tiempo de reverberación bajo, inferior a 0,65 s y hay cuatro en los que el TR es superior al que exige la normativa (0,9 s), lo que representa 19% de los analizados. Aunque la normativa no diferencia entre restaurantes pequeños y restaurantes grandes, la exigencia es la misma para todos, la situación si es diferente, y sobre todo las soluciones a plantear.

En los restaurantes con un tiempo de reverberación bajo se ha observado que todos ellos suelen tener en común las siguientes características:

- Bajo ruido de fondo
- Paredes rugosas y con frisos de madera
- Ventanas con cortinas, mesas con manteles y sillas tapizadas
- Escasez de superficies reflectantes
- Separación física de ambientes
- Generalmente son de volumen reducido

Tabla 1: Resultados del TR en cada uno de los restaurantes

	Restaurante	TR
1	La Sal	0,47
2	La Perla	0,49
3	Espinosa	0,67
4	Miguel Angel	0,64
5	Mirador Cerezo	1,01
6	La Cueva	0,43
7	Ramiro's	0,57
8	Conde Ansúrez	0,46
9	Fortuna 25 S.Arriba	0,58
10	La Criolla	0,34
11	Manhatan	0,56
12	Hotel Feria	0,56
13	Lar	1,14
14	La Pedriza	0,68
15	Fortuna 25 S.Bajo	0,67
16	Figón de Recoletos	0,46
17	Magnus	1,09
18	Los Chopos	0,58
19	Auditorio	0,98
20	AC Santa Ana	0,88
21	Las Lomas	0,73

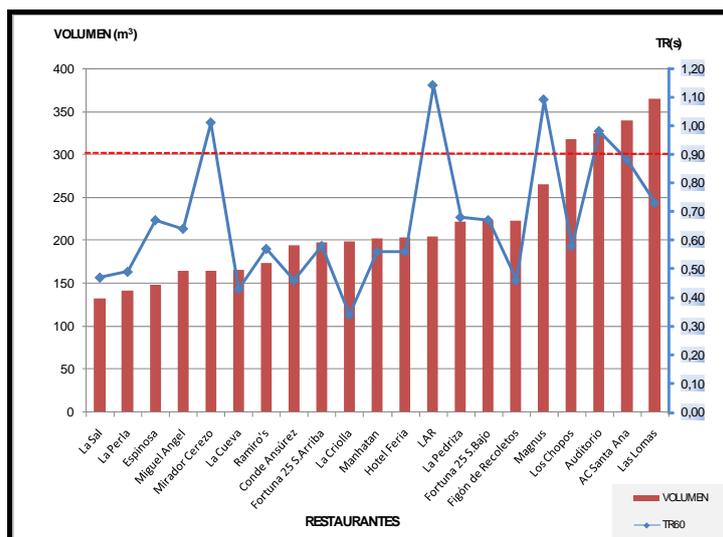


Figura 3: Volumen y TR en cada uno de los restaurantes

Entre los restaurantes que podemos considerar pequeños, el volumen no supera los 200 m³, hay uno que con un volumen poco superior a 150 m³, presenta un tiempo de reverberación superior a lo exigido por la ley, 1.01 s. Dentro de los restaurantes que podemos considerar de tamaño medio, hay dos que superan las exigencias, uno de ellos con el tiempo de reverberación más alto de todos los medidos, 1,14 s, y el otro con 1,09 s. Para los restaurantes con volumen superior a 300 m³, únicamente uno con un tiempo de reverberación de 0,98 s supera ligeramente el valor límite.

Dentro de los restaurantes grandes, es destacable el caso del restaurante Las Lomas, el de mayor volumen de todos los estudiados, y con un tiempo de reverberación claramente aceptable, 0,73 s, lo que pone de manifiesto que cuando las cosas se hacen bien se pueden conseguir situaciones confortables, incluso en comedores de grandes dimensiones.

En el caso opuesto se encuentra el restaurante Mirador Cerezo, con un tiempo de reverberación alto, a pesar de tener unas dimensiones reducidas. Este comedor tiene superficies reflectantes dentro del comedor, factor que influye de forma negativa en su tiempo de reverberación.

Los resultados obtenidos pueden considerarse orientativos de la situación en la ciudad de Valladolid. Los restaurantes estudiados suponen un 12% de los que hay en la ciudad con características similares (180 restaurantes). Aunque no es correcto extrapolar los resultados, ya que la muestra está condicionada a la autorización de los restaurantes a hacer medidas, podemos considerar que al menos el 20% de los restaurantes de esta ciudad requieren de algún tipo de actuación para adecuar su tiempo de reverberación a las exigencias de la Ley del Ruido de Castilla y León.

MEDIDAS DE CORRECCION Y ESTUDIO ECONÓMICO

Al tratarse de comedores que llevan tiempo en funcionamiento, están complementemente montados y habilitados para su uso. La mayoría de ellos tienen cortinas, manteles, tapizados en las sillas, celosías de madera, etc. que suponen una medida fundamental para evitar la reflexión del sonido y lograr buenos tiempos de reverberación.

Los comedores con tiempo de reverberación superior a 0.9 s, y que por tanto no cumplen la normativa, tienen algunas características similares, como las siguientes:

- Paredes lisas o con pinturas esmaltadas
- Ventanas sin cortinas

- Mobiliario de materiales no rugosos (mesas de cristal no cubiertas con mantel, sillas sin tapizar, ...)
- Vitrinas acristaladas, botelleros, ...
- Cocina con comunicación directa con el comedor
- Valores elevados de ruido de fondo (presencia de empleados trabajando, maquinaria industrial, puertas o ventanas sin cerrar correctamente).

Estos restaurantes tienen un periodo de tres años para adaptarse a la normativa, contados desde que se aprobó la Ley del Ruido de Castilla y León (junio de 2009).

En este apartado se va a realizar una valoración económica de las medidas que podrían llevarse a cabo en estos restaurantes para reducir el TR. El cálculo de este estudio es aproximado debido a que no se conocen con exactitud datos como el coeficiente de absorción del mobiliario, de las paredes, de las puertas, etc. o el material de las cortinas u otros elementos decorativos (cuadros, celosías, lámparas, etc.).

En este trabajo, al tratarse de comedores con valores del TR próximos a 0,9 s en la mayoría de los casos, puede emplearse un tratamiento absorbente aplicado únicamente en el techo para reducir el TR.

El valor mínimo del coeficiente de absorción acústica medio del material o techo suspendido para el caso de restaurantes y comedores se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$\alpha_{mt} = h \left(0.18 - \frac{0,12}{\sqrt{S_t}} \right) \quad (3)$$

Siendo h la altura del recinto en metros y S_t el área del techo en m².

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

El procedimiento a seguir será el siguiente:

- Detallar los factores que pueden afectar negativamente al TR medido
- Calcular, a partir de la ecuación 2, el valor mínimo del coeficiente de absorción acústica medio en el techo
- Obtener, aplicando la formula de Sabine, ecuación 1, el valor del TR, que debe cumplir con las exigencias de la ley
- En caso necesario, también se tendrán en cuenta otros elementos, como cortinas, paneles, etc. que pueden contribuir a mejorar el TR
- Si el valor del TR sigue sin ser adecuado, se modificará alguna otra superficie.

Por último se calculará el coste económico de las medidas propuestas.

Los coeficientes de absorción de algunos materiales absorbentes que suelen utilizarse en este tipo de soluciones, para cada una de las frecuencias estudiadas, así como su valor medio, se muestran en la tabla 2:

Tabla 2: coeficientes de absorción en algunos materiales

Material	Coeficiente de absorción			
	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	Promedio
Lana mineral mixta	0,62	0,86	0,9	0,79
Placa de Yeso Laminado Perforado	0,6	0,6	0,45	0,55
Placa de Yeso Laminado(con lana mineral)	0,8	0,6	0,6	0,67
Viruta de madera prensada	0,45	0,44	0,53	0,47

Para tener una idea de la valoración económica de las actuaciones para solventar el problema, hacemos la siguiente propuesta. El material absorbente elegido para el techo en tres de ellos ha sido placa de yeso laminado perforado (PYL), sobre el que se asienta lana mineral, ya que su coeficiente de absorción medio es de 0,67, muy superior al que se pretende conseguir. Esta estructura evita nuevas reflexiones que se hubieran producido de haber incorporado sólo placas de yeso laminado perforado. En el cuarto restaurante con la placa de yeso laminado perforado en el techo es suficiente. El coste económico oscila, para los casos estudiados, entre 2000 € y 5500 €, dependiendo de las características del restaurante.

CONCLUSIONES

Considerando que la entrada en vigor de la Ley del Ruido de Castilla y León obliga a los restaurantes y comedores a tener un valor del tiempo de reverberación inferior a 0,9 s, se ha hecho un estudio sobre el cumplimiento de este requisito en una muestra de 21 restaurantes de la ciudad de Valladolid. A partir de los valores encontrados, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Aunque la muestra está condicionada por la negativa de algunos restaurantes a permitir las medidas, se comprueba que mayoritariamente los restaurantes estudiados cumplen con las exigencias, el 80% tiene un TR inferior a 0,9 s.
- En los restaurantes que no cumplen con la exigencia, es suficiente una pequeña actuación para solucionar el problema. La valoración de las actuaciones planteadas está entre 2000€ y 5500€.
- Es destacable que el restaurante de mayor tamaño en el que se ha medido, tiene un TR que satisface con holgura las exigencias, lo que pone de manifiesto que cuando en el diseño se tienen en cuenta consideraciones acústicas, es fácil conseguir valores aceptables.
- Hay un restaurante con unas condiciones acústicas excelentes, el valor del TR es el más bajo de los medidos, 0,34 s, lo que justifica que en él se realiza un programa de radio semanalmente.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la empresa Audiotec por su colaboración en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [2] REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al Ruido» del Código Técnico de la Edificación.
- [2] Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del ruido
- [3] Norma UNE-EN ISO 3382-2-2008. Acústica. Medición de parámetros acústicos en recintos. Parte 2: Tiempo de reverberación en recintos ordinarios.
- [4] Documentos CTE, DB HR Protección frente al ruido