

Caracterización acústica de diversas salas de ópera y teatro

Higini Arau

ESTUDI ACUSTIC H.ARAU C/Travessera de Dalt 118, 3º 1ª. Barcelona(08024)

SUMARIO

En esta comunicación presentamos los resultados de caracterización acústica de diversos recintos dedicados a ópera y a teatro, en donde hemos participado en su diseño acústico.

Las salas analizadas son el Teatro Principal de Maó (lírico), el Teatro Metropol de Tarragona, el Gran Teatro del Liceu (antes del 1992) y el Romea.

El procedimiento de análisis, excepto los casos del Liceu y el Romea, fue el MLS.

A partir de algunas de las mediciones efectuadas se ha determinado qué magnitudes tienen prevalencia sobre otras en la buena acústica de un teatro de la ópera.

EXPOSICION DEL TEMA

En esta comunicación desarrollaremos el conjunto de mediciones efectuadas en diversos recintos donde hemos prestado nuestra asistencia técnica como asesores acústicos en el diseño del recinto, sea de nueva planta, o bien en la rehabilitación del mismo.

Todas las mediciones se han efectuado colocando la fuente sonora en el escenario, colocada en el eje de simetría del recinto en la vertical de la boca del escenario. La fuente se situaba a 1.7 m del suelo. Los puntos receptores se escogían sobre un lado del eje de simetría.

En todas las ocasiones los recintos se midieron en estado vacío: sin audiencia. Por lo que las características acústicas de estas salas ocupadas se ha determinado a partir de los datos de variabilidad del coeficiente de absorción $\Delta\alpha$, entre asiento lleno y vacío, emitidos por Beranek¹ para asientos tapizados, que son:

Para la determinación por cálculo a partir de las medidas experimentales se han utilizado las siguientes expresiones 1) a 5), de que la primera se deduce muy fácilmente a partir de la fórmula de Sabine, admitiendo con Beranek², de que $S_A = 0.697 N$ (ello incluye pasillos de 1.5 m), siendo S_A área de audiencia, y las restantes expresiones emitidas por Bradley³.

Frecuencia (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Coefficiente variación de la absorción $\Delta\alpha$	0.11	0.08	0.08	0.08	0.11	0.15
Según Barron ⁷	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Nota: Los valores enunciados por Barron no se han usado por ser demasiado optimistas.						

$$1) TR_{oc} = TR_v (1 + 4.30 \cdot \Delta\alpha \cdot N \cdot TR_v / V)^{-1}$$

$$2) EDT_{oc} = EDT_v \cdot (TR_{oc} / TR_v)$$

$$3) C80_{oc} = C80_v + 13 \log (TR_v / TR_{oc})$$

$$4) Doc = Dv \cdot (TR_v / TR_{oc})$$

$$5) STI_{oc} = STI_v (TR_v / TR_{oc})$$

Donde TR_{oc} es el tiempo de reverberación para sala ocupada y TR_v es el de sala vacía. Los mismos subíndices se han utilizado para las restantes magnitudes.

El sistema de medición de los recintos fue el MLS⁸, a excepción del Poliorama, Romea y Liceu que se utilizó el método descrito por la norma UNE 74-043-77.

Asimismo a partir de las mediciones efectuadas en cada caso hemos calculado los valores medios de cada una de las magnitudes analizadas para sala ocupada, en las frecuencias de 500 y 1000 Hz, expresándolas como es usual con el subíndice mid, escribiendo también con el subíndice low el valor medio calculado de las frecuencias de 125 y 250 Hz.

En la misma tabla, que escribimos los valores medios indicados, hemos incluido además las características dimensionales del recinto y de su aforo total, en donde V expresa el volumen de aire del recinto (no incluye el de la caja escénica), S_T es el área total de audiencia S_A más el área restante que incluye al foso de músicos S_O. Además en cada tabla hemos indicado el rango de variación del T_{mid} y el valor medio, admitido por criterio, en función de su volumen y actividad de uso.

RESULTADO DE LAS MEDICIONES

1) Teatro Metropol: Sala vacía

Arquits: Pep Llinás (reforma año 1995) Jujol 1ª edificación

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 4 puntos	125	1.54	1.43	0.28	45.10	0.65	0.68
	250	1.53	1.41	1.17	35.36		
	500	1.25	0.80	6.14	69.04		
	1000	1.12	0.70	7.17	77.05		
	2000	1.11	0.65	9.47	79.56		
	4000	1.07	0.65	8.04	77.98		

Teatro Metropol: Sala ocupada

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.35	1.25	1.02	51.45	0.70	0.73
	250	1.39	1.28	1.71	38.92		
	500	1.15	0.74	6.61	75.04		
	1000	1.04	0.65	7.59	82.98		
	2000	1.01	0.59	10.00	87.44		
	4000	0.94	0.57	8.77	88.76		

Recinto	N	V	S _T	S _A	V/S _T	V/N	S _O
Metropol	528 314(.)	2749	646.3 281.9(.)	368.1 218.9(.)	4.42	5.42	24
T _{mid} ⁶ criterio	T _{mid}	EDT _{mid}	T _{low} /T _{mid}	C80 dB _{mid}	D% mid	STI	RASTI
0.80 -1.21 med 1.01	1.10	0.70	1.15	7.10	79.01	0.70	0.73

(.) en patio butacas

2) Teatro Romea : Sala vacía. Arquits: J.Rodón & Associats(año reforma 1991), mediciones año 1991 y mediciones año 1995 (#) mediciones Barti et al.⁵

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s (#)	C80 dB (#)	D %	STI	RASTI (#)
Arau Valor medio 5 puntos Bartí et al. 8 puntos		Arau Barti(#)					
	125	1.20 (1.09)	1.03	3.96	—	—	0.71
	250	1.15 (0.95)	0.89	6.40	—	—	
	500	1.00 (0.98)	0.87	8.68	—	—	
	1000	1.00 (0.91)	0.89	10.86	—	—	
	2000	0.95 (0.90)	0.78	11.78	—	—	
4000	0.90 (0.79)	0.72	14.81	—	—		

Teatro Romea: Sala ocupada (#) calculado desde Barti et al.⁵

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s (#)	C80 dB (#)	D %	STI	RASTI (#)
Valor medio	125	1.09 (1.00)	0.94	4.45	—	—	0.75
	250	1.08 (0.90)	0.84	6.71	—	—	
	500	0.95 (0.93)	0.83	8.98	—	—	
	1000	0.95 (0.86)	0.84	11.18	—	—	
	2000	0.90 (0.84)	0.73	12.17	—	—	
	4000	0.84 (0.73)	0.67	15.74	—	—	

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S _O
Romea	581 314(.)	3303	521.75 269.5(.)	405 218.8(.)	6.33	5.685	—
Tmid ⁶ criterio	Tmid	EDTmid (#)	Tlow/Tmid	C80 dBmid(#)	D% mid	STI	RASTI(#)
0.82-1.25 med 1.03	0.95 (0.895 #)	0.835	1.14 (1.06 #)	10.08	—	—	0.75

(.) en patio butacas (#) calculado desde Barti et al.⁵

3) Teatro Principal (lírico) de Maó: Sala vacía (1995, antes rehabilitación Arquits: J. Gomila-D. Enrich)

Teatro lírico Maó: Sala vacía. Valores medios de todas las posiciones del recinto

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 19 puntos	125	1.79	1.30	2.96	52.06	0.58	0.58
	250	1.57	1.12	3.80	57.54		
	500	1.42	1.15	3.29	53.37		
	1000	1.39	1.15	3.50	54.77		
	2000	1.36	1.21	3.10	53.15		
	4000	1.21	0.95	5.22	64.10		

Teatro lírico Maó: Sala ocupada. Valores medios de todas las posiciones del recinto

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio 19 puntos	125	1.46	1.06	4.11	63.83	0.66	0.66
	250	1.37	0.98	5.70	65.94		
	500	1.25	1.01	6.95	60.63		
	1000	1.23	1.02	6.46	61.89		
	2000	1.16	1.03	5.75	62.31		
	4000	1.00	0.79	8.63	77.56		

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S _O
Maó	800 217(.)	2953	677.8 187.6(.)	395.8 151.5(.)	4.36	3.69	36
Tmid ⁶ criterio	Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D% mid	STI	RASTI
1.10-1.48 med 1.29	1.24	1.015	1.14	6.70	61.26	0.66	0.66

(.) en patio butacas

4) Teatro lírico Liceu: Sala vacía. Datos año 1992 antes reconstrucción Arquits: I.Solà-Dilmé-Fabré
(+) Previsión teórica⁴

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB (+)	D %	STI (+)	RASTI
Valor medio 8 puntos	125	1.45	1.26	2.34	—	0.60	—
	250	1.43	1.20	2.64	—		
	500	1.44	1.21	2.58	—		
	1000	1.39	1.15	2.94	—		
	2000	1.24	1.09	3.46	—		
	4000	1.06	0.95	4.64	—		
Teatro lírico Liceu: Sala ocupada (+) calculado desde previsión teórica ⁴							

Punto	Frecuencia Hz	TR s	EDT s	C80 dB	D %	STI	RASTI
Valor medio	125	1.29	1.12	3.00	—	0.66	—
	250	1.31	1.10	3.13	—		
	500	1.32	1.11	3.07	—		
	1000	1.27	1.05	3.45	—		
	2000	1.12	0.98	4.03	—		
	4000	0.94	0.84	4.71	—		

Recinto	N	V	S _T	S _A	V / S _T	V / N	S _O
Liceu	2395 804(.)	13423	1879.1 739.6(.)	1669 639.6(.)	7.14	5.604	102.7
Tmid ⁶ criterio	Tmid	EDTmid	Tlow/Tmid	C80 dBmid	D% mid	STI	RASTI
1.33-1.81 med 1.57	1.30	1.08	0.98	3.26	—	0.66	—
(.) en patio butacas							

CONSIDERACIONES FINALES

Se presentan en el comunicado científico correspondiente a la referencia 7.

REFERENCIAS

- Beraneck L.L., (1960) *Audience and Seat Absorption in Large Halls.*, J. Acoust. Soc. Am.32, nº6, 661-669
- Beraneck L.L., (1969) *Audience and Chair absorption in Large Halls. II*, J. Acoust. Soc. Am.45, nº1, 13-19
- Bradley J.S (1991) "A comparison of three classical concert halls". J. Acoust. Soc. Am.,Vol 89 , nº 3, March.
- H.Arau (1996) *Teoría General de las magnitudes energéticas del sonido en recintos con distribución asimétrica de absorción.* Rev. Acústica 1º-2º Trimestre.
- R. Bartí - E. Moure - E. Gonzalez (1995) *Estudio y evaluación de factores acústicos del Teatro Romea de Barcelona.* *Tecniacústica 95. La Coruña.* *-10 Noviembre, pág 19-22.
- H.Arau (1996) *Dependencia del Tiempo de Reverberación con el tamaño de audiencia en salas de pública concurrencia.* Rev. Acústica 3º y 4º Trimestre.
- H.Arau (1996) *Caracterización acústica de diversas salas de concierto, ópera y teatro.* Rev. Acústica 3º - 4º Trimestre
- X. Pelorson - J. P.Vian - J. D. Polack. (1992) *On Variability of room acoustical parameters: Reproducibility and Statistical Validity.* Medición: MLS de 01dB.