

CARLOS H. VILLARROEL GONZÁLEZ
 Universidad de Tarapacá - Chile

ANTONIO J. MARTINS SOARES
 Universidad de Campinas - Brasil

RESÚMEN

Se construyó una cámara reverberante modelo escala 1:10, esta fue construida de acuerdo a las normas ISO para cámaras reverberantes. Seguidamente se realizaron mediciones para determinar las características acústicas de esta. Se midió el tiempo de reverberación, utilizando como fuente sonora un set de parlantes electrostáticos, la señal utilizada fue modulada con "warble tones", con el propósito de minimizar las irregularidades en la caída de la presión sonora. Las mediciones fueron realizadas con humedad relativa del aire constante. Con los resultados obtenidos se calculó la absorción total de potencia (total absorption power) de la cámara vacía, la absorción de las paredes y la absorción efectiva del aire.

Una vez determinado el comportamiento acústico de la cámara, se midieron modelos de audiencia escala 1:10 similares a los utilizados por V.L. Jordan, en el modelo escala 1:10 del teatro de Estocolmo, obteniéndose resultados concordantes con los presentados por Jordan. Estos resultados, fueron comparados con los obtenidos por B.F. Day con modelos de audiencia de geometría sofisticada, demostrándose que modelos de geometría sencilla (V.L. Jordan) son suficientemente adecuados.

INTRODUCCIÓN

El uso de cámaras y de modelos a escala, para adecuar las condiciones acústicas de salas destinadas a usos específicos (auditorio, teatros, salas de concierto, etc), es una práctica normal que permite mejorar la distribución del campo sonoro. Esto se logra mediante la modificación de la geometría de la sala, o mediante la introducción de absorbentes, reflectores, difusores o resonadores acústicos. Una cámara de reverberación modelo escala 1:10 es un elemento de apoyo que permite realizar mediciones a una frecuencia adecuada. En este trabajo se presentan mediciones realizadas en una cámara rectangular, cuyo volumen es de $3,55\text{m}^3$ y que fue construida de acuerdo con las normas ISO.

Cuando una fuente sonora emite dentro de una cámara y el sonido emitido es ruido de banda angosta, relativamente pocos modos naturales de vibración de la cámara son exitados. El número de modos normales de vibración exitados depende del volumen de la cámara. Al apagar la fuente, cada modo asume su propia velocidad de caída (decay rate) y la presión sonora de la cámara, en cada punto de ésta, cae en forma muy irregular debido a la interferencia entre los modos. Aumentando el ancho de banda del ruido, se logra aumentar considerablemente el número de modos exitados y la caída de la presión sonora se produce de una forma relativamente suave, esto debido al efecto promediador de numerosos máximos y mínimos que se superponen. En el presente trabajo se redujo es-

ta irregularidad, modulando en frecuencia el tono puro de la fuente. Para este propósito se utilizaron "warble tones". Se desea que todas las componentes dentro de la banda "warble" tengan amplitud similar y que exista el mayor número de componentes posibles. El número de tonos puros en un tono "warble" es igual a $\frac{2\Delta F}{0}$, donde ΔF es la máxima desviación de frecuencia y α la frecuencia de modulación. Para lograr los objetivos señalados, se utilizó una desviación de frecuencia de $\pm 10\%$, para una frecuencia principal de hasta 500Hz y sobre esta se utilizó una desviación de frecuencia de $\pm 50\%$. La frecuencia de modulación utilizada fue de 64Hz [1].

Los parlantes a utilizar deben tener una curva de respuesta de frecuencia razonablemente plana y deben ser capaces de producir un adecuado nivel de energía sonora en la cámara, esto sin producir distorsión apreciable. Para cumplir este propósito se construyó un set de 10 parlantes electrostáticos, distribuidos en forma cuasi esférica y que cuenta con elementos difusores fuente a cada parlante, lográndose una frente del tipo omnidireccional que satisface las condiciones requeridas [2]. La ubicación de la fuente sonora, debe escogerse tal que el mayor número de modos de vibración del cuarto sean exitados, en una cámara rectangular la posición es una esquina.

La precisión con la cual el tiempo de reverberación puede ser determinado, está limitada por las fluctuaciones aleatorias en las curvas de caída de la presión sonora. La forma exacta de la fluctuación aleatoria depende de la amplitud inicial y de los ángulos de fase de los modos normales, en el momento de apagar la fuente. Para minimizar el efecto de la fluctuación, en las curvas de caída, sobre la medición del tiempo de reverberación, se repitió la medición de este 8 veces, para cada frecuencia y luego se repitió la experiencia para 3 diferentes posiciones de micrófono. Las mediciones fueron realizadas con humedad relativa del aire constante, esto debido a que la absorción del aire varía con la humedad ambiental. Esta es particularmente importante en altas frecuencias, pues para frecuencias sobre 1KHz crece casi con el cuadrado de la frecuencia.

1. - MEDICIONES

1.1. MEDICIONES EN LA CÁMARA VACÍA

Se midió el tiempo de reverberación (R.T.) de la cámara modelo vacía, estas mediciones fueron realizadas con una humedad relativa del aire de un 70%. Los resultados son presentados en la Fig.1, en este gráfico es posible apreciar que el tiempo de reverberación, en bajas frecuencias, es relativamente alto y disminuye notablemente sobre 4KHz. Esto significa que la absorción total

es baja a frecuencias inferiores y es debida principalmente a la vibración de las paredes, a ranuras entre los paneles de las paredes y a espacios entre la puerta y las paredes. Sobre 4KHz, la absorción total se hace alta, este aumento es debido, en parte, a que las irregularidades en las paredes se hacen comparables con la longitud de onda del sonido, pero la principal razón es el aumento de la absorción del aire. Para frecuencias sobre 1KHz, la absorción del aire, aumenta casi con el cuadrado de la frecuencia [3]. Con el objeto de graficar mejor los fenómenos antes mencionados, en la Fig. 2, se presenta curvas del "total absorption power" (t.a.p) del cuarto vacío, del "absorption power" de las paredes y de la absorción efectiva del aire. En la Fig.3 se presenta, en función de la frecuencia, el coeficiente de absorción (α) de la cámara vacía. Estas curvas nos permiten tener un panorama claro, de las características acústicas de la cámara.

1.2. MEDICIONES DE MODELOS DE AUDIENCIA ESCALA 1:10

Se distribuyeron en el cuarto de reverberación modelos de audiencia escala 1:10, similares a los utilizados por V.L. Jordan en el modelo del teatro de Estocolmo [4]. Este modelo de audiencia cubría una área total de 1,25m², con una cantidad de 179 personas, correspondiendo 143 personas por m². Estas fueron distribuidas, en paredes, techo y piso de la cámara, de manera de evitar superficies paralelas sin absorción. Cada fila de personas fue separada por 10cm. Los resultados obtenidos son presentados en la Fig.4 y coinciden exactamente con los obtenidos por Jordan, bajo condiciones similares [4]. En el mismo gráfico, se compara los resultados obtenidos, con los obtenidos por B.F. Day [5]. Observando estos resultados, podemos apreciar que son muy similares y las formas de las curvas son muy parecidas, pero los valores de Day son en general mas altos. Esta diferencia es probablemente debida, a la muy diferente distribución de los modelos de audiencia en los cuartos respectivos. Day ubica la audiencia, solo en el piso de la cámara y en nuestro caso los modelos también son ubicados en el techo y paredes de la cámara.

2. - CONCLUSIONES

El proyecto y construcción de una cámara reverberante, modelo escala 1:10, presenta relativamente pocas dificultades técnicas y prácticas. Es un proyecto de fácil realización y de bajo costo. Las mediciones, que se realizan en la cámara, son sencillas y muy precisas, esto si se consideran todos los parámetros involucrados. La mayor dificultad radica, en la construcción de una fuente sonora, que cumpla con las exigencias antes señaladas.

Los modelos de audiencia escala 1:10, han sido objeto de numerosos estudios. Se han utilizado modelos de gran sofisticación, como los construidos por Day. En este trabajo se demuestra que modelos de geometría sencilla (Jordan), presentan resultados altamente satisfactorios.

REFERENCIAS

- [1] ISO RECOMMENDATION R. 343
- [2] Villarroel, C.H. Relatorio Técnico U.N.D. E.10. Universidad del Norte - Chile 1978
- [3] Knudsen, V.O. Acoustical Designing Architecture, New York, Wiley, 1950, pag. 160
- [4] Jordan, V.L. Relatorio Técnico-Laboratorio, Gevninge-Dinamarca 1975
- [5] Day, V.F. The tenth Scale Model Audience Applied Acoustics Vo.1 1968

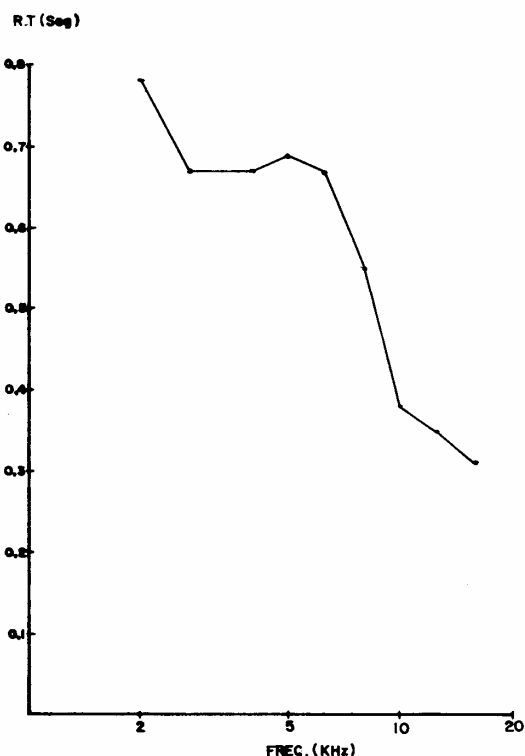


Fig. 1. Tiempo de Reverberación (R.T.) cámara vacía. Humedad relativa del aire 70%.

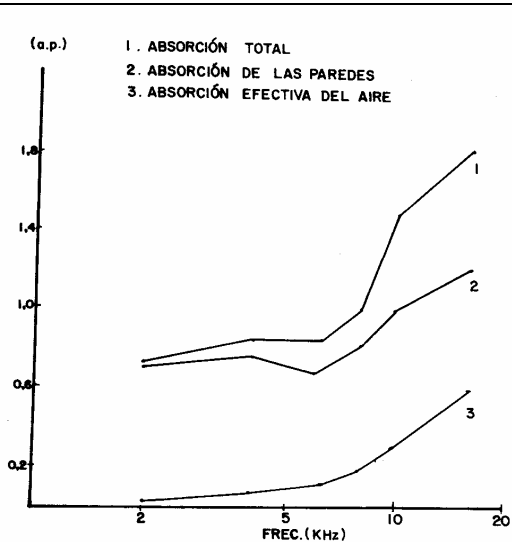


Fig. 2. "Absorption power" (a.p.), cámara vacía. Humedad relativa del aire 70%.

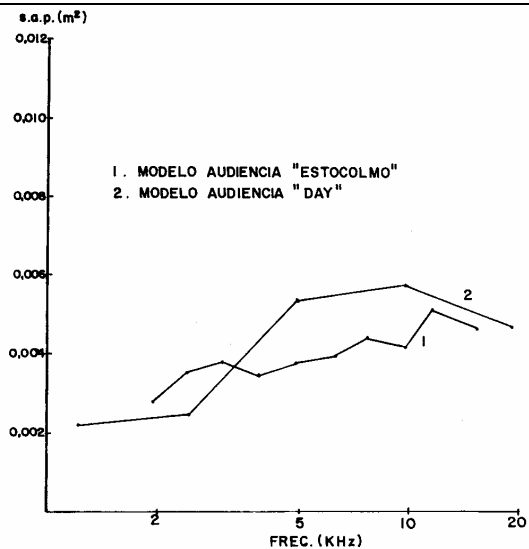


Fig. 4. "Specific absorption power" (s.a.p.) modelos de audiencia escala 1:10.

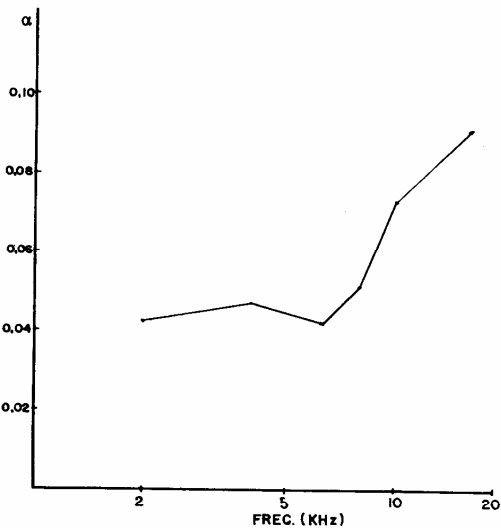


Fig. 3. Coeficiente de absorción (α), cámara vacía. Humedad relativa del aire 70%.

BIOGRAFIAS



ANTONIO J.M. SOARES, Nació en Belém, Brasil en 1957. Recibió el grado de B.S. en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Federal de Pará, Brasil, en 1980 y el grado de M.S. en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Estadual de Campinas, Brasil, donde actualmente está completando el programa conducente al grado de Ph.D. en Ingeniería Eléctrica. El Señor Soares es Miembro de la Sociedad - Brasileña de Microondas (SBMO).



CARLOS H. VILLARROEL, nacido en Arica, Chile en 1946. Recibió el grado de B.S. en Ingeniería Eléctrica de la Universidad del Norte, Chile, en 1970, realizó estudios de perfeccionamiento en acústica en la Universidad Técnica de Dinamarca, durante 1976 y 1977, actualmente está completando el programa conducente al grado de MS. en la Universidad Estadual de Campinas, Brasil. Desde 1971 a 1972 trabajó como ingeniero de la NASA, trabajando posteriormente durante dos años en la industria privada, en Chile. Desde 1974 realizó funciones de docente e investigador en la Universidad del Norte, Chile, siendo posteriormente contratado por la Universidad de Tarapacá, donde realiza actualmente las mismas funciones.