

## BASE DE DATOS DE COEFICIENTES DE ABSORCIÓN SONORA DE DIFERENTES MATERIALES

**Mario D. Flores<sup>a</sup>, Sebastián P. Ferreyra<sup>a</sup>, Grabiél A. Craveró<sup>a</sup>, Leopoldo Budde<sup>a</sup>,  
Hugo C. Longoni<sup>a</sup>, Oscar A. Ramos<sup>a,b</sup> y Fabian C. Tommasini<sup>a</sup>.**

<sup>a</sup>*Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Unidad Asociada al CONICET  
Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional. Maestro López esq. Av. Cruz Roja  
Argentina. CP 5016ZAA, Córdoba, Rep. Argentina. e-mail: mdaniflores@gmail.com,*

*<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/cintra/>*

<sup>b</sup>*Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Av. Rivadavia 1917,  
CP: C1033AAJ, CABA, Rep. Argentina. <http://www.conicet.gob.ar>*

**Palabras clave:** absorción sonora, coeficiente de absorción sonora, materiales acústicos, base de datos.

**Resumen.** Cuando una onda sonora incide sobre una superficie, una parte de la energía es absorbida, otra es reflejada y otra transmitida. El coeficiente de absorción sonora  $\alpha$ , representa la fracción de la energía absorbida. Su conocimiento resulta indispensable para el diseño y la simulación acústica del campo sonoro en recintos. La falta de información sistematizada y confiable de estos, sumada a la diversidad de materiales existentes en la actualidad, plantea la necesidad de crear una base de datos de coeficientes de absorción sonora de materiales y elementos que especifique además otros datos relevantes como espesor y densidad, método de ensayo, fuente de información, entre otros. En una primera etapa, se realizó el relevamiento de coeficientes de absorción sonora publicados por fuentes nacionales e internacionales, observándose diferencias significativas de algunos valores espectrales para un mismo material, lo cual introduce errores en distintas situaciones. En una segunda etapa, se inició la construcción de una base de datos de coeficientes de absorción sonora que especifica características físicas, la fuente y el método utilizado para su medición, entre otros. El objetivo de este trabajo es iniciar la construcción de una base de datos abierta y nivel internacional que permita acceder a datos confiables.

## 1 INTRODUCCIÓN

Cuando una onda sonora incide sobre una superficie, una parte de la energía es absorbida, otra se refleja y otra se transmite. El *coeficiente de absorción sonora* ( $\alpha$ ), representa la fracción de la energía sonora absorbida por un material. El valor de  $\alpha$  está directamente relacionado con las propiedades físicas del material y varía con la frecuencia. Habitualmente se lo especifica para frecuencias centrales de bandas por octava y tercio de octava.

El conocimiento del  $\alpha$  resulta indispensable para el diseño y simulación de recintos. La falta de información sistematizada y confiable, sumado a la diversidad de materiales existentes en la actualidad, plantea la necesidad de crear una base de datos (BD) de  $\alpha$  de materiales que especifique además otros datos relevantes como espesor y densidad, método de ensayo, fuente de información, entre otros.

El objetivo del trabajo es promover la construcción de una BD abierta, actualizada y con información sistematizada y verificable de coeficientes de absorción sonora de diferentes materiales y elementos acústicos.

El trabajo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan antecedentes. En la sección 3 se describen métodos para la medición del coeficiente de absorción sonora. En la sección 4, se presenta la sistematización de la información en la BD, mediante tablas a modo de ejemplo. Finalmente en la sección 5, se presentan las conclusiones.

## 2 ANTECEDENTES

La teoría que explica el tiempo de reverberación ( $T$ ) en pequeños recintos, desarrollada por W. C. Sabine ([Sabine, 1922](#)), está basada en el concepto de absorción sonora. La misma requiere de un amplio conocimiento de las propiedades absorbentes de los materiales presentes en el interior de los recintos y la introducida por el aire. En las últimas décadas, la medición del coeficiente de absorción sonora de materiales se ha realizado por diferentes métodos, destacándose los basados en incidencia *normal*, *difusa* y *oblicua* de la onda sonora sobre la superficie evaluada.

Entre los principales procedimientos normalizados para la medición del  $\alpha$  se destacan el propuesto por la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM), según el procedimiento de prueba [ASTM-C423 Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method](#). En la República Argentina la norma [IRAM 4065 Acústica. Medición de absorción de sonido en sala reverberante](#), desde 1970 establece las directrices para la medición del coeficiente de absorción sonora en sala reverberante. Esta norma nacional es compatible con la norma internacional [ISO 354](#). Además, la norma [ASTM C384 Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by the Impedance Tube Method](#), establece las directrices para la medición del coeficiente de absorción sonora para incidencia normal para el método del tubo de impedancia.

Los  $\alpha$  han sido recopilados y publicados por diferentes autores en libros referidos a acústica arquitectónica y control de ruido. También, están disponibles en software de simulación de acústica como Odeon, CATT acoustics, entre otros. Por otra parte, diferentes universidades, consultoras y empresas han publicado listas de  $\alpha$  como por ejemplo la Facultad de Arquitectura de la Universidad la República, Uruguay.

## 3 MÉTODOS DE MEDICIÓN

### 3.1 Método cámara reverberante

La norma [IRAM 4065:1995](#) recomienda una cámara reverberante asimétrica de volumen aproximado de 200 m<sup>3</sup>, con cerramiento interiores revestidos con materiales totalmente

reflectantes y difusores sonoros estacionarios o rotativos suspendidos en altura con el fin de producir un campo sonoro difuso. Se mide un total de 12 veces el  $T$  para bandas de tercio de octava entre 100 y 250 Hz (ej: 2 veces para 6 combinaciones de fuente-receptor), 9 veces  $T$  para bandas de tercio de octava entre 315 y 800 Hz (ej: 3 veces para 3 combinaciones de fuente-receptor) y 6 veces  $T$  para bandas de tercio de octava entre 1000 y 5000 Hz (ej: 2 veces para 3 combinaciones de fuente-receptor). Como señal de excitación se utiliza ruido rosa filtrado por tercio de octava, realizando las mediciones primero con la cámara vacía y luego con la muestra del material colocado en la cámara. Empleando la fórmula de Sabine, para la cámara vacía y para la cámara con una muestra del material (rectangular y no menor 10 m<sup>2</sup>, para absorbentes sonoros planos), se llega a la expresión del *área equivalente de absorción de sonido*,  $A$ :

$$A = 55,3 \frac{V}{C} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1)$$

Donde  $V$  es el volumen de la cámara en m<sup>3</sup>,  $C$  la velocidad del sonido en el aire en m/s,  $T_1$  es el tiempo de reverberación de la cámara vacía,  $T_2$  es el tiempo de reverberación de la cámara conteniendo la muestra. El coeficiente de absorción sonora  $\alpha_s$ , de una muestra plana debe ser calculado usando la formula siguiente:

$$\alpha_s = \frac{A}{S} \quad (2)$$

Donde  $S$  es la superficie de la muestra en m<sup>2</sup>. Cuando se mide el coeficiente de absorción sonora por este método, los resultados se denotan con el subíndice “s”. Esto se hace con el fin de evitar confusiones con aquel definido como el cociente entre la energía sonora absorbida e incidente, de una onda sonora plana, que incide sobre una superficie plana, con un ángulo dado. Este coeficiente de absorción “geométrico” es siempre menor que la unidad y puede luego expresarse como porcentaje. Por el contrario, los determinados a través del  $T$ , pueden dar valores mayores que la unidad (por ejemplo debido a efectos de difracción) y en consecuencia no pueden expresarse como porcentaje.

### 3.2 Método tubo de impedancia

La norma [ASTM C384:98](#) establece las directrices la medición del coeficiente de absorción sonora de diversos de materiales para incidencia normal en el tubo de impedancia. Este método permite medir las propiedades absorbentes de los materiales mediante la utilización de muestras, aplicando un método rápido y sencillo que permite reproducir perfectamente el coeficiente de absorción sonora ([Castañeda et al, 2004](#)).

Básicamente el dispositivo (tubo de Kundt) está provisto de un altavoz, el cual produce ondas sonoras, las cuales viajan dentro del tubo y son reflejadas por la muestra de prueba; la fase de interferencia entre la onda dentro del tubo, las cuales son incidente y reflejada desde la muestra de prueba, resultan en la formación de un patrón de ondas estacionarias dentro del tubo. Si el 100% de la onda incidente es reflejada, entonces la onda incidente y la onda reflejada tendrán la misma amplitud; los nodos en el tubo tienen presión cero y los antinodos el doble de presión.

## 4 SISTEMATIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE LA BASE DE DATOS

En las Tablas 1 y 2 se presenta como se estructura la información en la BD, definiendo campos y mostrando algunos materiales a modo de ejemplo. En la BD, los mismos estarán agrupados por grupos según su aplicación como por ejemplo: construcción, cielorrasos, etc.

Material/ Dispositivo	Descripción	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Espesor [mm]	Coeficiente de absorción sonora					
				Frecuencia central por banda de octava [Hz]					
				125	250	500	1000	2000	4000
Alfombra	Alfombra sobre pared	-	10	0,09	0,08	0,21	0,27	0,27	0,37
Alfombra	Alfombra pesada sobre goma espuma	-	-	0,08	0,24	0,57	0,69	0,71	0,73
Alfombra	Alfombra media sobre base espumosa	-	6	0,03	0,09	0,25	0,31	0,33	0,44
Fibra	Placas de fibra 16 mm (Armstrong, Minaboard)	-	16	0,30	0,32	0,54	0,74	0,67	0,60
Lana de vidrio	Placas lana de vidrio con lámina vinilo sin perforar	-	16	0,57	0,39	0,41	0,82	0,89	0,72
Hormigón	Bloque de hormigón grueso	-	-	0,36	0,44	0,31	0,29	0,39	0,25
Hormigón	Bloque de hormigón pintado	-	-	0,01	0,05	0,06	0,07	0,09	0,08
Mármol	Losa de mármol	-	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Ladrillo	Ladrillo liso con mezcla al ras	-	-	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07
Hormigón	Hormigón pintado	-	-	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Hormigón	Hormigón Suavizado sin pintar	-	-	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
Lana de vidrio	Panel rígido de lana de vidrio con film de PVC(Isover, Andina Glacial)	50	20	0,68	0,64	0,61	0,81	0,66	0,39
Corcho	Revestimiento de corcho	5,6	20	0,12	0,27	0,72	0,79	0,76	0,77
Corcho	Pavimento de corcho (Dekwall)	200	3	0,04	0,03	0,05	0,11	0,07	0,02
Corcho	Baldosas contra respaldo sólido	-	22	0,05	0,10	0,20	0,55	0,60	0,55
Goma	Alfombra de goma	-	5	0,03	0,04	0,06	0,08	0,07	0,05
Piedra	Lastre u otra piedra estampada 3,18 cm x 15,2 de profundidad	-	-	0,19	0,23	0,43	0,37	0,58	0,62
Fieltro	Fieltro punzonado adherido a concreto	-	5	0,01	0,02	0,05	0,15	0,03	0,4
Revoque	Revoque de cal y arena	-	20	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Butacas	Sillas vacías tapizadas con tela	-	-	0,44	0,60	0,77	0,89	0,82	0,70
Butacas	Sillas vacías tapizadas con cuero	-	-	0,40	0,50	0,58	0,61	0,58	0,50
Madera	Parquet de madera sobre hormigón	-	-	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07

Madera	Fibra de madera	25	50	0,04	0,24	0,54	0,88	0,53	0,70
Madera	Placa de madera Sobre estructura con cavidad de 50 mm con lana mineral	-	-	0,25	0,15	0,10	0,09	0,08	0,07
Madera	Placas de aglomerado (8+30 mm de aire)	-	38	0,25	0,20	0,04	0,04	0,04	0,04
Madera	Piso de madera sobre viguetas	-	-	0,15	0,11	0,10	0,07	0,06	0,07
Telas	Cortina de algodón plegada a 3/4 de área a 130 mm de la pared	0,5	-	0,30	0,45	0,65	0,56	0,59	0,71
Telas	Cortina de terciopelo ligero, colgadas en contacto directo con la pared	-	-	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35
Telas	Cortina de terciopelo mediano, plegadas al 50%	-	-	0,07	0,31	0,49	0,75	0,70	0,60
Personas	Publico en sillas de madera 100% ocupada	-	-	0,57	0,61	0,75	0,86	0,91	0,86
Personas	Orquesta con instrumentos en podio 1,5 m <sup>2</sup> por persona	-	-	0,27	0,53	0,67	0,93	0,87	0,80
Personas	Audiencia sobre sillas con tapizado liviano	-	-	0,51	0,64	0,75	0,80	0,82	0,83
Personas	Público en asientos tapizados en cuero	-	-	0,15	0,35	0,45	0,45	0,45	0,40
Personas	Audiencia con sillas de madera, 1 x m <sup>2</sup>	-	-	0,16	0,24	0,56	0,69	0,81	0,78
Personas	Adulto de Pie	-	-	0,21	0,33	0,41	0,42	0,46	0,42
Vidrio	Vidrio doble 2/3 mm espaciados	-	30	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
Vidrio	Ventana de doble vidrio	-	-	0,25	0,10	0,07	0,06	0,04	0,02
Vidrio	Espejo	-	-	0,04	0,03	0,02	0,01	0,07	0,04
Vidrio	Paño grande de vidrio duro	-	-	0,18	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Yeso	Placa de yeso 13 + 400mm lana de vidrio	-	413	0,20	0,12	0,09	0,03	0,02	0,02
Yeso	Placa de yeso sobre estructura 13mm esp. cavidad vacía 100mm	-	13	0,08	0,11	0,05	0,03	0,02	0,03
Yeso	Placa de yeso 13 + 650 mm lana de vidrio	-	663	0,05	0,05	0,05	0,03	0,02	0,02

Tabla 1: Campos de la BD - material/dispositivo, descripción, densidad, espesor, coeficiente de absorción sonora, NRC.

Fuente	Método de medición	Dirección	Sitio Web
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
P. Parkin & H. Humphreys, <i>Acoustics, Noise and Buildings</i> , 1979	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Bobran, H.W., "Handbuch der Bauphysik" Verlag Ilstein Berlin 1973	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo.	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Bobran, H.W., <i>Handbuch der Bauphysik</i> , Verlag Berlin, 1973.	ISO 354		
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Original figures from Building Bulletin 51 published in 1976	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Beranek L. L., <i>Music, Acoustics &amp; Architecture</i> , 1962	-	-	-
Beranek L. L., <i>Music, Acoustics &amp; Architecture</i> , 1962	-	-	-

Ingerslev, Copenhagen 1949	-	-	
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo.	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Bobran, H.W., 'Handbuch der Bauphysik', Verlag Berlin, 1973	-		
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	
Dalenbäck, Datensatz der CATT-Software, nov 2000.	ISO 354	-	-
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Harris C.M. <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Bobran, H.W., "Handbuch der Bauphysik" Verlag Ilstein Berlin 1973	-	-	-
Beraneck L. et al, JASA 104, 3139-3177, 1998	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Dalenbäck, Datensatz der CATT-Software, 2000	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Dalenbäck, Datensatz der CATT-Software, 2000	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200 Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200 Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Harris C. M.: <i>Handbook of Acoustical Measurement and Noise Control</i> , McGraw Hill 1991.	ASTM C423	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200 Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>
Dalenbäck, Datensatz der CATT-Software, Nov 2000	-	-	-
Fac. Arq. - Univ. de la República (Uruguay)	-	Bv. Artigas 1031 CP 11200, Montevideo	<a href="http://www.farq.edu.uy">www.farq.edu.uy</a>

Tabla 2: Campos de la BD - fuentes de información de materiales medidos, método de medición, dirección, sitio web y fecha último acceso.

## 5 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En primer lugar se concluye que mayoría de la bibliografía internacional y nacional relevada no especifica en forma completa las características físicas de los materiales ensayados (espesor, densidad, porosidad, entre otros). Por otra parte, las actuales listas y BD disponibles en internet no especifican la fuente de información, ni el método de medición aplicado.

En segundo lugar, en nuestro país no existe antecedente de una BD de coeficientes de absorción sonora de materiales típicos utilizados en la construcción en la República Argentina. Esto último fortalece la necesidad de la construcción conjunta de una BD abierta, libre y con actualización permanente por parte de la comunidad científica acústica argentina.

El trabajo a futuro, contempla invitar a investigadores de diferentes centros, grupos y universidades nacionales e internacionales con el fin de organizar el relevamiento y verificación de los datos.

La actual BD de coeficientes de absorción sonora, con más de 400 materiales estará disponible a través del sitio web del Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), de la Facultad Regional Córdoba (FRC), Universidad Tecnológica Nacional (UTN).

## 6 AGRADECIMIENTOS

A la Secretaria de Ciencia, Tecnología y Postgrado de la Universidad Tecnológica Nacional. Al Centro de Investigación y Transferencia en Acústica (CINTRA), Unidad Asociada al CONICET, de la Facultad Regional Córdoba, Universidad Tecnológica Nacional.

## 7 REFERENCIAS

- ASTM C423:09a Standard Test Method for Sound Absorption and Sound Absorption Coefficients by the Reverberation Room Method.
- ASTM C384:98 - Standard Test Method for Impedance and Absorption of Acoustical Materials by the Impedance Tube Method
- Carrión Isbert, Antoni 1998. *Diseño Acústico de espacios arquitectónicos*. Edicions UPC. España. 1998.
- Castañeda J., González H., *Medición del coeficiente de absorción del sonido*. Scientia et Technica Año X, No 25, Agosto 2004. UTP. ISSN 0122-1701.
- IRAM 4065:1995 – Acústica. Medición de absorción de sonido en sala reverberante.
- ISO 354:2003 - Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room.
- Sabine, W. C., *Collected Papers on Acoustics*, Harvard U. Press, reprinted by Peninsula Publishing, 1992.