

ACUSTICA DE ESTRUCTURAS TEXTILES TENSIONADAS

T. Zamarreño, J. Algaba, F. Maya y J. E. Ballesteros

Instituto Universitario de Ciencias de la Construcción. Universidad de Sevilla.
E. T. S. de Arquitectura. Avda. Reina Mercedes, 2. 41012-SEVILLA

1. INTRODUCCION

Actualmente las estructuras textiles tensionadas se están utilizando cada vez con mayor frecuencia en el ámbito de la Arquitectura para cubrir grandes espacios de forma temporal o semipermanente, en los que se desarrollan actividades para las que el aspecto acústico es, la mayor parte de las veces, muy significativo¹. La EXPO'92 constituyó un buen ejemplo de lo que acabamos de decir, y ello nos ha brindado una excelente oportunidad para examinar el comportamiento acústico de este tipo de estructuras, una vez finalizado aquel evento.

En esta comunicación presentamos algunos de los resultados de las medidas realizadas en recintos de diferente tipología cubiertos por estructuras de este tipo. En general, se han considerado aspectos como el tiempo de reverberación, T_R , la inteligibilidad de la palabra (índice *RASTI*) y la distribución del campo sonoro.

2. INSTRUMENTACION Y METODO DE MEDIDA

2.1. Reverberación

Para medir el tiempo de reverberación hemos utilizado el método del impulso integrado de Schröder². En un punto adecuado se produce una pequeña explosión que es recogida en el punto de recepción por un micrófono *B&K-4165* y registrado en un *DAT Sony PC-204*. Posteriormente en el laboratorio son analizados estos registros mediante el analizador digital *B&K-2133*, obteniendo para cada uno de los puntos de recepción la respuesta al impulso en el dominio temporal y la curva tonal (T_R frente a la frecuencia). Para cada respuesta se han obtenido tres valores de T_R : T_{R30} para el intervalo de caída -5 a -35 dB, T_{R20} entre -5 y -25 y *EDT* para los 10 primeros dB de la caída.

2.2. Inteligibilidad

Para evaluar la inteligibilidad de la palabra hemos utilizado el índice *RASTI*³ implementado en el equipo de *B&K-3361*. Dado que no existía instalación de apoyo electroacústico, el nivel del emisor *B&K-4225* se fijó en $+10$ dB y se procuró orientar hacia la zona de medida en cada caso. El receptor *B&K-4419* estaba conectado, vía *RS-232*, a un ordenador portátil que controlaba todo el proceso de medida, desde el acondicionamiento del receptor, hasta la grabación de los datos en disco. En cada uno de los puntos se hicieron al menos dos registros. En algunas situaciones el ruido de fondo, demasiado alto y fluctuante comprometió seriamente la medida.

2.3. Distribución Sonora

En este ensayo, una fuente sonora *B&K-4205* emite una señal estacionaria aleatoria de banda ancha con una potencia de emisión de $99 \text{ dB re } 1 \text{ pW}$. Un micrófono *B&K-4165* recoge la señal en los diversos puntos de medida distribuidos por la zona de interés y se registra en el *DAT*. Previamente se grabó una señal de calibración proporcionada por el calibrador de nivel sonoro *B&K-4230*, lo que nos permite obtener en el laboratorio, mediante el analizador *B&K-2133*, el espectro en cada uno de los puntos. Uno de los puntos de medida se situó en las proximidades de la fuente. Siguiendo un procedimiento similar, se registraba y medía el espectro del ruido de fondo promediado durante al menos 5 minutos.

3. RESULTADOS

3.1. Recinto Cerrado

Se trata de la *carpa Ambiente'92*. En esencia es una superficie cilíndrica de unos 20000 m^3 de volumen y 3000 m^2 en planta y una altura máxima de 9 m . La cubierta está constituida por una estructura metálica exterior que sustenta y tensiona la membrana de *PVC*. El suelo es de madera, protegida con una lámina plástica, y está soportado por una estructura metálica, lo que permite dejar una cámara debajo del mismo, donde se ubican las diferentes instalaciones. La carpa está dotada de un sistema de aire acondicionado que no estaba funcionando durante los ensayos. La Fig. 1 muestra un esquema de la planta con los puntos donde se han realizado las medidas.

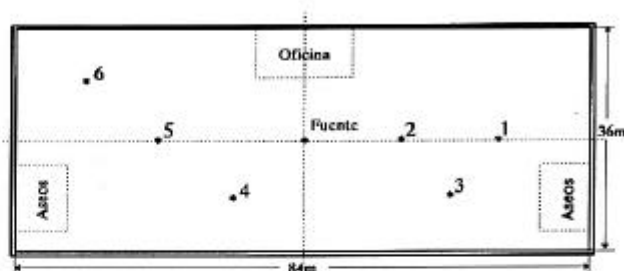


Fig. 1. Puntos de medida en la carpa *Ambiente'92*.

En la Fig. 2 se muestran las curvas tonales del recinto. La curva tonal *óptima* se ha obtenido mediante las fórmulas empíricas usuales, para este volumen.

En cuanto a la distribución sonora, en la Fig. 3 aparece el espectro medido a 1 m de la fuente (*F*) y los correspondientes a los diferentes puntos.

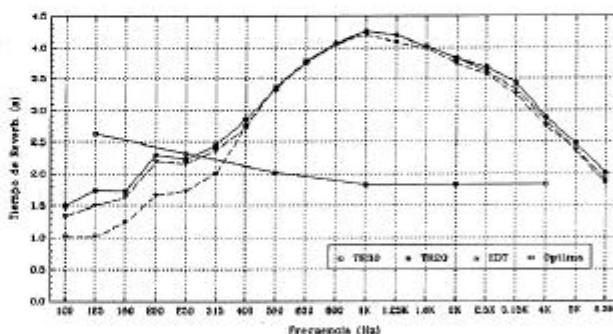


Fig. 2. Curva tonal de la carpa cubierta *Ambiente'92*

Tabla 1

Pto	RASTI	STI 500	STI 2000
1	0.46	0.43	0.48
2	0.44	0.41	0.45
3	0.39	0.40	0.37
4	0.46	0.49	0.44
5	0.45	0.32	0.55
6	0.38	0.34	0.41
F	0.97	0.99	0.95

La Tabla 1 recoge un resumen de los resultados de los ensayos de inteligibilidad. También ahora se ha medido a 1 m en frente de la fuente (*F*).

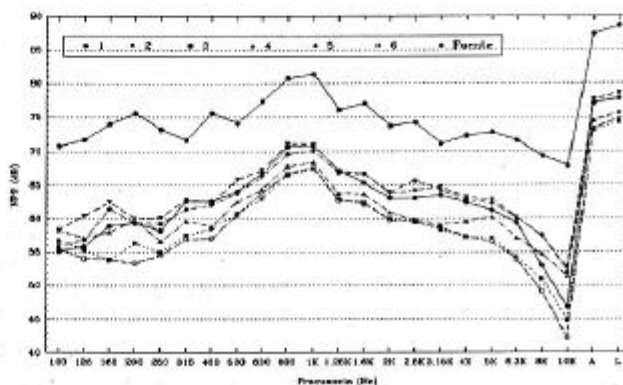


Fig. 3. Distribución sonora en la carpa *Ambiente'92*.

3.2. Recintos Semicerrados

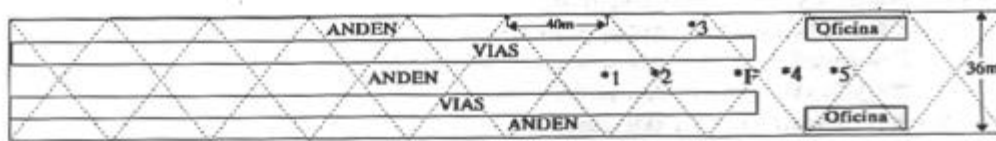


Fig. 4. Puntos de medida en el apeadero AVE.

Se han realizado medidas en dos espacios de este tipo, la Plaza del Palenque y el Apeadero del AVE. En el caso del Palenque, hubo dificultades para realizar las medidas de inteligibilidad debido a las fluctuaciones del ruido de fondo y en el caso del apeadero no se pudieron realizar medidas ni de inteligibilidad ni de distribución sonora debido a los altos y muy variables niveles de ruido (Fig. 9).

En la Fig. 6 aparecen las curvas tonales del Palenque, promedio de los 6 puntos indicados en la Fig. 5 y en la Fig. 7 las del apeadero del AVE, promedio de 5 puntos repartidos en los andenes (Fig. 4). En este caso los elevados niveles de ruido, nos han impedido evaluar T_R a las frecuencias más bajas.

En la Fig. 8 se recogen los resultados del ensayo de distribución sonora realizado en el Palenque en los cinco primeros puntos de la Fig. 5 y otro a 1 m de la fuente (F).

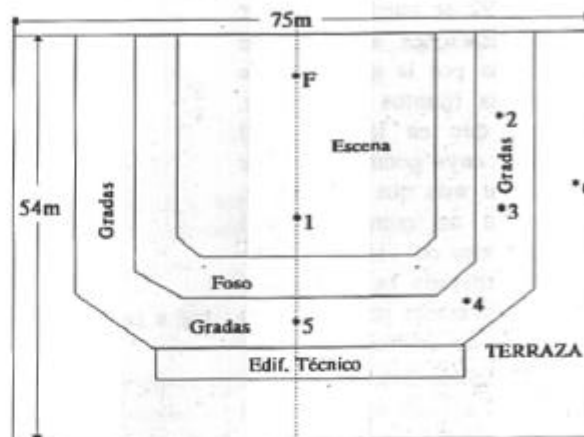


Fig. 5. Esquema en planta y puntos de medida del Palenque.

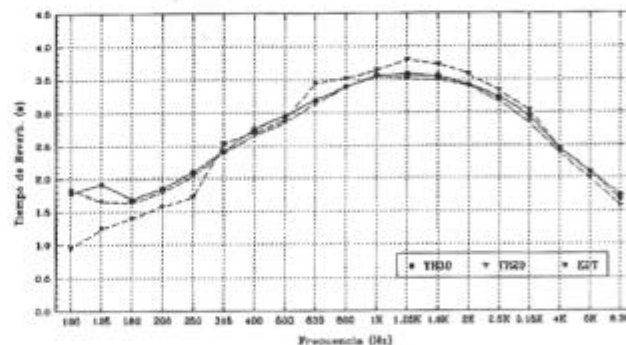


Fig. 6. Curvas tonales de la Plaza del Palenque.

4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Reverberación: La forma de las curvas tonales correspondientes a los tres recintos, muestran un aspecto muy similar, poniendo de manifiesto comportamientos acústicos semejantes. Los tiempos de reverberación más altos corresponden a la zona central del rango de frecuencias de medida, con un máximo en torno a los 1000 Hz y valores relativamente pequeños para la zona de bajas frecuencias, invirtiéndose

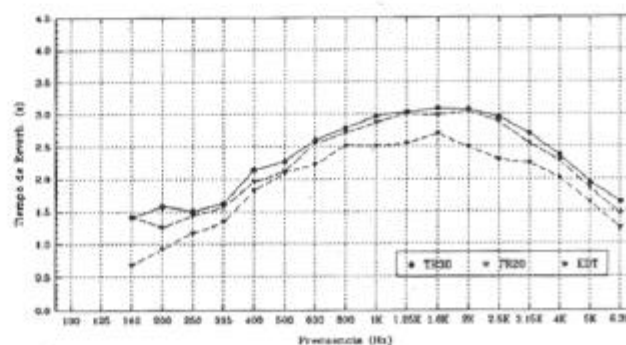


Fig. 7. Curva tonal del apeadero del AVE.

la tendencia de la curva *óptima*. Esto implica que este tipo de cubiertas, membranas de PVC flexibles tensionadas, presentan un buen comportamiento como absorbentes a bajas frecuencias, con lo que los problemas de acondicionamiento son, en principio, más fáciles de resolver. El descenso que se observa a altas frecuencias es normal para recintos de estas dimensiones y se debe a la absorción del aire.

Distribución sonora: En los dos casos medidos, para todas las frecuencias, los niveles correspondientes a los diferentes puntos se mantienen en una banda de unos 5 dB. En la carpa *Ambiente'92* se pueden observar las focalizaciones sobre el eje provocadas por la geometría de la cubierta (puntos 1, 2 y 5), mientras que en la Plaza del Palenque, cuya geometría tiende a dispersar más que a focalizar, se detecta un comportamiento más uniforme del campo acústico, solo alterado en el punto 5 por las reflexiones producidas en la fachada del edificio técnico.

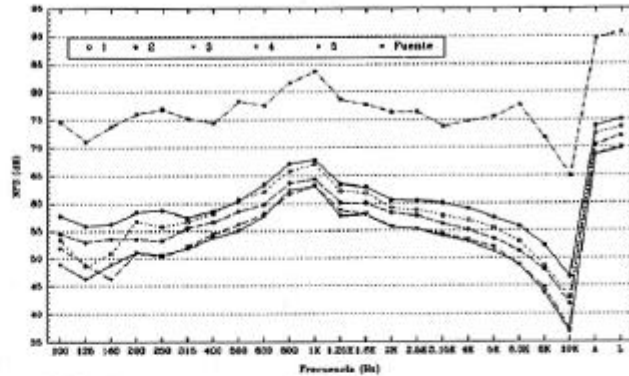


Fig. 8. Distribución sonora en el Palenque.

Inteligibilidad: Sólo se ha medido en el recinto cerrado y sin apoyo electroacústico. La calificación cualitativa, en base al *RASTI* medido, no pasa de *po-bre*. Sobre esta calificación tiene mayor influencia el *STI* en la banda de 500 Hz, dado que el ruido de fondo en ésta supera en unos 10 dB el de la de 2000 y el *EDT* medido es similar para ambas.

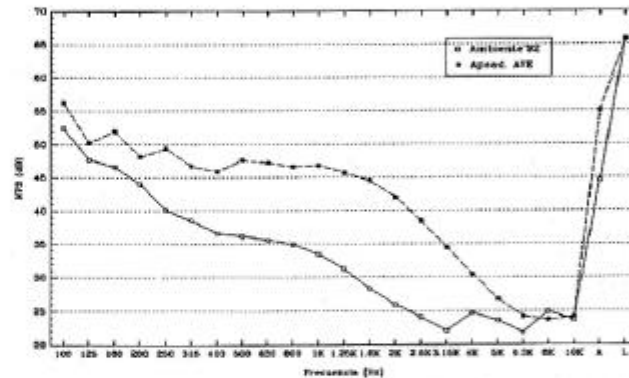


Fig. 9. Espectro promedio de ruido de fondo en *Ambiente'92* y *Apeadero*.

BIBLIOGRAFIA

1. D. Croome. *Acoustical Design for Flexible Membrane Structures*. Proc. Symp. Lightweight Structures in Archit. Sydney, 1986. H. Berger. *New Developements in Lightweight Dome Structures*. IASS-MSU Symp. on Domes.... Istanbul, 1988. J. M. de Prada. *Carpas para Auditorio en Pinar del Rey*. Infor. de la Constr., Vol. 38, Mayo, 1986.
2. M. R. Schröder. *New Method of Measuring Reverberation Time*. J. Acoust. Soc. Amer., 37, 1965, pp. 409-12.
3. T. Hougast, H. J. M. Steeneken. *The modulation Transfer Function in Room Acoustics*. Technical Review, 3, 1985. T. Hougast, H. J. M. Steeneken. *RASTI: A Tool fore Evaluating Auditoria*. Technical Review, 3, 1985, Brüel&Kjaer