

Instalaciones III



“Aislación Acústica”

Ing. Juan Bertrán

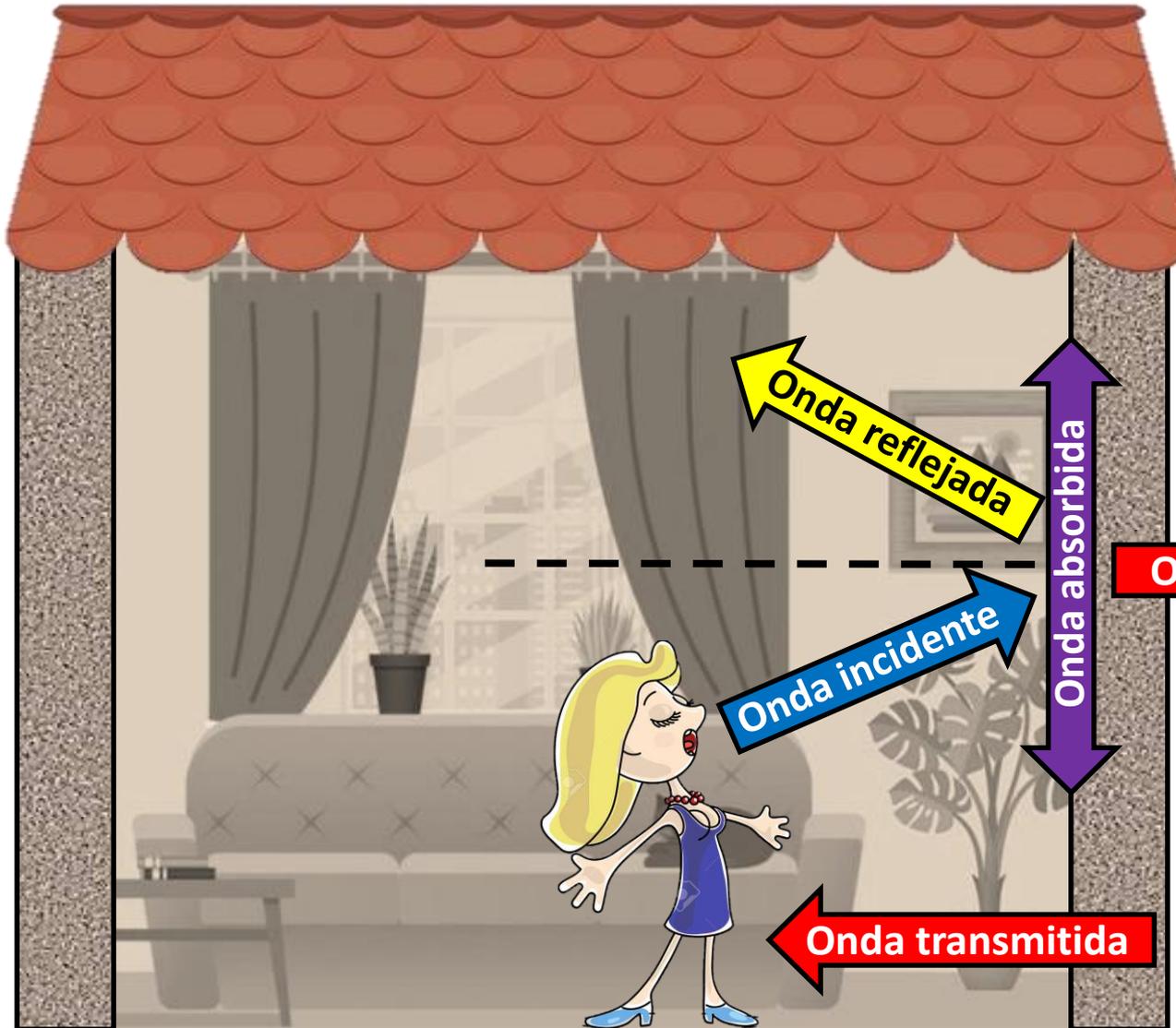
*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

Mg. Ing. Adriano Sabez

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

Parámetros Acústicos Fundamentales

Reflexión, Absorción y Transmisión



$I =$ Intensidad incidente

$=$

$I_r =$ Intensidad reflejada

$+$

$I_a =$ Intensidad absorbida

$+$

$I_t =$ Intensidad transmitida

Onda transmitida

Onda transmitida



Coeficientes de Reflexión, Absorción y Transmisión

$$I_i = I_r + I_a + I_t$$
$$\left. \begin{aligned} 100 \frac{W}{m^2} &= 50 \frac{W}{m^2} + 20 \frac{W}{m^2} + 30 \frac{W}{m^2} \\ 80 \frac{W}{m^2} &= 40 \frac{W}{m^2} + 16 \frac{W}{m^2} + 24 \frac{W}{m^2} \\ 50 \frac{W}{m^2} &= 25 \frac{W}{m^2} + 10 \frac{W}{m^2} + 15 \frac{W}{m^2} \end{aligned} \right\} 1 = 0.5 + 0.2 + 0.3$$

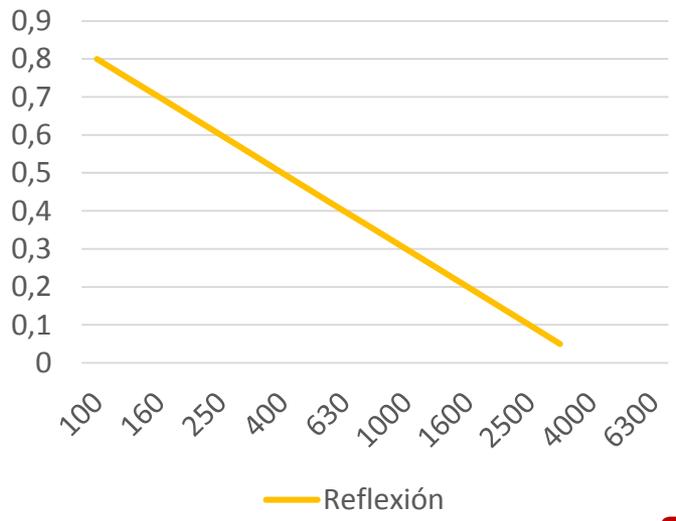
Normalizamos (dividiendo miembro a miembro por la intensidad incidente)

La igualdad no cambia

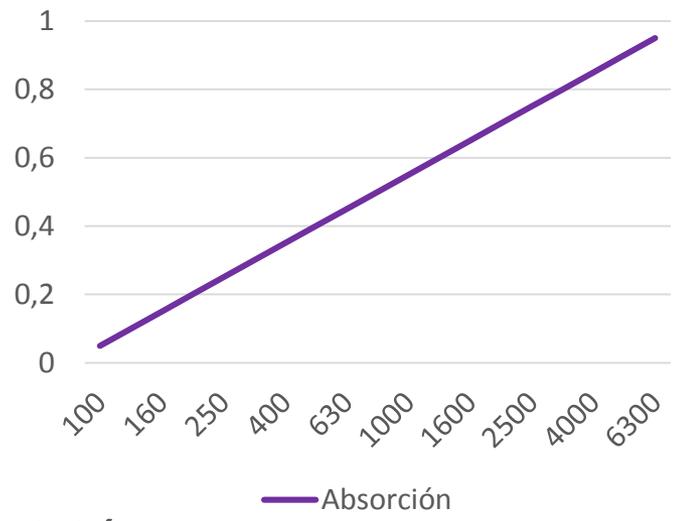
$$\frac{I_i}{I_i} = \frac{I_r}{I_i} + \frac{I_a}{I_i} + \frac{I_t}{I_i}$$
$$1 = r + \alpha + \tau$$
$$\left\{ \begin{aligned} 0 < r < 1 \\ 0 < \alpha < 1 \\ 0 < \tau < 1 \end{aligned} \right.$$

Comportamiento de los parámetros acústicos a diferentes frecuencias

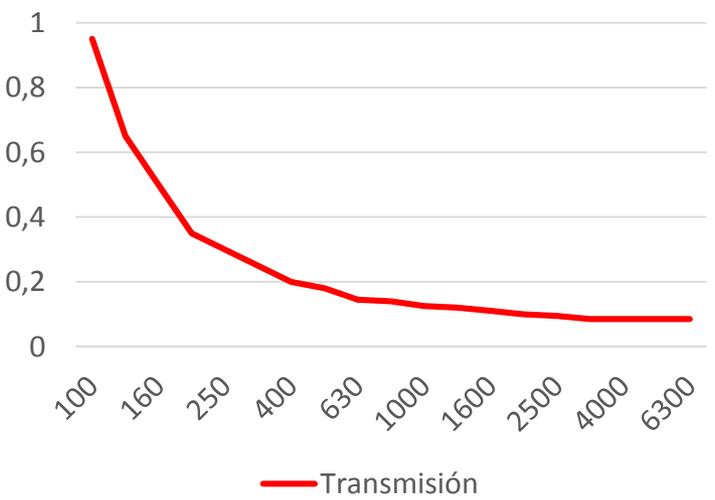
r Reflexión



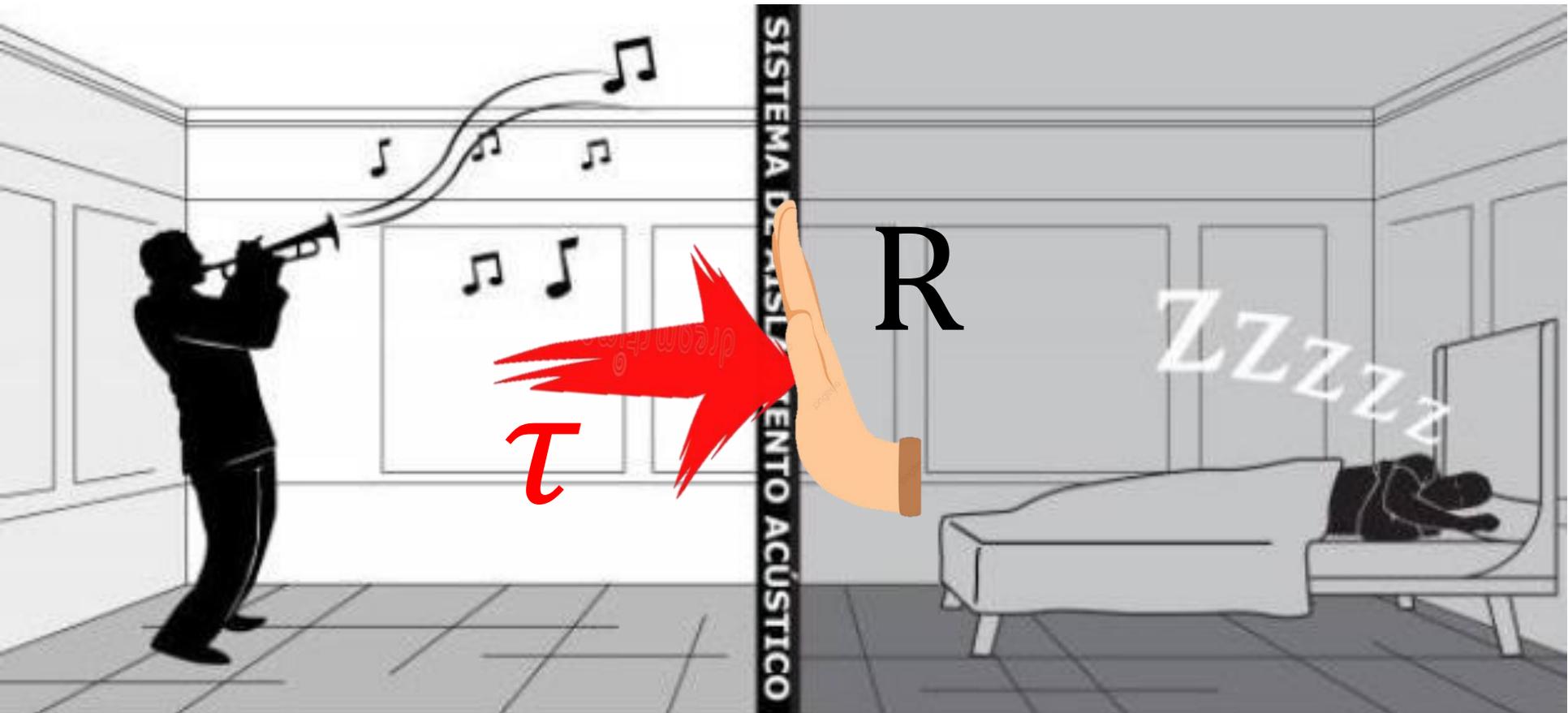
α Absorción



τ Transmisión



Aislación Acústica al ruido aéreo



Índice de aislamiento acústico R

$$\tau = \frac{I_t}{I_i}$$

Podemos demostrar que τ depende de las características del muro y del ángulo de incidencia del sonido

$$\tau = \frac{1}{1 + \left(\frac{m \cdot \pi \cdot f \cdot \cos \theta}{\rho_0 \cdot c} \right)^2}$$

$m =$ Masa del muro
 $f =$ Frecuencia
 $\rho_0 =$ Densidad del medio
 $c =$ velocidad del sonido

Esto debe ser el parámetro de aislamiento

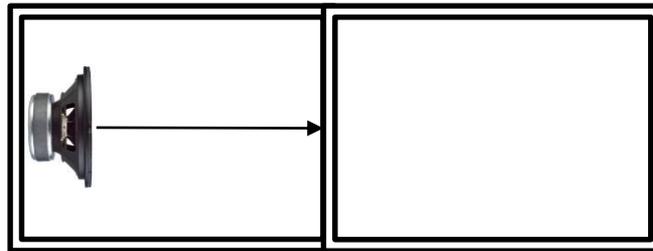
$$R = 10 \log \frac{1}{\tau}$$

Índice de aislamiento acústico R

$$R_{\theta} = 10 \log \left[1 + \left(\frac{m \cdot \pi \cdot f \cdot \cos \theta}{\rho_0 \cdot c} \right)^2 \right] \quad \theta = \text{Angulo de incidencia}$$

Si el sonido incide en forma perpendicular $\theta = 0$

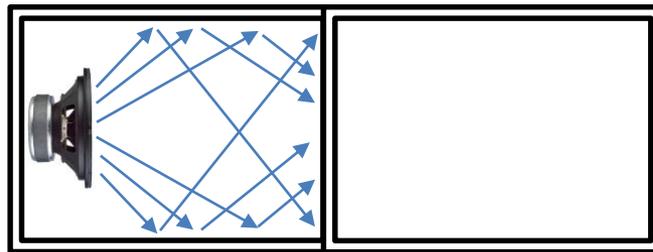
$$R_0 \cong 10 \log \left[\frac{m \cdot \pi \cdot f}{\rho_0 \cdot c} \right]^2 \longrightarrow R_0 \cong 20 \log (m \cdot f) - 48 \text{dB}$$



Ley de Masas

Si el sonido incide en forma difusa $\theta \neq 0$

$$R_d \cong 10 \log \left[\frac{m \cdot \pi \cdot f}{\rho_0 \cdot c} \right]^2 - b \quad b \text{ varía entre } 5 \text{db y } 10 \text{db}$$



Aislación Acústica

Ley de Masas $R=20 \log (m \cdot f) - 48\text{db}$

Aislamiento sonoro (R) de un cerramiento

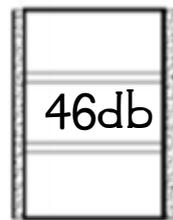
depende

Masa

Densidad Superficial



112db



15 cm

66db

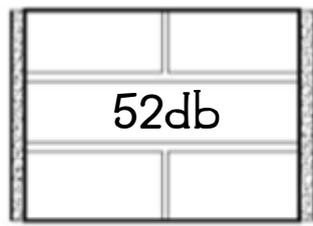


$$\sigma = \frac{m}{A}$$

← masa
← área



112db



30 cm

60db



Densidad	Aislación
25 Kg/m ²	32db
50 kg/m ²	38db
100 kg/m ²	44db
200 Kg/m ²	50db

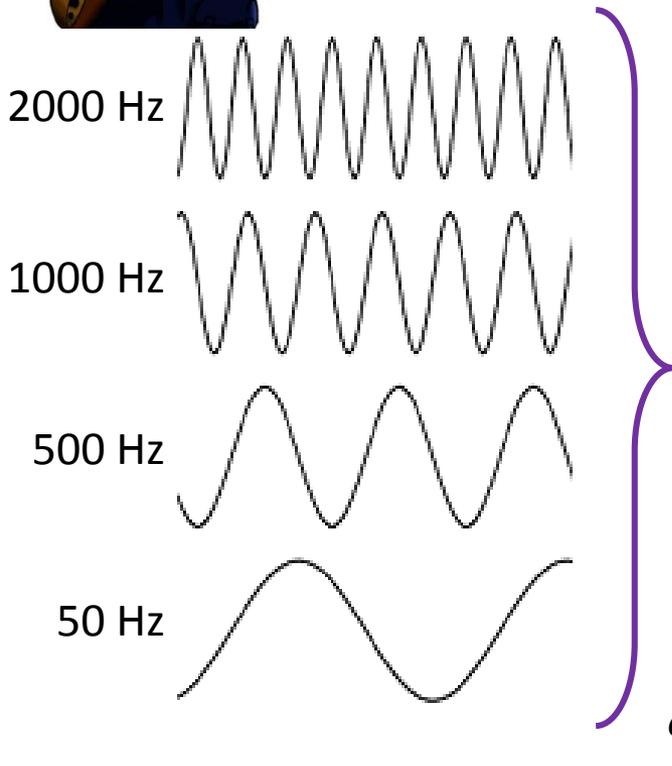
Efecto de la frecuencia en la ley de masas



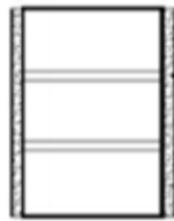
$$R = 20 \log f \cdot \sigma - 48db$$

Frecuencia

Densidad Superficial



Ladrillo



15 cm

$$\sigma = 300 \frac{Kg}{m^2}$$

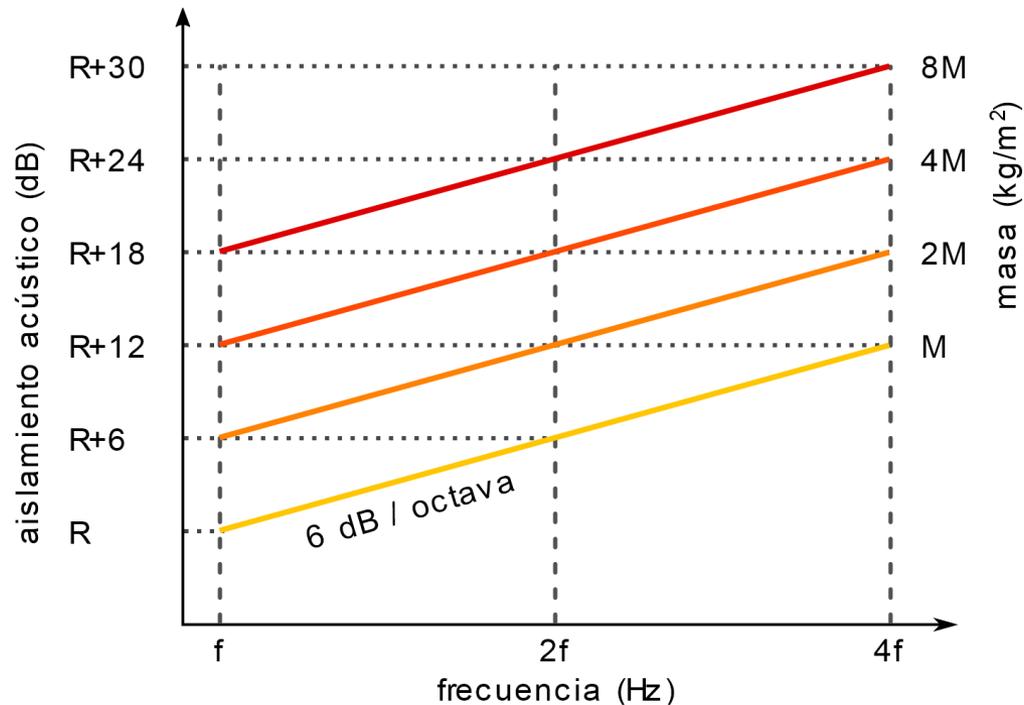
$$R_{2KHz} = 20 \log 2000 \cdot 300 - 48db = 67db$$

$$R_{1KHz} = 20 \log 1000 \cdot 300 - 48db = 61db$$

$$R_{500Hz} = 20 \log 500 \cdot 300 - 48db = 55db$$

$$R_{50Hz} = 20 \log 50 \cdot 300 - 48db = 35db$$

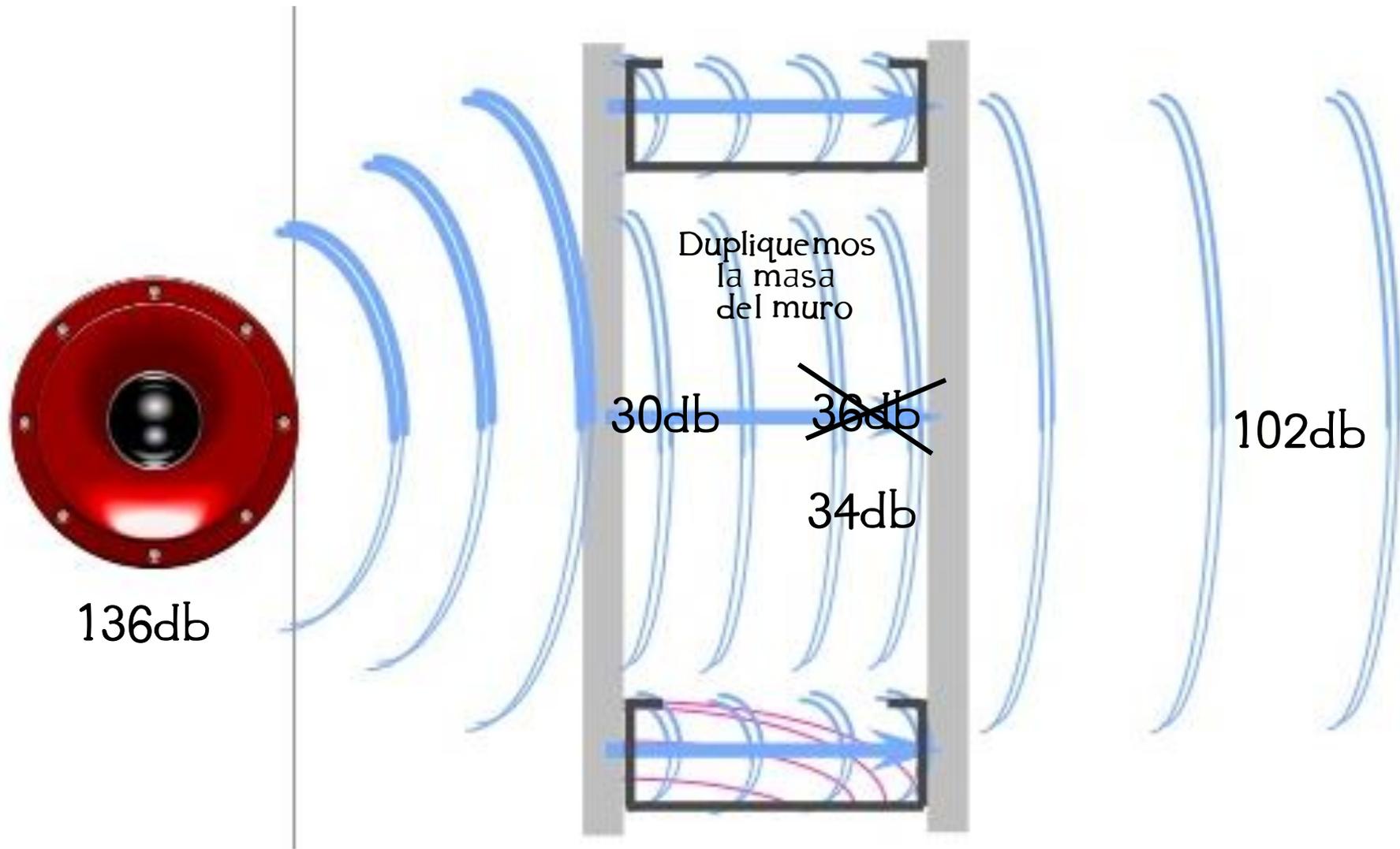
$$R = 20 \log f \cdot \sigma - 48 \text{ dB}$$



- Para un cerramiento y un ángulo de incidencia dados, el aislamiento crece a razón de 6 dB/octava (al duplicar la frecuencia).
- Para un cerramiento y un ángulo de incidencia dado, su aislamiento aumenta 6 dB cada vez que se duplica la masa.
- Para un cerramiento y una frecuencia dada el aislamiento disminuye al aumentar el ángulo de incidencia (las ondas rasantes se transmiten mejor que las normales).

Problemas de La Ley de Masas

Propagación del sonido en muros



Otros problemas de la Ley de Masas

Frecuencia crítica o de resonancia

Frecuencia incidente

=

Frecuencia de vibración natural del muro

“Efecto diafragma”

$$f_c = \frac{c^2}{2\pi e} \sqrt{\frac{12\rho}{E}(1-\mu^2)}$$

e: espesor

ρ: densidad

E: elasticidad

μ: Modulo de Poisson

Eficiencia

Ganamos 4db al duplicar la masa



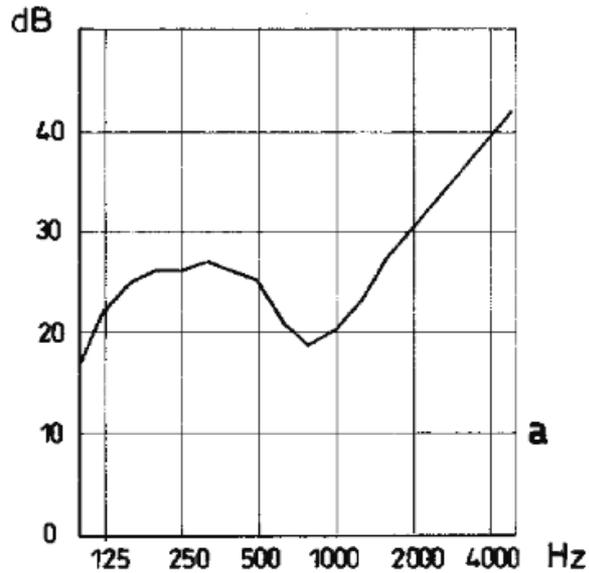
Masa del Muro	Atenuación en dB
15cm	40db
30cm	44db
60cm	48db
120cm	52db
240cm	56db
420cm	60db

Inviabile tanto por razones de diseño como económicas

Comportamiento REAL de la Ley de Masas

Aglomerado de melamina:

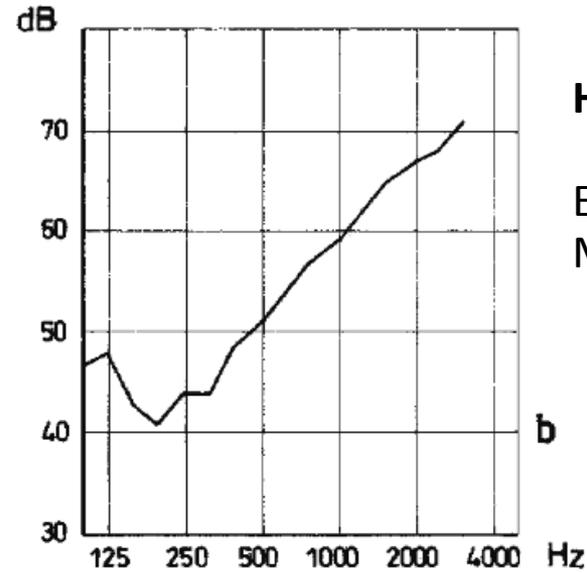
Esesor 0,05m
Masa 24 kg/m²



a

Hormigón

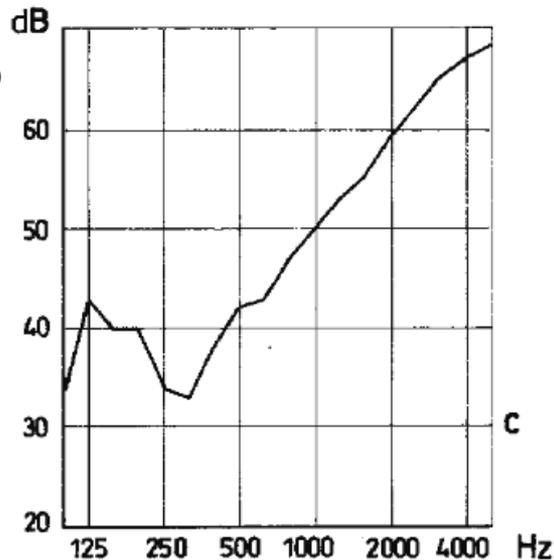
Esesor 0,14m
Masa 330 kg/m²



b

Ladrillo revocado

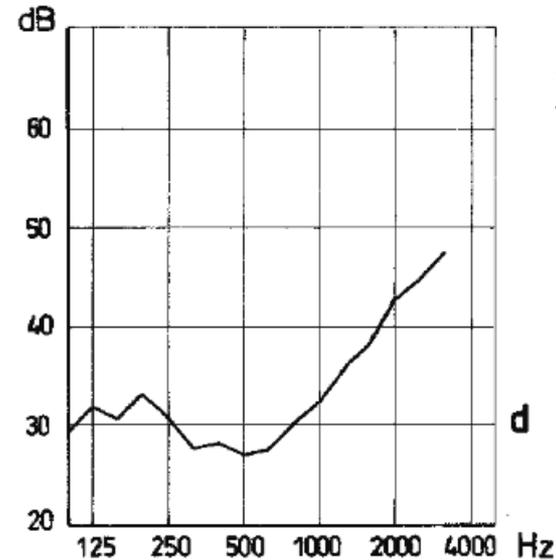
Esesor 0,11m
Masa 250 kg/m²



c

Suspendido de yeso

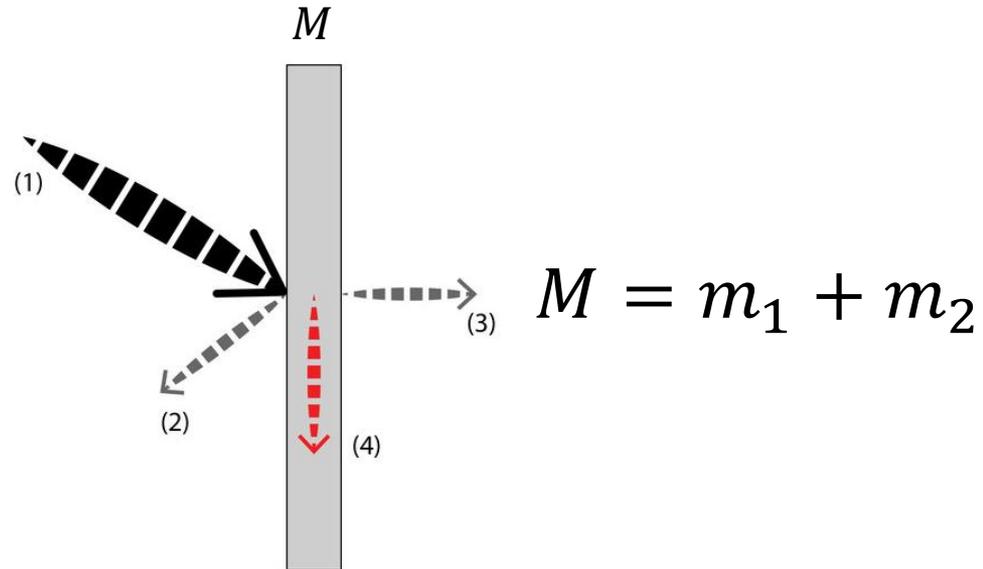
Esesor 0,07m
Masa 65 kg/m²



d

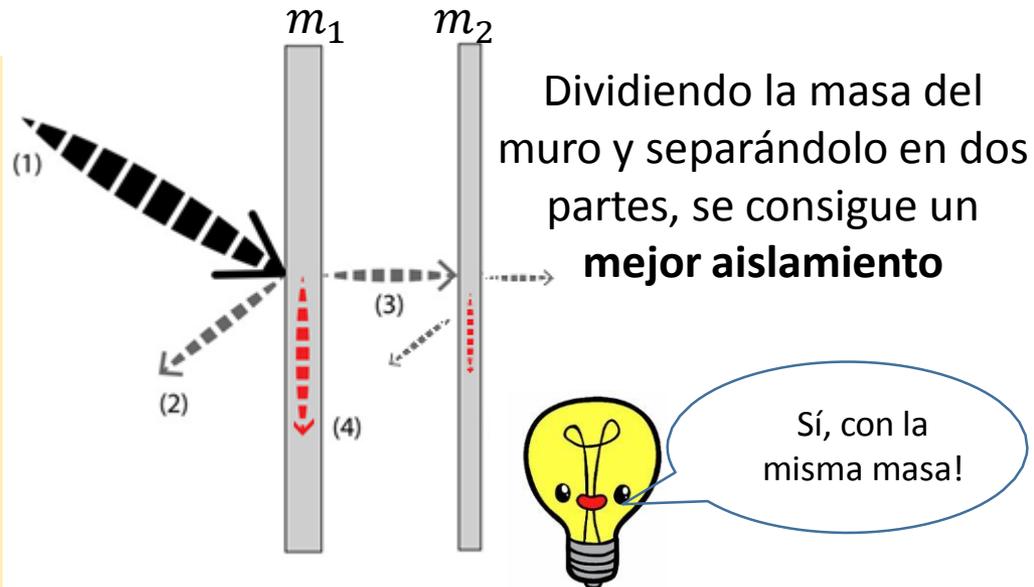
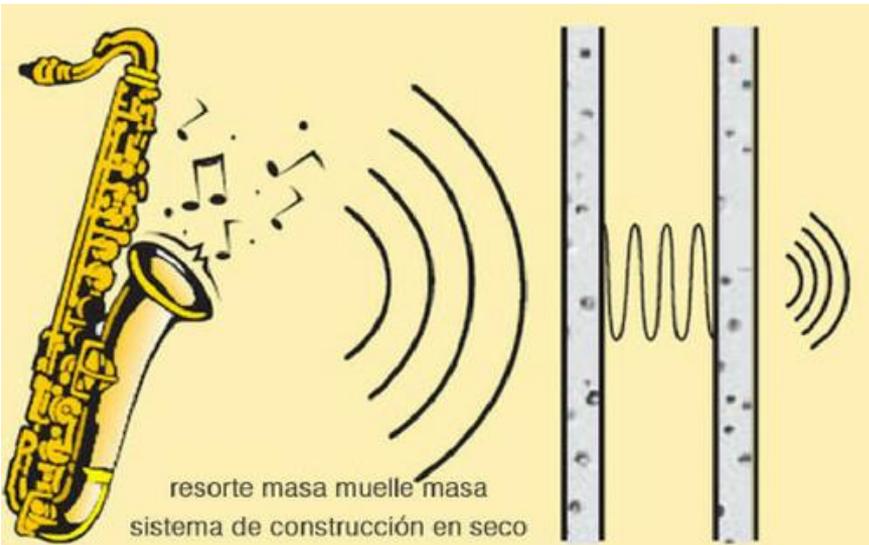
Ley de Masa-Resorte-Masa

M

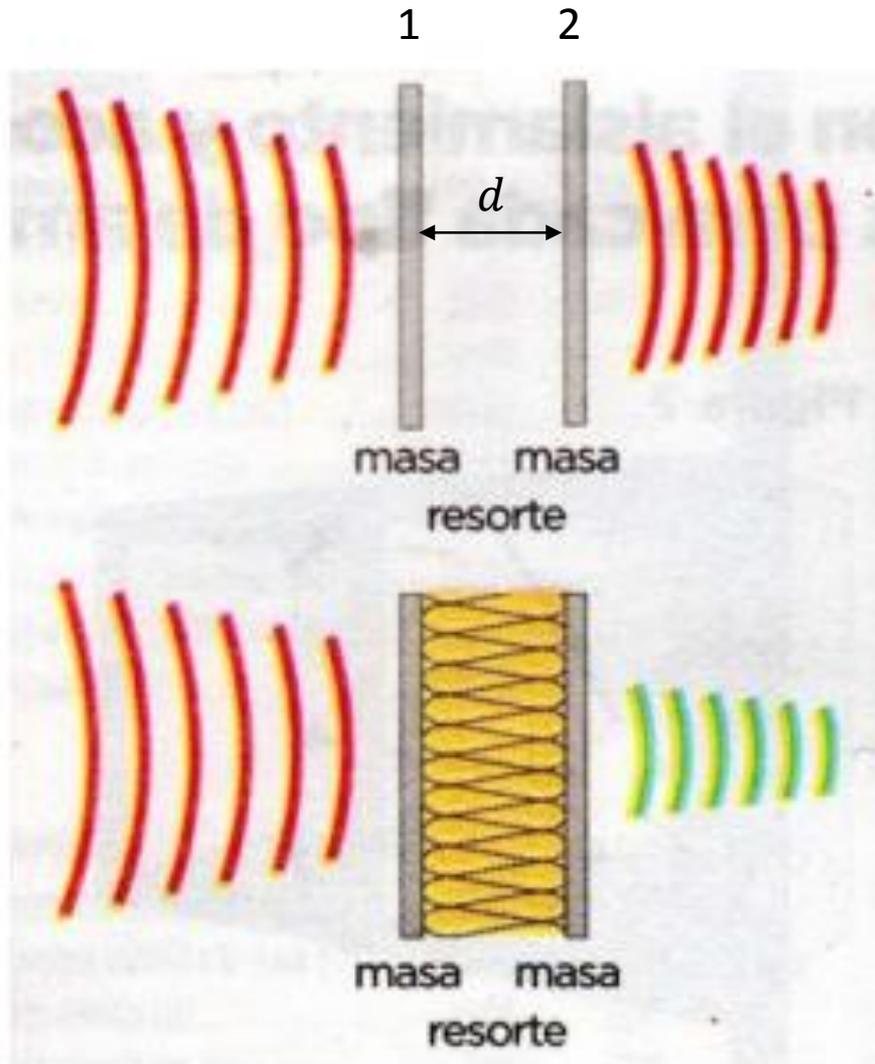


m_1

m_2



Frecuencia de Resonancia



Para sistemas sin material de relleno

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{1}{d} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}}$$

d : distancia entre los muros medida en cm

Para sistemas con material de relleno

$$f_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho}{d} \cdot \frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2}}$$

ρ : densidad superficial del relleno

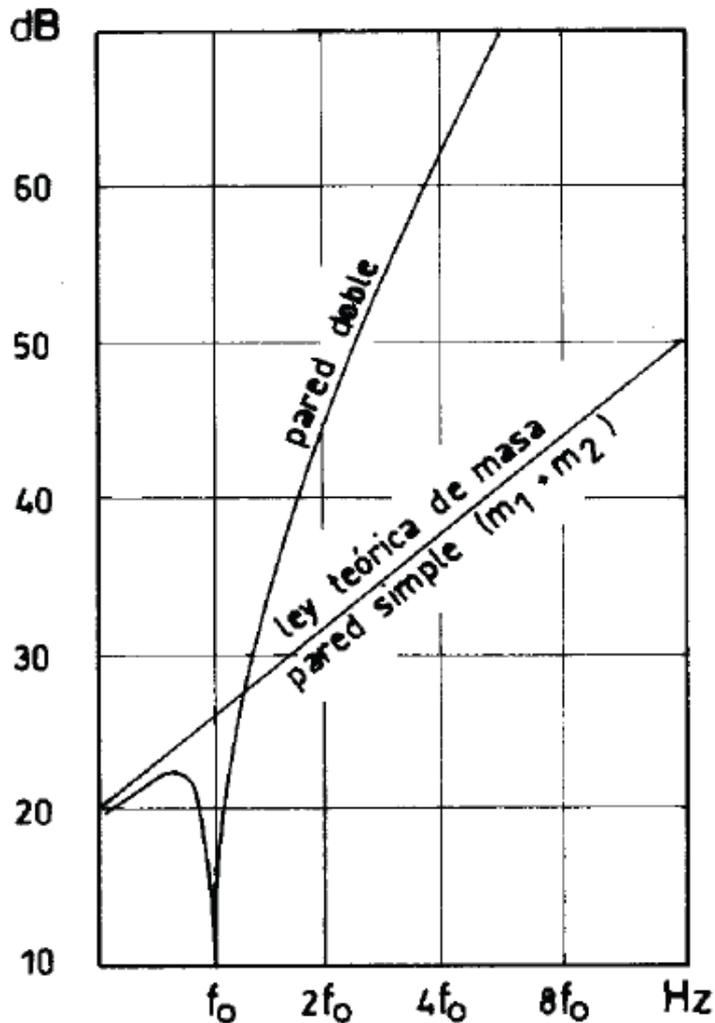
d : espesor del material de relleno

Es sumamente importante que f_0 este lo mas bajo posible

Atenuación de un sistema Masa-Resorte-Masa

$$R = 20 \log \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot \omega (\omega_0^2 - \omega^2)}{2 f_0 \cdot c \cdot k}$$

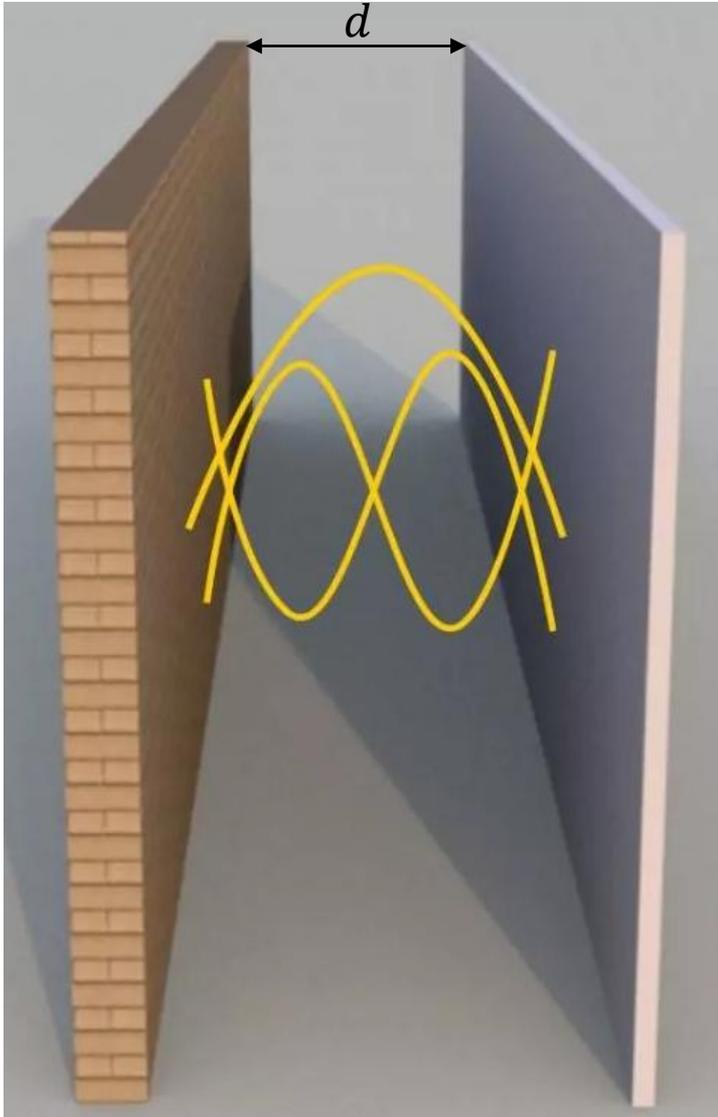
$$\omega = 2\pi \cdot f$$



- Para frecuencias inferiores a f_0 la doble pared se comporta como una pared simple de igual masa total.
- Para f_0 hay una gran pérdida de aislamiento y para frecuencias superiores a f_0 se nota la conveniencia de la doble pared.
- El aumento del aislamiento con la frecuencia es, a partir de f_0 , igual a 18 dB/octava (al duplicar la frecuencia) contra a los 6 dB/octava para una pared simple.

Problemas de La Ley de Masa-Resorte-Masa

Ondas estacionarias entre muros



Entre los muros se producen ondas estacionarias.

$$f_n = \frac{170}{d} n$$

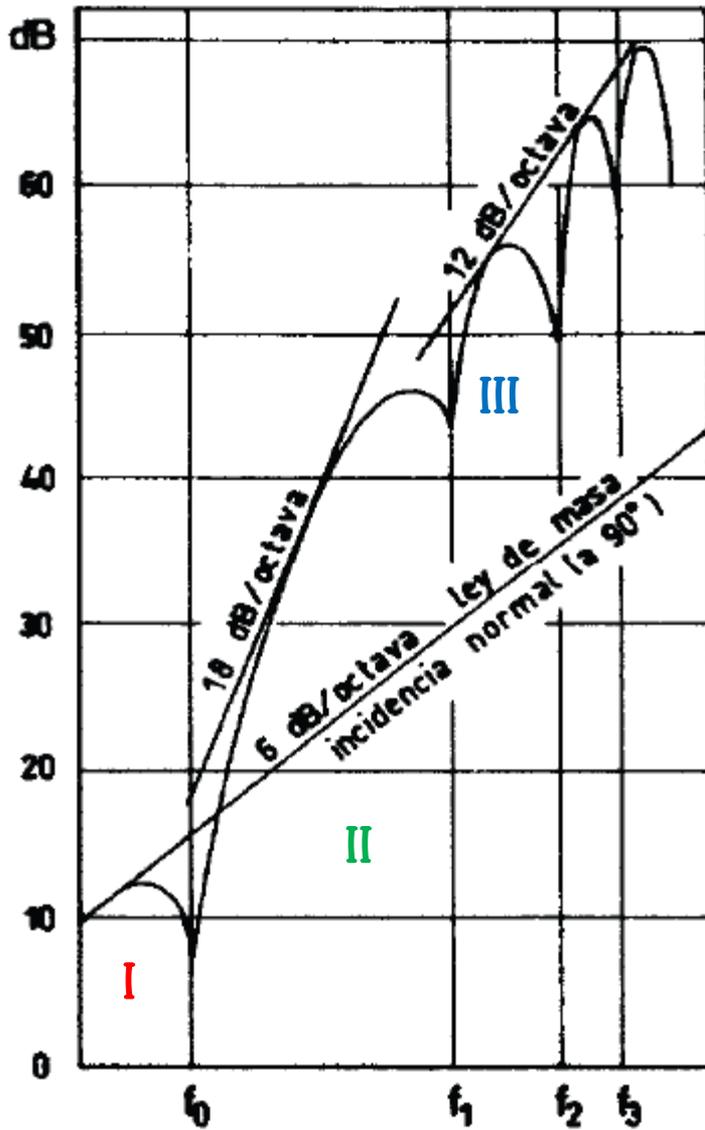
Se retroalimentan y transmiten con gran facilidad

Disminuye el aislamiento, el doble muro se comporta casi uniforme

Para evitarlo

Rellenamos la cámara con un material absorbente

Atenuación de un sistema Masa-Resorte-Masa



Región I Frecuencias Bajas $f < f_0$
Menor eficiencia del sistema

$$R = 20 \log(f \cdot \sigma_1 + \sigma_2) - 48 \text{db}$$

Región II Frecuencias medias $f_0 < f < f_1$

Se incrementa la aislación
18db al duplicar la frecuencia

$$R = 20 \log \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot \omega (\omega_0^2 - \omega^2)}{2f_0 \cdot c \cdot k}$$

Región III Frecuencias altas $f > f_1$

Aparecen ondas estacionarias
El relleno actúa atenuándolas

El rendimiento baja a 12db al
duplicar la frecuencia

f_0 : Frecuencia de resonancia del sistema

f_1, f_2, f_3 : Ondas rebotando en la cámara

Atenuación de un sistema Masa-Resorte-Masa

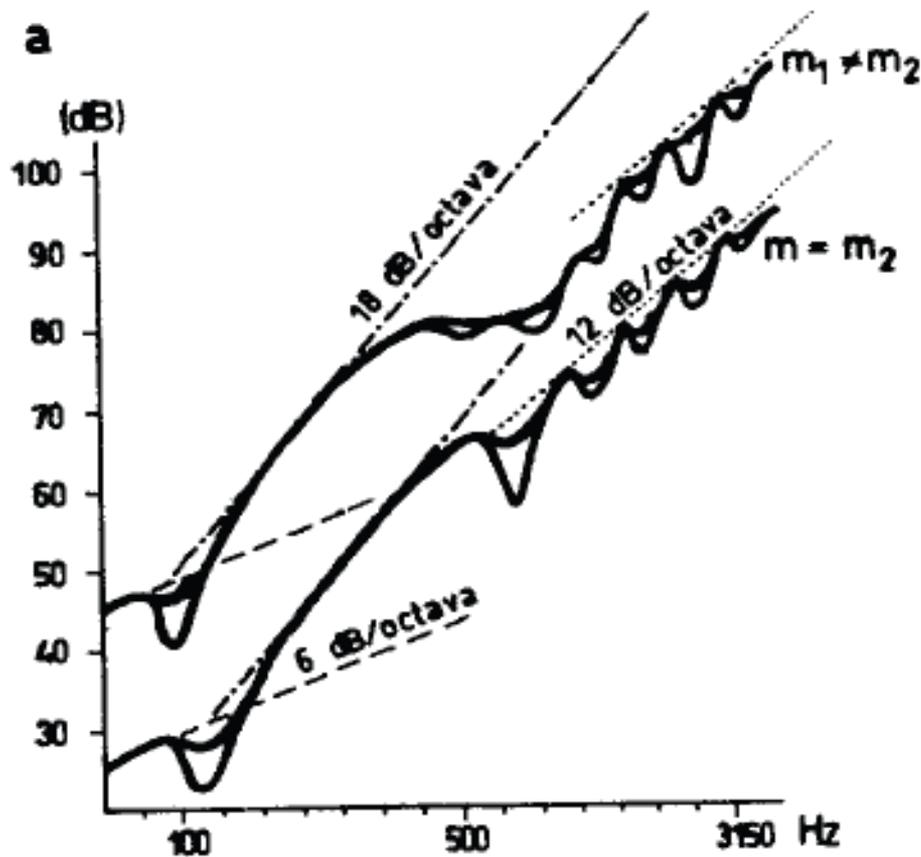


Figura 13.13: Comparación entre el aislamiento acústico obtenido con un cerramiento de doble hoja, según que la masa de ambas hojas sea igual o distinta.

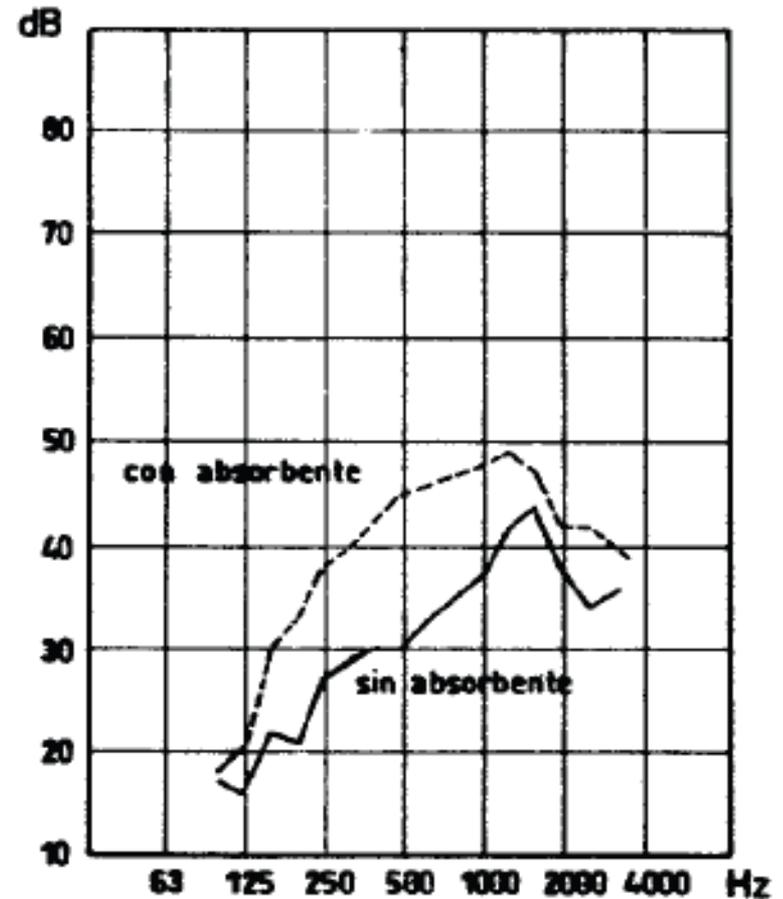
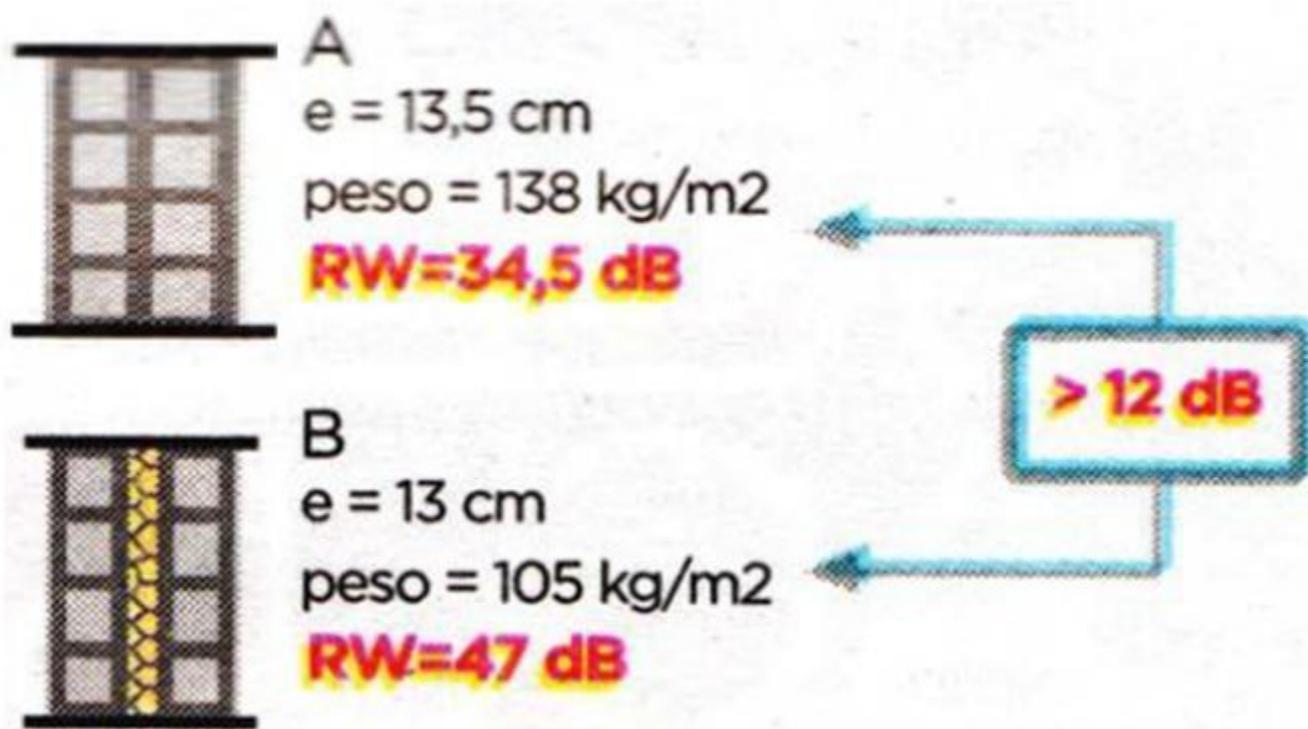


Figura 13.14: Efecto en el aislamiento acústico, de la interposición de un absorbente en la cámara de aire de un cerramiento doble. (Mestre y García).

Comparación entre Ley de Masas y Sistema M-R-M



El aislamiento de una pared doble
NO es igual a la suma de dos paredes simples

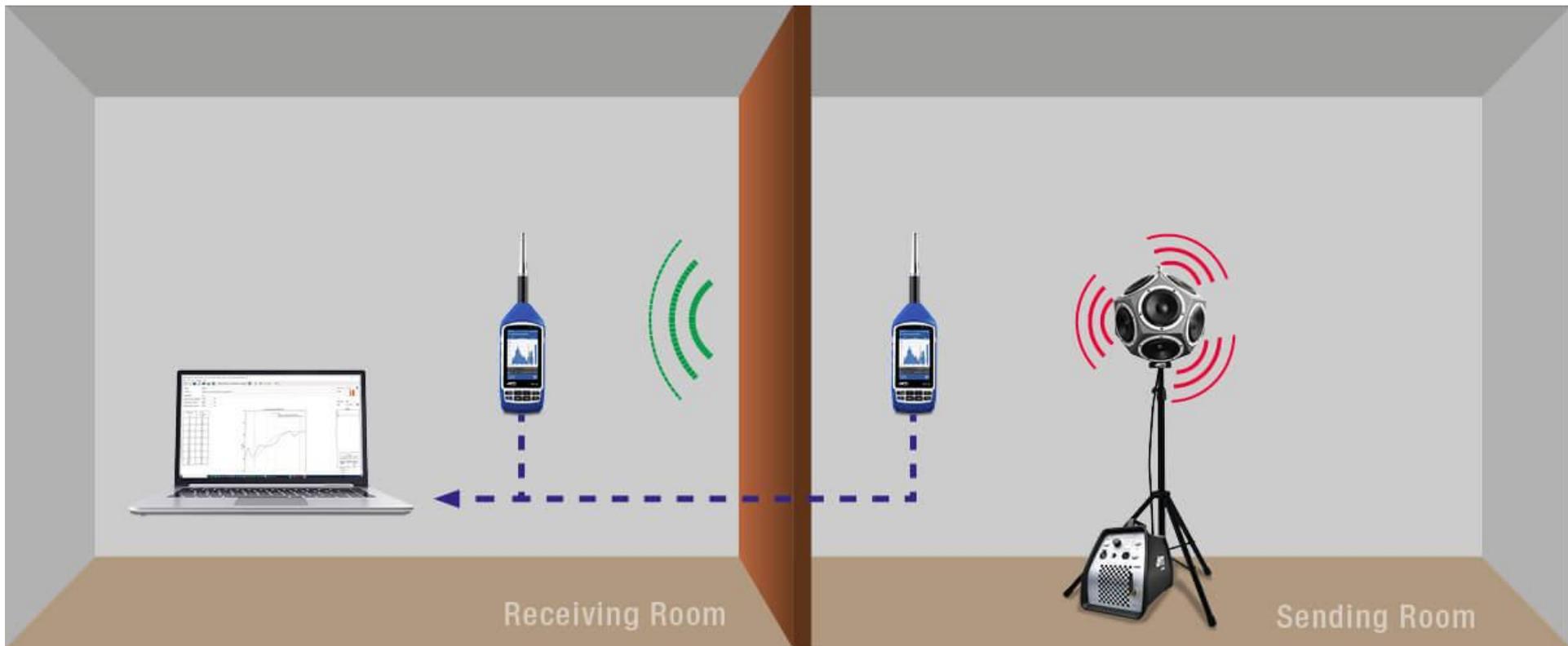
Aislamiento Acústico Global RW



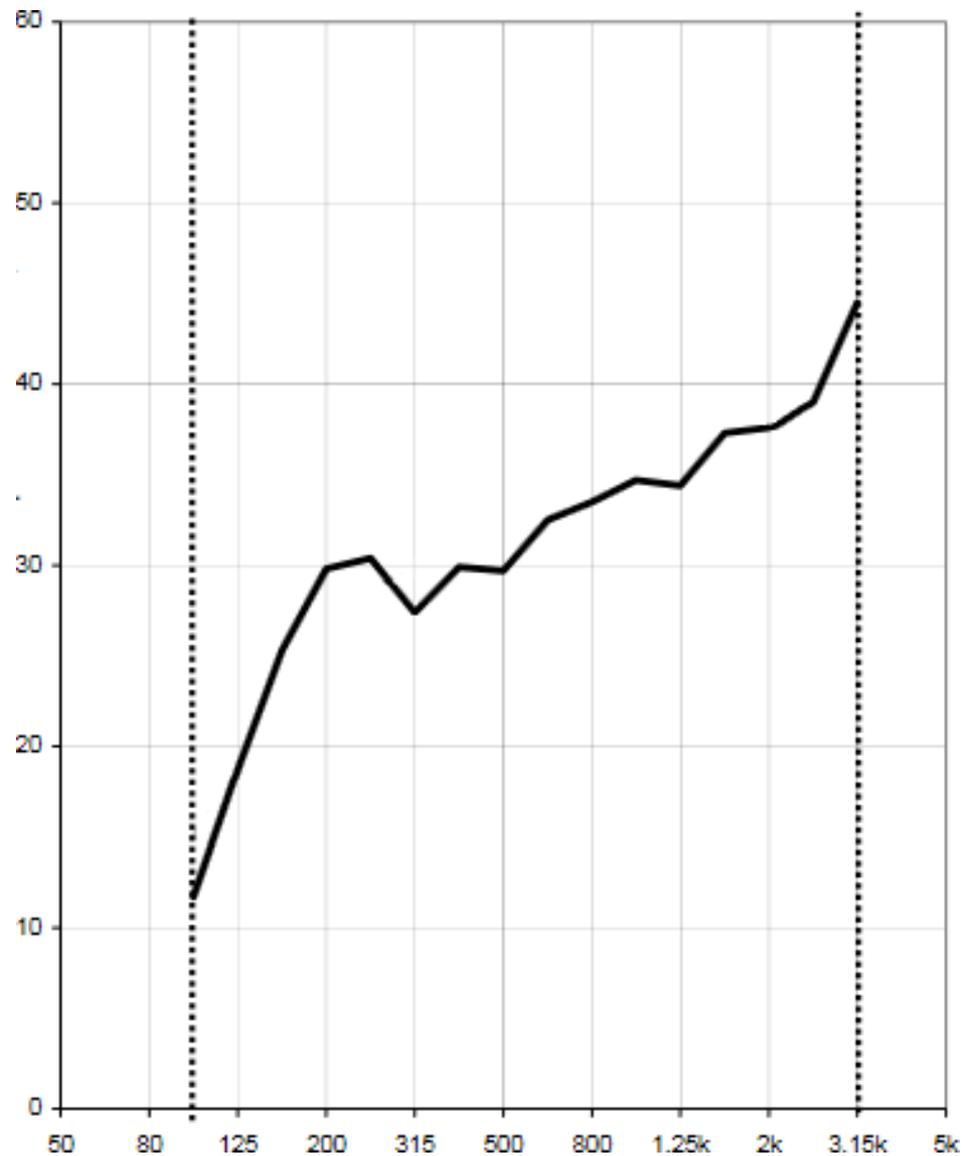
Frecuencia Hz
100
125
160
200
250
315
400
500
630
800
1 000
1 250
1 600
2 000
2 500
3 150

Parlante Omnidireccional

Aislamiento Acústico Global RW



Aislamiento Acústico Global RW

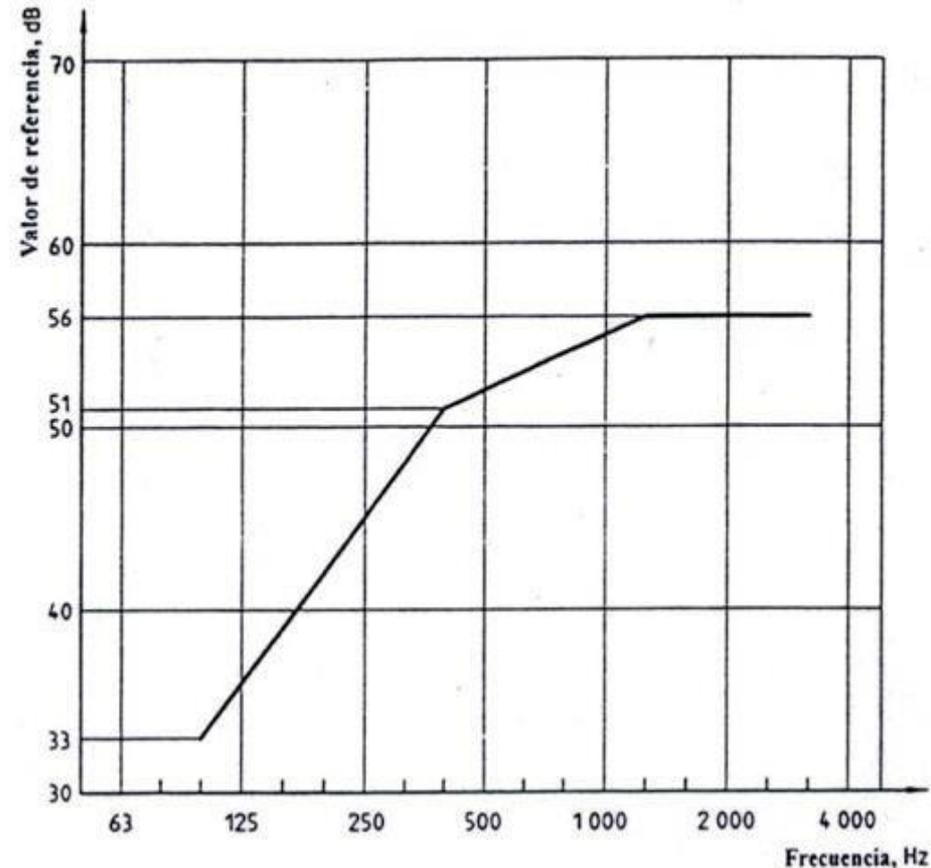


Frecuencia Hz
100
125
160
200
250
315
400
500
630
800
1 000
1 250
1 600
2 000
2 500
3 150

Aislamiento Acústico Global RW

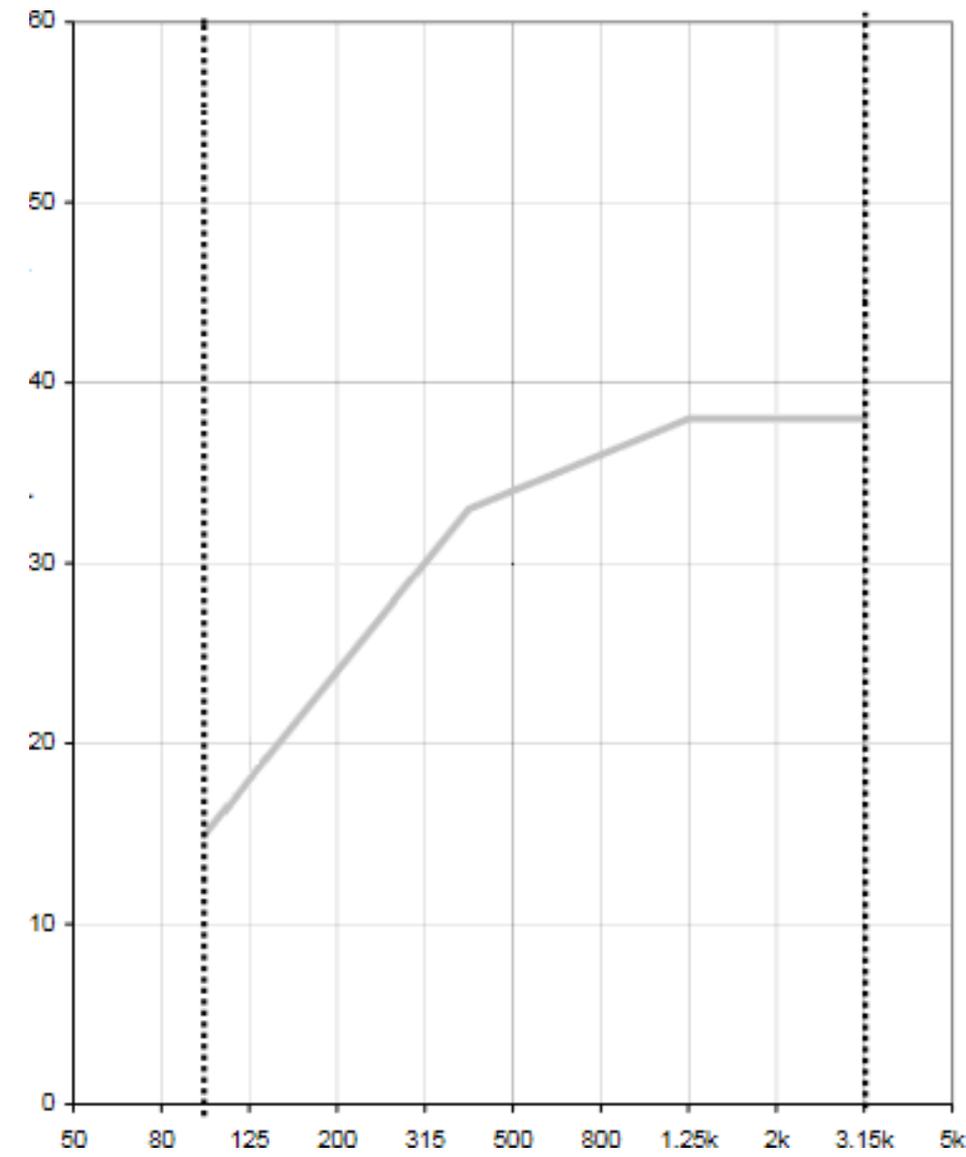
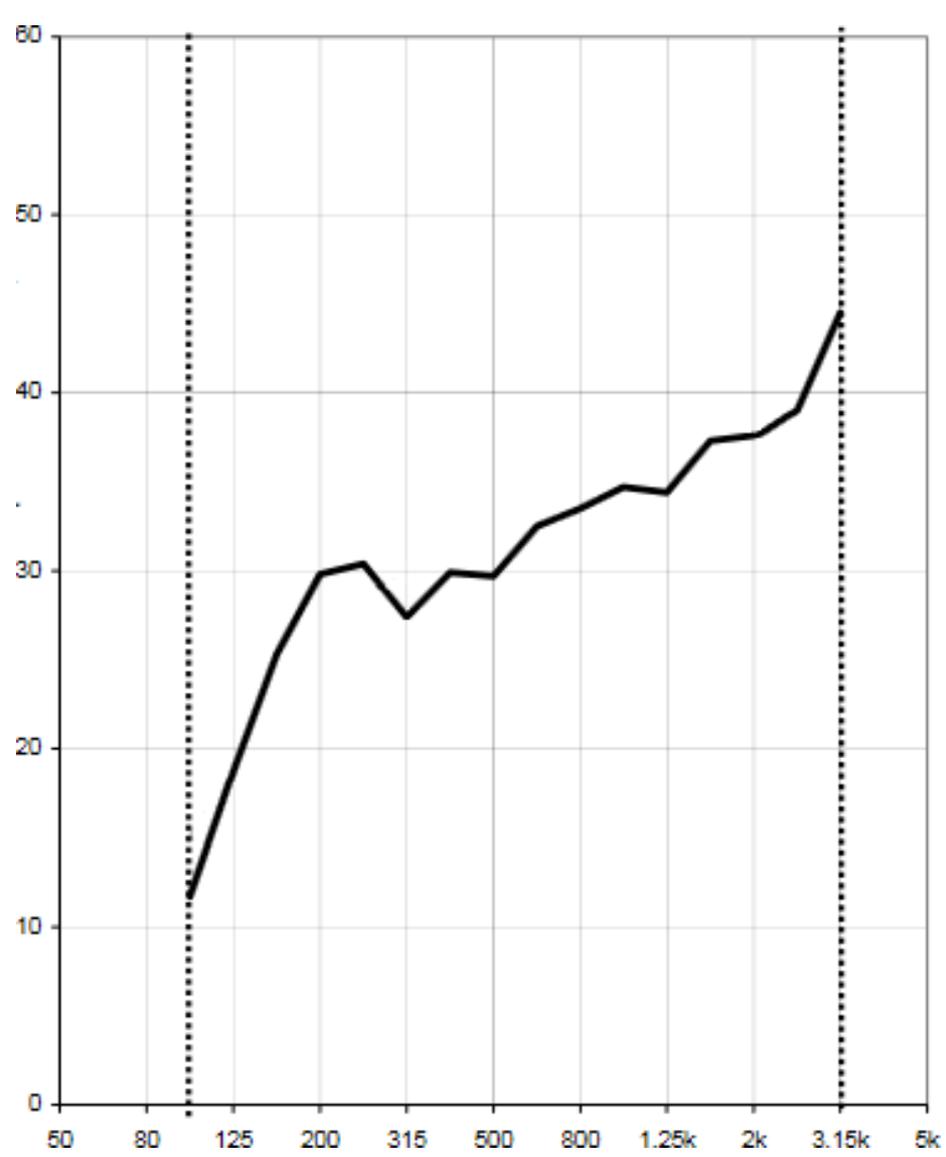
Curva de Referencia Norma ISO

Frecuencia Hz	Valores de referencia, dB	
	Bandas de tercio de octava	Bandas de octava
100	33	36
125	36	
160	39	
200	42	45
250	45	
315	48	
400	51	52
500	52	
630	53	
800	54	55
1 000	55	
1 250	56	
1 600	56	56
2 000	56	
2 500	56	
3 150	56	

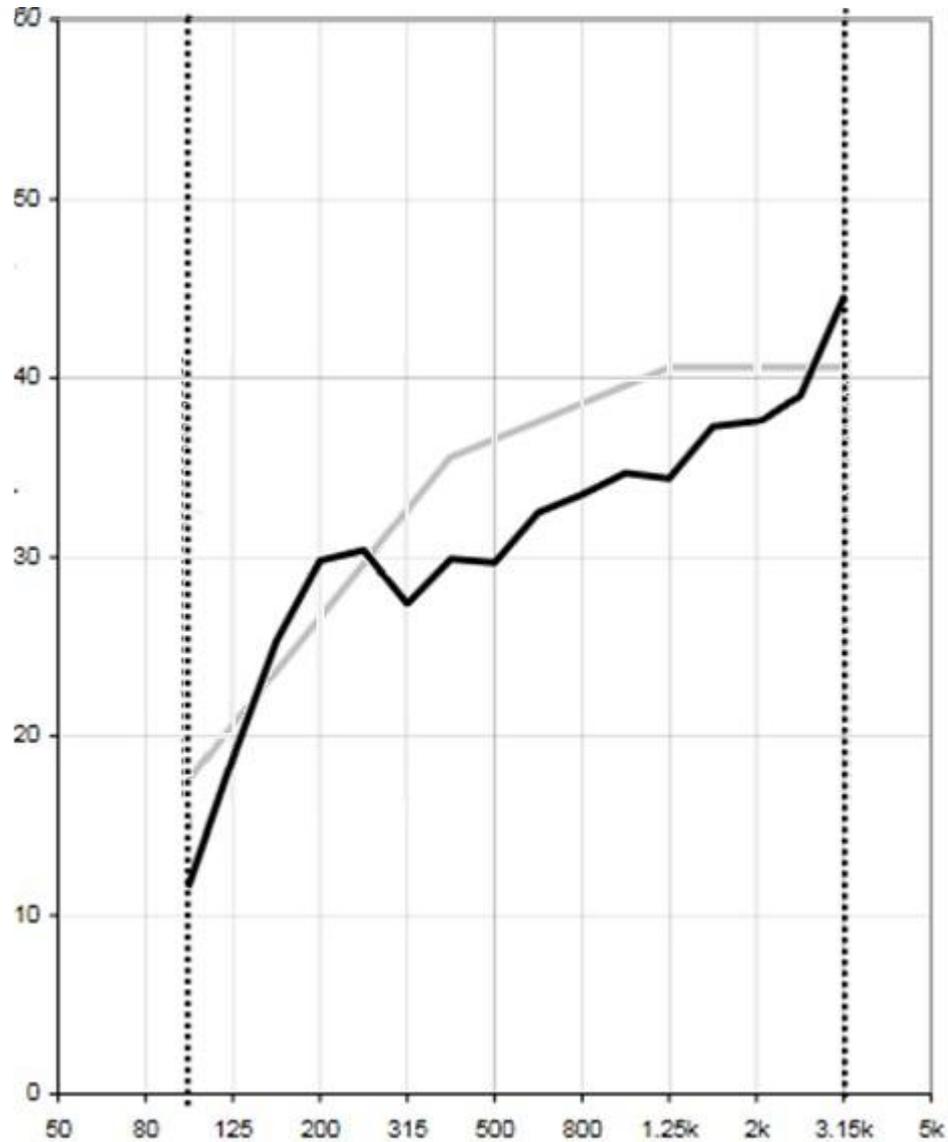


Norma ISO 717

Calculo de RW

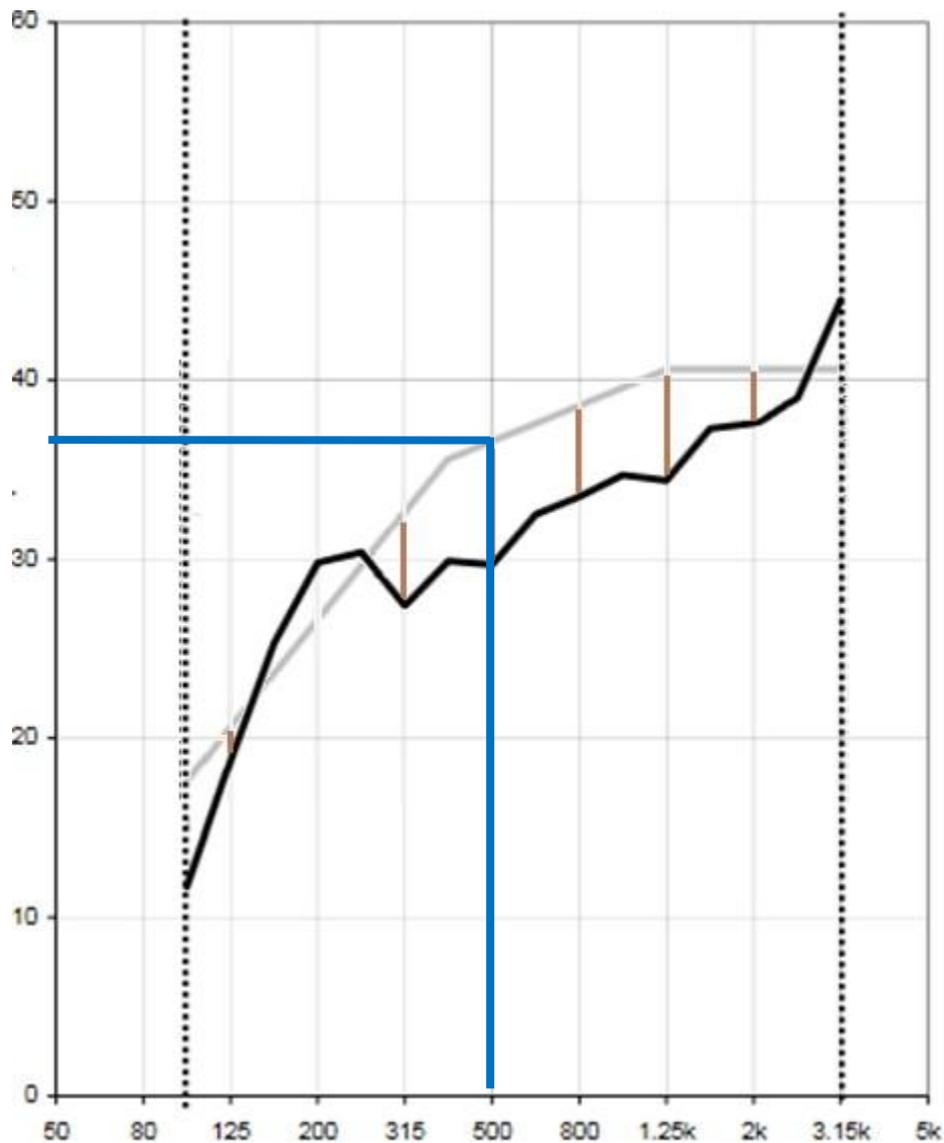


Calculo de RW



Calculo de RW

$RW = 36\text{dB}$



La Diferencia positiva entre las curvas debe ser

$\leq 32\text{db}$

Buscamos el valor de R para 500hz en la curva patrón

Ese es RW

Calculo de RW

mi muro



Frecuencia	dB calculado	dB ISO 717	dB ISO+1db	Desviación	dB ISO+2db	Desviación	dB ISO+3db	Desviación	dB ISO+4db	Desviación	dB ISO+5db	Desviación												
100	36,6	33	34	-2,6	35	-1,6	36	-0,6	37	0,4	38	1,4												
125	38,6	36	37	-1,6	38	-0,6	39	0,4	40	1,4	41	2,4												
160	40,7	39	40	-0,7	41	0,3	42	1,3	43	2,3	44	3,3												
200	42,7	42	43	0,3	44	1,3	45	2,3	46	3,3	47	4,3												
250	44,6	45	46	1,4	47	2,4	48	3,4	49	4,4	50	5,4												
315	46,6	48	49	2,4	50	3,4	51	4,4	52	5,4	53	6,4												
400	48,7	51	52	3,3	53	4,3	54	5,3	55	6,3	56	7,3												
500	50,6	52	53	2,4	54	3,4	55	4,4	56	5,4	57	6,4												
630	52,6	53	54	1,4	55	2,4	56	3,4	57	4,4	58	5,4												
800	54,7	54	55	0,3	56	1,3	57	2,3	58	3,3	59	4,3												
1000	56,6	55	56	-0,6	57	0,4	58	1,4	59	2,4	60	3,4												
1250	58,6	56	57	-1,6	58	-0,6	59	0,4	60	1,4	61	2,4												
1600	60,7	56	57	-3,7	58	-2,7	59	-1,7	60	-0,7	61	0,3												
2000	62,7	56	57	-5,7	58	-4,7	59	-3,7	60	-2,7	61	-1,7												
2500	64,6	56	57	-7,6	58	-6,6	59	-5,6	60	-4,6	61	-3,6												
				11,5 db					19,2 db					29 db					40,4 db					52,7 db



referencia de la norma



mas proximo a 32db sin pasarme