



“Aislación Acústica”

Ing. Juan Bertrán

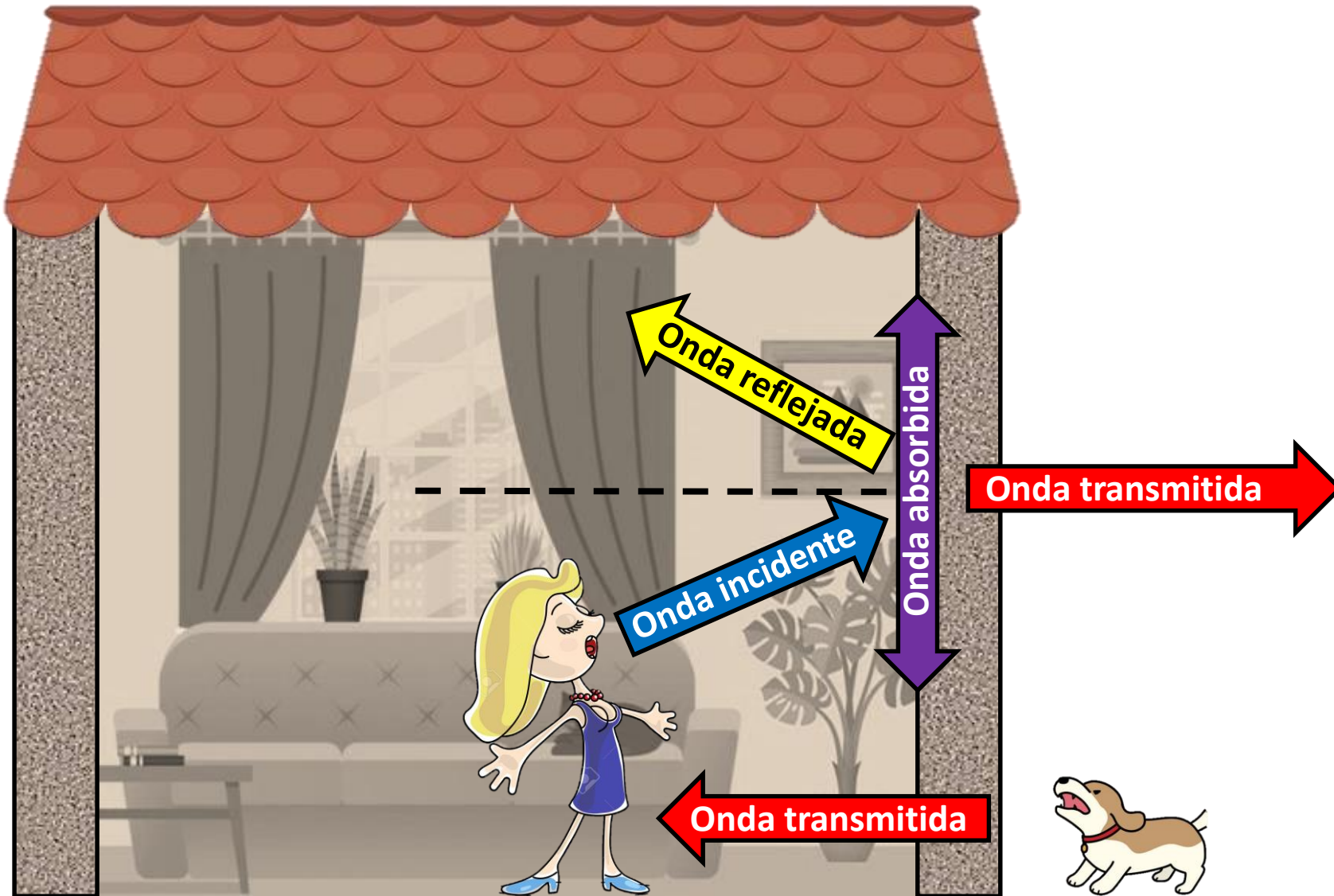
*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

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

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)

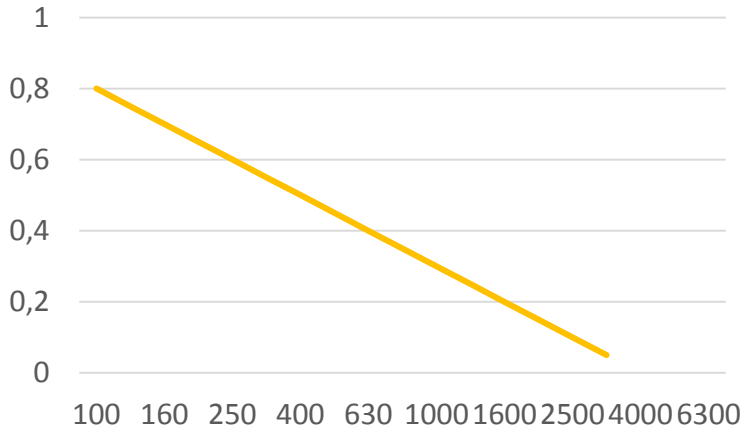
La igualdad no cambia

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

Comportamiento de los parámetros acústicos a diferentes frecuencias

r

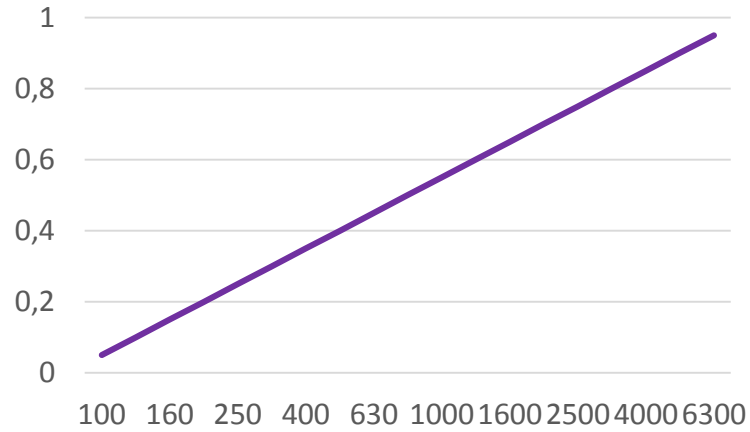
Reflexión



— Reflexión

α

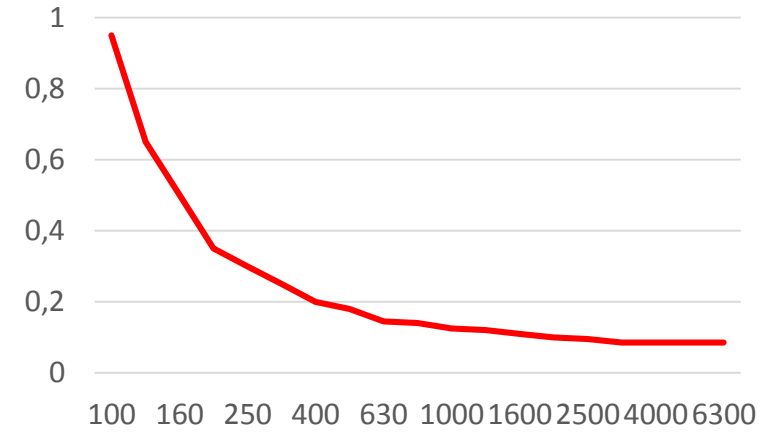
Absorción



— Absorción

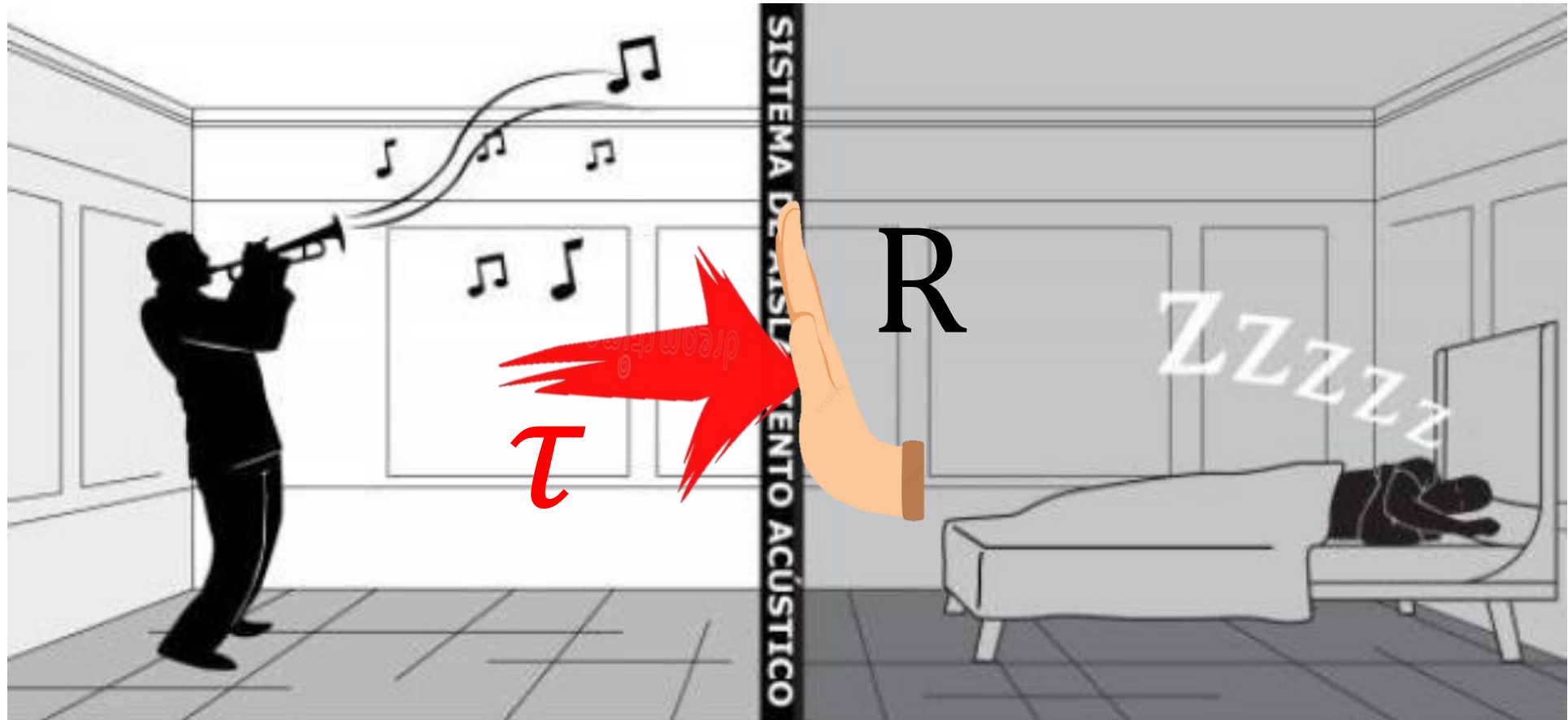
τ

Transmisión



— 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
 ρ_0 = Densidad del medio
 c = velocidad del sonido

Esto debe ser el parámetro de aislamiento

Índice de aislamiento acústico R

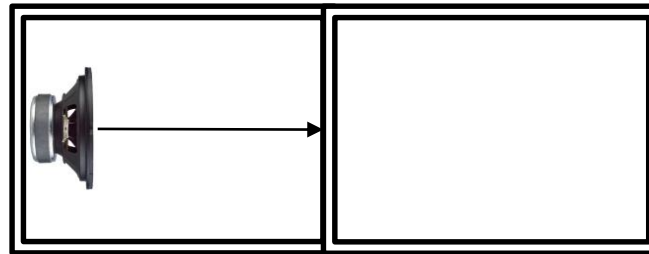
$$a_{\theta} = 10 \log \left[1 + \left(\frac{m \cdot \pi \cdot f \cdot \cos \theta}{\rho_0 \cdot c} \right)^2 \right]$$

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

$$a_0 \cong 10 \log \left[\frac{m \cdot \pi \cdot f}{\rho_0 \cdot c} \right]^2 \longrightarrow$$

$$a_0 \cong 20 \log(m \cdot f) - 48$$

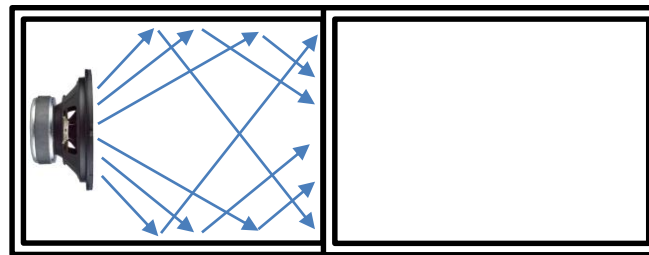
Ley de Masas



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

$$a_d \cong 10 \log \left[\frac{m \cdot \pi \cdot f}{\rho_0 \cdot c} \right]^2 - b$$

b varía entre 5 y 10db



Aislación Acústica

Ley de Masas

$$R = 20 \log f \cdot m - 48 \text{db}$$

Aislamiento sonoro (R) de un cerramiento

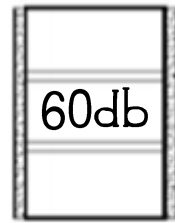
depende

Masa

Densidad Superficial



110db



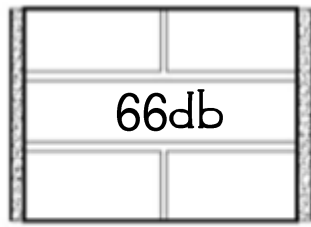
15 cm

60db

50db



110db



30 cm

66db

44db



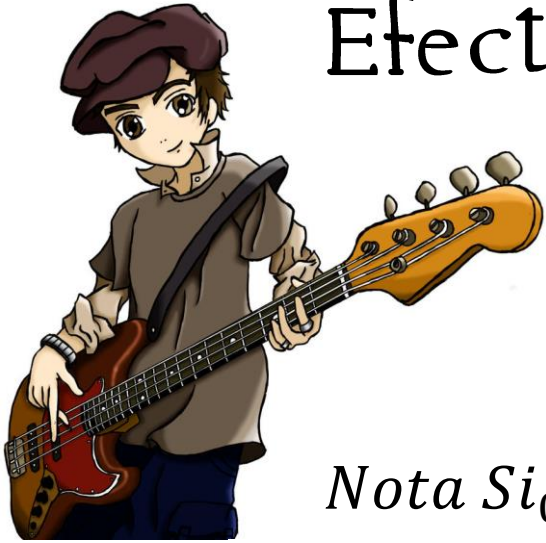
Densidad	Aislación
25 Kg/m ²	32db
50 kg/m ²	38db
100 kg/m ²	44db
200 Kg/m ²	50db

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

← masa

← área

Efecto de la frecuencia en la ley de masas



Nota Si₀ a 80db

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

Frecuencia

Densidad superficial

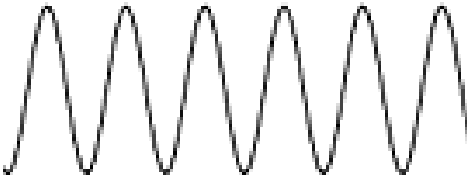
50 Hz



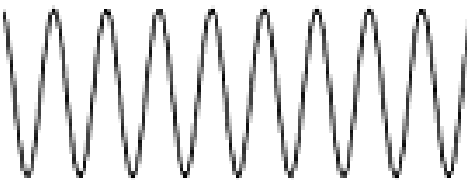
100 Hz



1500 Hz



3000 Hz



Ladrillo



15 cm

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

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

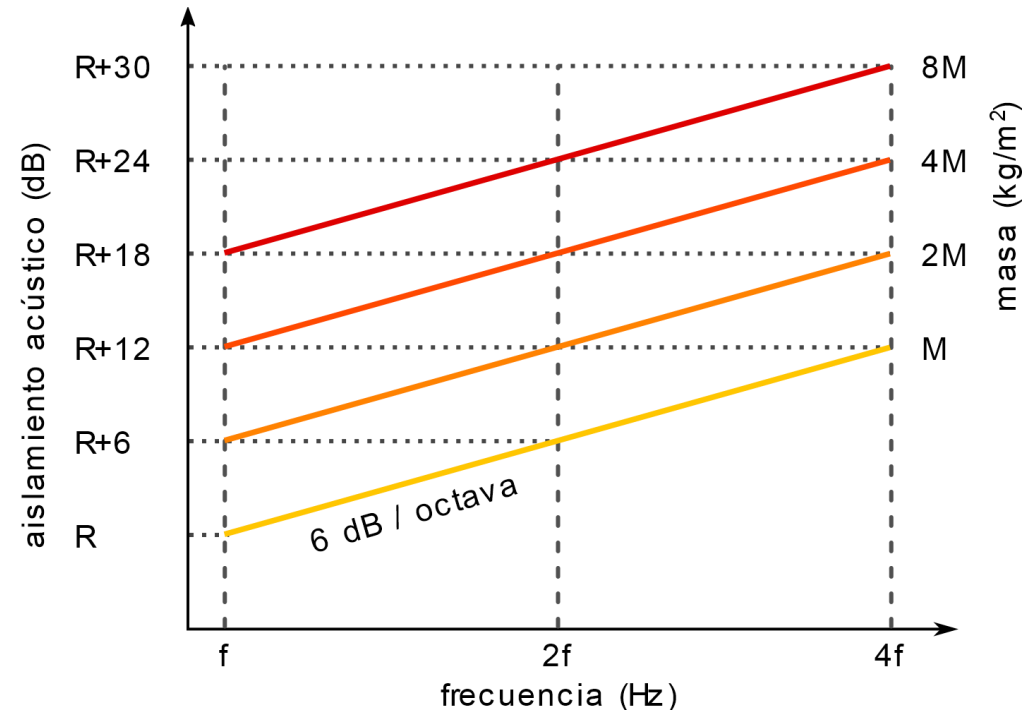
$$R_{100Hz} = 20 \log 100 \cdot 300 - 48db = 41db$$

$$R_{1500Hz} = 20 \log 1500 \cdot 300 - 48db = 65db$$

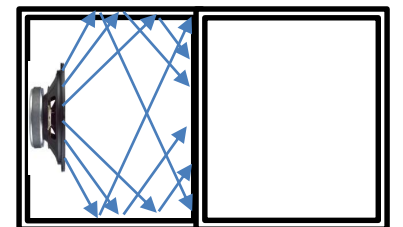
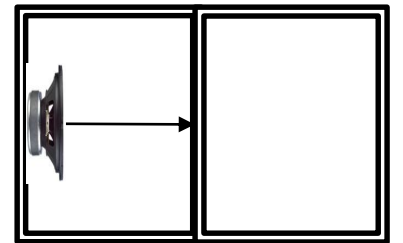
$$R_{3000Hz} = 20 \log 3000 \cdot 300 - 48db = 71db$$

Ley de Masas

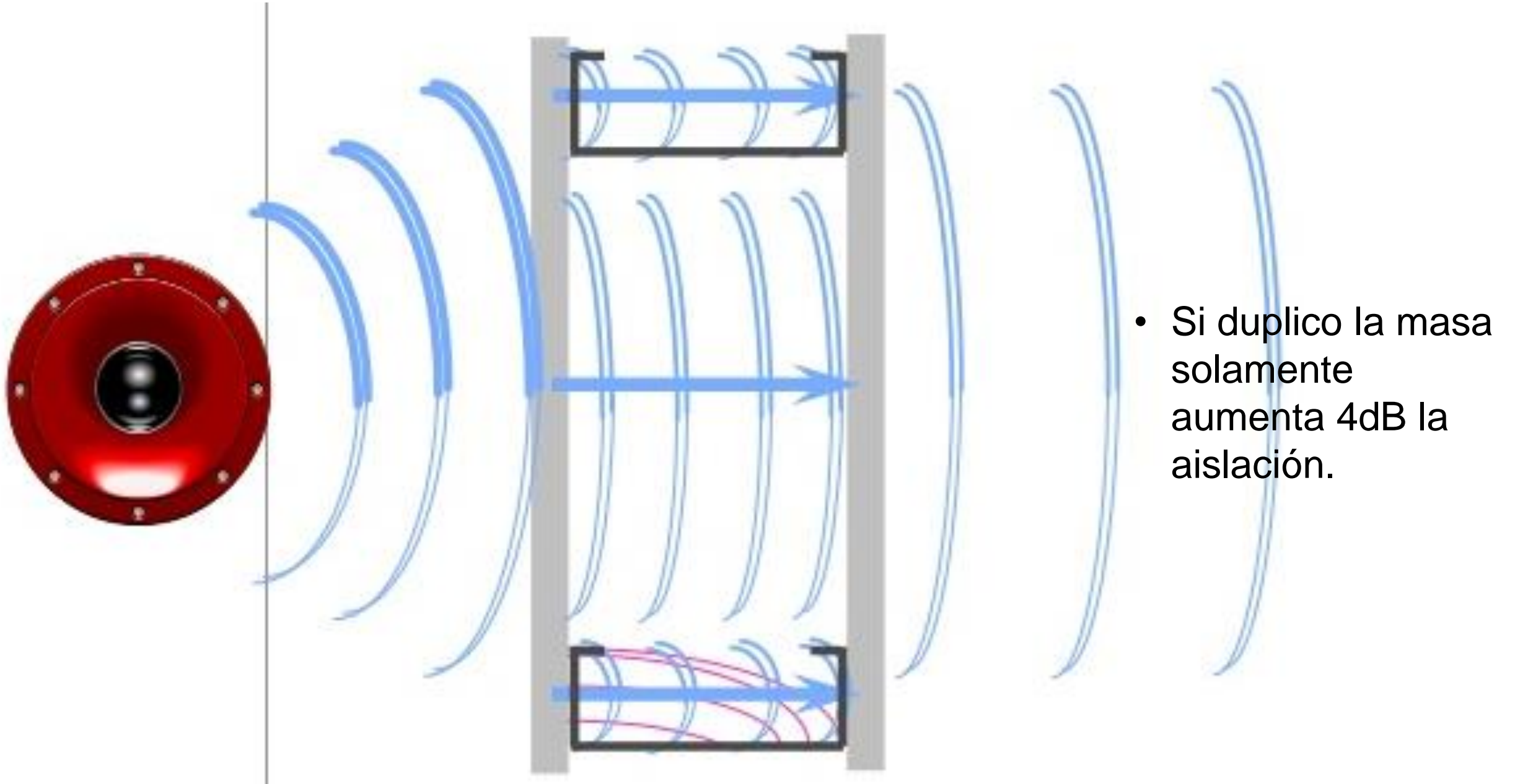
$$R = 20 \log f \cdot \sigma - 48 \text{ dB}$$



- 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 un ángulo de incidencia dados, el aislamiento crece a razón de 6 dB/octava (al duplicar la frecuencia).
- *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).*



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



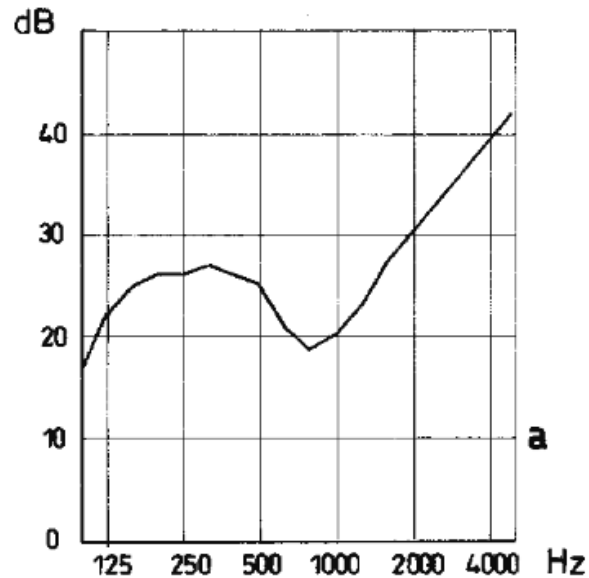
Masa del Muro	Atenuación en dB
15cm	40db
30cm	44db
60cm	48db
120cm	52db
240cm	56db
420cm	60db

Inviabile tanto por razones de diseño como económicas

Comportamiento real del R de un muro con la frecuencia

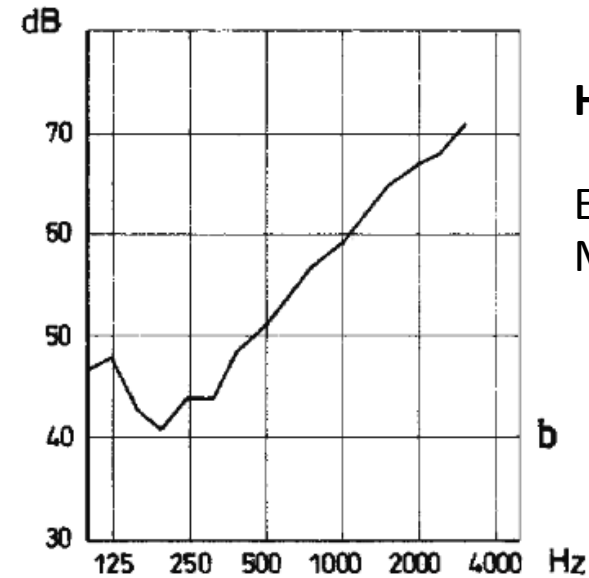
Aglomerado de melamina:

Espesor 0,05m
Masa 24 kg/m²



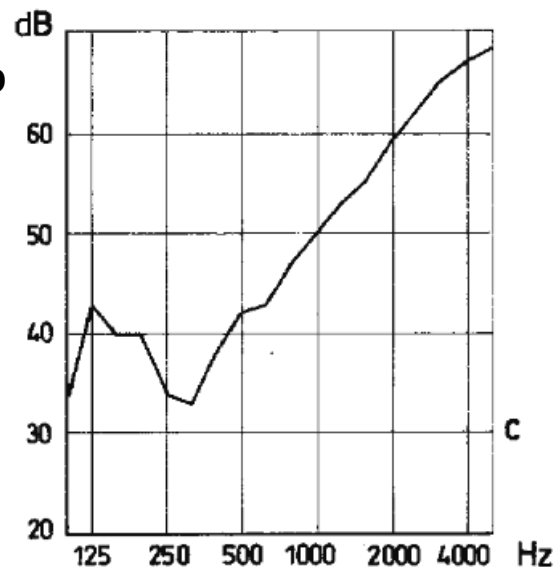
Hormigón

Espesor 0,14m
Masa 330 kg/m²



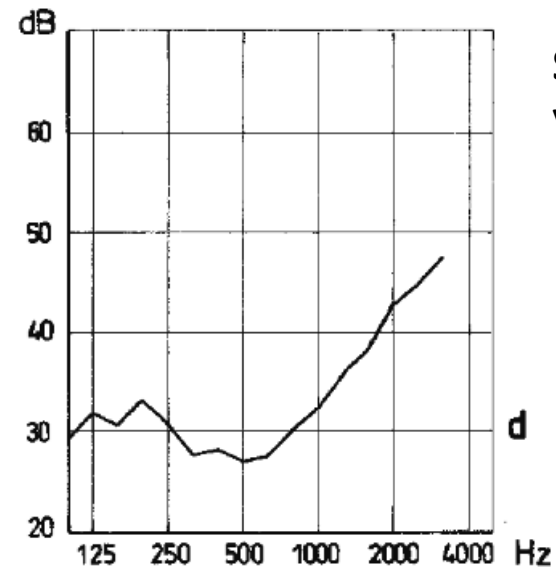
Ladrillo revocado

Espesor 0,11m
Masa 250 kg/m²

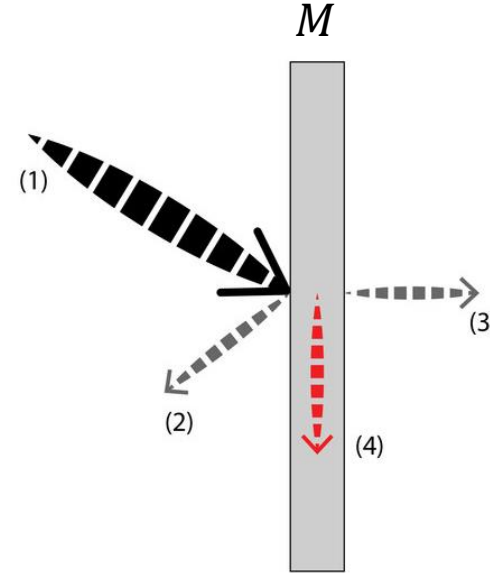
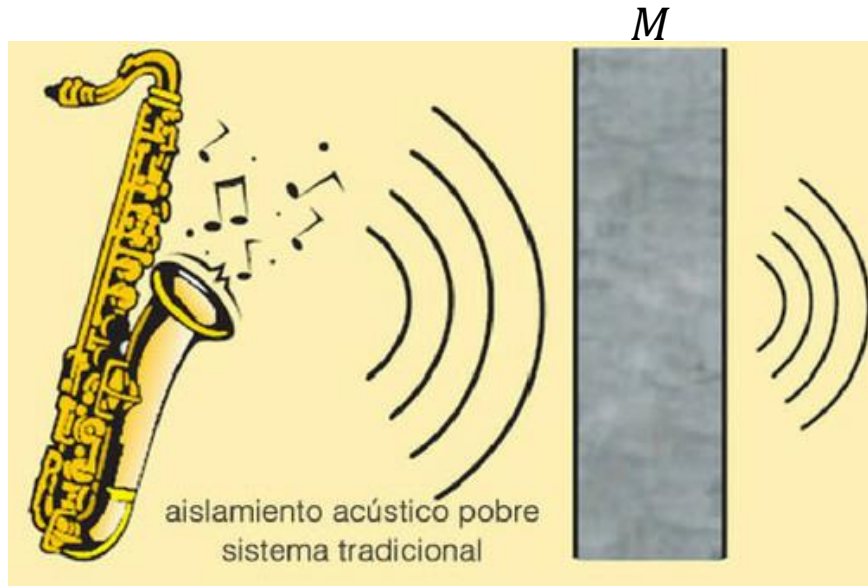


Suspendido de yeso

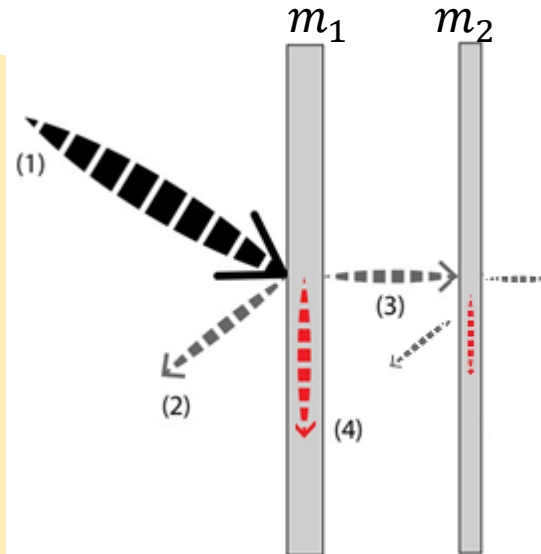
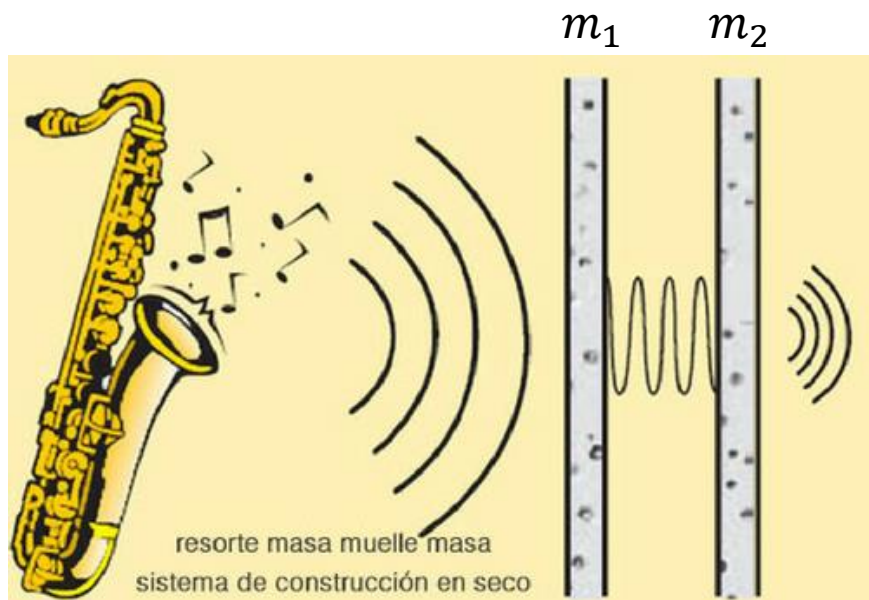
Espesor 0,07m
Masa 65 kg/m²



Ley de Masa-Resorte-Masa



$$M = m_1 + m_2$$

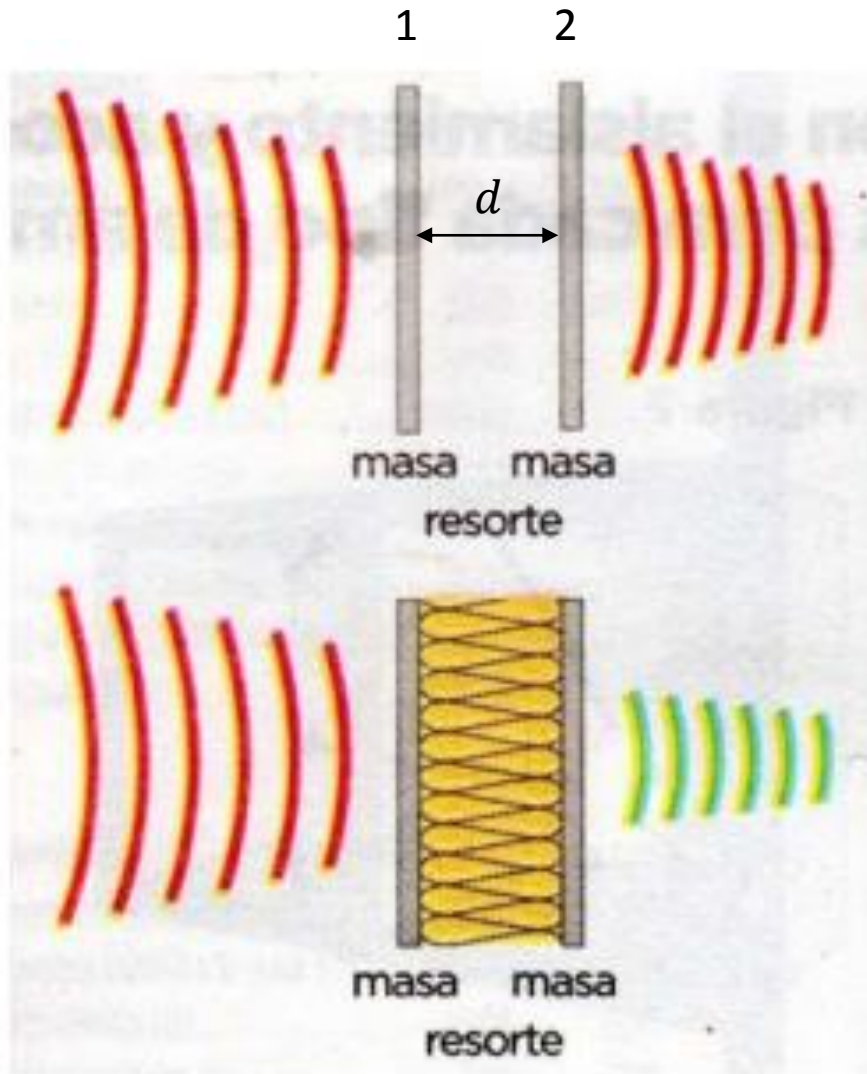


Dividiendo la masa del muro y separándolo en dos partes, se consigue un **mejor aislamiento**



Sí, con la misma masa!

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

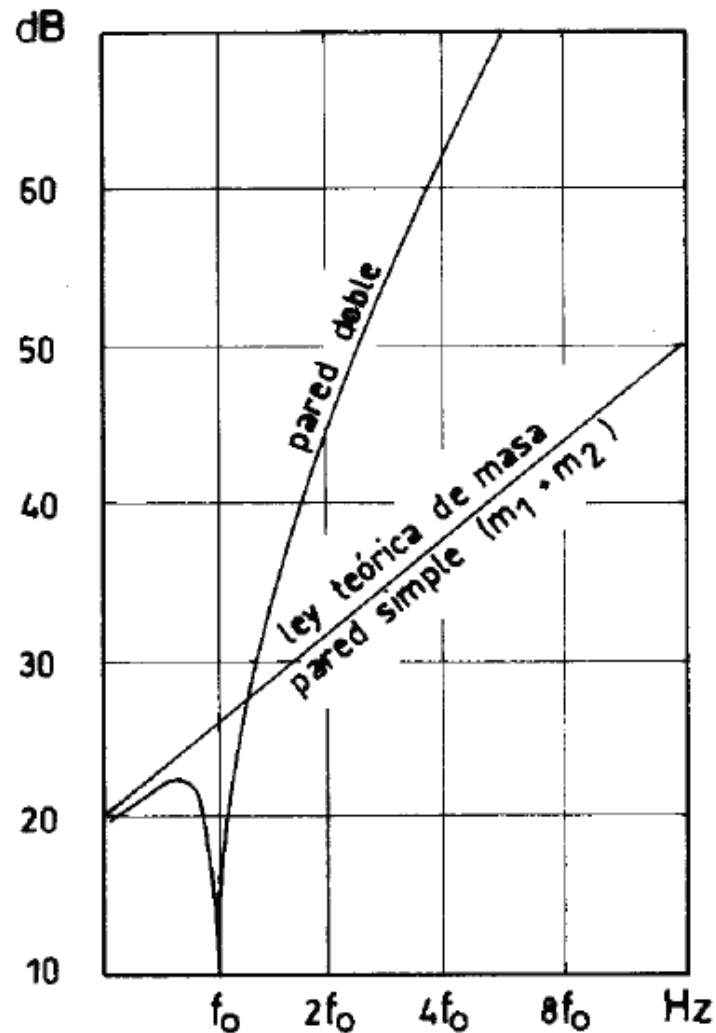
d : espesor del material de relleno

Es sumamente importante que f_0 este lo mas bajo posible

Atenuación de un sistema Masa-Resorte-Masa

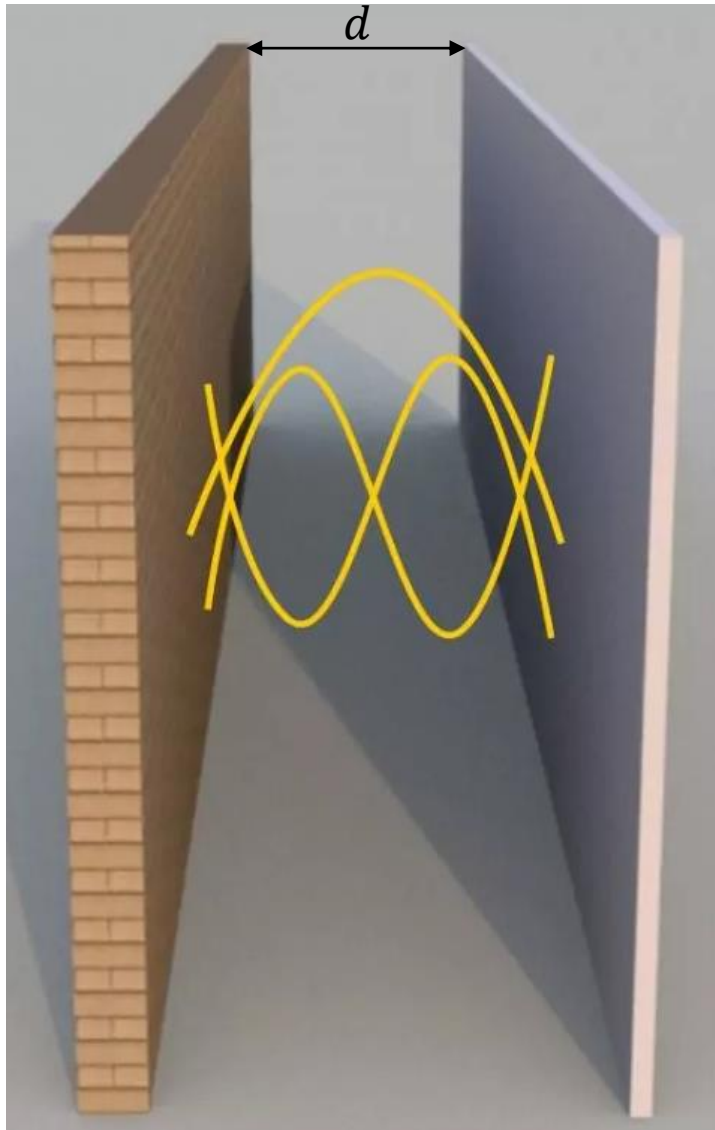
$$R = 20 \log \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot \omega (\omega_0^2 - \omega^2)}{2 f_0 \cdot c \cdot k}$$

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



- 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.

Ondas estacionarias



Entre los muros se producen ondas estacionarias.

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

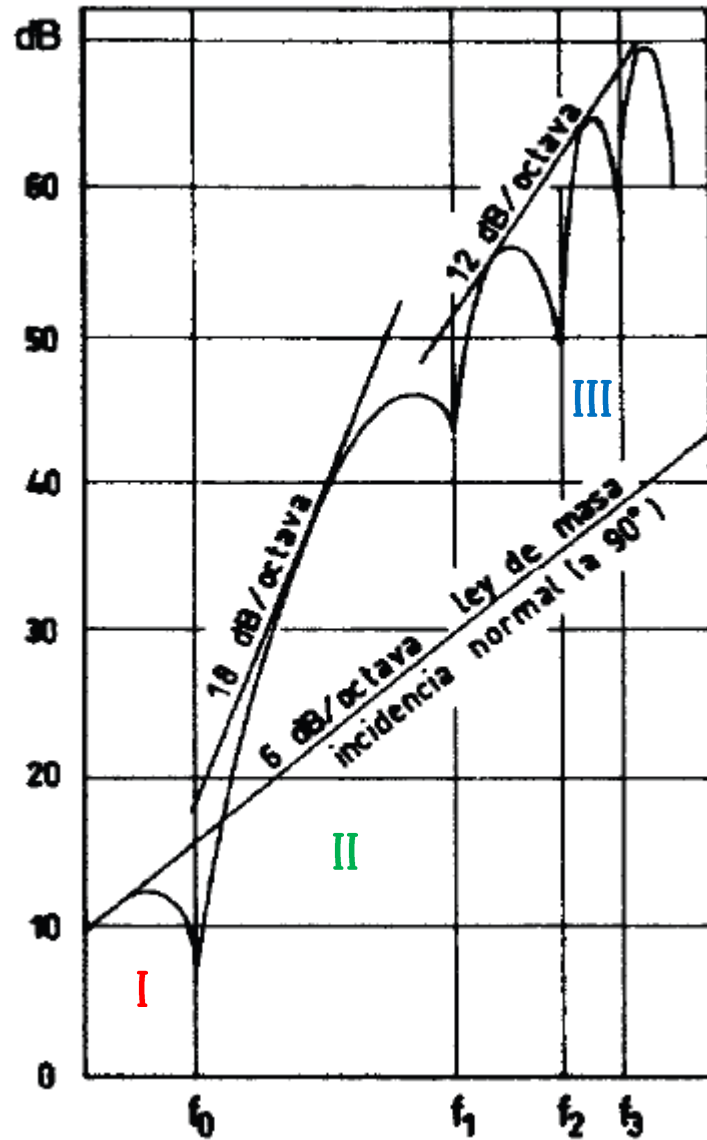
Se retroalimentan y transmiten con gran facilidad

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



f_0 : Frecuencia de resonancia del sistema
 f_1, f_2, f_3 : Frecuencia de resonancia la cámara

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

Atenuación de un sistema Masa-Resorte-Masa

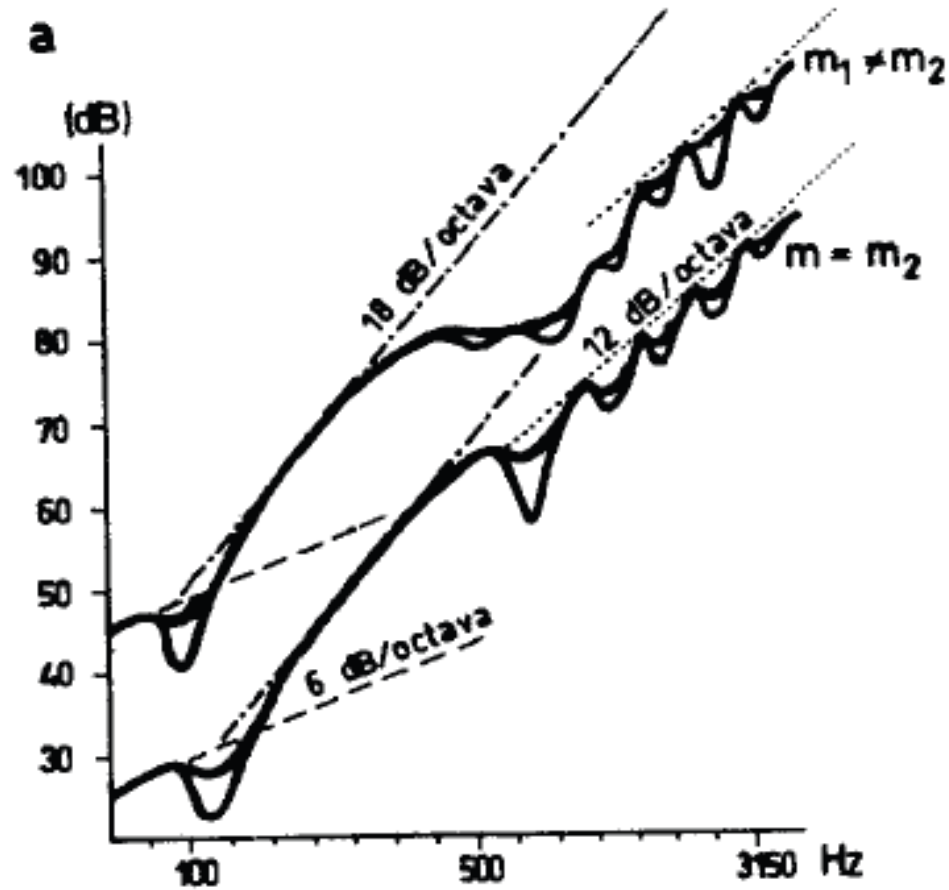


Figura 13.13: Comparación entre el aislamiento acústico obtenido con un cerramiento de doble hoja, según que la masa de ambas hojas sea igual o distinta.

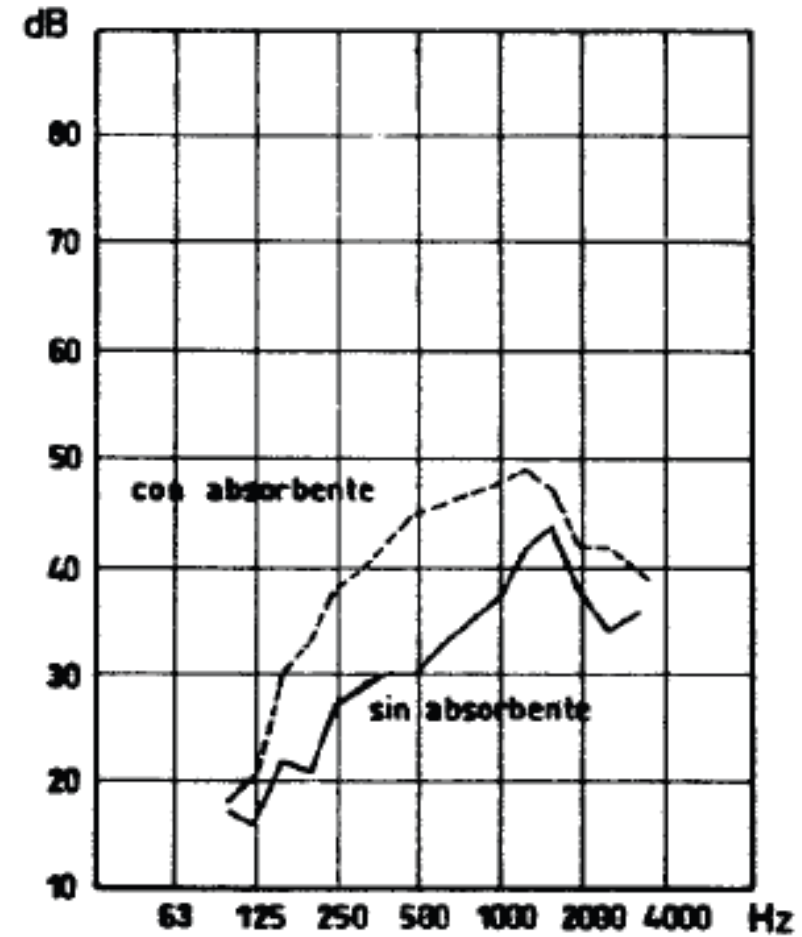
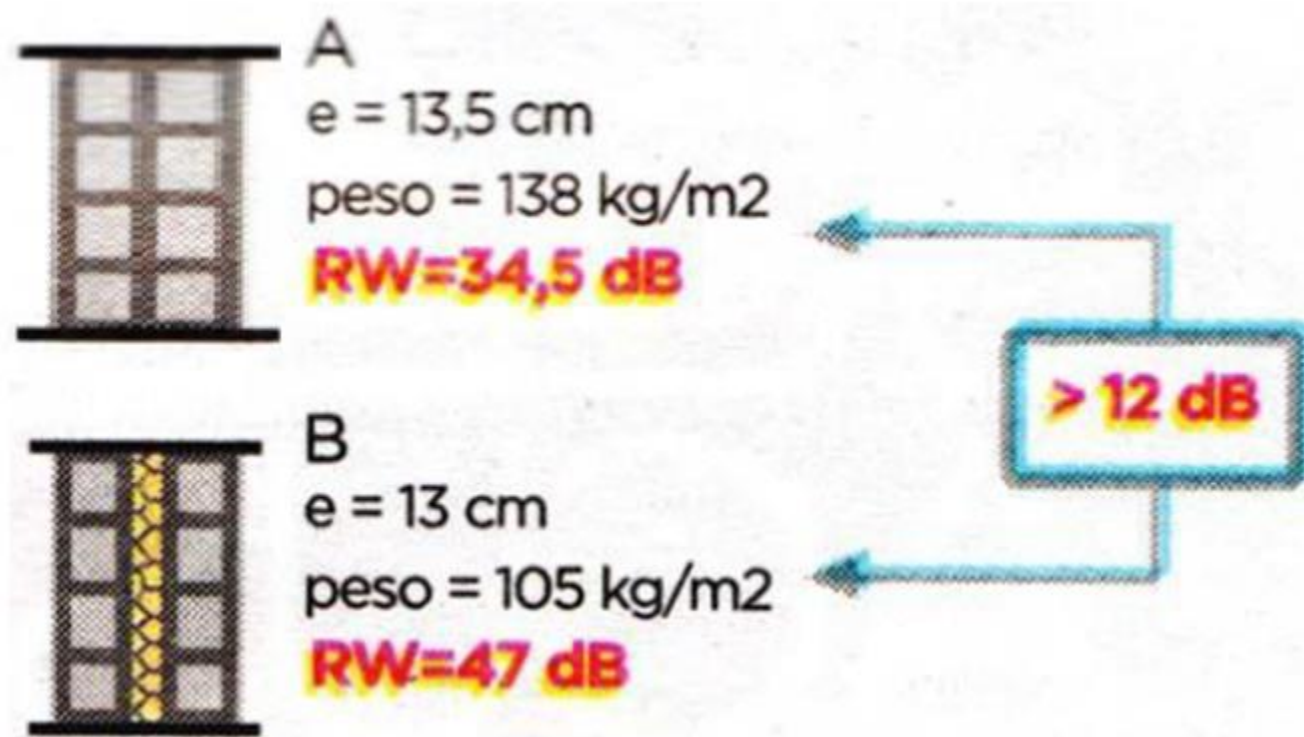


Figura 13.14: Efecto en el aislamiento acústico, de la interposición de un absorbente en la cámara de aire de un cerramiento doble. (Mestre y García).

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

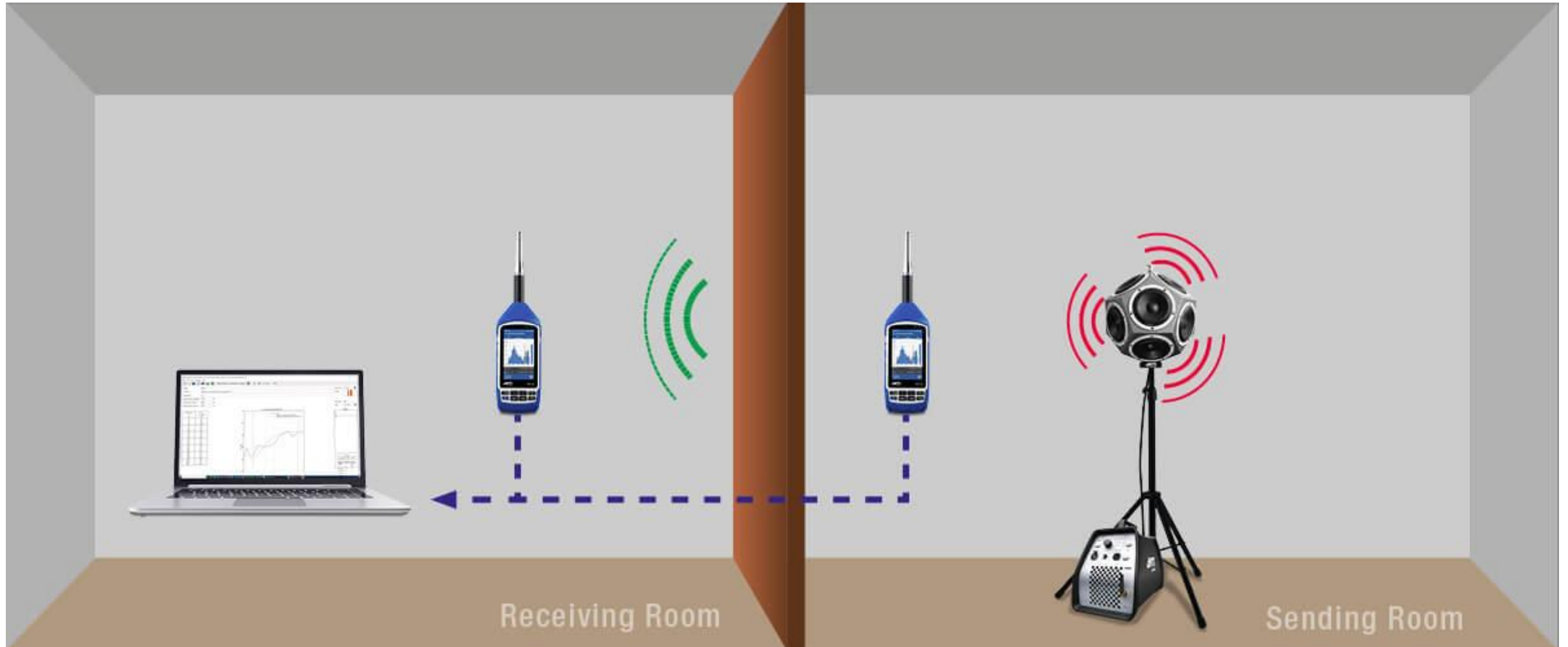
Aislamiento Acústico Global RW



Parlante Omnidireccional

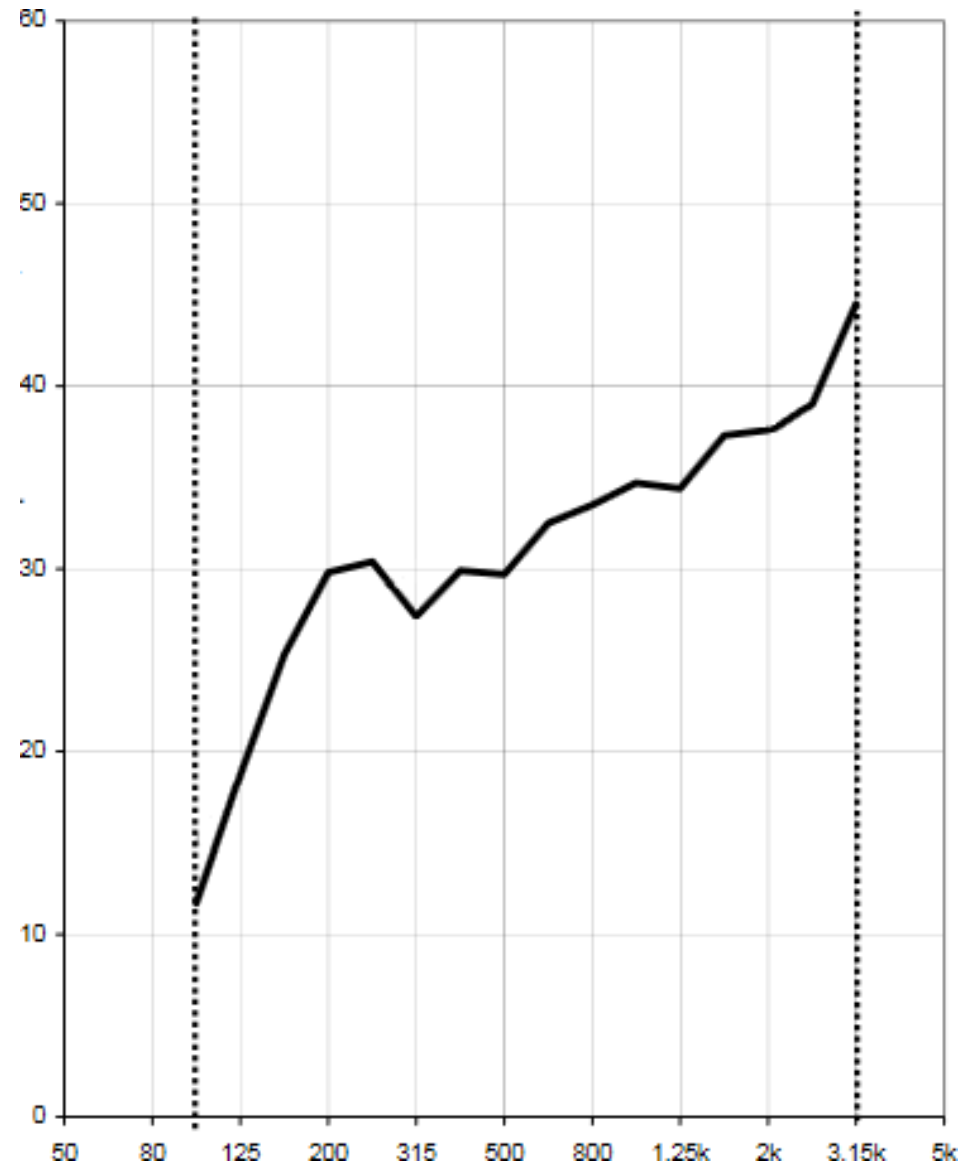
Frecuencia Hz
100
125
160
200
250
315
400
500
630
800
1 000
1 250
1 600
2 000
2 500
3 150

Aislamiento Acústico Global RW



Aislamiento Acústico Global RW

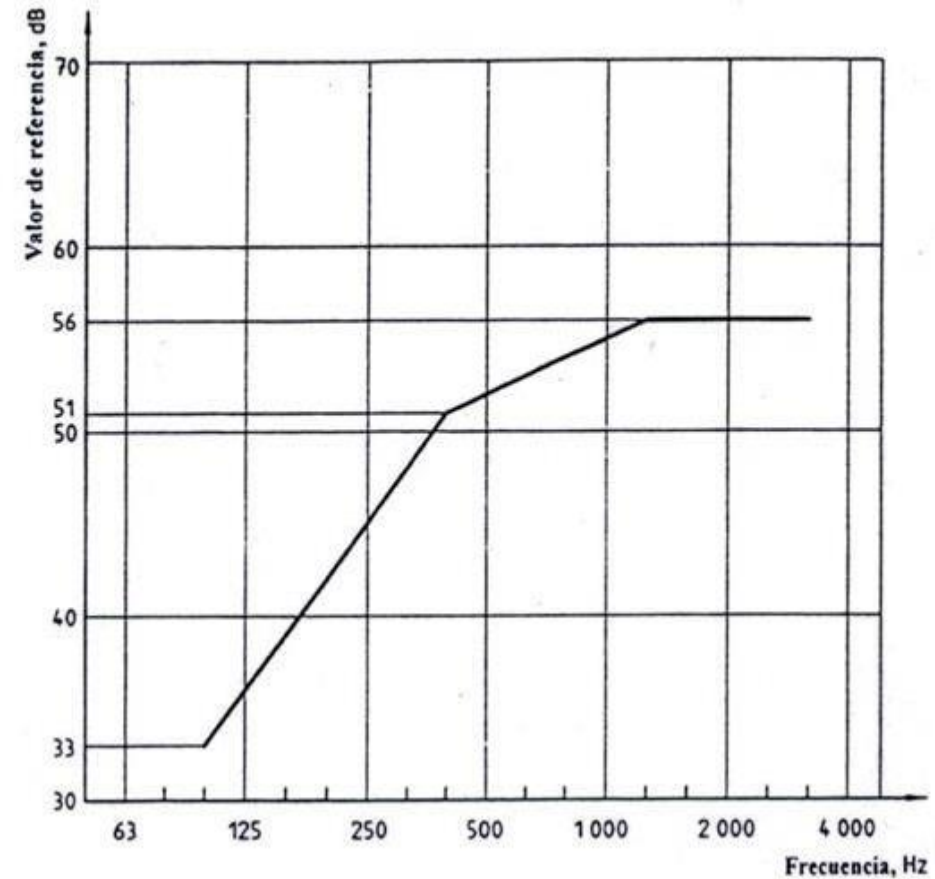
Frecuencia Hz
100
125
160
200
250
315
400
500
630
800
1 000
1 250
1 600
2 000
2 500
3 150



Aislamiento Acústico Global RW

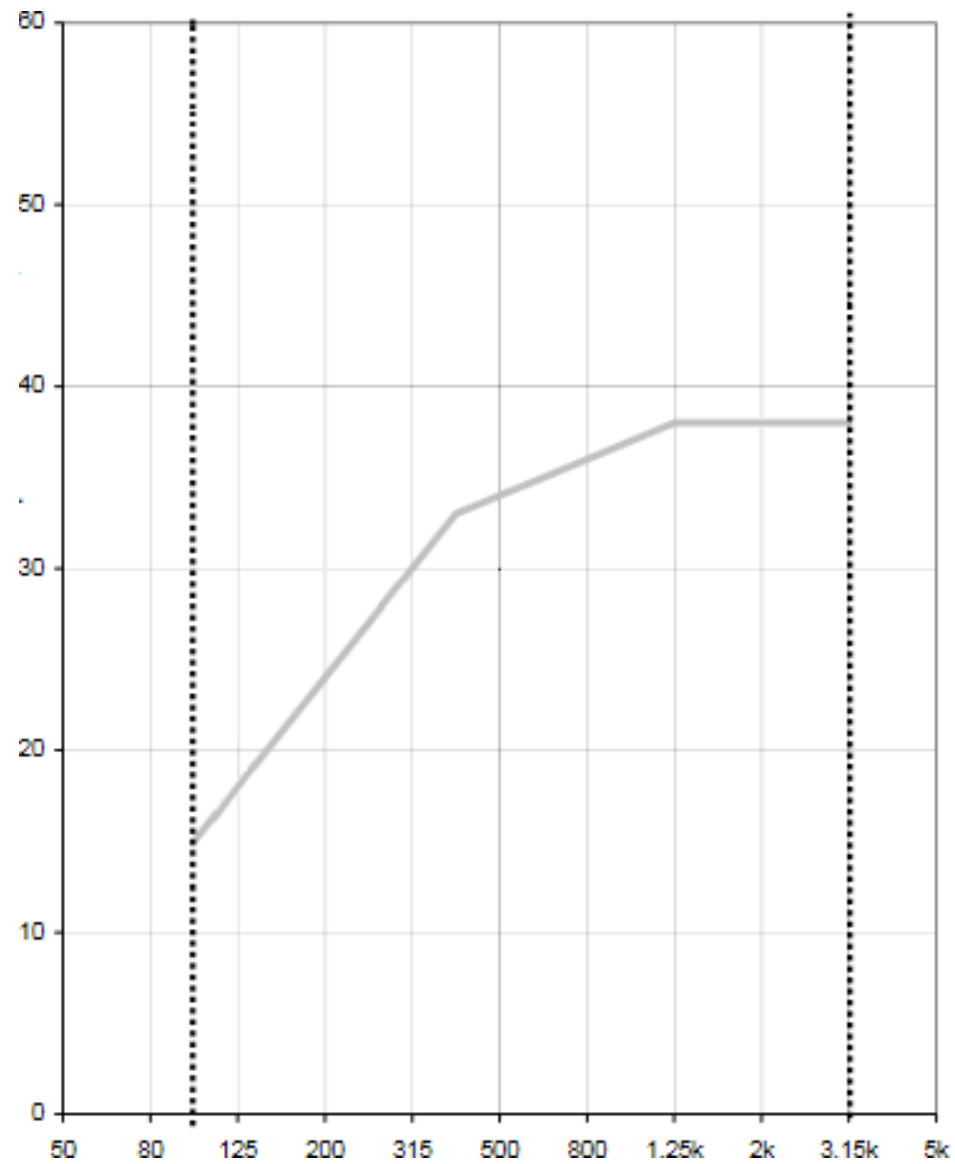
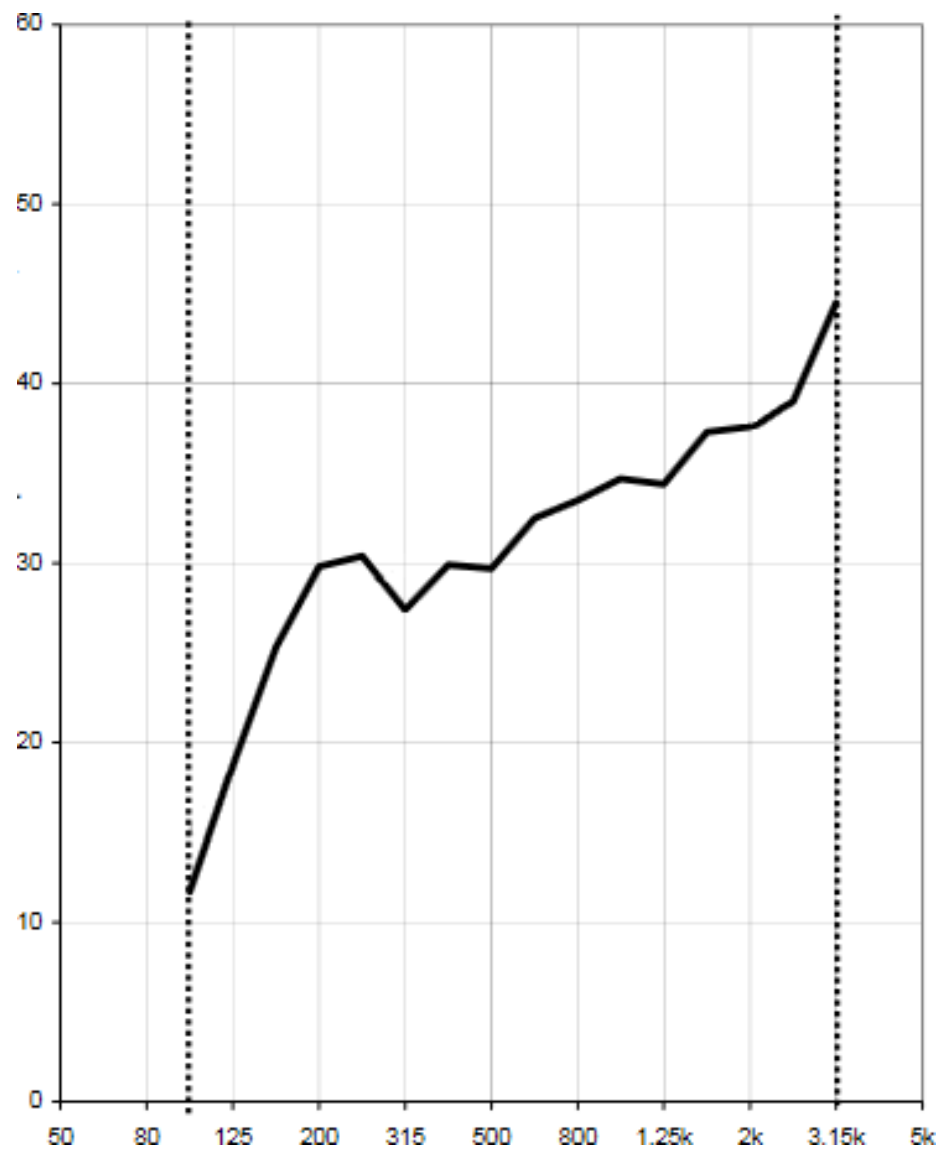
Curva de Referencia Norma ISO

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

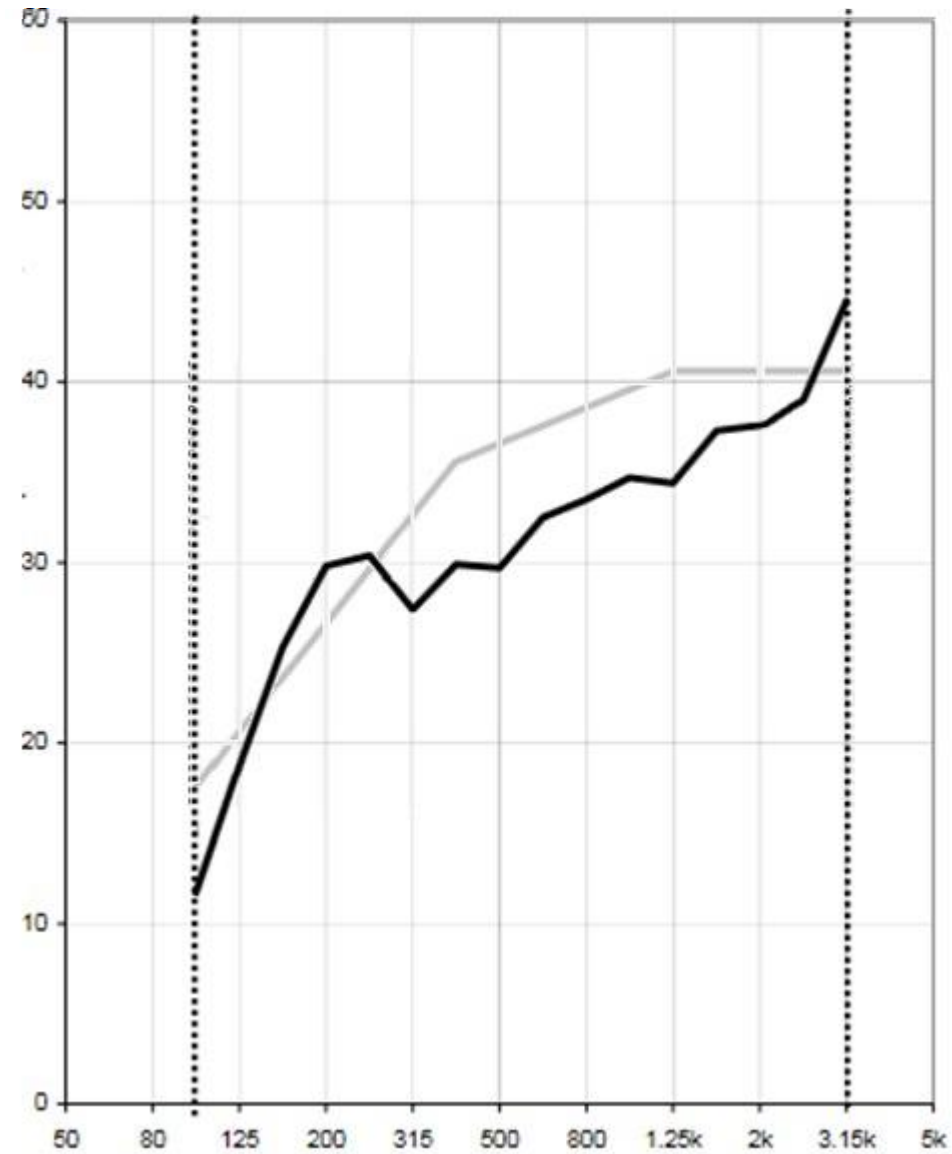


Norma ISO 717

Calculo de RW

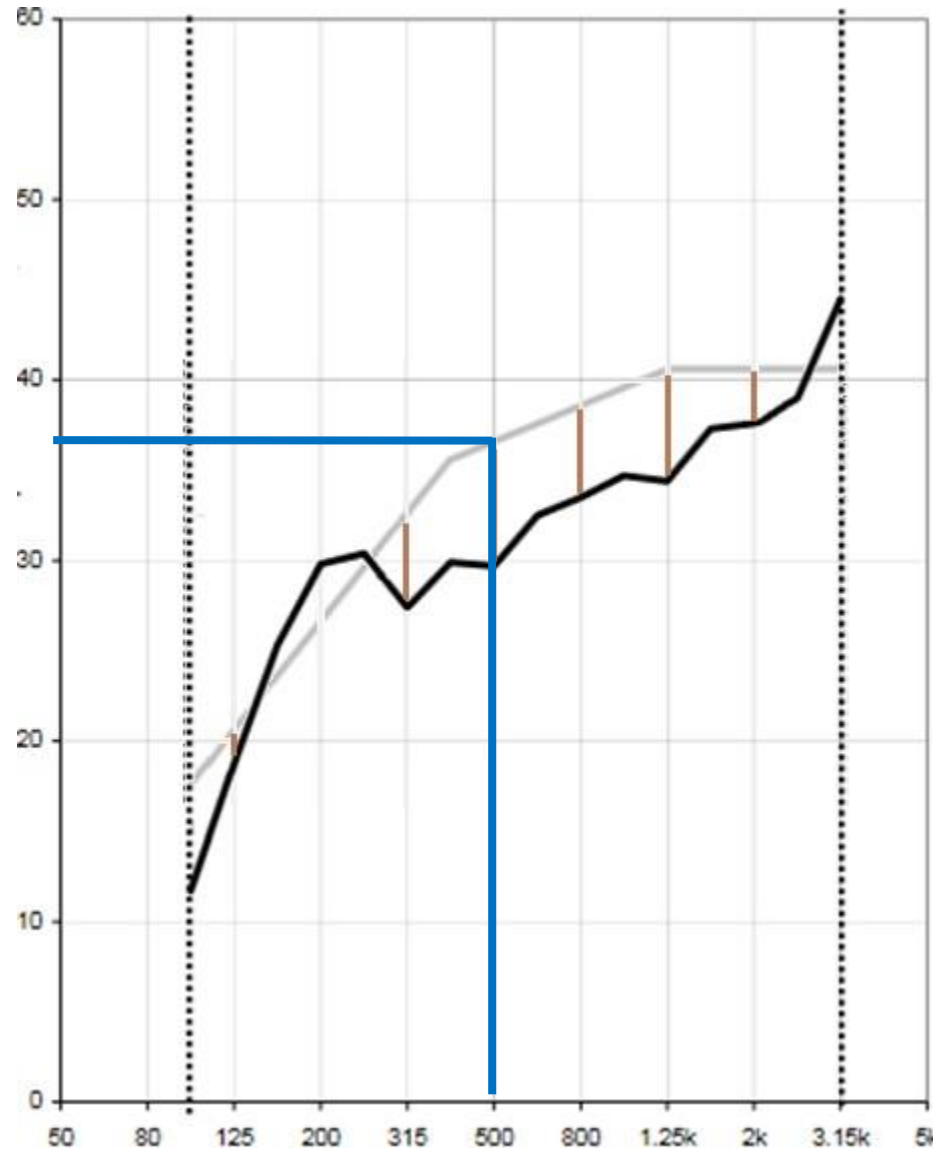


Calculo de RW



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 calulado	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	39	2,4	40	3,3	41	4,3	42	5,4	43	6,4		
125	38,6	36	37	-1,6	38	-0,6	39	0,4	40	1,4	41	2,4	42	3,3	43	4,3	44	5,4	45	6,4	46	7,3		
160	40,7	39	40	-0,7	41	0,3	42	1,3	43	2,3	44	3,3	45	4,3	46	5,4	47	6,4	48	7,3	49	8,3		
200	42,7	42	43	0,3	44	1,3	45	2,3	46	3,3	47	4,3	48	5,3	49	6,3	50	7,3	51	8,3	52	9,3		
250	44,6	45	46	1,4	47	2,4	48	3,4	49	4,4	50	5,4	51	6,4	52	7,4	53	8,4	54	9,4	55	10,4		
315	46,6	48	49	2,4	50	3,4	51	4,4	52	5,4	53	6,4	54	7,4	55	8,4	56	9,4	57	10,4	58	11,4		
400	48,7	51	52	3,3	53	4,3	54	5,3	55	6,3	56	7,3	57	8,3	58	9,3	59	10,3	60	11,3	61	12,3		
500	50,6	52	53	2,4	54	3,4	55	4,4	56	5,4	57	6,4	58	7,4	59	8,4	60	9,4	61	10,4	62	11,4		
630	52,6	53	54	1,4	55	2,4	56	3,4	57	4,4	58	5,4	59	6,4	60	7,4	61	8,4	62	9,4	63	10,4		
800	54,7	54	55	0,3	56	1,3	57	2,3	58	3,3	59	4,3	60	5,3	61	6,3	62	7,3	63	8,3	64	9,3		
1000	56,6	55	56	-0,6	57	0,4	58	1,4	59	2,4	60	3,4	61	4,4	62	5,4	63	6,4	64	7,4	65	8,4		
1250	58,6	56	57	-1,6	58	-0,6	59	0,4	60	1,4	61	2,4	62	3,4	63	4,4	64	5,4	65	6,4	66	7,4		
1600	60,7	56	57	-3,7	58	-2,7	59	-1,7	60	-0,7	61	0,3	62	1,3	63	2,3	64	3,3	65	4,3	66	5,3		
2000	62,7	56	57	-5,7	58	-4,7	59	-3,7	60	-2,7	61	-1,7	62	-0,7	63	0,3	64	1,3	65	2,3	66	3,3		
2500	64,6	56	57	-7,6	58	-6,6	59	-5,6	60	-4,6	61	-3,6	62	-2,6	63	-1,6	64	-0,6	65	0,3	66	1,3		
				11,5 db					19,2 db					29 db					40,4 db					52,7 db



“Aislación Acústica”

Ejemplos de Cálculo y Medición RW

Ing. Juan Bertrán

*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

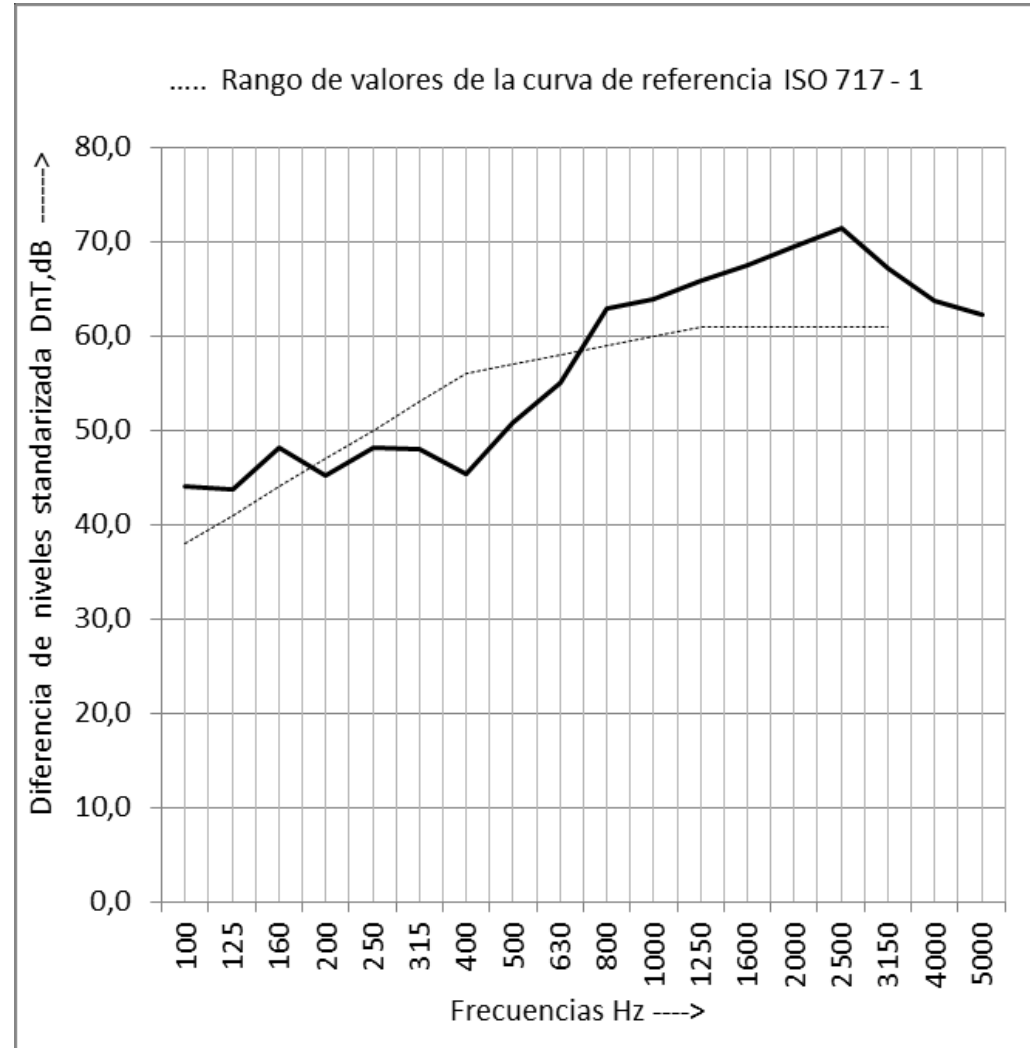
Mg. Ing. Adriano Sabez

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

Ejemplo Aislamiento Vivienda-Vivienda

Debería ser mas de 50dB según ordenanza municipal

	R[dbA]
100	44,2
125	43
160	48,1
200	45
250	48,2
315	47,5
400	45
500	51
630	54,5
800	62,5
1 000	63,5
1 250	66
1 600	67,1
2 000	69
2 500	72
3 150	66,9
4 000	64



RW=57dB

Muro 30cm ladrillo 300Kg/m2 revocado, enlucido y pintado en ambas caras

Ejemplo Producto para aislamiento: Cortinas

Cortina de siete capas



Textil Batavia S.L.
Pol.Ind.L'Horta Vella, Calle 4 , nº 5
Apdo.de Correos 33
46117 BÉTERA (Valencia)
Telf: 961 698 227, Fax: 961 690 178
batavia@tejidosignifugos.com
www.tejidosignifugos.com

Cód. Art.
Article code

M2038 ANAPURNA

CORTINA DE 7 CAPAS

CAPA TRASERA

TEJIDO

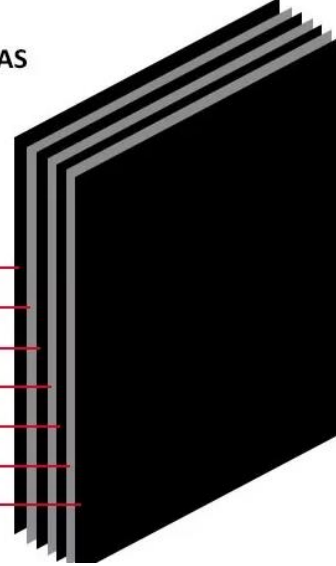
TEJIDO

TEJIDO

TEJIDO

TEJIDO

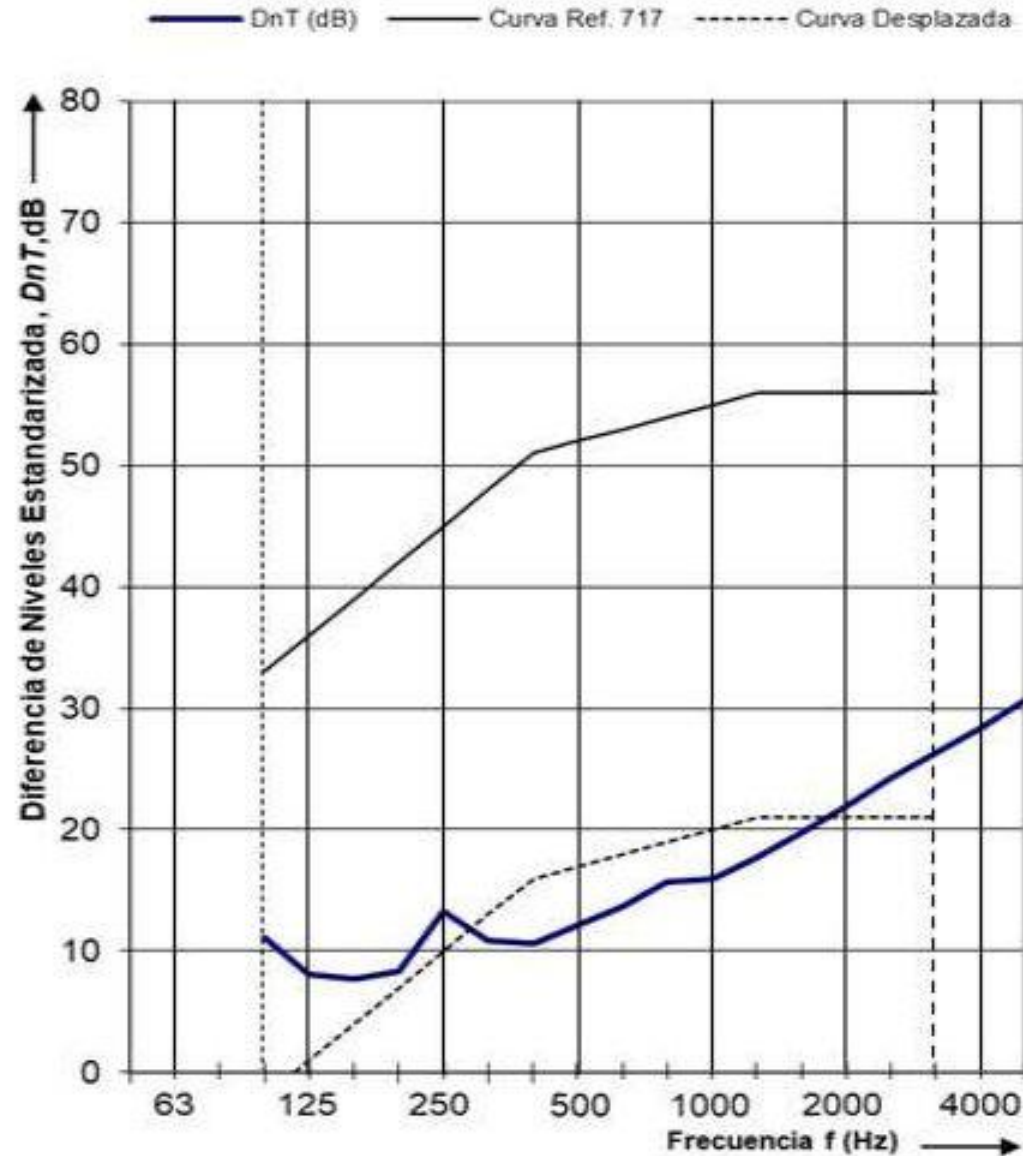
CAPA DELANTERA



FICHA TÉCNICA ACÚSTICA / ACOUSTIC TECHNICAL DATA

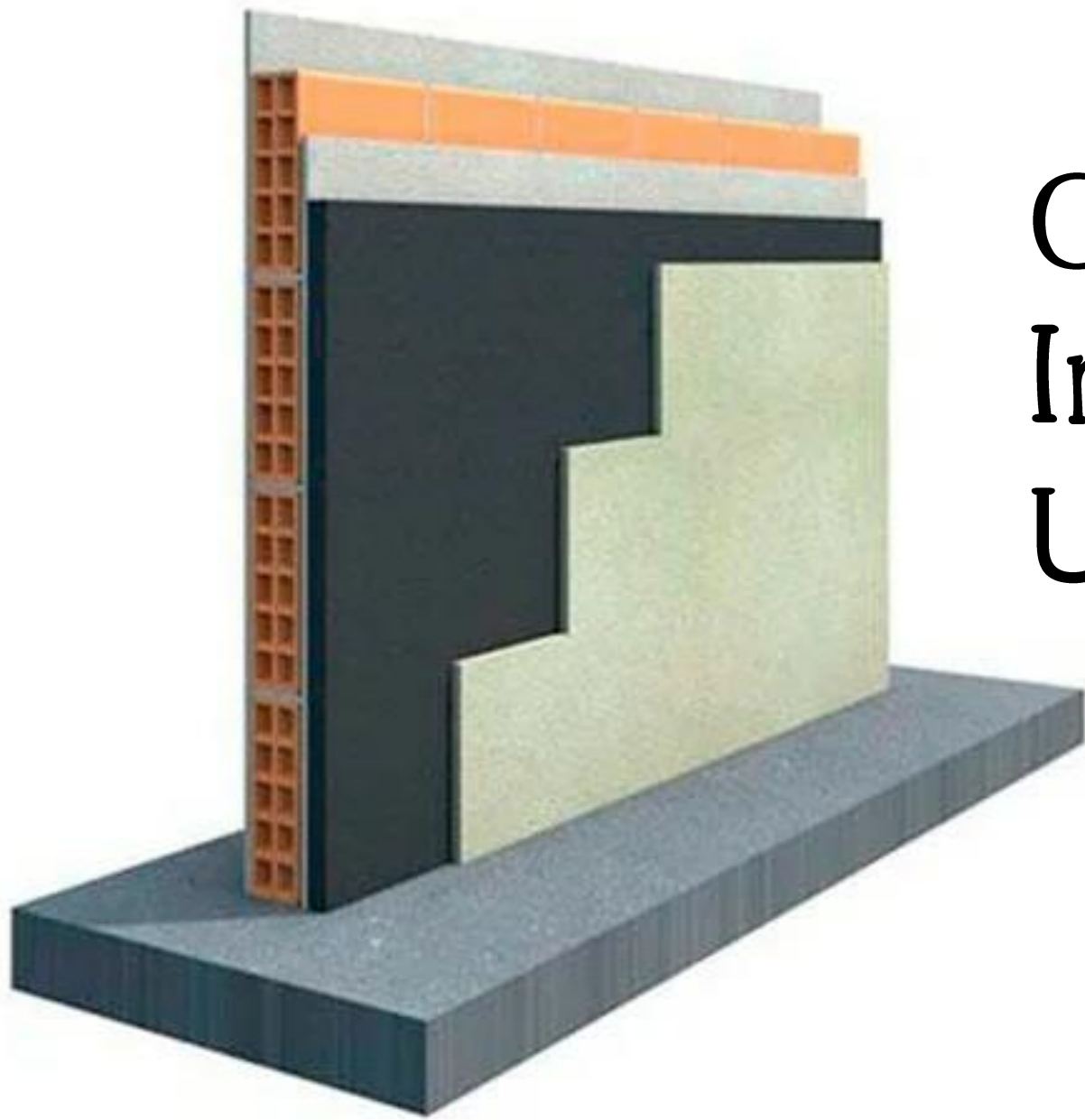
Nombre Artículo / Article Name	ANAPURNA
Composición / Composition	Siete capas de tejido con capa visual delantera de tejido Chenilla ignifugo.
Color / Colour	Consultar
Peso / Weight	3.670g/m2
Disposición / Disposition	Cortina (UNE-EN ISO 10140-2)

Ejemplo Producto para aislamiento



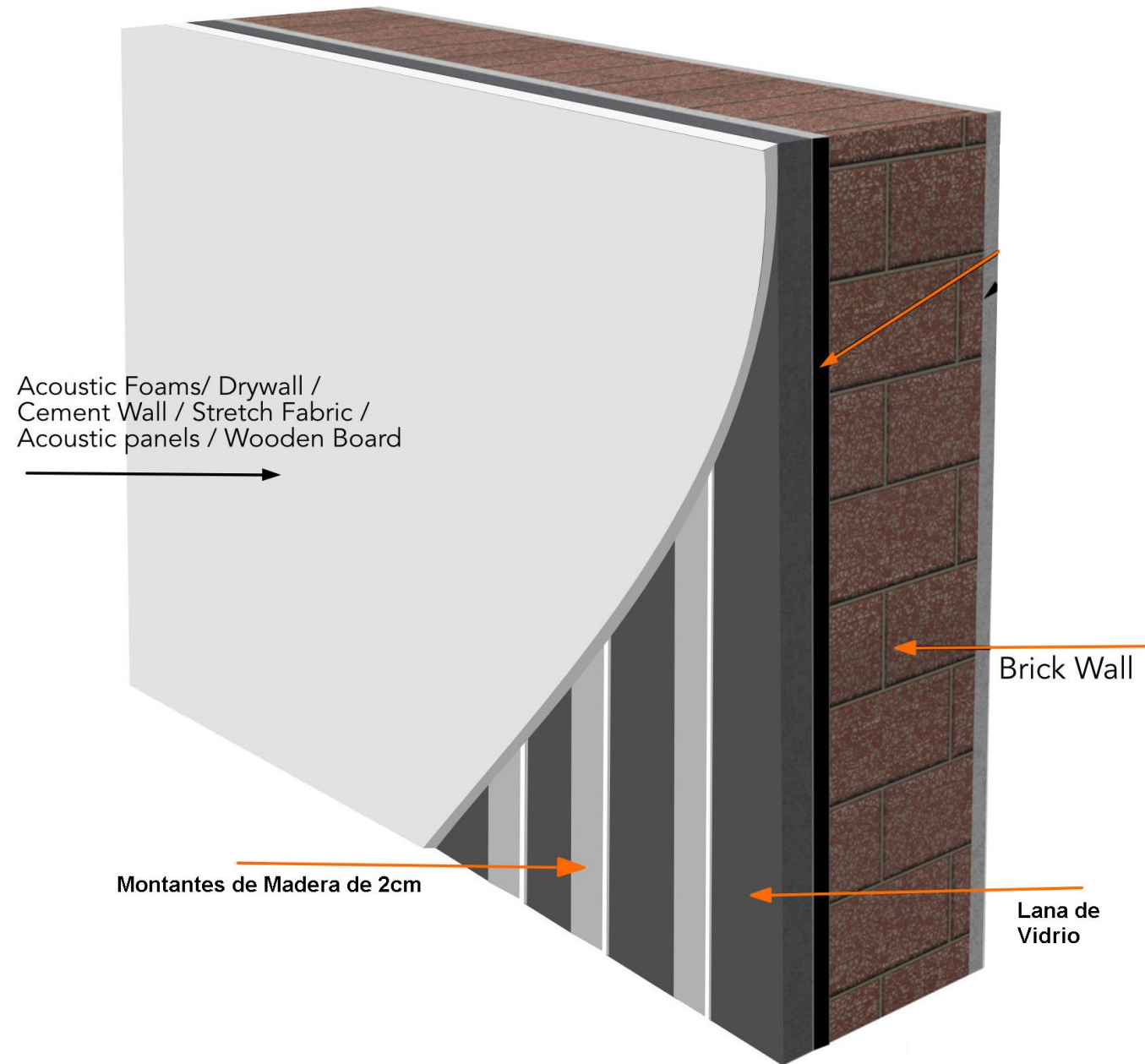
Frec. <i>f</i> Hz	<i>DnT</i> dB
100	12,2
125	6,5
160	5,6
200	10,8
250	11,5
315	14,2
400	13,8
500	17,3
630	16,7
800	19,6
1000	24,5
1250	26,4
1600	28,2
2000	30,8
2500	33,8
3150	35,9
4000	38,4
5000	41,4

RW=21dB



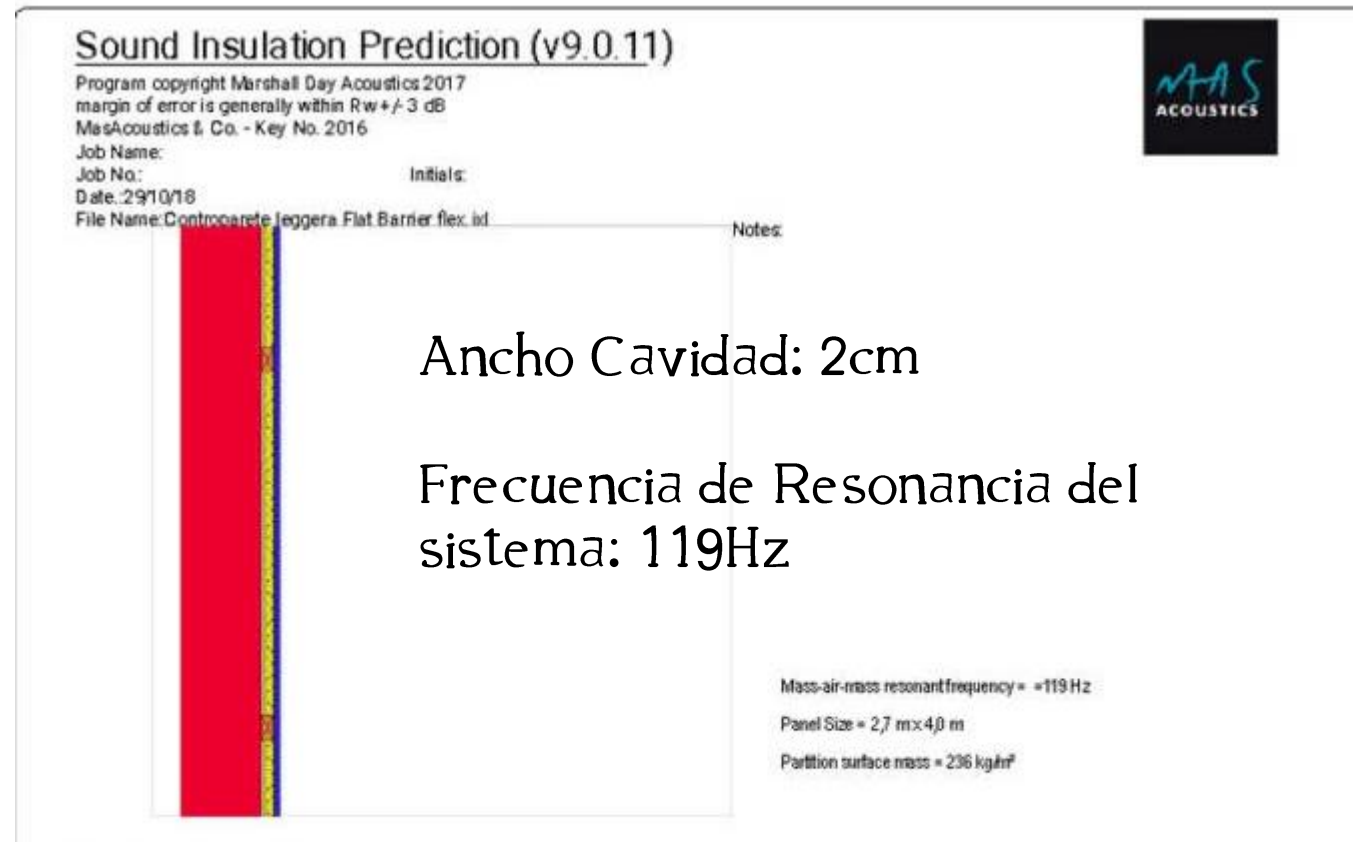
Como
Insonorizar
Una pared...?

Ejemplo Proyecto Muro doble



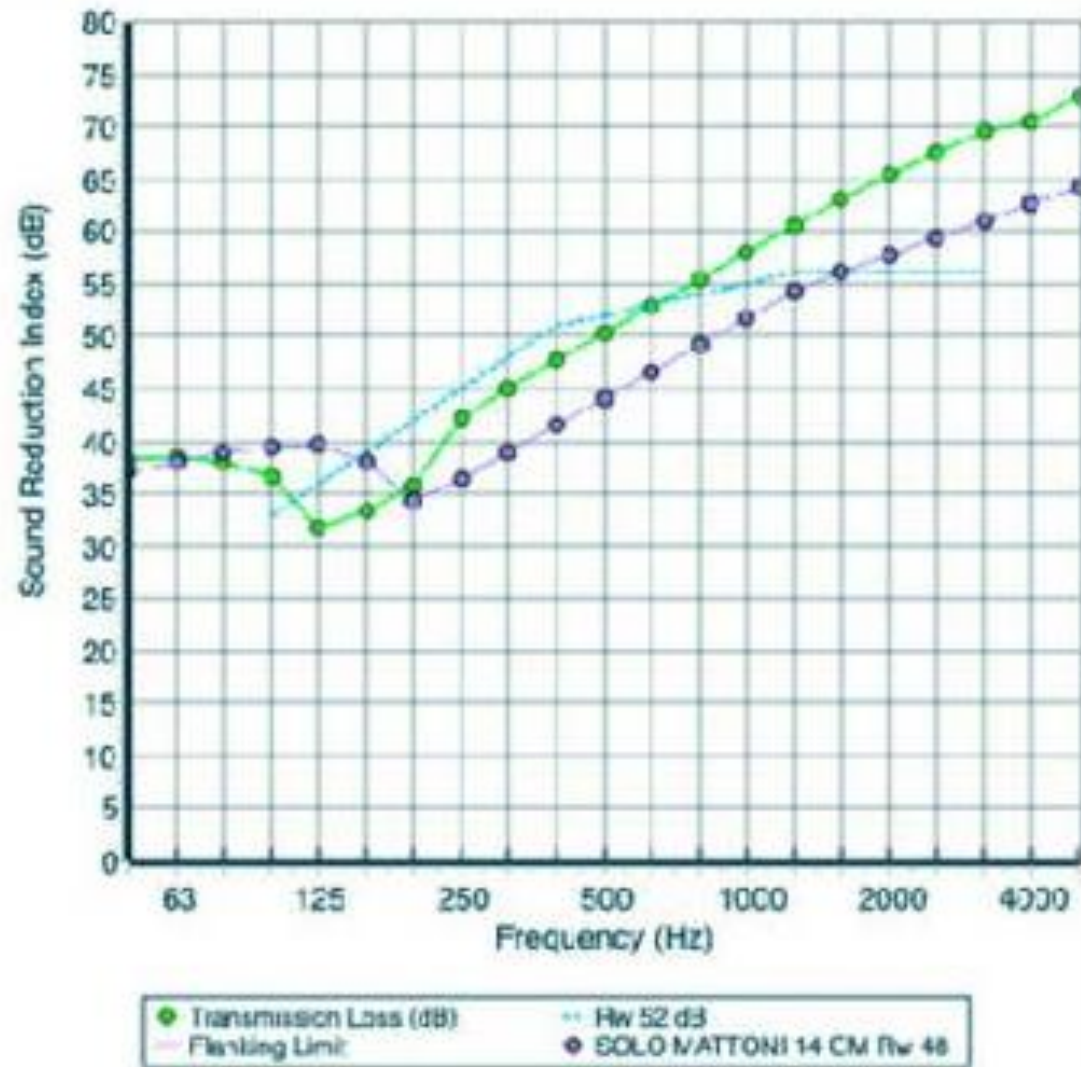
Ejemplo Proyecto Muro doble

Muro de Ladrillo de 14cm, $RW=48\text{dB}$



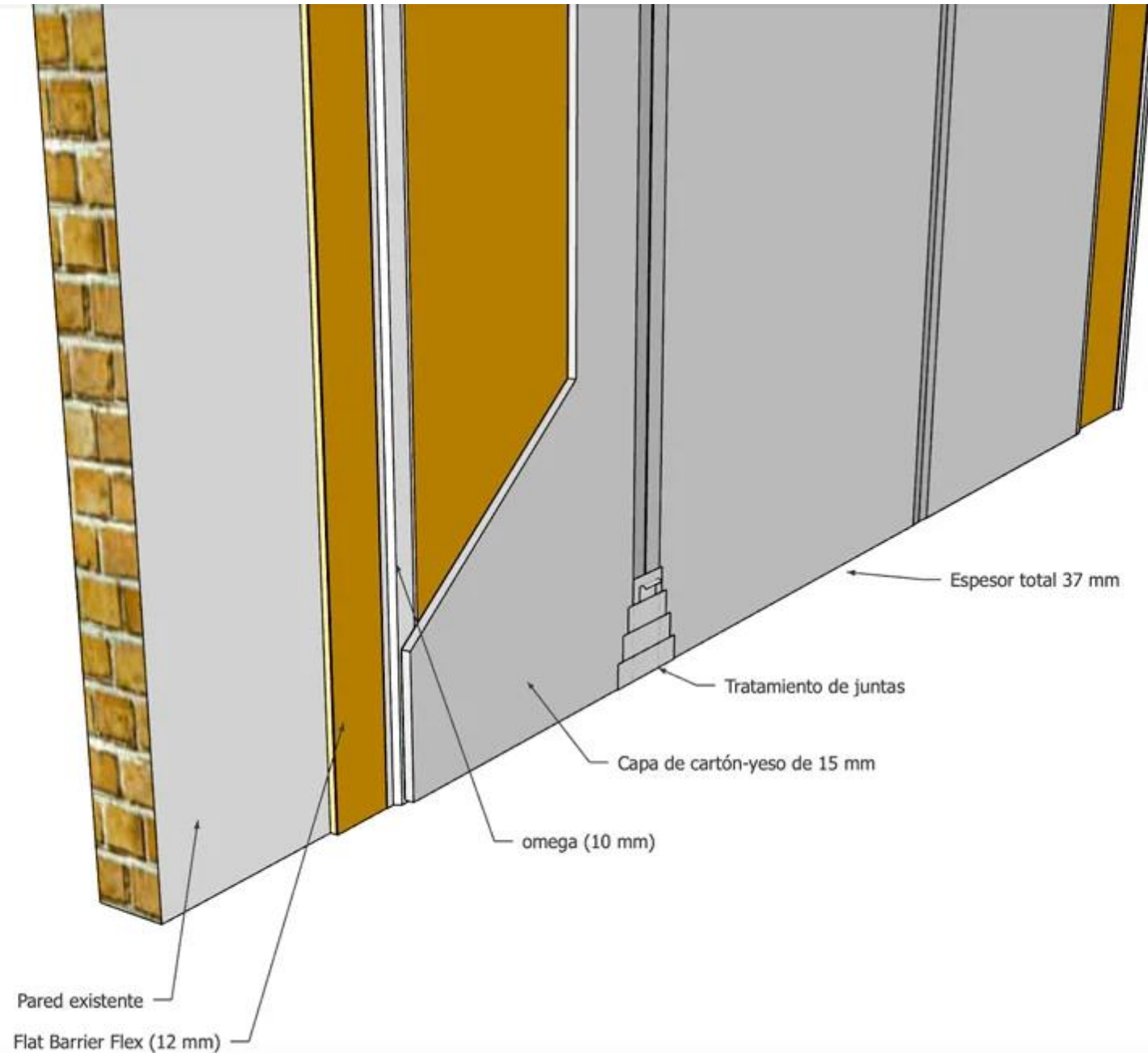
Ejemplo Proyecto Muro doble

freq.(Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	38	
63	38	38
80	38	
100	37	
125	32	33
160	33	
200	36	
250	42	39
315	45	
400	48	
500	50	50
630	53	
800	55	
1000	58	58
1250	61	
1600	63	
2000	65	65
2500	68	
3150	69	
4000	71	71
5000	73	



RW=52dB

Ejemplo Proyecto Muro “triple”



Ejemplo Proyecto Muro “triple”

Muro de Ladrillo de 14cm, $RW=48\text{dB}$



Sound Insulation Prediction (v8.0.1)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2014

- Key No. 2016

Margin of error is generally within $Rw \pm 3 \text{ dB}$

Job Name:

Job No.:

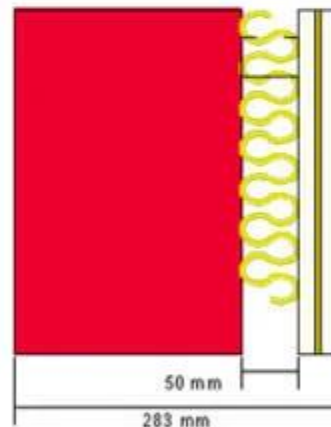
Date: 1 feb 18

Page No.:

Initials: Proprietario

Notes:

File Name: Controparete Flat Barrier Aderenza.tbl



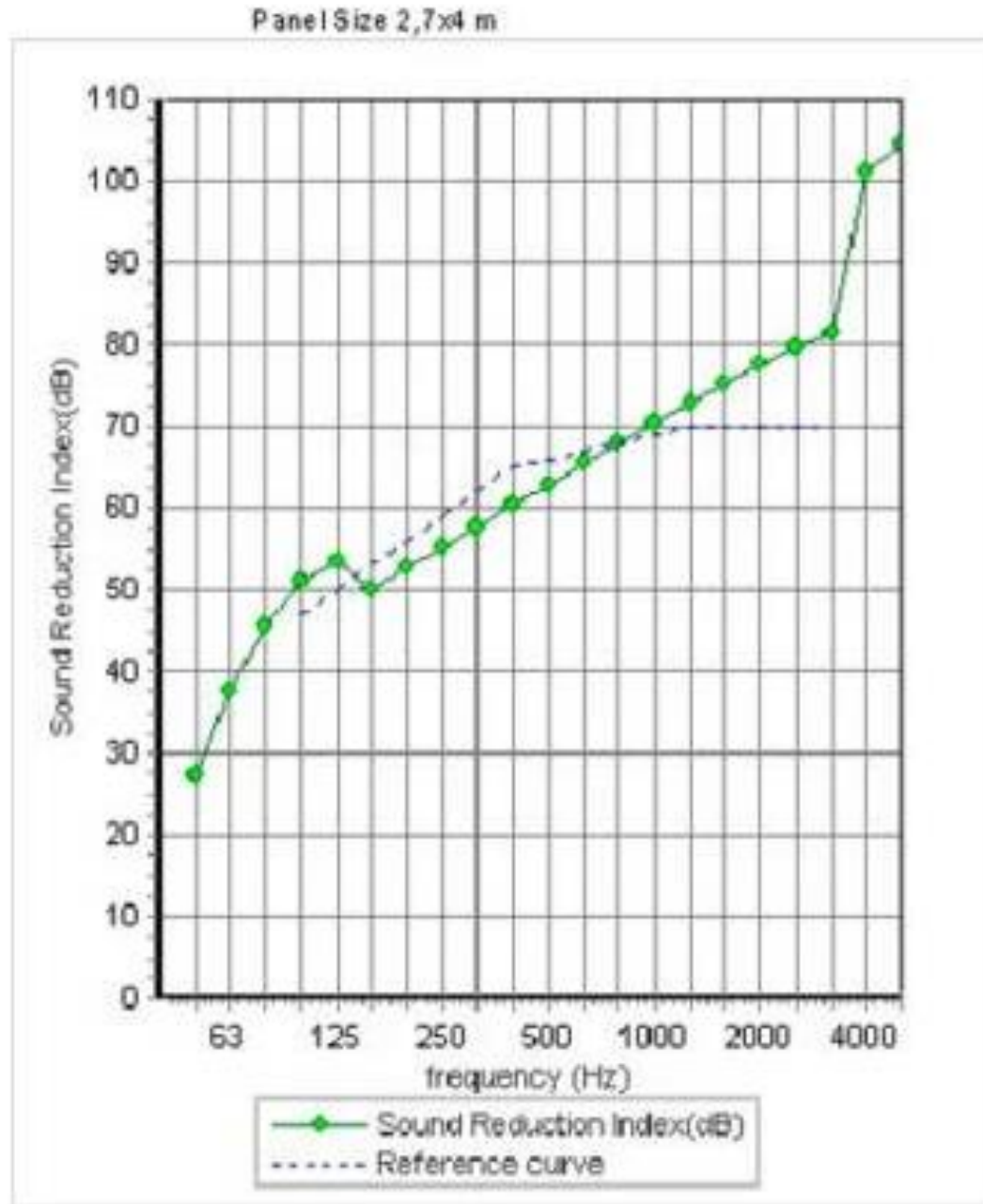
Frecuencia de Resonancia
del sistema: 143Hz

System description

Panel 1: 1 x 200,0 mm Mattone ($\rho: 1600 \text{ kg/m}^3$, $E: 8,9 \text{ GPa}$, $\nu: 0,03$)

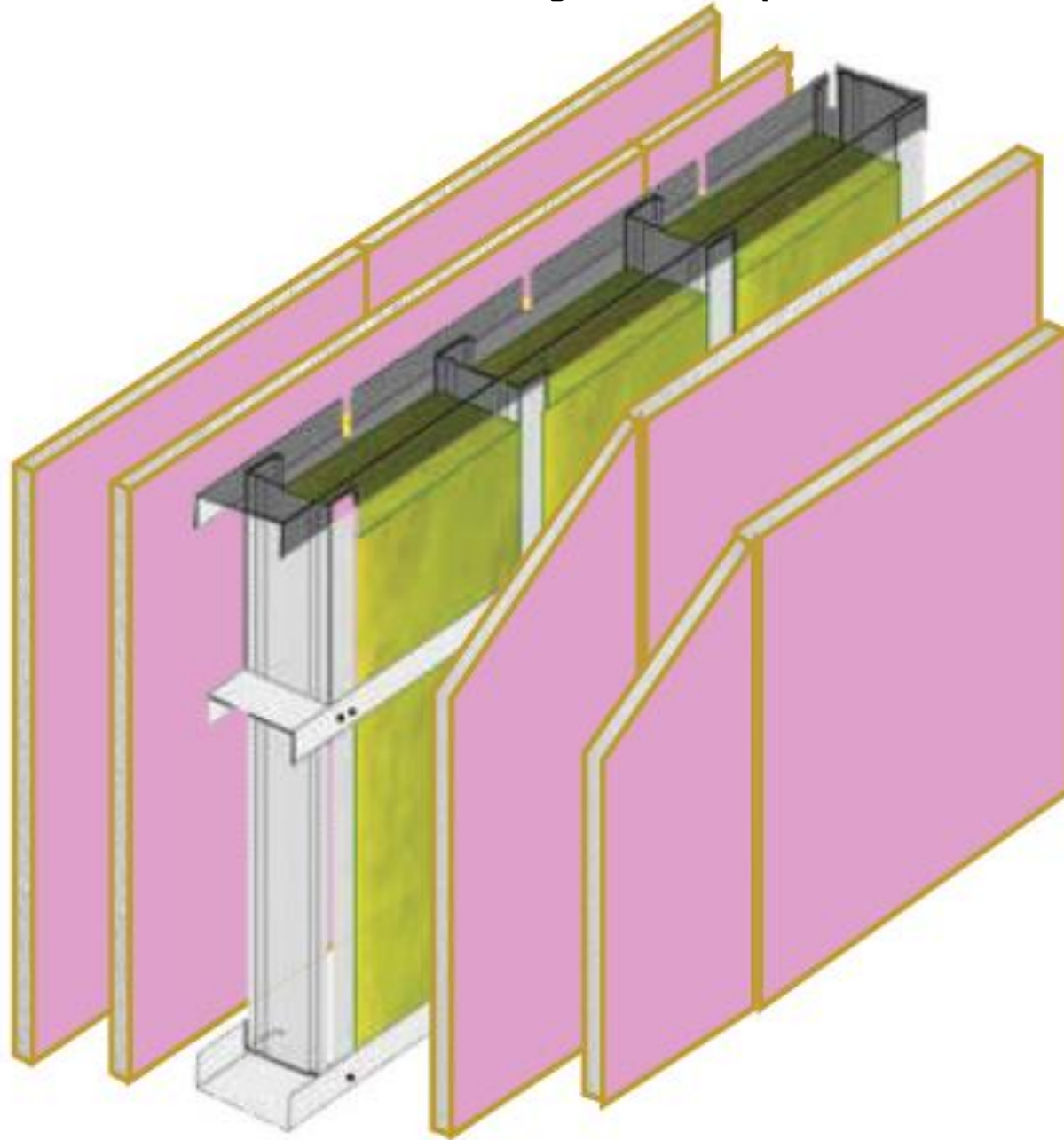
Ejemplo Proyecto Muro “triple”

frequency (Hz)	R(dB)	R(dB)
50	27	
63	38	31
80	45	
100	51	
125	53	51
160	50	
200	53	
250	55	55
315	58	
400	60	
500	63	62
630	65	
800	68	
1000	70	70
1250	73	
1600	75	
2000	78	77
2500	80	
3150	81	
4000	101	86
5000	105	

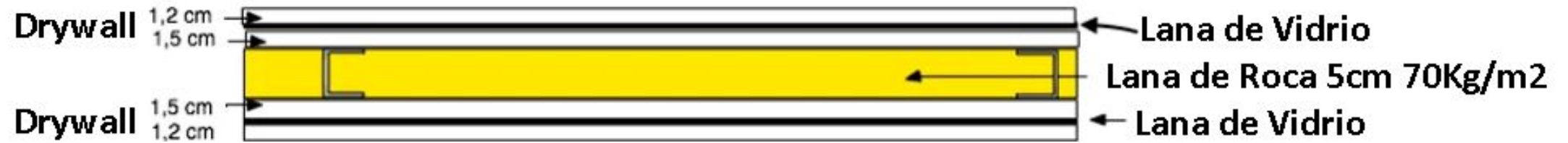


RW=66dB

Ejemplo Proyecto Muro doble Drywall (desde cero)



Ejemplo Proyecto Muro doble Drywall



Sound Insulation Prediction (v8.0.1)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2014

- Key No. 2016

Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB

Job Name:

Job No.:

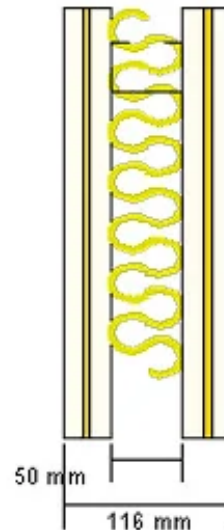
Page No.:

Notes:

Date: 1 feb 18

Initials: Proprietario

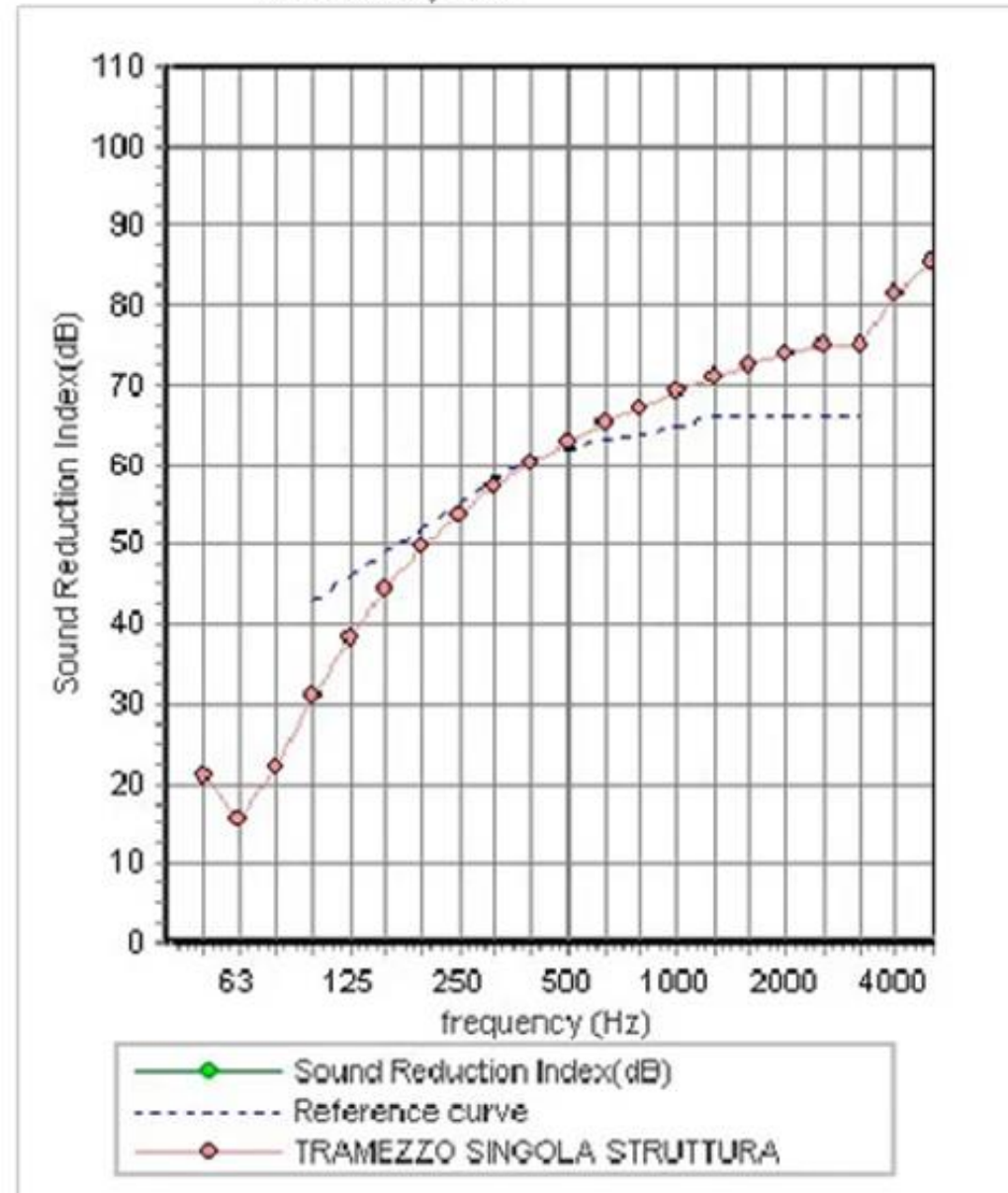
File Name: Tramezzo Singolo Flat Barrier.ixl



Frecuencia de Resonancia
del sistema: 59Hz

Ejemplo Proyecto Muro doble Drywall

frequency (Hz)	R(dB)	R(dB)
50	21	
63	16	19
80	22	
100	31	
125	38	35
160	44	
200	50	
250	54	53
315	57	
400	60	
500	63	62
630	65	
800	67	
1000	69	69
1250	71	
1600	73	
2000	74	74
2500	75	
3150	75	
4000	81	79
5000	85	



RW=62dB