

LOS ÍNDICES DE CUALIFICACIÓN ACÚSTICA EN LA REHABILITACIÓN DE TEATROS: SU CÁLCULO POR PROGRAMAS DE SIMULACIÓN POR ORDENADOR

PACS: 43.55.Gx

León Rodríguez, A.L.; León Rodríguez, J.
Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción (I.U.C.C.)
ETS de Arquitectura de Sevilla. Universidad de Sevilla
Av. Reina Mercedes s/n.
41012 Sevilla, España
Tel: 954 556 595
Fax: 954 557 024
E-mail: leonr@arquitectura.us.es

ABSTRACT

Besides the traditional acoustic indicators of rooms as the time of reverberation, at the present time new indexes of acoustic qualification have been developed that have become in important tools for the study and analysis of the acoustic behavior of the spaces.

With this work a group analysis is presented about the results obtained in a group of theaters belonging to the Plan of Rehabilitation of Theaters of Andalusia.

The indexes studied (definition, clarity, lateral energy fraction, strength...), have been determined starting from a group of models and computer simulations, in those that the sound field of these theaters is reproduce.

RESUMEN

Además de los tradicionales indicadores acústicos de salas como el tiempo de reverberación, en la actualidad se han desarrollado nuevos índices de cualificación acústica que se han convertido en importantes herramientas para el estudio y análisis del comportamiento acústico de los espacios.

Con este trabajo se presenta un análisis de conjunto acerca de los resultados obtenidos en un grupo de 16 teatros pertenecientes al Plan de Rehabilitación de Teatros de Andalucía.

Los índices estudiados (definición, claridad, eficiencia lateral, sonoridad...), se han determinado a partir de un conjunto de modelos y simulaciones informáticas, en las que se reproduce el campo sonoro de estos teatros.

1. INTRODUCCIÓN

En acústica arquitectónica, la mayor parte de los estudios sobre parámetros de cualificación acústica llevados a cabo sobre un conjunto de salas, se han centrado en las grandes salas de conciertos o en teatros de ópera de volúmenes importantes. Algunos de los ejemplos más destacados en este sentido, son las investigaciones de Beranek¹, o más recientemente las de Hidaka².

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados alcanzados con estos índices, pero referidos a un grupo de salas de volúmenes sensiblemente inferiores a los analizados por otros autores, y en las que, además, se pretendía un uso polifuncional. Las salas elegidas corresponden a 16 teatros pertenecientes al Programa de Rehabilitación de Teatros Públicos de Andalucía, en el que, desde hace varios años, venimos trabajando como consultores acústicos de la Junta de Andalucía. Las figuras 1 a 4 muestran el aspecto de 4 de estas salas.



Fig.1: Teatro Villaespesa. Sorbas. Almería



Fig.2: Teatro-Cine Ideal de Baza. Granada



Fig.3: Teatro de las Cortes. San Fernando. Cádiz



Fig.4: Teatro Lope de Vega. Sevilla

En todos los casos, los resultados han sido obtenidos mediante modelos informáticos de cada una de las salas, utilizando el programa de simulación CATT-Acoustics v.7.2.f. Los valores se presentan en tres estados diferentes: a) en el estado original, previo a las obras de rehabilitación; b) tras la rehabilitación arquitectónica; y c) dentro de este último estado y en los casos en los que está proyectada, con instalación de una concha acústica en el escenario.

Los teatros estudiados, ordenados de menor a mayor volumen, son los presentados en la Tabla I.

TEATRO	Año Rehabilitación	Volumen sala (m ³)	Aforo
1. TEATRO SAAVEDRA. Cantoria. Almería	1989	785	190
2. TEATRO OLIVARES VEAS. Arcos de la Frontera. Cádiz	1993	790	221
3. TEATRO VILLAESPESA. Sorbas. Almería	1997	1062	273
4. TEATRO APOLO. Almería	1993	1393	368
5. TEATRO-CINE IDEAL. Baza. Granada	2001	1694	299
6. TEATRO DARYMELIA. Jaén	1987	1888	417
7. TEATRO GARNELO. Montilla. Córdoba	1995	2062	333
8. TEATRO GUTIÉRREZ DE ALBA. Alcalá de G ^{ra} . Sevilla	1986	2251	395
9. TEATRO DE LAS CORTES. San Fernando. Cádiz	1999	2492	360
10. TEATRO CAPITOL. Cortegana. Huelva	1999	2999	515
11. TEATRO-CINE VICTORIA. Priego de Córdoba. Córdoba.	1992	4232	539
12. GRAN TEATRO DE HUELVA	1990	4800	672
13. TEATRO ISABEL LA CATÓLICA. Granada	1993	5035	689
14. TEATRO LOPE DE VEGA. Sevilla	1983	5901	815
15. GRAN TEATRO DE CÓRDOBA	1986	6071	946
16. TEATRO VILLAMARTA. Jerez de la Frontera. Cádiz	1993	7987	1221

Tabla I: Relación de teatros andaluces

En cada una de estas salas, se han simulado los siguientes parámetros: calidez (BR), brillo (Br), claridad la voz (C₅₀), definición (D₅₀), claridad musical (C₈₀), sonoridad (G) y eficiencia lateral (LF). Los resultados presentados, correspondientes a las salas ocupadas³, se obtienen calculando la media aritmética de los valores obtenidos en los receptores dispuestos en las zonas de audiencia.

2. CALIDEZ (BR) Y BRILLO (Br)

Los resultados de *calidez* (fig.5), parámetro representativo de la riqueza de una sala a bajas frecuencias, muestran un comportamiento parecido en los estados original y final, si bien en algunos teatros, se ha conseguido una mejora importante de los resultados.

En general, los valores finales, tras las obras de rehabilitación, se localizan en el rango de 0.90 y 1.30s, mínimo y máximo recomendables para un uso teatral. Asimismo, y exceptuando algunas de las salas de menor volumen, la tendencia de BR se sitúa por encima de 1.10s, que, según Beranek⁴, indica un comportamiento aceptable para uso como sala de conciertos.

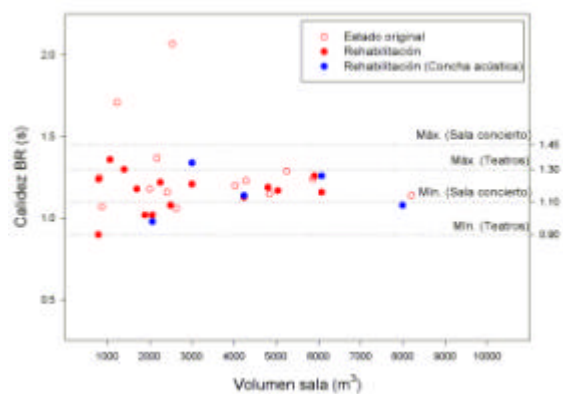


Fig.5: Calidez (BR). Valores medios (salas ocupadas)

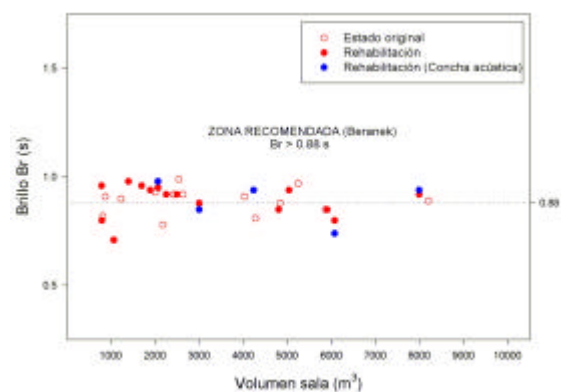


Fig.6: Brillo (Br). Valores medios (salas ocupadas)

En cuanto a las estimaciones del *brillo* (fig.6), indicador de la respuesta de las salas a las altas frecuencias, éstas se sitúan entorno al valor recomendado por Beranek⁵ para todo tipo de salas ocupadas. Además, y salvo el Teatro Villaespesa de Sorbas, con un valor del brillo de 0.70s, el resto de teatros presenta resultados superiores a 0.80s, valor mínimo aconsejado por otros autores⁶.

3. CLARIDAD DE LA VOZ (C_{50}) Y DEFINICIÓN (D_{50})

En el caso de la *claridad de la voz* se ha utilizado el valor medio ponderado C_{50} “*speech average*” simulado con las salas ocupadas. Los resultados obtenidos (fig.7) muestran cómo las salas de menores volúmenes son las que presentan unos índices de la claridad de la voz más altos (de +2 a +6 dB), permitiendo calificar este indicador, en estos casos, como *bueno*. Para teatros de mayor tamaño, la calificación ha sido *aceptable*, acorde al uso polifuncional de los edificios.

Los niveles más bajos de C_{50} , entorno a -2 dB, han sido obtenidos cuando se instalaba un concha acústica en el escenario de los teatros. Como puede observarse, este comportamiento parece independiente del volumen de las salas analizadas.

Para el análisis de la *definición* D_{50} , se han calculado los niveles correspondientes a la banda de 1000 Hz (fig.8). La relación directa entre la definición D_{50} y la claridad de la voz C_{50} , provoca que la interpretación de este parámetro sea parecida en ambos casos, es decir, salvo las salas de menores volúmenes, todos los teatros se localizan dentro del rango de valores propio de las salas de ópera.

Asimismo, y como consecuencia de que las salas rehabilitadas no están proyectadas específicamente para un uso musical, los resultados obtenidos con concha acústica están ligeramente por debajo de los niveles recomendados (50%).

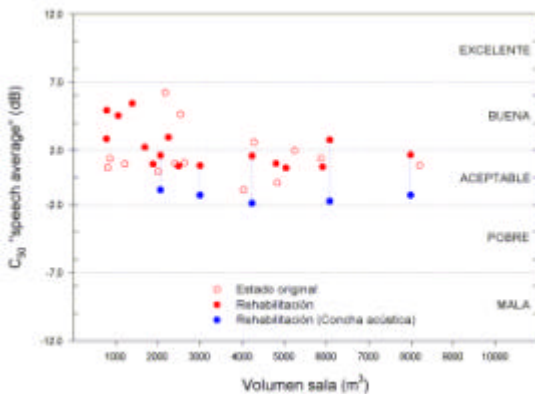


Fig.7: Claridad de la voz (C_{50}) (salas ocupadas)

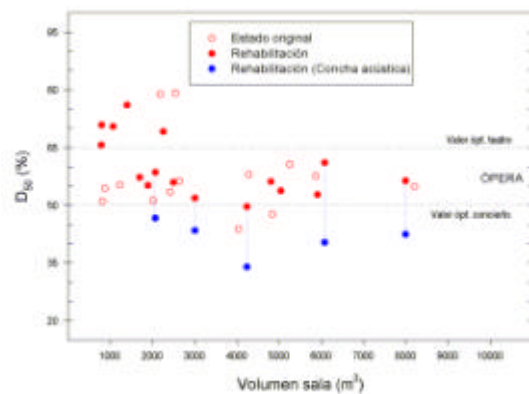


Fig.8: Definición (D_{50}) (salas ocupadas)

4. CLARIDAD MUSICAL (C_{80})

El análisis de la *claridad musical* se ha efectuado a partir del valor medio ponderado $C_{80}(3)$, estimado con las salas ocupadas. Como puede observarse en la fig.9, el comportamiento de los teatros en cuanto a este indicador, es el característico de las salas de ópera. A diferencia de esta clasificación establecida por Marshall⁷, Hidaka⁸ mantiene que la claridad musical en teatros de ópera debe quedar entre 1 y 3 dB. En nuestra investigación, quizás por tratarse de salas de volumen muy inferiores a la de las estudiadas por Hidaka, casi todos los valores superan los 3 dB.

Asimismo, y al igual que ocurre con otros parámetros e indicadores, en los teatros más pequeños se obtienen valores más altos de claridad musical.

Por otra lado, en las situaciones de concha acústica, los valores se desplazan hacia el rango de valores de -2 y +2 dB, adecuados para salas de concierto, según afirma Barron⁹.

5. SONORIDAD (G)

Los niveles medios de la sonoridad (G_{mid}), calculado a partir de las bandas de octava de 500 y 1000 Hz, deben estar comprendidos, según Beranek¹⁰, entre 4 y 5.5 dB para una sala de conciertos vacía. En nuestro caso, solamente los teatros de volúmenes similares a los de las salas estudiadas por este autor presentan tales resultados (fig.10).

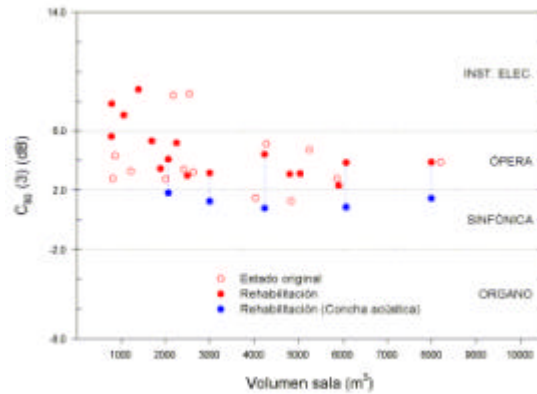


Fig.9: Claridad musical (C_{60}) (salas ocupadas)

Del análisis de nuestras gráficas, deducimos que, a diferencia de las grandes salas de concierto, lo aconsejable en el caso de los teatros de ópera, es lograr niveles de sonoridad por encima de 5 ó 6 dB, sobre todo para salas de volúmenes inferiores a 6000 m³.

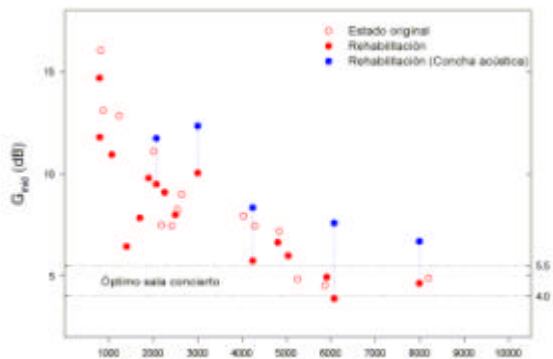


Fig.10: Sonoridad (G) (salas vacías)

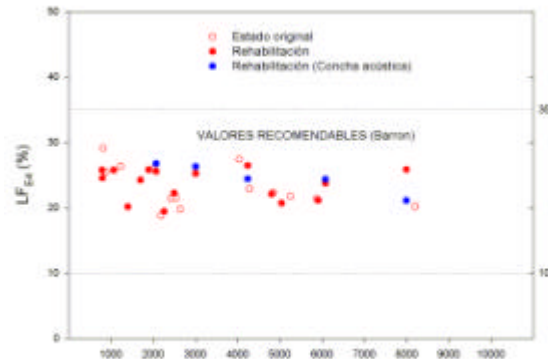


Fig.11: Eficiencia lateral (LF) (salas ocupadas)

6. EFICIENCIA LATERAL (LF)

Para el análisis de la eficiencia lateral (LF) se ha utilizado el valor medio LF_{E4} de las bandas de octava desde 125 Hz a 1 kHz, con las salas ocupadas. A diferencia de los resultados alcanzados por Bradley en su análisis de salas de concierto¹¹, los datos medidos en este estudio presentan muy poca dispersión. La eficiencia lateral de los teatros andaluces, tanto en su estado original como final, se sitúa entre el 20 y 30% (fig.11). Este comportamiento parece independiente del volumen de las salas.

En presencia de concha acústica, los resultados no denotan alteraciones. Asimismo, y aunque los datos correspondientes a las salas vacías no aparecen reflejadas en la fig.11, la eficiencia lateral no sufre grandes cambios en presencia o ausencia de público en las salas.

7. CONCLUSIONES

El análisis general de los resultados de este grupo de teatros pertenecientes al Plan Andaluz de Rehabilitación, pone de manifiesto que los valores de los parámetros estudiados están dentro del rango de valores recomendados para un uso polifuncional. Por ello, y dado que el objetivo principal de las rehabilitaciones acústicas ha sido, fundamentalmente, adecuar las condiciones acústicas de los teatros a las nuevas necesidades funcionales, estructurales, de aforo, etc..., que se le exigían a los nuevos proyectos, consideramos alcanzados los objetivos propuestos al rehabilitarlos.

REFERENCIAS

- ¹ Beranek, L.L. (1996). *Concert and opera halls: how they sound*. Nueva York: Acoustical Society of America.
- ² Hidaka, T., y Beranek, L.L. (2000). Objective and subjective evaluations of twenty-three opera houses in Europe, Japan, and the Americas. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 107 (1), p.p. 368-383.
- ³ En el caso de la sonoridad (G), los valores simulados corresponden a las salas vacías, ya que los rangos de referencia que conocemos, solamente están disponibles para ese estado.
- ⁴ Beranek, L.L. Opus cit. p.430.
- ⁵ Beranek, L.L. Opus cit. p.427.
- ⁶ Arau, H. (1999). *ABC de la acústica arquitectónica*. Barcelona: CEAC. p.263.
- ⁷ Marshall, L.G. (1994). An acoustics measurement program for evaluating auditoriums based on the early/late sound energy ratio. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 96 (4), p.p. 2251-2261.
- ⁸ Hidaka, T. y Beranek, L.L. Opus cit.
- ⁹ Barron, M. (1993). *Auditorium Acoustics and Architectural Design*. Londres: E & FN Spon and imprint of Chapman & Hall. p.61.
- ¹⁰ Beranek, L.L. (1996). *Concert and opera halls: how they sound*. Nueva York: Acoustical Society of America. p.446.
- ¹¹ Bradley, J.S. (1991). A comparison of three classical concert halls. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 89, p.p.1176-1192.