

# Propiedades de Absorción Acústica, de Paneles a base de Madera

Figura 1.—Probetas ensayadas; A. Tablero aislante no perforado; B. Tablero aislante regularmente perforado; C. Tablero aislante aleatoriamente perforado; D. Tablero aislante ranurado; E. Tablero contrachapado de abeto Douglas de 1/4 pulgada; F. Idem, 1/2 pulgada; G. Idem, 3/4 pulgada; H. Tablero de partículas normalizado; I. Tablero de partículas experimental; J. Tablero de partículas de álamo temblón; K. Tablero de fibras perforado de 1/8 pulgada; L. Filtro de fibras de madera de 1 pulgada; M. Idem, 2 pulgadas.

Por: **W. D. Godshall y J. H. Davis**

U. S. Forest Products Laboratory

## 1.—INTRODUCCION

El control del ruido se va haciendo cada vez más importante. El crecimiento de la población, la proliferación de la maquinaria y la extensión de los centros urbanos han contribuido a incrementar los niveles de ruido y sus efectos indeseables. Los nuevos métodos de construcción que emplean materiales más ligeros han agudizado este problema.

Las dos técnicas principales para control del ruido en edificios son el aislamiento de las fuentes sonoras externas y la absorción de sonidos interiores. Desgraciadamente las leyes fisi-

cas que basan cada una de estas técnicas son completamente diferentes. Los materiales que son buenos aislantes suelen ser malos absorbentes.

Las técnicas de aislamiento son extremadamente complejas pero dependen de la densidad y rigidez de los materiales empleados y de la estanqueidad de las aberturas que permiten el paso de aire.

La absorción es la transformación de la energía sonora en otra distinta, generalmente calor, al pasar a través de un medio o al golpear una superficie. La absorción se consigue mediante materiales porosos para que las

ondas sonoras encuentren mucha fricción en su interior.

La efectividad acústica de un material se expresa por un coeficiente de absorción sonora, definido como la fracción de energía de las ondas sonoras incidentes, absorbida por el mismo. Este coeficiente no suele tener un valor constante, sino que es función de la frecuencia del sonido, del ángulo de incidencia de las ondas y del sistema de instalación del material. Sin embargo, proporciona un método útil para describir las propiedades acústicas, con tal que el método de determinación de dicho coeficiente esté normalizado. Usual-

**TABLA I.—CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES ENSAYADOS.**

Material	Densidad libras/pie <sup>3</sup>	Grosor pulgadas	Descripción
Fase I			
Losetas acústicas para techos ... ..	15,1	1/2	Tablero de fibras perforado aislante acústico
Fieltro de fibras de madera ... ..	2,5	1	Fieltro de pasta mecánica empleado para embalajes
Tablero de partículas normalizado ... ..	2,0	2	
	40	1/2	Tablero de abeto Douglas con cola de urea
Fase II			
Losetas acústicas para techos ... ..	13,8	1/2	Tablero de fibras perforado aislante acústico
Losetas acústicas para techos ... ..	12,2	3/4	Tablero de fibras aislante acústico con superficie estriada.
Tablero aislante para techos ... ..	17,3	1/2	Tablero sin agujeros
Tablero contrachapado de abeto Douglas.	30,1	1/4	Tablero exterior con una cara clase A
Idem ... ..	34,5	1/2	Idem
Idem ... ..	27,4	3/4	Idem
Tablero de partículas experimental ... ..	24,6	3/4	No lijado
Tablero de partículas de álamo temblón ...	50,2	3/8	Calidad
Tablero de fibras perforado ... ..	54,7	1/8	Montado con un hueco de 1 pulgada detrás
Idem ... ..	2,5	1/8	Montado con un fieltro de fibras de 1 pulgada detrás.

mente los coeficientes de absorción se determinan en una serie de frecuencias con determinados ángulos de incidencia y montajes. Los datos publicados por fabricantes y asociaciones técnicas permiten que los arquitectos y constructores juzguen el valor de los distintos materiales. Sin embargo, dichos datos pierden significado cuando no

se conoce el método de determinación.

La ASTM ha establecido dos métodos para calcular coeficientes de absorción sonora. El primero es el Método normal de ensayo de absorción sonora de materiales acústicos en habitaciones con reverberación (ASTM C 423 - 66). Se requiere para hacerlo una cámara y un míni-

mo de 48 pies cuadrados (4,45 metros cuadrados) del material que se quiere ensayar. Se monta de modo real y se produce un campo sonoro difuso. Se mide el tiempo de reverberación con el material instalado y sin él.

El otro procedimiento es el Método normal de ensayo de impedancia y absorción de materiales acústicos por el sistema de tubo (ASTM C 384 - 58). En el extremo de un tubo se pone una muestra del material y en el otro una fuente sonora. La muestra suele tener menos de 1 pie cuadrado (0,09 metros cuadrados) y se monta de un modo normalizado, no coincidente con el real. La incidencia es perpendicular.

A pesar de los estudios efectuados, no se ha encontrado una relación exacta entre los coeficientes obtenidos por ambos métodos. Parece ser que existe buena correlación entre los coeficientes para materiales de alto poder de absorción. En cambio, para los poco absorbentes y para bajas frecuencias la correlación no es significativa. Los valores en la cámara de reverberación suelen ser mayores que en el tubo, especialmente cuando el montaje del material permite que vibre.

Las medidas en el tubo son más precisas y el ensayo es más fácil y más barato. Su reproducción también es más sencilla. En cambio, el ensayo en la cámara es más realista.

El presente estudio comprende los ensayos en tubo realizados por el Laboratorio de productos forestales con paneles a base de madera. Se ha examinado también el efecto de la humedad en la capacidad de absorción del material.

**Materiales investigados**

Los coeficientes de absorción sonora se determinaron para varios materiales en una cámara a 30, 50 y 80 % de humedad relativa. Como testigo se hicieron ensayos idénticos en otra cámara que se acondicionó inicial-

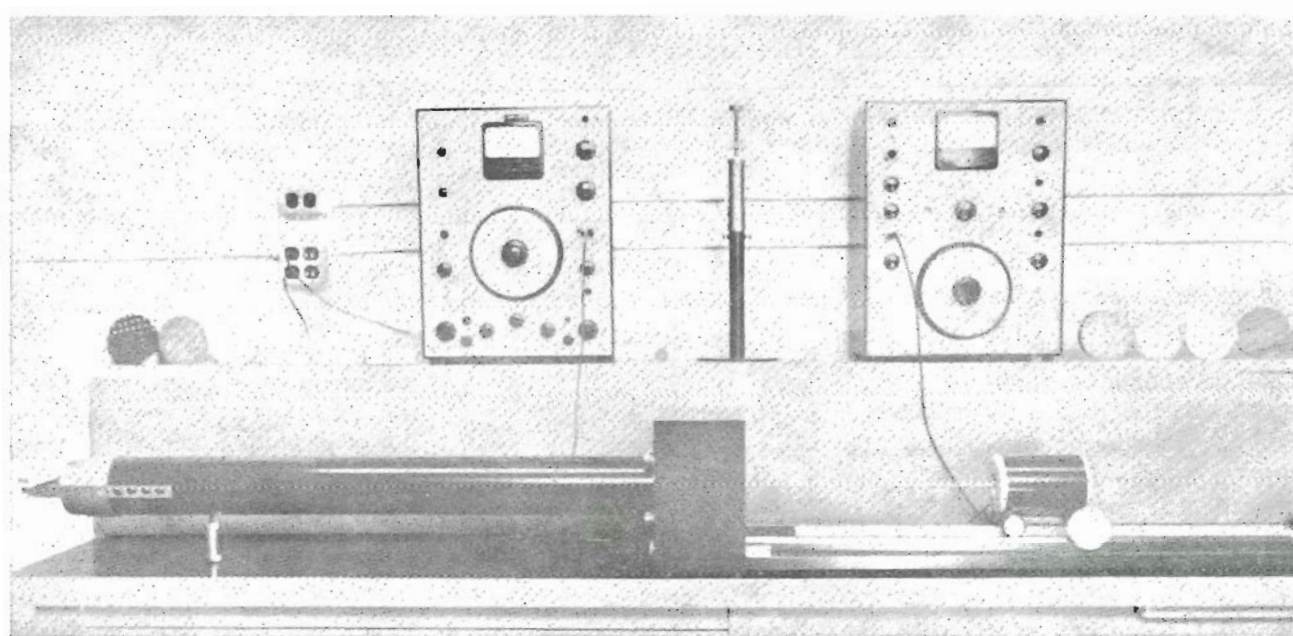


Figura 2.—Instrumentos y equipo empleados para determinar los coeficientes de absorción por el método del tubo de impedancia.

**TABLA II.—EFECTO DE LA HUMEDAD EN LAS PROPIEDADES DE ABSORCIÓN ACUSTICA.**

Material	Humedad relativa %	Coeficiente de absorción con incidencia normal, para las frecuencias					
		125 C/S	250 C/S	500 C/S	1000 C/S	2000 C/S	4000 C/S
Losetas acústicas perforadas para techos ... ..	30	< 0,04	0,08	0,19	0,39	0,31	0,56
	50	< 0,04	0,09	0,17	0,33	0,58	0,59
	80	< 0,04	0,09	0,17	0,31	0,34	0,53
Filtro de fibras de madera, de 1 pulgada ... ..	30	< 0,04	0,04	0,12	0,45	0,84	0,99
	50	< 0,04	0,04	0,14	0,47	0,85	0,99
	80	< 0,04	0,05	0,14	0,47	0,84	0,99
Idem de 2 pulgadas ... ..	30	0,04	0,17	0,52	0,92	0,98	0,98
	50	0,05	0,17	0,51	0,92	0,99	0,97
	80	0,05	0,18	0,51	0,92	0,99	0,98
Tablero de partículas normalizado no lijado ... ..	30	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,07	0,08	0,11
	50	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,06	0,04	0,07
	80	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,05	0,06	0,12
Tablero de partículas normalizado lijado ... ..	30	< 0,04	< 0,04	0,06	0,06	0,04	0,08
	50	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,06	0,06	0,09
	80	< 0,04	< 0,04	< 0,04	0,04	0,04	0,09

**TABLA III.—PROPIEDADES DE ABSORCION.**

Material	Coeficiente de absorción con incidencia normal, para las frecuencias					
	125 C/S	250 C/S	500 C/S	1000 C/S	2000 C/S	4000 C/S
Losetas acústicas, regularmente perforadas... ..	<0,04	0,06	0,14	0,38	0,69	0,59
Losetas acústicas, aleatoriamente perforadas ...	<0,04	0,09	0,17	0,33	0,58	0,59
Losetas acústicas ranuradas ... ..	0,05	0,19	0,14	0,39	0,37	0,40
Tablero aislante no perforado ... ..	<0,04	<0,04	<0,04	0,04	<0,04	0,07
Tablero de abeto Douglas de 1/4 pulgada... ..	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Tablero de abeto Douglas de 1/2 pulgada... ..	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Idem 3/4 pulgada ... ..	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Tablero de partículas normalizado no lijado ... ..	<0,04	<0,04	<0,04	0,06	0,04	0,07
Idem lijado... ..	<0,04	<0,04	<0,04	0,06	0,06	0,09
Tablero experimental ... ..	<0,04	0,04	0,19	0,51	0,21	0,18
Tablero de álamo temblón ... ..	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
Tablero de fibras perforado con hueco detrás ...	0,19	0,14	0,09	0,19	0,13	0,06
Idem con fieltro de fibras	0,18	0,19	0,39	0,97	0,61	0,35
Fieltro de fibras de 1 pulgada... ..	<0,04	0,04	0,14	0,47	0,85	0,99
Fieltro de fibras de 2 pulgadas ... ..	0,05	0,17	0,51	0,92	0,99	0,97

mente a 73° F (22,7° C) y 50 % de humedad, desconectando seguidamente la unidad de acondicionamiento.

En la Tabla I se recogen las características de los materiales ensayados. En la figura 1 se ven probetas de ellos. Los ensayos se hicieron en dos fases.

**Método de ensayo**

Los ensayos se hicieron de acuerdo con la norma ASTM C.84 - 58. Los instrumentos empleados se ven en la figura 2. Se emplearon dos tubos distintos de impedancia para cubrir las frecuencias de 125 a 4.000 ciclos/segundo. El tubo mayor de

100 mm. de diámetro se utilizó para frecuencias hasta 2.000 ciclos/segundo. El menor, de 30 milímetros de diámetro, se usó a 2.000 y 4.000 ciclos/segundo. Las probetas se cortaron con una sierra de cinta y se lijaron sus cantos. De cada material se prepararon cinco probetas grandes y cinco pequeñas. Se acondicionaron a la correspondiente humedad relativa. La primera serie de ensayos se hizo en una cámara con ambiente controlado. La segunda serie se hizo en las condiciones exteriores, aunque también se equilibraron previamente las probetas al 50 % de humedad relativa, conservándolas hasta el momento de ha-

cer los ensayos en sacos sellados.

**Análisis de los datos obtenidos**

El Método ASTM C 384 exige un gran número de cálculos para transformar los datos iniciales en coeficientes de absorción sonora y valores de impedancia acústica. Para ello se preparó un programa en Fortran para un computador IBM 1620. El programa hace las correcciones necesarias de atenuación a lo largo del tubo y del centro acústico del micrófono empleado para medidas.

**Resultados**

1.—Efectos de la humedad

Los coeficientes de absorción se recogen en la Tabla 2. No se observa cambio significativo en los coeficientes de absorción en relación con la humedad relativa para ninguno de los materiales ensayados. Las pequeñas variaciones que aparecen se deben al azar y no a tendencias definidas.

Se puede deducir, por tanto, que las propiedades absorbentes de los materiales a base de madera no dependen de la humedad relativa en el intervalo de 30 a 80 % de la misma.

2.—Propiedades absorbentes de los materiales ensayados

En ambiente no acondicionado se obtuvieron los valores de la Tabla 3. Las propiedades absorbentes se muestran en las gráficas de las figuras 3 a 6.

3.—Discusión de los resultados

Lógicamente las propiedades de absorción sonora dependen de la frecuencia. Por ello hay que ensayar los materiales con diferentes frecuencias. Las propiedades acústicas se reflejan mejor en representaciones gráficas. Los materiales con superficies pulidas tienen generalmente bajos coeficientes de absorción. Todos los tableros contrachapados de abeto Douglas y el tablero de partículas de álamo

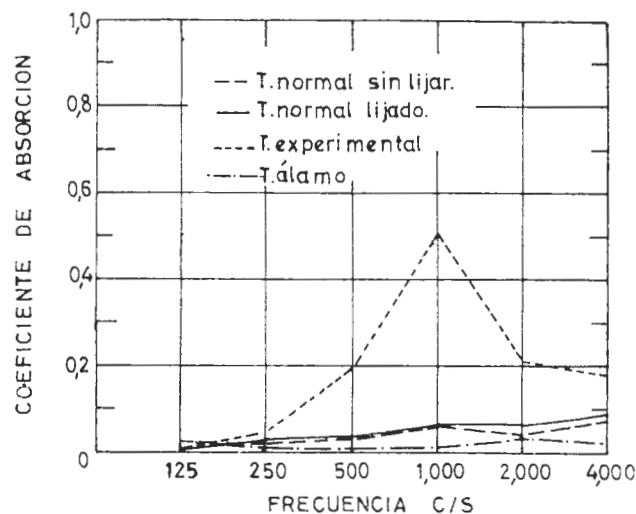


Figura 3.—Coeficientes de absorción con incidencia normal para varios tableros de partículas.

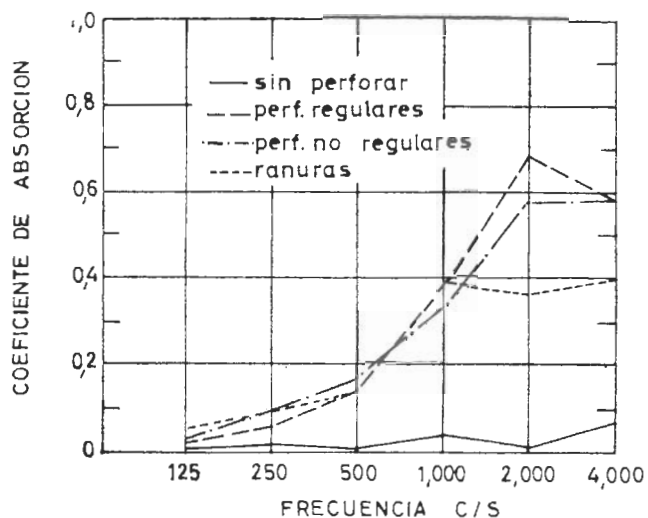


Figura 4.—Coeficientes de absorción con incidencia normal para tableros aislantes y losetas acústicas.

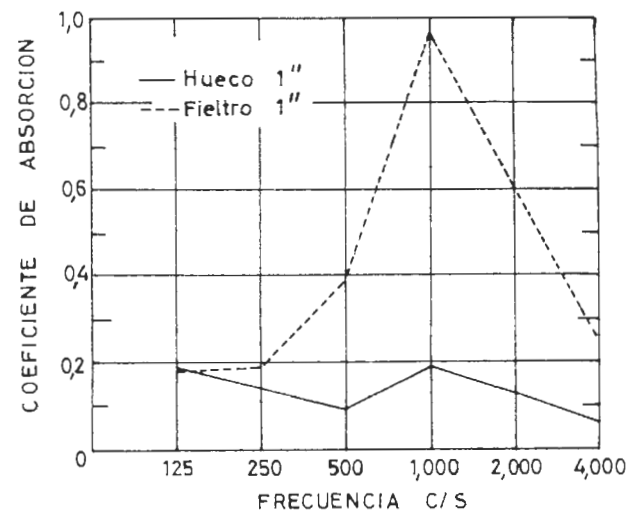


Figura 5.—Coeficientes de absorción con incidencia normal para tablero de fibras perforado.

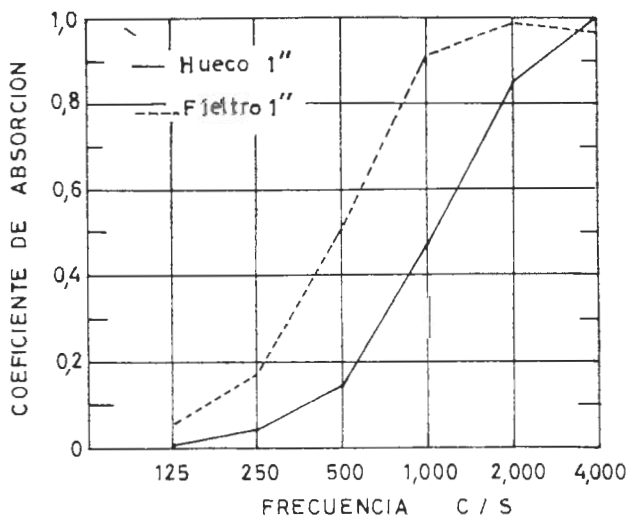


Figura 6.—Coeficientes de absorción con incidencia normal para fieltros de fibras de madera

mo temblón tenían coeficientes menores de 0,04. El lijado de la superficie del tablero de partículas normalizadas no tuvo efecto en los valores del coeficiente de absorción. El tablero de partículas experimental, con superficie rugosa y huecos no dio valores significativos más altos que los otros tipos de tableros de partículas.

Las losetas de tablero aislante sin perforar no dieron mejores resultados que los tableros con-

trachapados o de partículas. Las losetas perforadas o con estrías tienen coeficientes mucho más altos, especialmente a las frecuencias mayores. El tablero de fibras perforado con un espacio hueco posterior de una pulgada de profundidad no tenía absorción mucho mayor que otros materiales con superficies pulidas. La colocación de un fieltro de fibras de madera de una pulgada de grosor detrás aumentó grandemente la absorción. Esta

combinación venía a ser equivalente a un fieltro análogo de 2 pulgadas.

### Conclusiones

1.—Las propiedades de absorción acústica pueden determinarse exactamente por el método del tubo de impedancia descrita en la norma ASTM C 384 - 58. Sin embargo, los coeficientes obtenidos son valores de incidencia normal, que no pue-



de n relacionarse directamente con los de la cámara de reverberación.

- 2.—Las propiedades de absorción acústica de los materiales a base de madera no se modifican apreciablemente al variar la humedad relativa del 30 al 80 %.
- 3.—Estos materiales pueden dar

buen resultado como absorbentes acústicos si se fabrican para utilizar su naturaleza fibrosa y porosa. Los materiales constituidos por una manta fibrosa cubierta por un tablero perforado parecen ser los de mejor calidad.

W. D. G. y J. H. D.

## Alimentación Automática de Calderas, con Desperdicios de Madera

Hasta ahora existen dos sistemas de alimentación automática de las calderas que queman desperdicios de madera. Inyección del combustible con aire, siendo la combustión instantánea, y cargado automático de la caldera.

El nuevo dispositivo de alimentación automática, sistema Geul, es una síntesis de los dos anteriores. Dependiendo de la naturaleza del combustible y de las condiciones en las que se encuentre la combustión, el combustible inyectado quema totalmente (combustión instantánea) o parcialmente; en este último caso el combustible residual arde por gasificación.

Este tipo de alimentador automático se compone de un sis-

tema de extracción de los residuos del silo, de un dispositivo de inyección y del armario de mando y regulación automática. Para la extracción del silo se utiliza un dispositivo giratorio con un tornillo sin fin. La extracción de residuos de diversa naturaleza y con gran humedad presenta por lo general dificultades; sin embargo, con este dispositivo parece estar resuelto. Cuando el silo tenga en su base gran superficie se pueden montar varias unidades giratorias.

Para evitar una eventual retroceso de las llamas al silo existe un mecanismo de seguridad compuesto por una doble vía de retención en la tubería de inyección y una válvula movida por un motor situado inmediatamente

de debajo del ventilador; esta válvula separa completamente la caldera del silo.

El cuadro de mando de la regulación automática puede montarse a distancia tanto del silo como de la caldera. Se compone de un termómetro que indica la temperatura de combustión y de un dispositivo de regulación de la cantidad de combustible.

El combustible cae del silo a un pequeño almacén situado antes del aspirador; la regulación de la cantidad que debe de caer se hace mediante unas tablas, en función de la potencia calorífica deseada y la naturaleza del combustible.

A partir de la toma, el combustible es aspirado e inyectado por una corriente de aire al almacén de combustible de la caldera. Si hay suficiente temperatura en la caldera el combustible fino se quema instantáneamente al caer sobre el fuego.

La orientación de la tubería de inyección a la caldera permite una circulación óptima del aire en toda la caldera.

En el caso de que la temperatura sea insuficiente para que se efectúe la combustión instantánea, la inyección se corta automáticamente. El combustible depositado en el almacén de la caldera se quema por gasificación y a continuación la inyección comienza de nuevo automáticamente. Según la naturaleza del combustible inyectado, la potencia calorífica necesaria se consigue, por tanto, por la combinación de una combustión instantánea con una combustión por gasificación.

La regulación automática, basada sobre la temperatura de combustión, permite quemar de una manera racional todos los combustibles inyectados.

La caldera además puede ser alimentada manualmente con los desechos que no son transportados por el sistema de aspiración y, por lo tanto, que no son almacenados en el silo.

