

MODIFICACION DE UN EQUIPO DE MEDICION DE
ABSORCION E IMPEDANCIA ACUSTICA PARA
ADAPTARLO A LA NORMA ASTM C-384

Ing. Antonio M. Méndez *

Ing. Ricardo Sarti

Ing. Dardo Guaraglia

Tco. Alberto Vanina

* Jefe de la Sección Acústica y Vibraciones del LEMIT.

INTRODUCCION

Es indudable la importancia que tiene conocer con precisión las características de los materiales absorbentes acústicos, cuando se requiere el tratamiento adecuado de un recinto. Se sabe que si se pretende lograr una buena inteligibilidad o una correcta audición de la música, el tiempo de reverberación de la sala, producido por las sucesivas reflexiones del sonido, debe ajustarse a los valores óptimos.

El método más conocido empleado en la determinación de coeficientes de absorción, es el de la cámara reverberante. Este método posee la ventaja de simular más exactamente la incidencia aleatoria de las ondas sonoras sobre el espécimen en ensayo y por consiguiente resulta el más recomendable.

Tiene como contrapartida las desventajas de requerir una cámara especialmente construída, muestras a ensayar de tamaño considerable y una pérdida de tiempo apreciable en las mediciones.

Otro método utilizable es el del tubo de onda estacionaria, que posibilita determinaciones fáciles y rápidas de los coeficientes de absorción y la utilización de muestras pequeñas del material acústico en ensayo.

Adolece sin embargo del problema de que la medición se realiza solamente para sonidos de incidencia normal, lo cual es en la práctica una limitación importante.

TUBO DE ONDA ESTACIONARIA

El equipo usado consiste esencialmente de un tubo largo, usualmente redondo o cuadrado, de longitud fija y sección transversal uniforme, con paredes rígidas que transmiten o absorben energía sonora despreciable. En uno de sus extremos hay

una fuente de onda sinusoidal plana, y en el otro se monta el espécimen a ensayar.

El equipo requerido para el ensayo se observa esquemáticamente en el diagrama en block de la fig. 1.

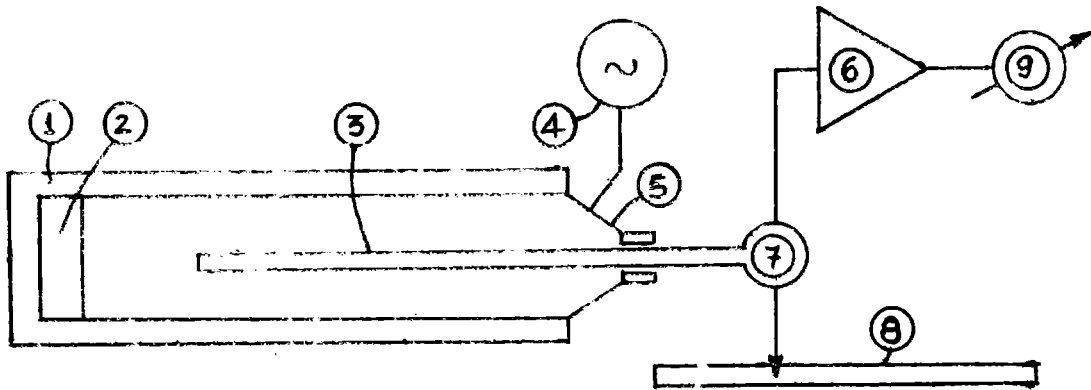


Fig. 1

Se conecta un generador de señal de audio a un parlante, el cual transmite ondas planas longitudinalmente a lo largo del tubo. Una onda de amplitud reducida es reflejada por la muestra en ensayo y combinada con la onda incidente, forma una onda estacionaria a lo largo del tubo.

Esta onda es explorada por el micrófono móvil o sonda, sobre el eje del tubo. La señal de salida se amplifica y filtra, enviándola a un dispositivo medidor, el cual indica las amplitudes relativas entre máximos y mínimos de la onda estacionaria. Con estos valores puede llegar a calcularse el coeficiente de absorción acústica " α " del material.

Un requerimiento adicional, para la medida de la impedancia acústica, es una escala calibrada que indica la posición del micrófono móvil, con respecto a la superficie de la muestra.

JUSTIFICACION TECNICA DE LA MODIFICACION REALIZADA

La Sección Acústica y Vibraciones del LEMIT cuenta con un medidor de absorción marca Brüel & Kjaer, modelo 4 002 (figura 2) que no cubría todas las necesidades de mediciones que habían sido solicitadas. En especial resultaba imposible determinar el índice de absorción de muestras tales como pinturas, distintos tipos de revoques y otros recubrimientos usados en la construcción, cuyos coeficientes de absorción son pequeños.

Aplicando el método de medición explicado, aparecen ciertas incertidumbres en la lectura de los valores obtenidos. Las mismas nacen de la no repetibilidad de los valores obtenidos en ciertas bandas de frecuencia y del cambio notable del valor leído al tocar alguna de las partes componentes del aparato original.

Se observó que el tubo empleado en la fabricación del medidor vibraba considerablemente dentro del rango de frecuencias utilizado en el ensayo, introduciendo una absorción elevada.

Consultadas las normas ASTM C-384-58 (Part. 14) acerca de los requerimientos que debe cumplir el tubo, se obtuvieron los siguientes datos de diseño:

1. Cuando las medidas son hechas entre dos mínimos sucesivos se recomienda, para una mayor exactitud, que la longitud del tubo en pies, no debería ser menor que la relación siguiente:

$$L = \frac{1\ 000}{f_{\text{mín.}}} \quad (\text{pies})$$

donde $f_{\text{mín.}}$ es la menor frecuencia a la cual se desea medir.

Luego:

$$L = \frac{1\ 000}{f_{\text{mín.}}} \times 30,5 \quad (\text{cm})$$

2. El diámetro de un tubo cilíndrico, en pulgadas, no deberá ser mayor que el valor dado por la siguiente relación:

$$d = \frac{8\,000}{f_{\text{máx.}}} \quad (\text{pulg.})$$

donde $f_{\text{máx.}}$ es la frecuencia más alta a la cual se desea medir.

$$d = \frac{8\,000}{f_{\text{máx.}}} \times 2,54 \quad (\text{cm})$$

3. Las paredes del tubo deberán ser suficiente macizas y rígidas, de tal modo que la disipación de energía sonora a través de ellas, por vibración, sea despreciable. Para un diámetro de aproximadamente 3 pulgadas, resulta satisfactorio un tubo de acero o bronce con paredes de espesor no menor que 1/4 de pulgada. Para diámetros menores, los espesores deben ser proporcionales. Para tubos mayores, es aconsejable usar espesores tan grandes como sea posible. Para proveer amortiguamientos adicionales de las vibraciones, conviene emplear una caja con arena rodeando al tubo, formando una capa de un espesor no menor de una pulgada.

4. El área de la sección transversal interior deberá, ser uniforme de punta a punta dentro del 0,2 %.

En general, interesa medir la absorción en el rango de frecuencia que va, como máximo de: $f_{\text{mín.}} = 100 \text{ Hz}$ hasta $f_{\text{máx.}} = 1\,800 \text{ Hz}$.

Según lo expuesto precedentemente, para estas frecuencias límites se necesita un tubo que cumpla con las siguientes dimensiones:

$$L = \frac{1\,000 \times 30,5}{100} = 305 \text{ cm}$$

Como es imaginable, un tubo de semejantes dimensiones no es práctico de realizar ni utilizar y resultaría de elevado costo. Por lo tanto, sus principales ventajas frente al método de la cámara reverberante, es decir, la facilidad con que se realizan los ensayos y el bajo costo de adquisición, se perde-

rían.

Para salvar este aparente problema, se recurre a una variante del método, que consiste en medir en el primer mínimo, conservando la exactitud, si es que el tubo está libre de vibraciones. Esto se asegura con adecuado espesor de las paredes y con un cajón de arena que rodee al tubo.

Para las bajas frecuencias y utilizando la variante del método mencionado, se requiere solamente una longitud:

$$L = \frac{330}{f_{\text{mín.}}} \times 30,5 \quad (\text{cm})$$

que en este caso resulta:

$$L = \frac{300}{100 \text{ H}_z} \times 30,5 = 91,5 \text{ cm}$$

El diámetro deberá ser menor que:

$$d = \frac{8\,000}{1\,800 \text{ H}_z} \times 2,54 = 11,3 \text{ cm}$$

El espesor de la pared correspondiente, para un tubo de 4 pulgadas (10 cm) de diámetro, recordando que según las normas ASTM un tubo de 3 pulgadas de diámetro debe tener un espesor mínimo de 1/4 de pulgada, sería:

$$\frac{3''}{1/4''} = \frac{4''}{ex}$$

$$\frac{4'' \times 1/4''}{3''} = 1/3'' = 0,8 \text{ cm}$$

El tubo Brüel & Kjaer posee las siguientes características:

L = 101 cm; diámetro interno = 9,85 cm; espesor = 0,21 cm

De acuerdo a este diámetro interno, le correspondería tener un espesor, según las normas de aproximadamente 0,8 centímetros. Se observa que el tubo no cumple lo aconsejado por las normas ASTM, por lo que sólo sirve para medir materiales que poseen altos coeficientes de absorción. Para medir tales materiales no se necesita tanta potencia sonora, por lo cual el tubo no llega a vibrar, pudiendo considerarse que las mediciones obtenidas no poseen un error apreciable.

De lo expuesto surgió la necesidad de construir un nuevo tubo, modificando el equipo original y adecuándolo a las mediciones de materiales que poseen coeficientes de absorción pequeños.

DISEÑO DEL NUEVO MEDIDOR

Estudiada la bibliografía sobre el tema, la Sección Acústica y Vibraciones del LEMIT adoptó los pasos a seguir para la construcción del nuevo tubo. Se adecuaron los componentes del proyecto a las posibilidades tecnológicas del Laboratorio, así como a los materiales existentes en el mercado nacional.

El tubo que se adoptó posee las siguientes características:

$L = 1$ metro; diámetro interno = 10 cm; $e_x = 0,6$ cm

Si bien se observa que, según norma, el espesor óptimo sería de 0,8 cm, se consideró aceptable el tubo conseguido en el mercado nacional, tomando la precaución de mejorar el amortiguamiento mediante un cajón de arena.

MATERIALES UTILIZADOS Y CONSTRUCCION

El tubo a utilizar debe poseer diámetro interno perfec-

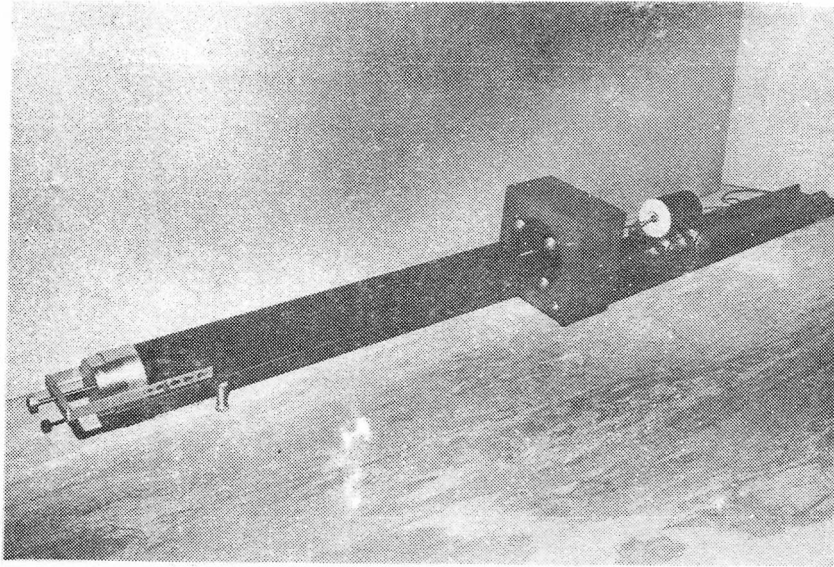


Fig. 2

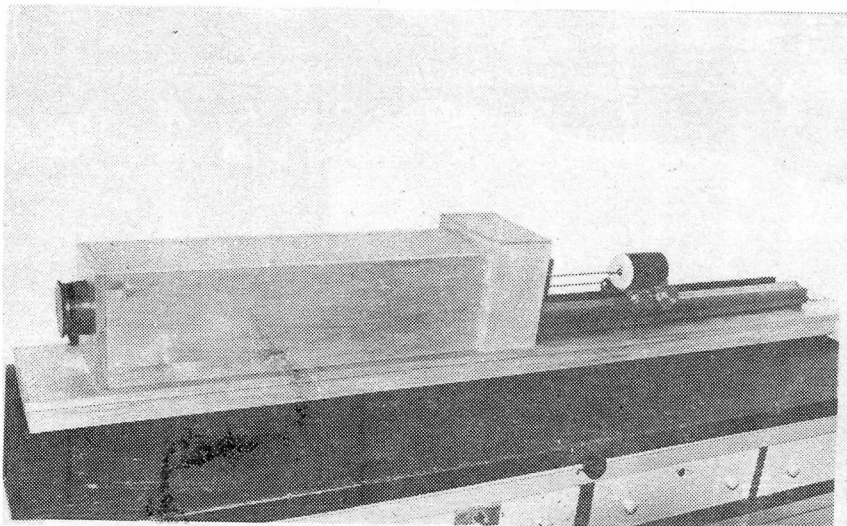


Fig. 3

tamente uniforme, por lo cual se adoptó al tipo de tubo que comunmente se usa para equipos hidráulicos, que es de acero y tiene una superficie interior bruñida. Para poder mantener las características superficiales deseadas, con el transcurso del tiempo, se lo trató químicamente. En el taller del Laboratorio se construyó el porta-muestras, roscado en uno de los extremos. El parlante utilizado es de características especiales y fue encargado a la firma LEEA.

El cajón donde va montado el tubo, el cual se llena de arena para los fines que se explicó y el baffle para el parlante fueron contruidos en la Sección, con panel aglomerado enchapado. El ensamble final, terminación y colocación de bornes de conexión fue el último paso de la construcción. Su apariencia externa se observa en la figura 3.

MEDICIONES EFECTUADAS

La relación de onda estacionaria para el tubo vacío, terminado en una superficie totalmente reflejante, debe ser, por lo menos, 5 dB mayor que la relación de onda estacionaria correspondiente al menor coeficiente de absorción que se desea medir.

Las mediciones efectuadas demuestran que el coeficiente de absorción para el tubo vacío, debido a la disipación de energía a través de las paredes del tubo o del extremo reflejante, se halla en el orden del 2 al 3 %. Esto significa que materiales absorbentes acústicos con coeficientes de absorción tan bajos como 6 a 7 % podrán medirse ahora con una precisión de una cifra significativa.

Determinaciones realizadas sobre muestras de materiales tipo soft-board utilizando el equipo original y posteriormente el equipo modificado, muestra la factibilidad del método en la medición de los coeficientes de absorción acústica para incidencia normal. Por otro lado, las determinaciones tienen ahora una mejor repetibilidad y no dependen del manipuleo que

el operador haga del instrumento.