

Instalaciones III



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

“Materiales Acústicos y Modos Normales”

Ing. Juan Bertrán

*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

Mg. Ing. Adriano Sabez

*Ingeniero en Acústica
Mg. en Acústica Arquitectónica y Medioambiental*

Coeficientes de Reflexión, Absorción y Transmisión

$$I_i = I_r + I_a + I_t$$

$$100 \frac{W}{m^2} = 50 \frac{W}{m^2} + 20 \frac{W}{m^2} + 30 \frac{W}{m^2}$$

$$80 \frac{W}{m^2} = 40 \frac{W}{m^2} + 16 \frac{W}{m^2} + 24 \frac{W}{m^2}$$

$$50 \frac{W}{m^2} = 25 \frac{W}{m^2} + 10 \frac{W}{m^2} + 15 \frac{W}{m^2}$$

$$\left. \begin{array}{l} 100 \frac{W}{m^2} = 50 \frac{W}{m^2} + 20 \frac{W}{m^2} + 30 \frac{W}{m^2} \\ 80 \frac{W}{m^2} = 40 \frac{W}{m^2} + 16 \frac{W}{m^2} + 24 \frac{W}{m^2} \\ 50 \frac{W}{m^2} = 25 \frac{W}{m^2} + 10 \frac{W}{m^2} + 15 \frac{W}{m^2} \end{array} \right\} 1 = 0.5 + 0.2 + 0.3$$

Normalizamos (dividiendo miembro a miembro por la intensidad incidente)

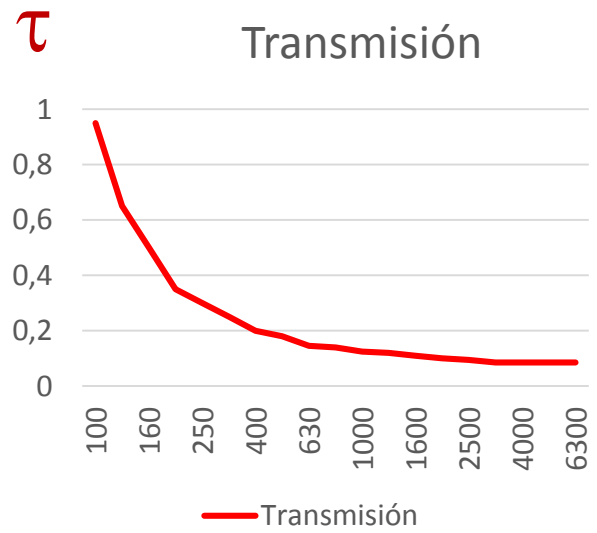
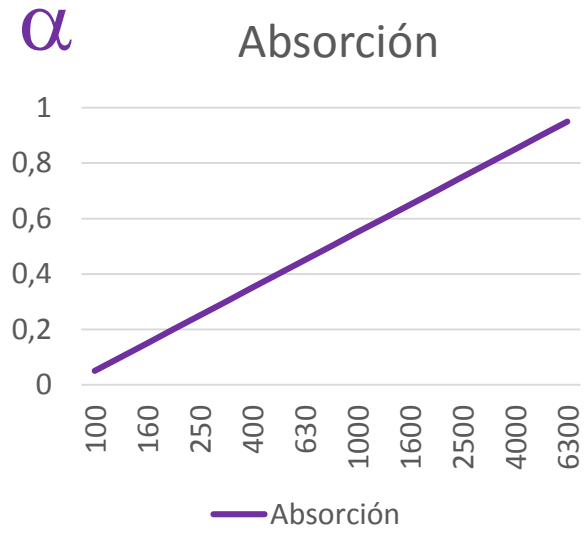
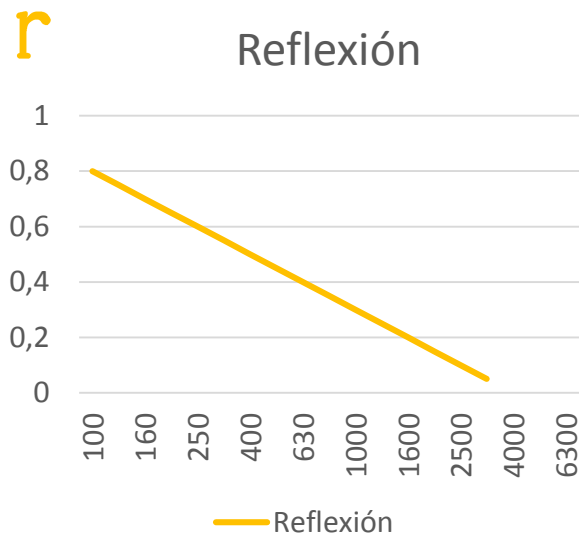
$$\frac{I_i}{I_i} = \frac{I_r}{I_i} + \frac{I_a}{I_i} + \frac{I_t}{I_i}$$

La igualdad no cambia

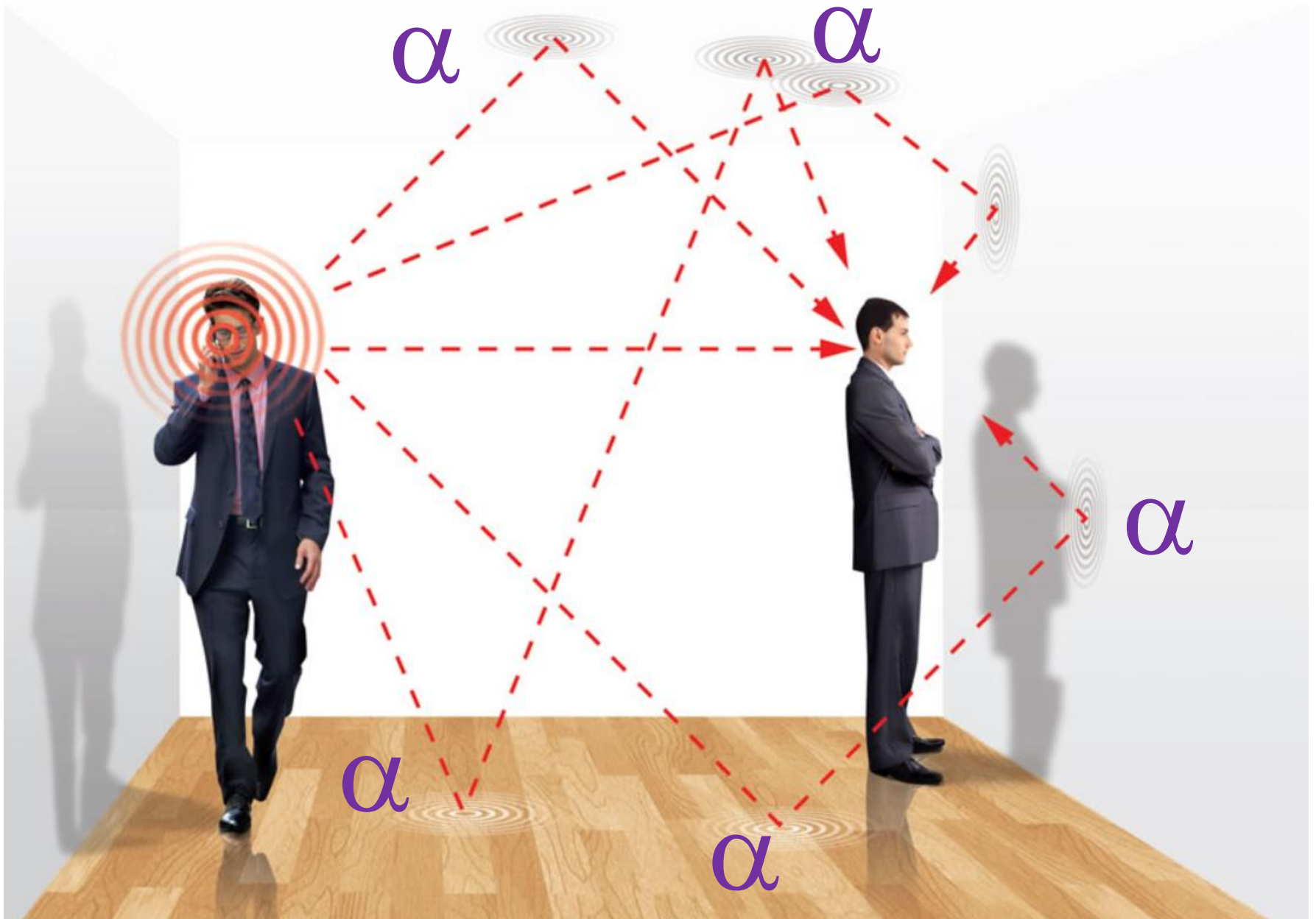
$$1 = r + \alpha + \tau$$

$$\left. \begin{array}{l} 0 < r < 1 \\ 0 < \alpha < 1 \\ 0 < \tau < 1 \end{array} \right\}$$

Comportamiento de los parámetros acústicos a diferentes frecuencias

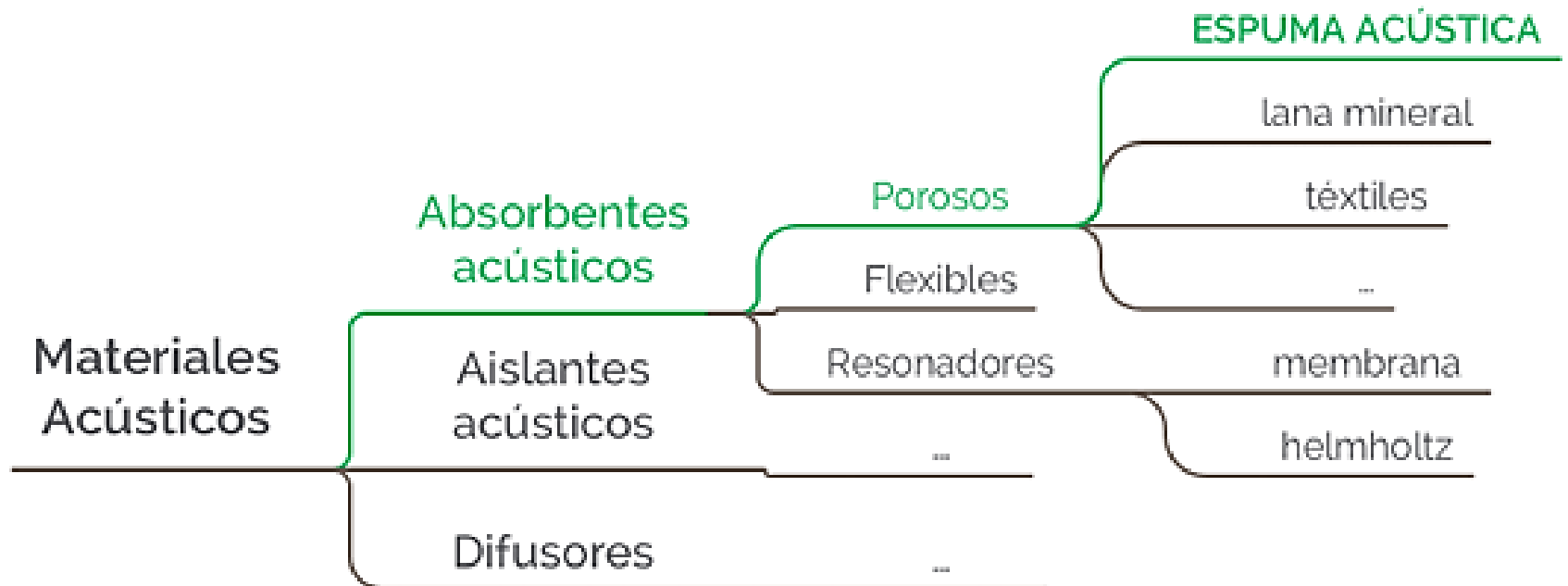


Absorción Acústica

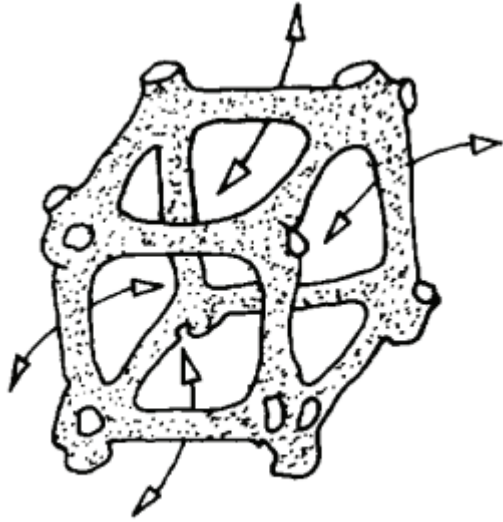


Índice de absorción acústica

$$\alpha = \frac{I_a}{I_i}$$



Materiales Porosos (o fibrosos) - Principio físico

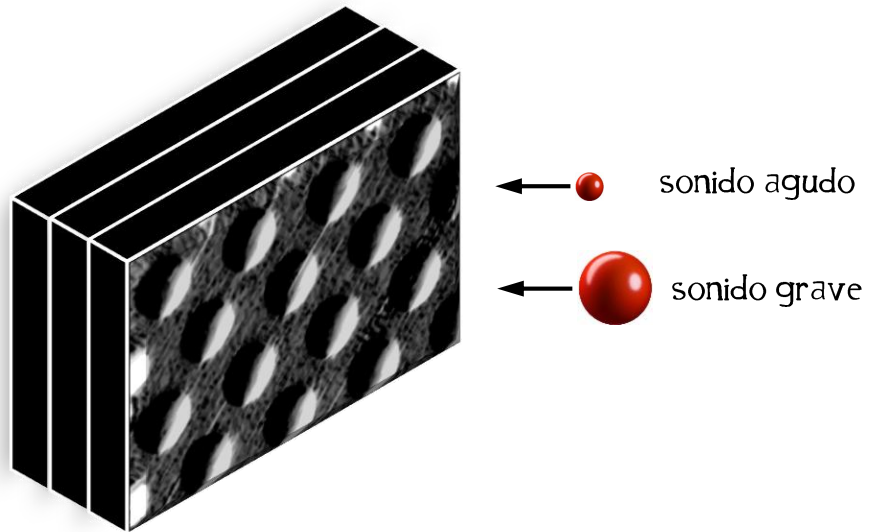
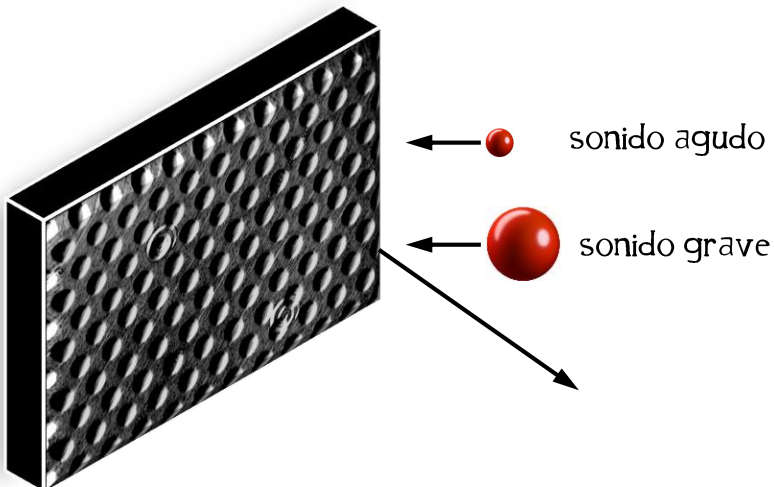


Material Poroso

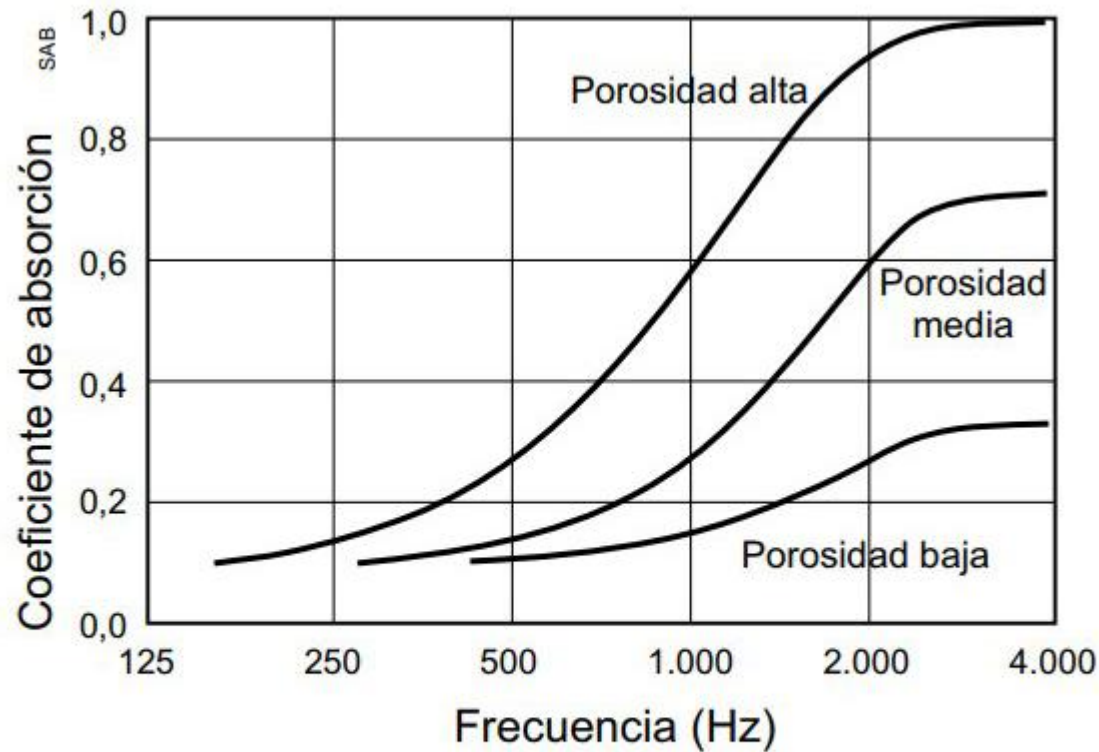
- Material blando
- Permite el ingreso de la energía sonora



$$\lambda = \frac{\vec{v}}{f}$$

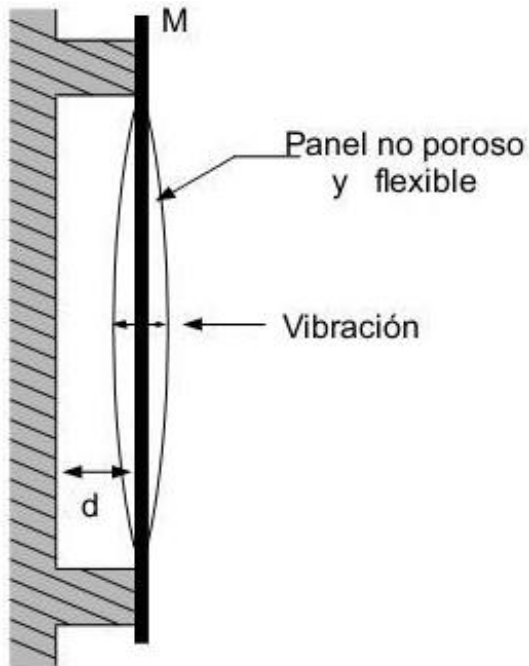


Materiales Porosos (o fibrosos) - Principio físico



Variación de la absorción en función de la frecuencia de un material absorbente con distintos grados de porosidad

Materiales Flexibles (o membranas) - Principio físico

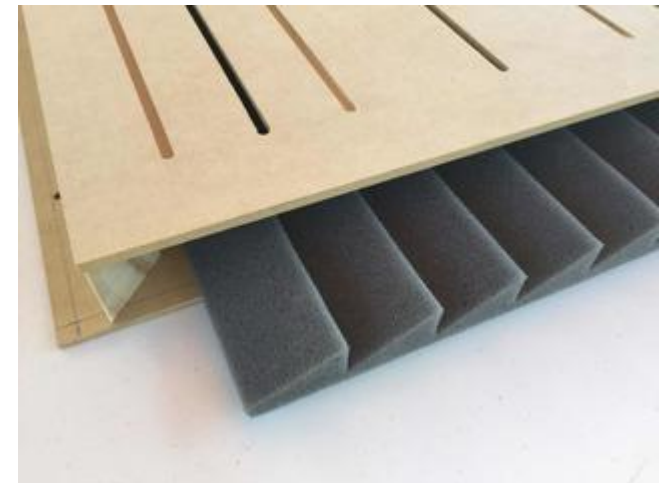
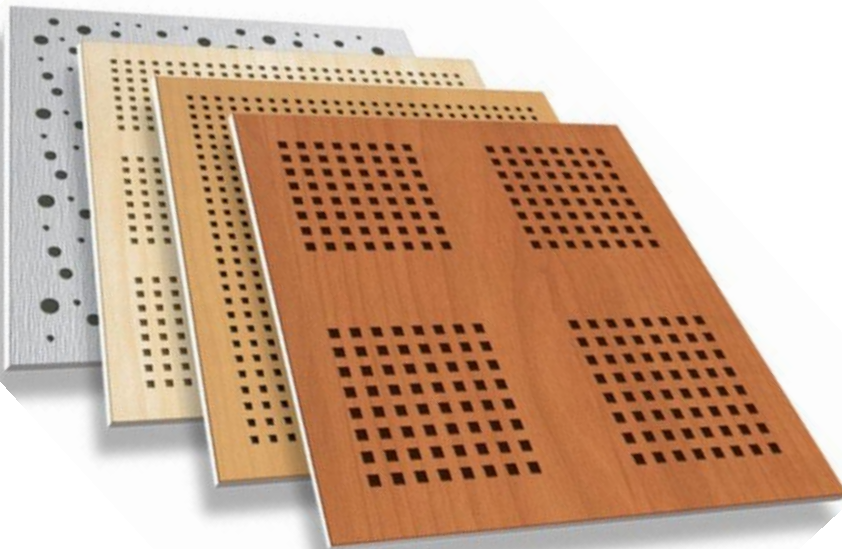


- Material rígido
- Vibra con el impacto de la energía sonora

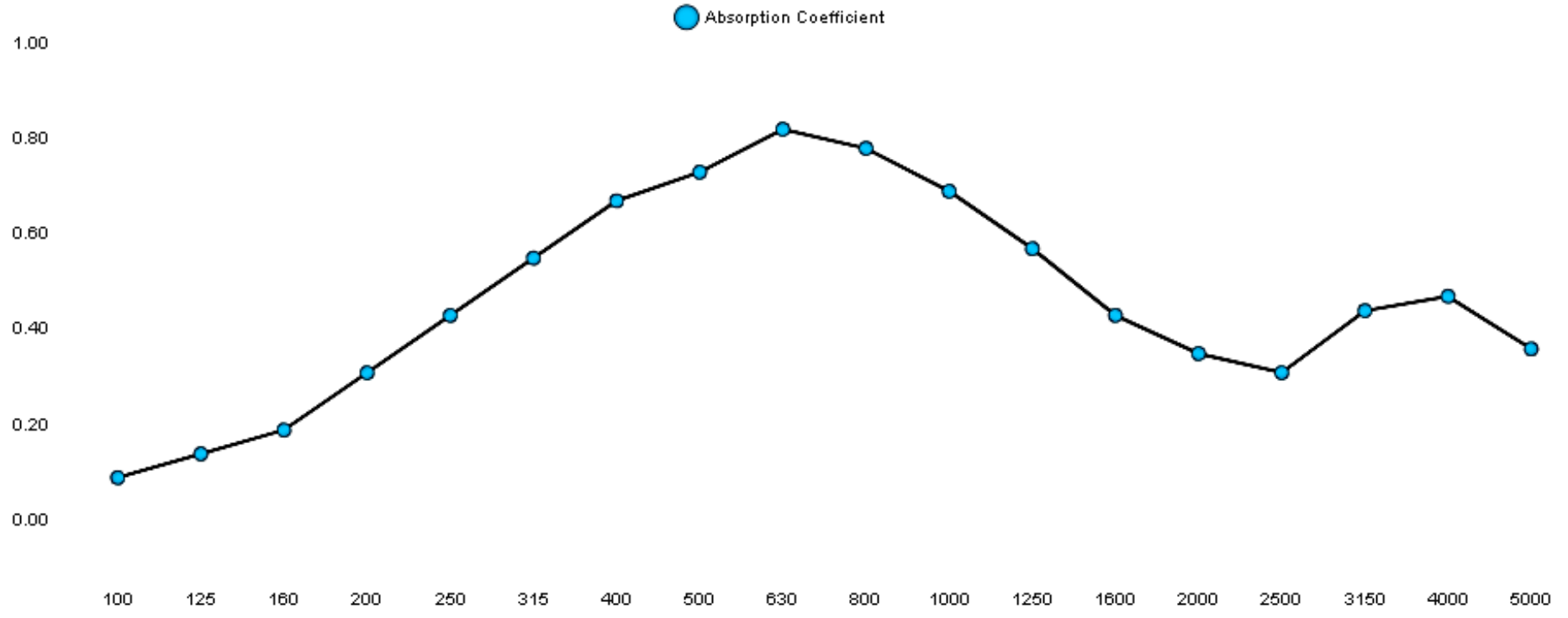
$$f_0 = \frac{600}{\sqrt{md}}$$

m: Masa de la membrana $\rightarrow \frac{Kg}{m^3}$

d: Distancia al muro $\rightarrow cm$



Materiales Flexibles - Principio físico



Materiales Resonadores (o Trampas de graves) – P.F.

- Constituidos por “recipientes” cerrados y comunicados al exterior por aberturas estrechas

- La masa de aire en el recipiente resuena con la presión acústica

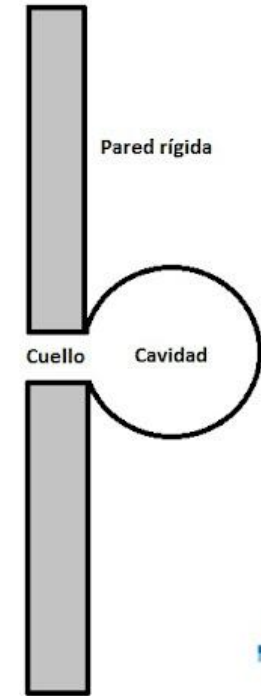
$$f_0 = \frac{\vec{v}}{2\pi} \sqrt{\frac{\pi \cdot R^2}{(L + 1,6R)V}}$$

\vec{v} : Velocidad del sonido

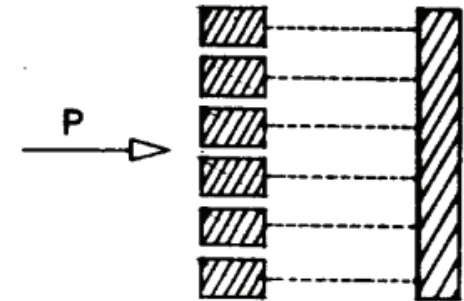
L: Longitud del cuello

R: Radio del cuello

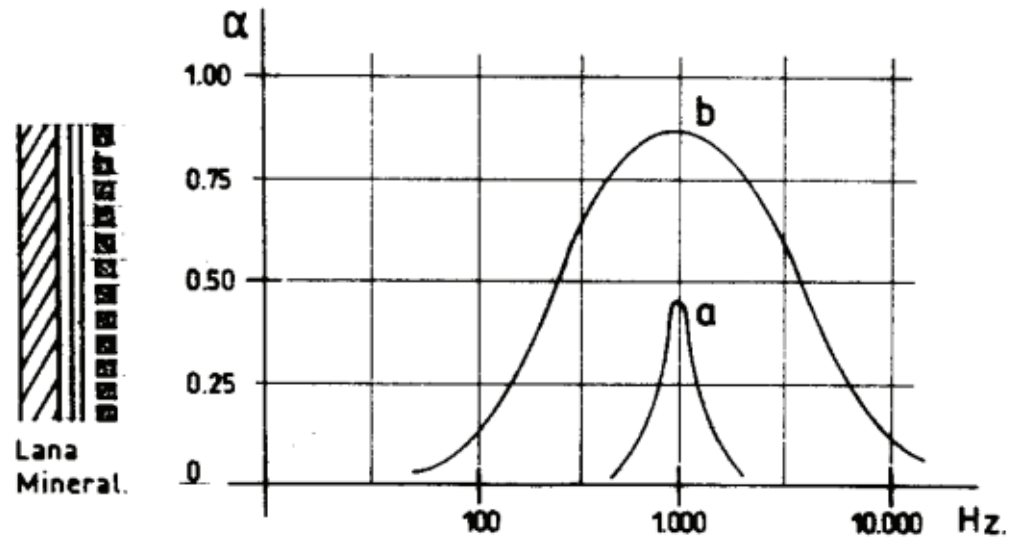
V: Volumen de la cavidad



- La absorción es máxima en f_0



Materiales Resonadores (o Trampas de graves) – P.F.



Variación del coeficiente de absorción de un resonador con la frecuencia. (Josse).
a) Sin lana mineral. b) Con lana mineral.



ABSORCIÓN ACÚSTICA

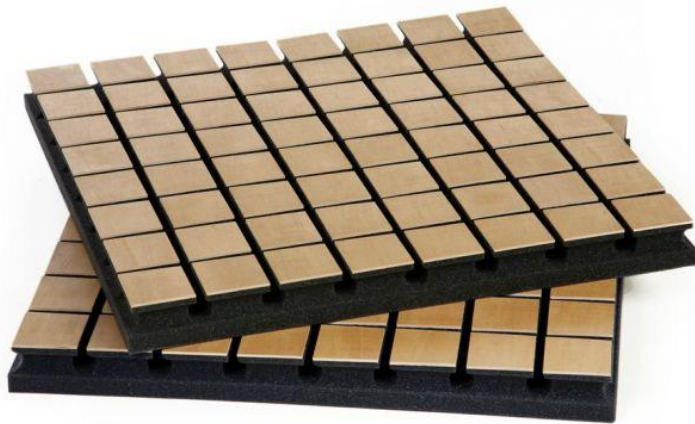
Coefficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0.21	0.55	0.93	0.90	0.65	0.62

ABSORCIÓN ACÚSTICA

Coefficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0.16	0.34	0.66	0.90	0.90	0.97

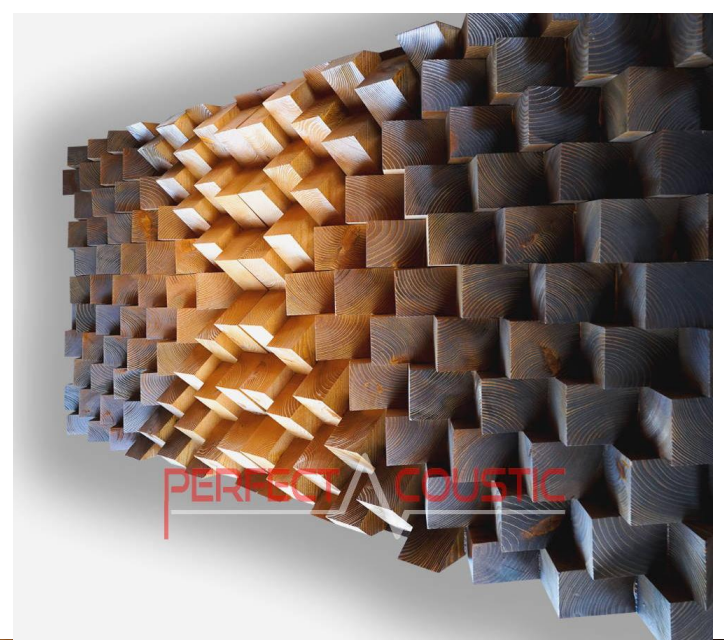
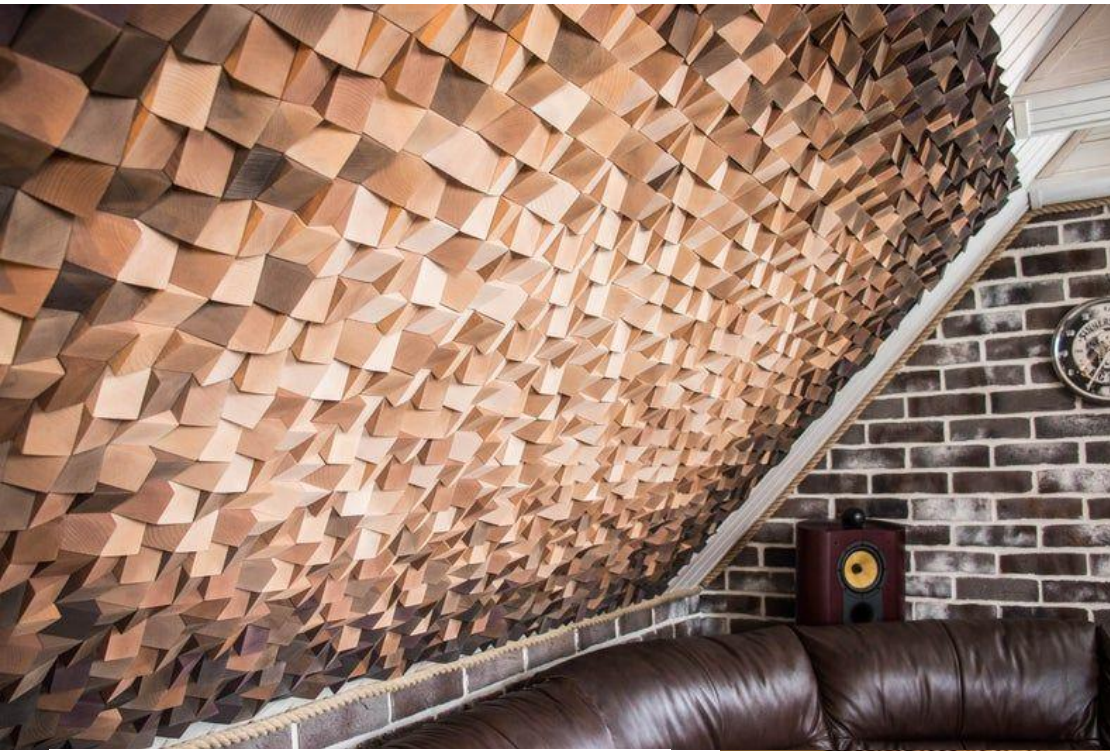


ABSORCIÓN ACÚSTICA

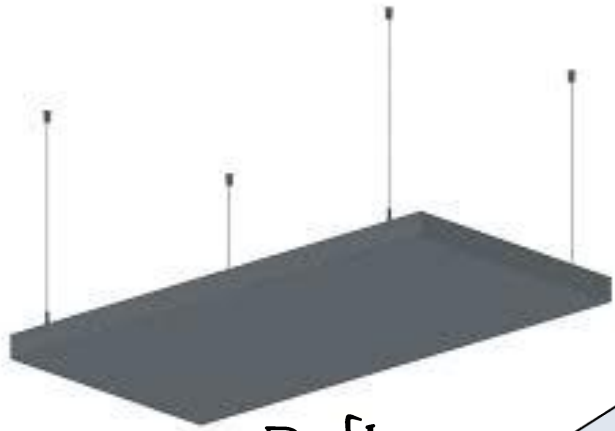
Coefficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
0.16	0.43	0.74	0.72	0.44	0.49

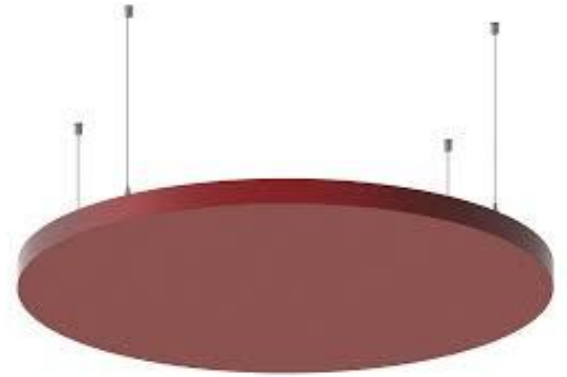
Materiales Difusores



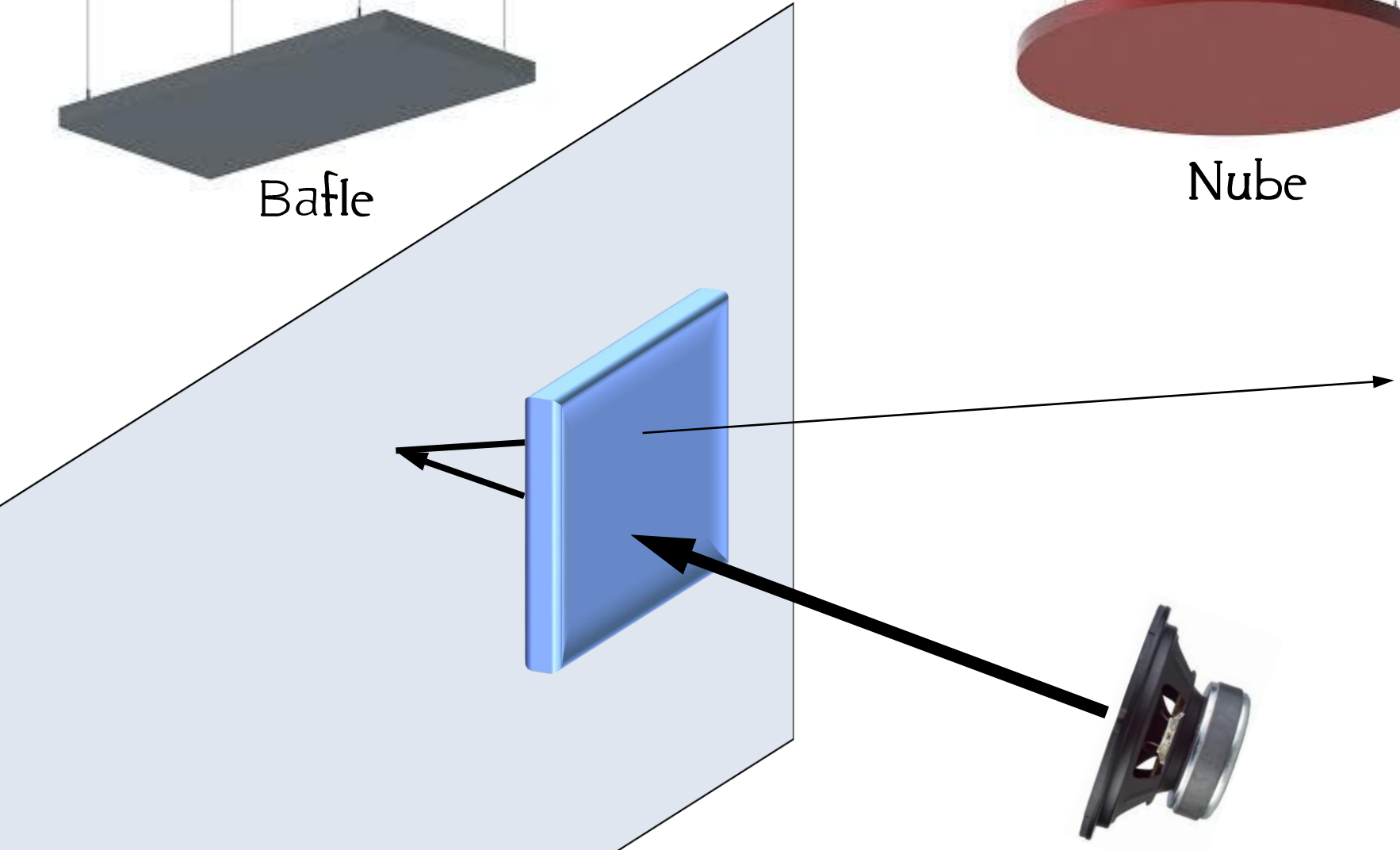
Baffles y nubes acústicas



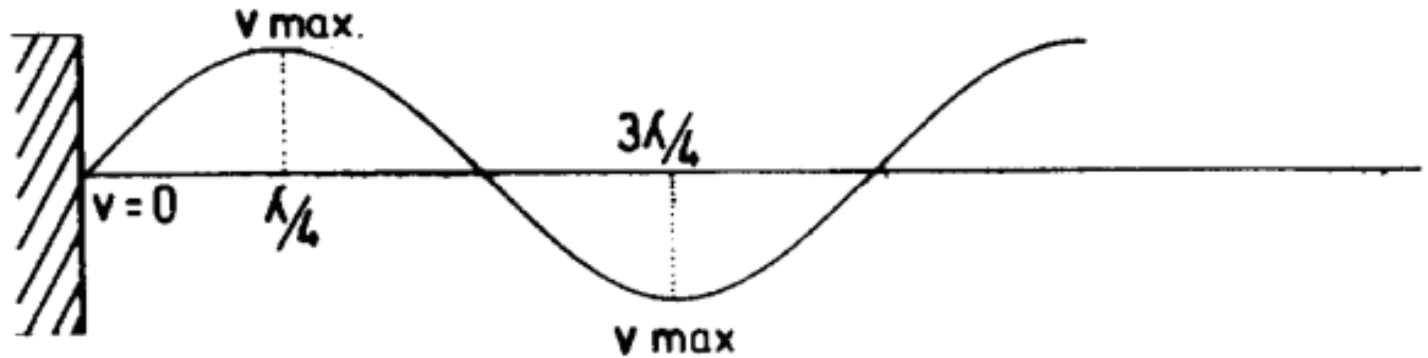
Baffle



Nube



Ubicación de Baffles y nubes acústicas



$$\lambda = \frac{\vec{v}}{f} \longrightarrow d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\vec{v}}{4f} = \frac{344}{4 \cdot f} = \frac{86}{f} [m]$$



Baffles or Clouds?

@CCScity450



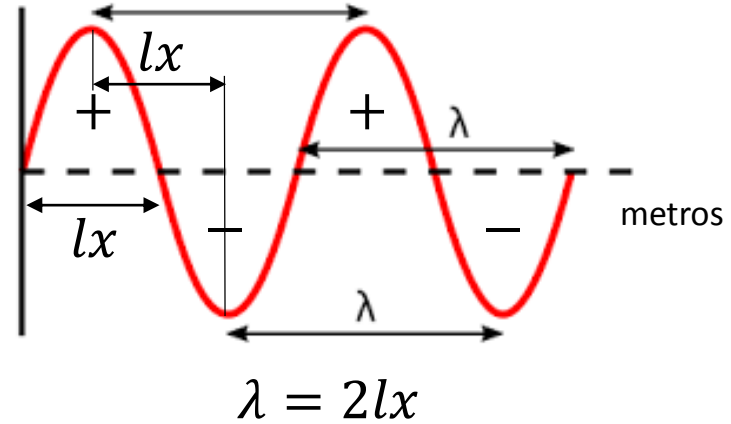
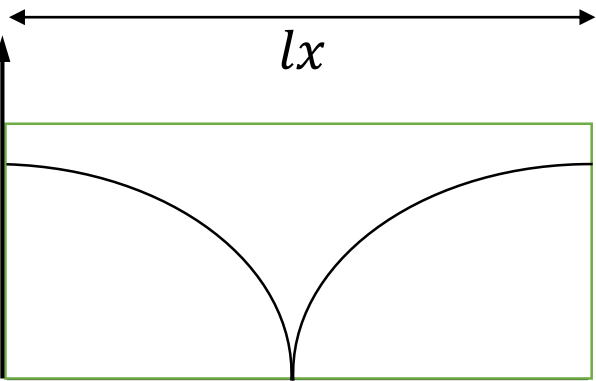
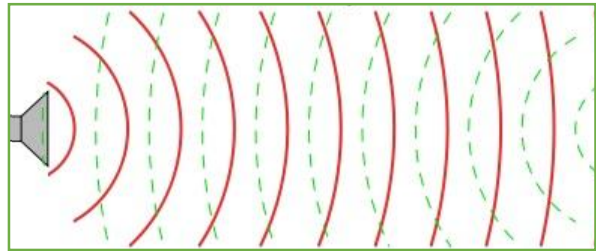


ABSORCIÓN ACÚSTICA

Coefficientes de absorción en bandas de octava (ISO 354):

Montaje	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Encolado	0.24	0.55	0.90	1.00	1.01	1.03
Suspendido	0.59	0.89	0.95	1.03	1.03	1.05

Modos Normales de resonancia en un recinto



Resonancia “Amplitud máxima de oscilación de un elemento, cuando sus dimensiones coinciden con el “ λ ” de una onda, o con múltiplos enteros de la misma”

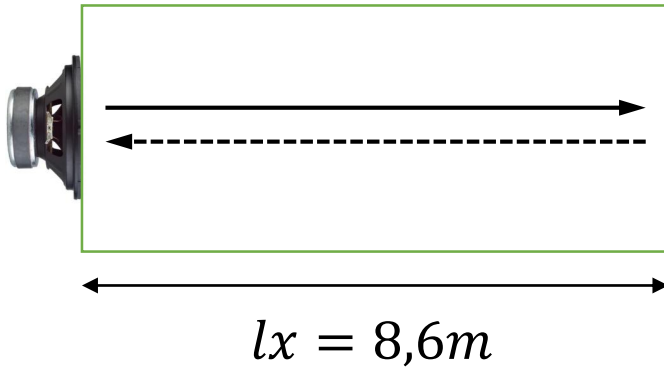


Cuerda guitarra 1

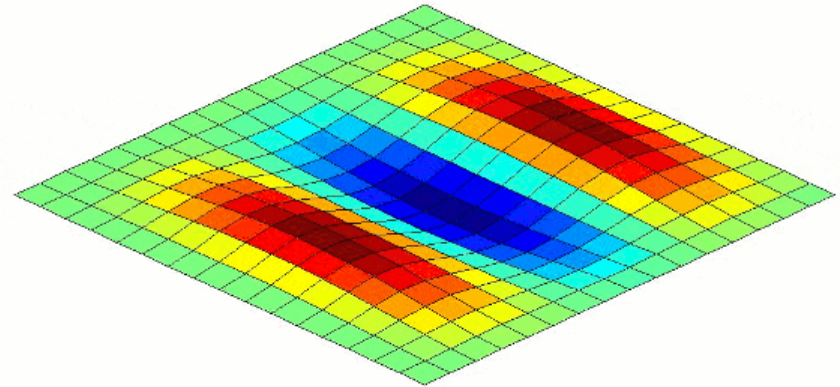
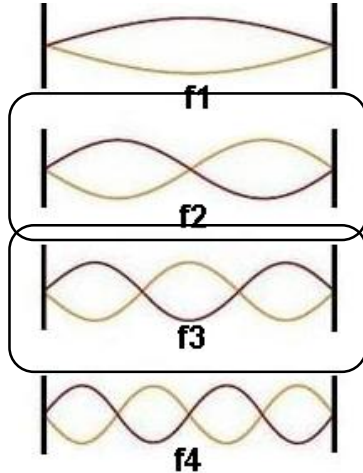


Cuerda guitarra 2

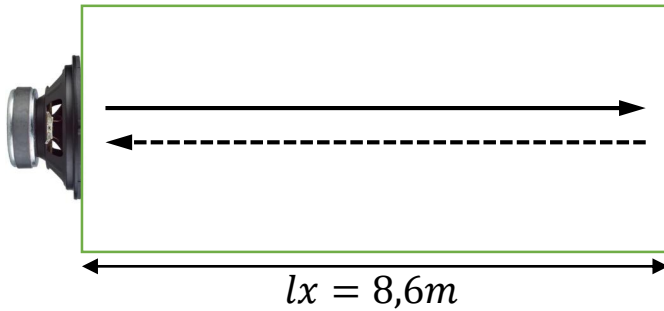
Frecuencia de resonancia del modo normal



$$f_{lx} = \frac{\vec{v}}{\lambda} = \frac{\vec{v}}{2l_x} = \frac{344}{2(8,6)} = 20Hz$$



Calculo de frecuencia de resonancia del modo normal de orden superior



$$f_{lx} = \frac{\vec{v}}{2lx}$$

$$f_{1x} = \frac{\vec{v}}{2lx}$$

modo normal 2

$$f_{2x} = 2 \left(\frac{\vec{v}}{2lx} \right) = 2 \left(\frac{344}{17,2} \right) = 40\text{Hz}$$

modo normal 3

$$f_{3x} = 3 \left(\frac{\vec{v}}{2lx} \right) = 3 \left(\frac{344}{17,2} \right) = 60\text{Hz}$$

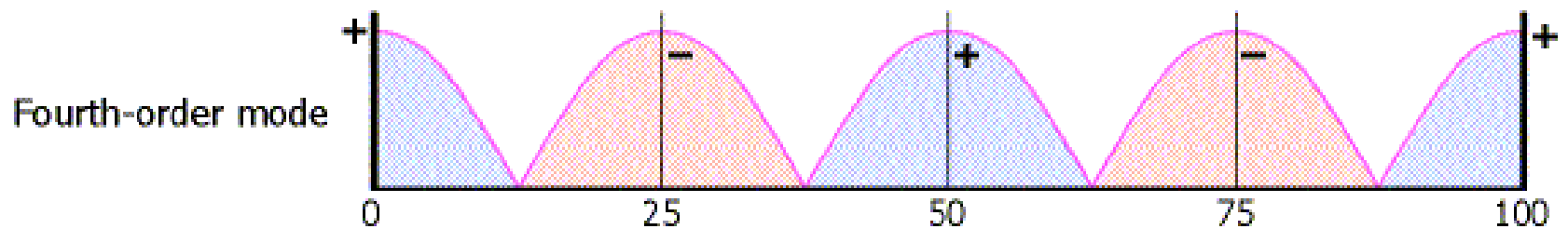
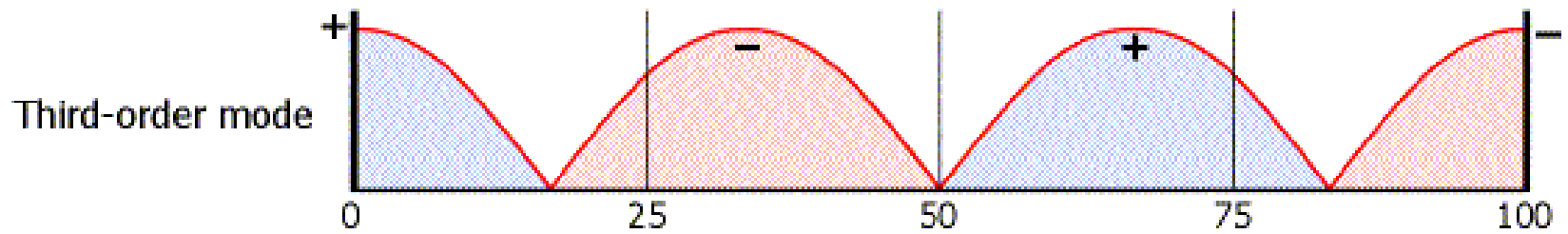
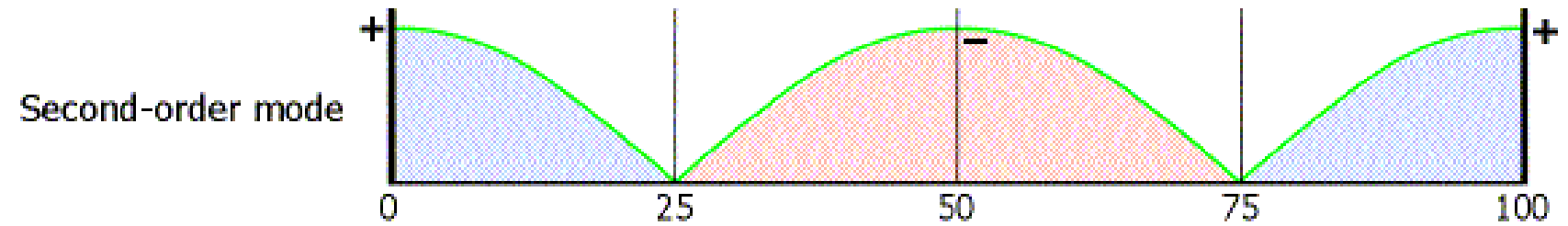
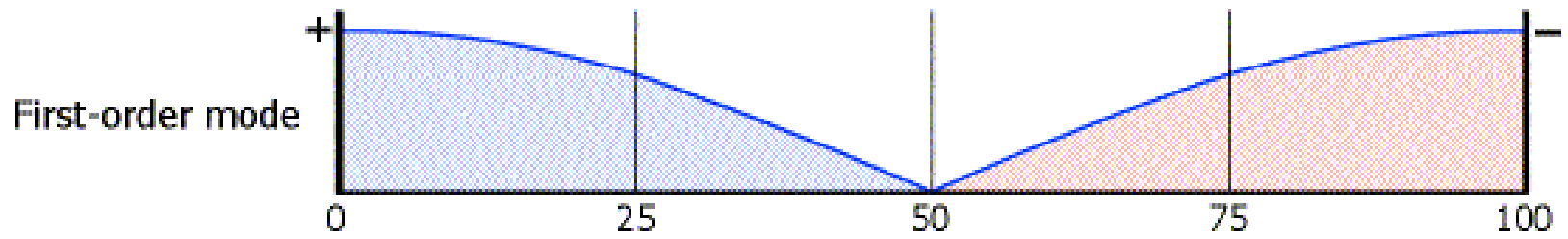
modo normal 4

$$f_{4x} = 4 \left(\frac{\vec{v}}{2lx} \right) = 4 \left(\frac{344}{17,2} \right) = 80\text{Hz}$$

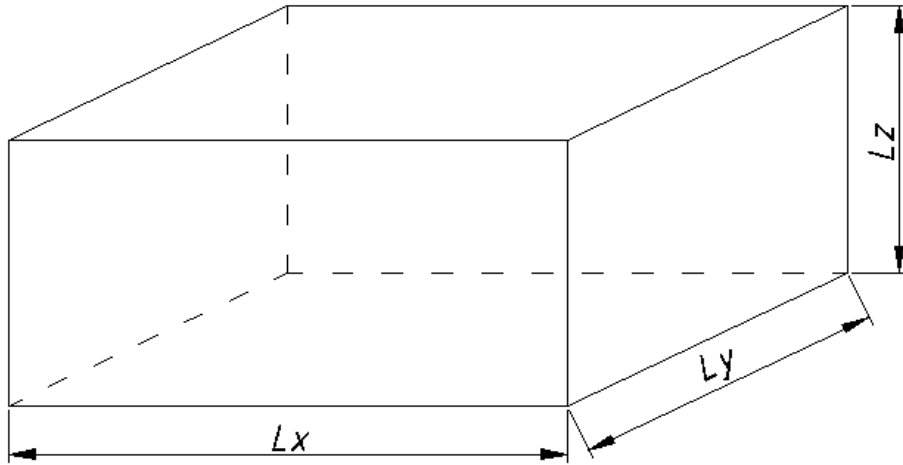
En general

$$f_{nx} = n \frac{\vec{v}}{2lx}$$

Frecuencia de resonancia del modo normal



Calculo de frecuencia de resonancia de los modos normales en 3 ejes



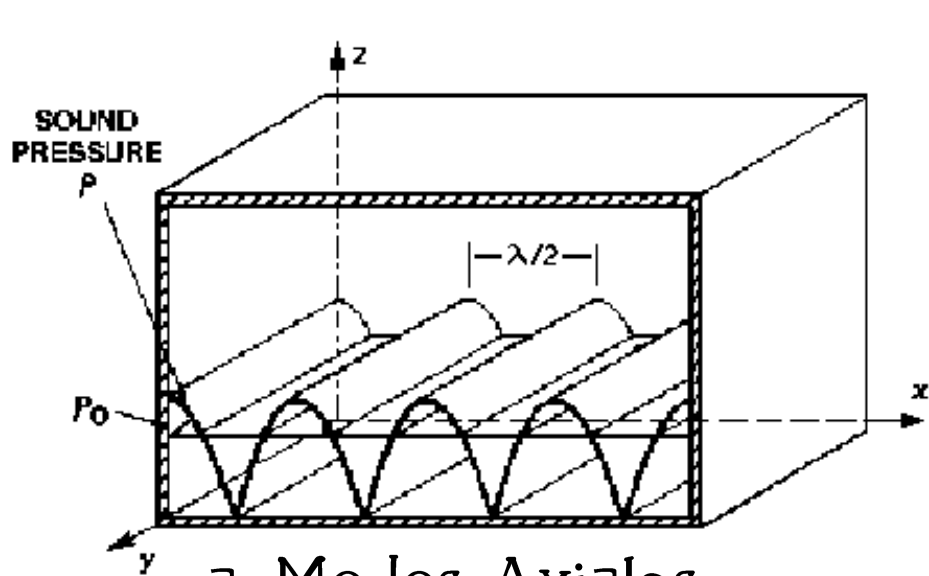
Tipos de Modos Normales

- Modos Axiales
- Modos Tangenciales
- Modos Oblicuos

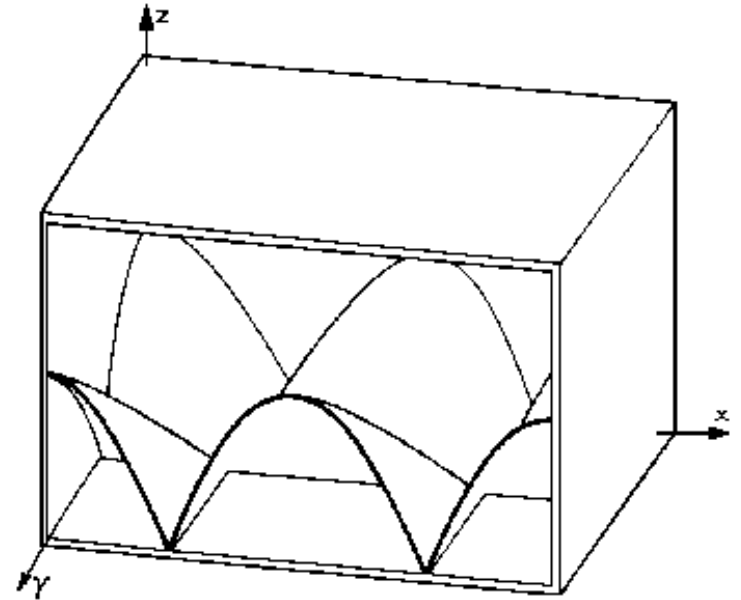
Ecuación general para todas las frecuencias de todos los modos

$$f_{n_x, n_y, n_z} = \frac{\vec{v}}{2} \sqrt{\left(\frac{n_x}{l_x}\right)^2 + \left(\frac{n_y}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{n_z}{l_z}\right)^2}$$

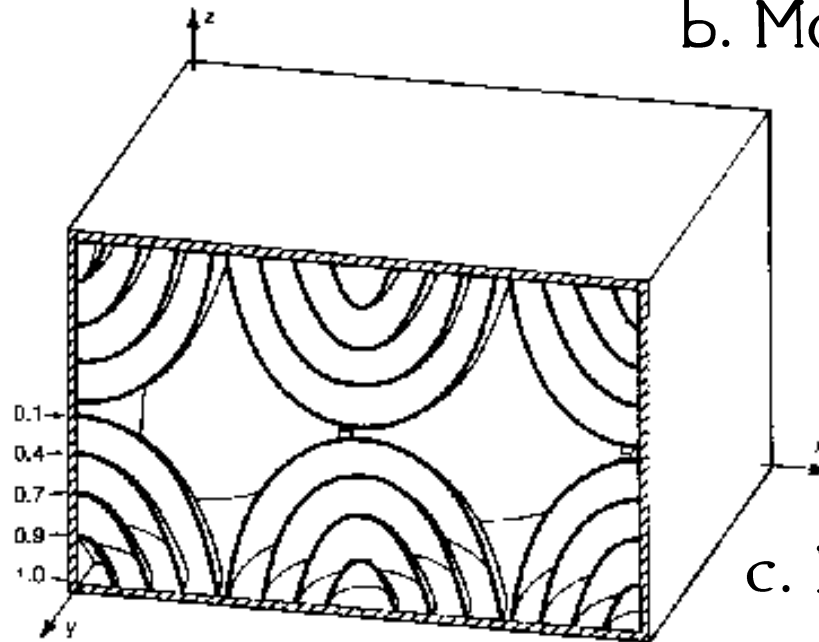
Resonancias de los modos normales en 3 ejes



a. Modos Axiales



b. Modos tangenciales



c. Modos oblicuos

Acustización de Salas

Acustización

Aislación

Desde cero

Ya construido

- 1- Aislación
 - Muros densos
 - Muros dobles
- 2- Romper (o atenuar) → Modos normales
 - Evitar paralelismo
 - Material absorbente
- 3- Fijar un RT60 → Destino de la sala → Sabine → Superficie
Coeficiente α
- 4- Aplicar material absorbente → Paredes, Techos o Suspendido
- 5- Medir respuesta en frecuencia → Ideal: respuesta plana
- 6- Medir y corregir: Modos normales, RT60 y Respuesta en frecuencia
- 7- Colocar difusión → Paneles difusores
 - No hay calculo
 - Sensación de amplitud
- 8- Medición final



- Los peores modos normales son los axiales → Evitar paralelismo entre muros y entre pisos y techos
- Si a pesar de todo, aparecen modos molestos → Trampas de graves sintonizadas