



UNCUYO

UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

“Aislación Acústica”

Ing. Juan Bertrán

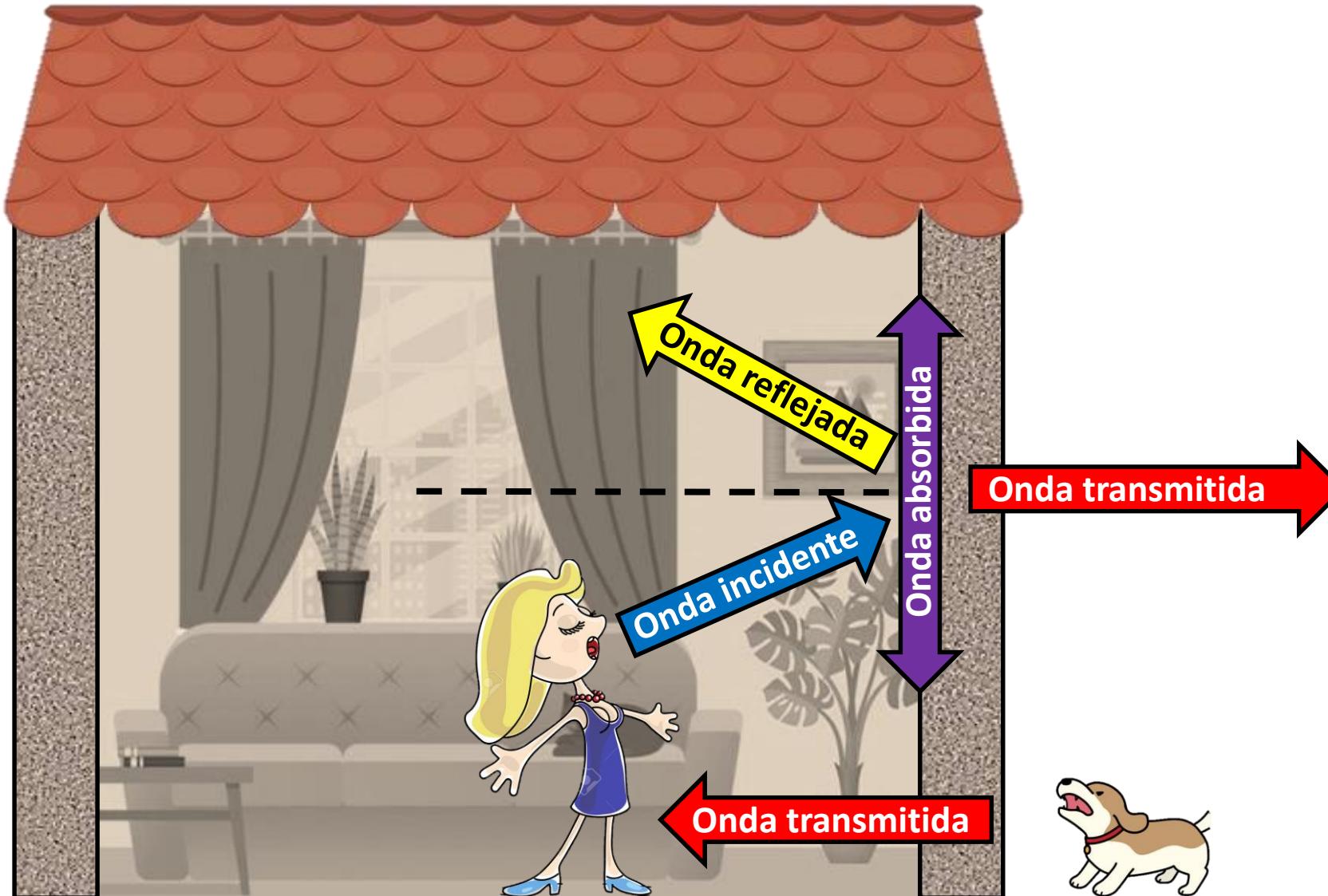
*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

Mg. Ing. Adriano Savez

*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

$$I_i = I_r + I_a + I_t$$

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

Normalizamos (dividiendo miembro a miembro por la intensidad incidente)

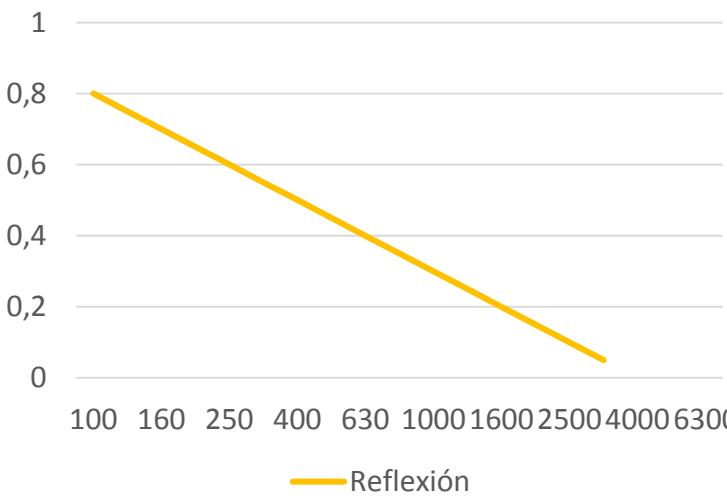
$$\frac{I_i}{I_i} = \frac{I_r}{I_i} + \frac{I_a}{I_i} + \frac{I_t}{I_i}$$

La igualdad
no cambia

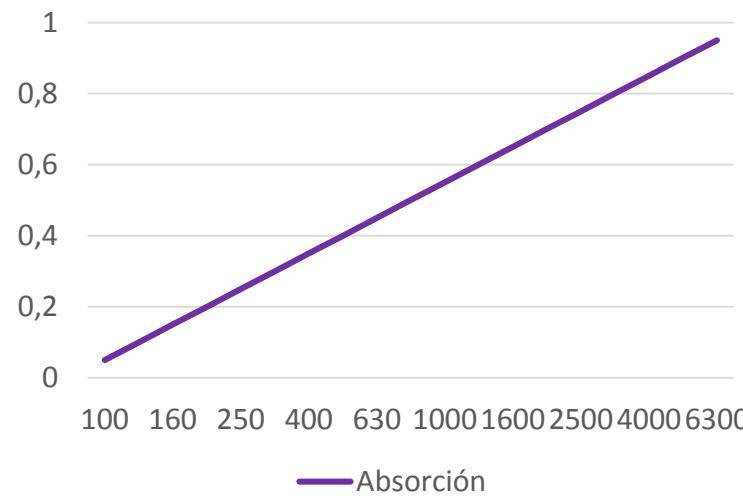
$$1 = r + \alpha + \tau \quad \left\{ \begin{array}{l} 0 < r < 1 \\ 0 < \alpha < 1 \\ 0 < \tau < 1 \end{array} \right.$$

Comportamiento de los parámetros acústicos a diferentes frecuencias

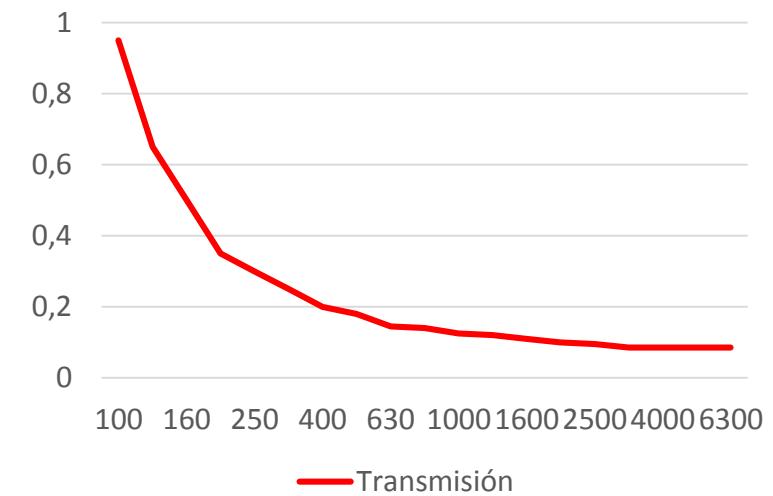
r
Reflexión



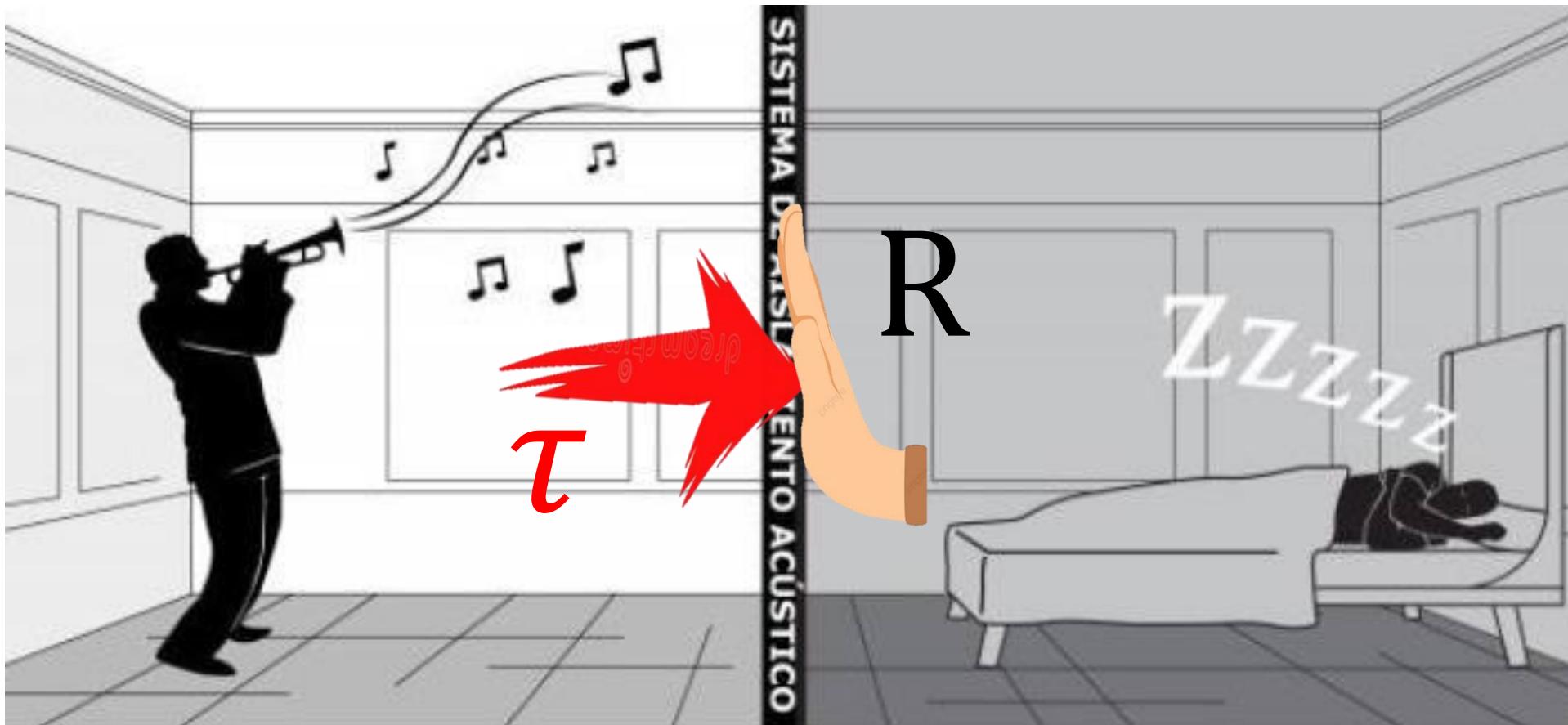
α
Absorción



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

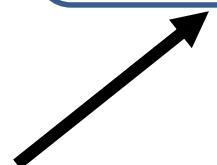
$$\tau = \frac{1}{1 + \left(\frac{m \cdot \pi \cdot f \cdot \cos \theta}{\rho_0 \cdot c} \right)^2}$$

m = Masa del muro

f = Frecuencia

ρ_0 = Densidad del medio

c = velocidad del sonido



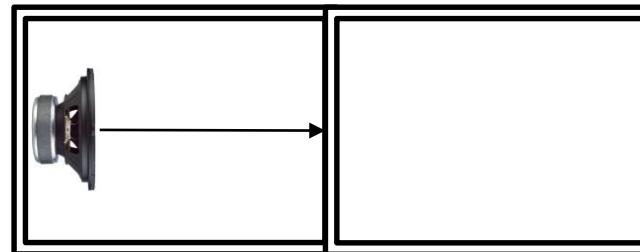
Esto debe ser el parámetro de aislamiento

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 $\theta = 0$

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



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

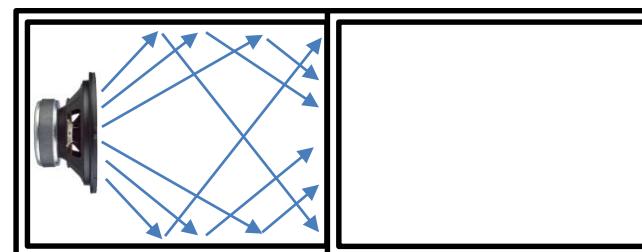


Ley de
Masas

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

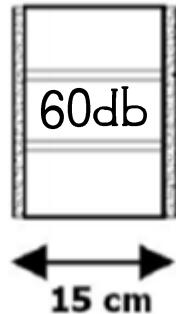
$$R = 20 \log f \cdot m - 48 \text{db}$$

Aislamiento sonoro (R) de un cerramiento

depende



110db

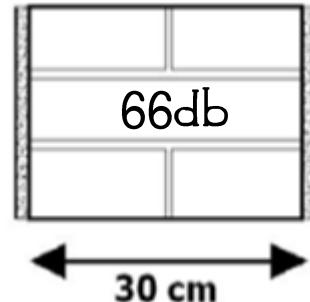


Masa

50db



110db



44db



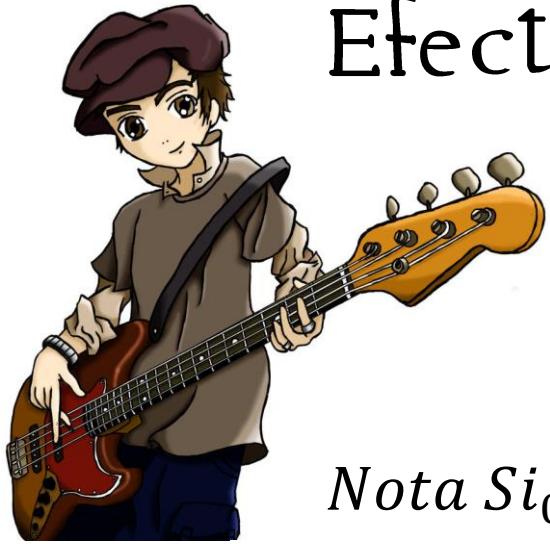
Densidad Superficial

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

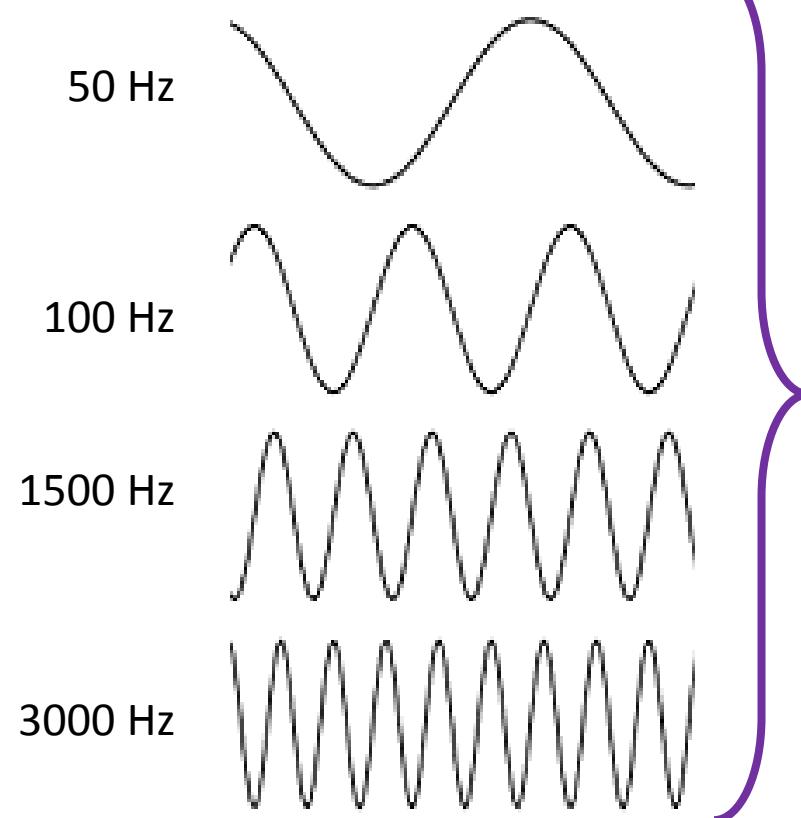
$$\sigma = \frac{m}{A}$$

masa
área

Efecto de la frecuencia en la ley de masas



Nota Si₀ a 80db

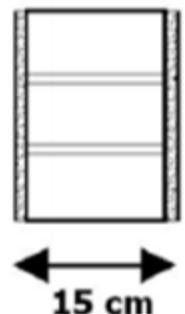


$$R = 20 \log f \sigma - 48db$$

Frecuencia

Densidad superficial

Ladrillo



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

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

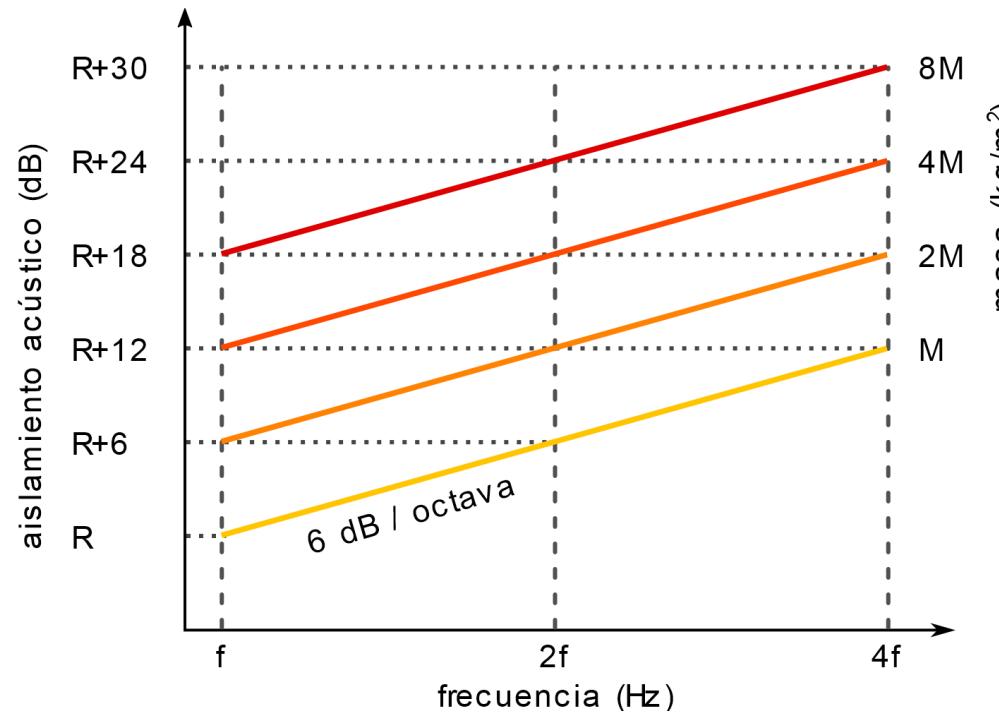
$$R_{100Hz} = 20 \log 100 \cdot 300 - 48db = 41db$$

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

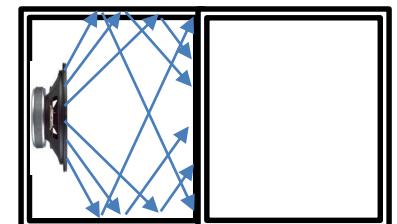
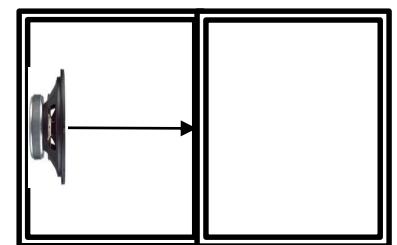
$$R_{3000Hz} = 20 \log 3000 \cdot 300 - 48db = 71db$$

Ley de Masas

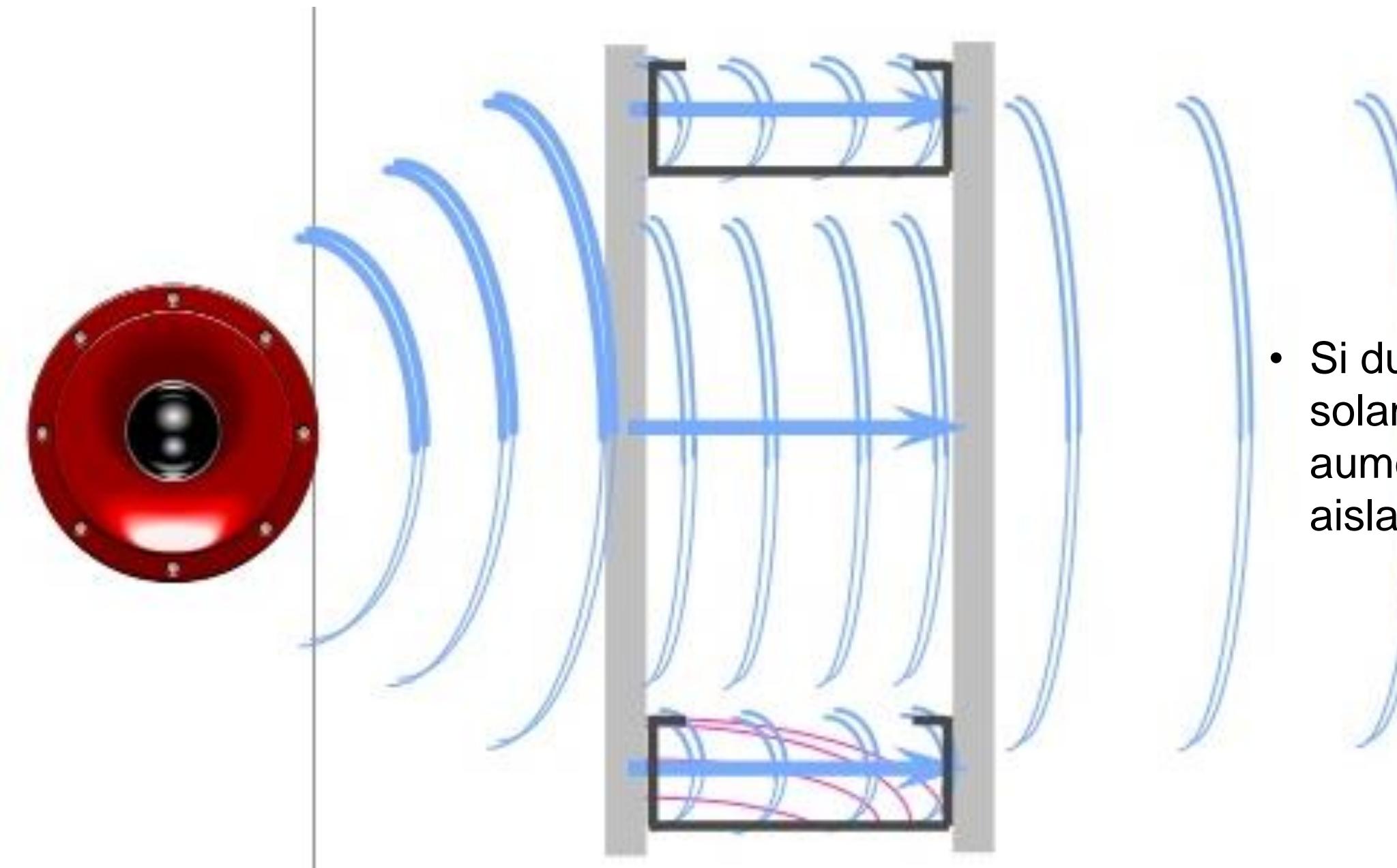
$$R = 20 \log f \cdot \sigma - 48 \text{db}$$



- 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



- Si duplico la masa solamente aumenta 4dB la aislación.

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



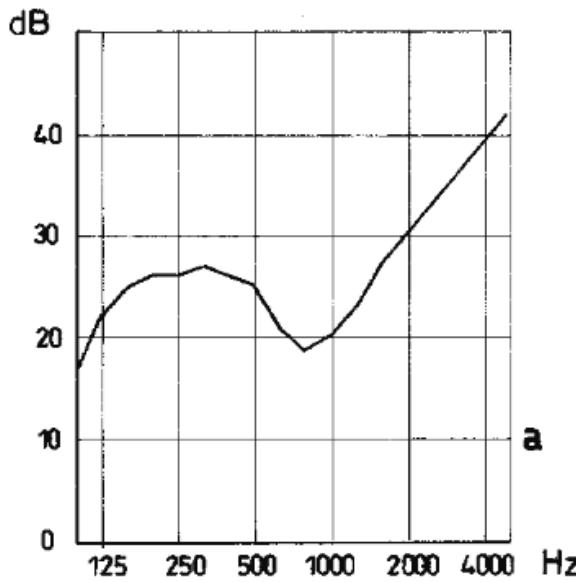
| Masa del Muro | Atenuación en dB |
|---------------|------------------|
| 15cm | 40db |
| 30cm | 44db |
| 60cm | 48db |
| 120cm | 52db |
| 240cm | 56db |
| 420cm | 60db |

Inviabile tanto por razones de diseño como económicas

Comportamiento real del R de un muro con la frecuencia

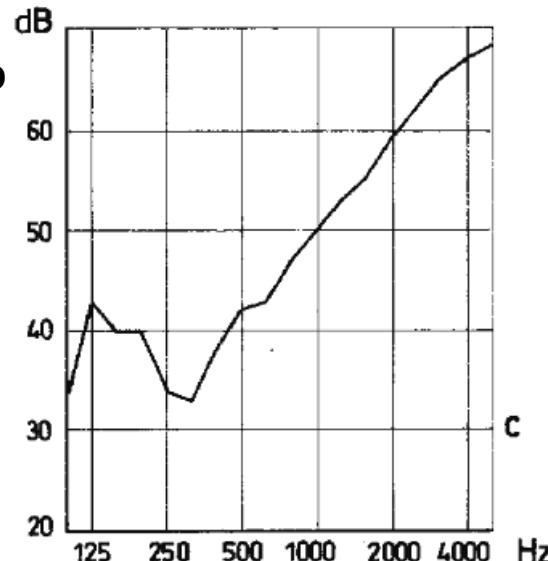
Aglomerado de melamina:

Espesor 0,05m
Masa 24 kg/m²



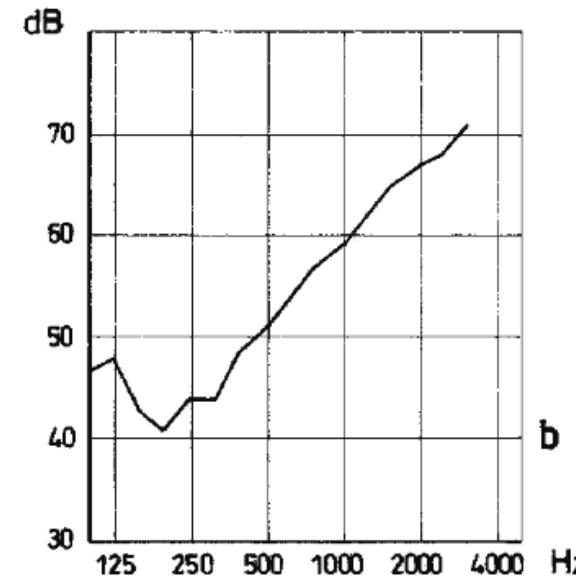
Ladrillo revocado

Espesor 0,11m
Masa 250 kg/m²



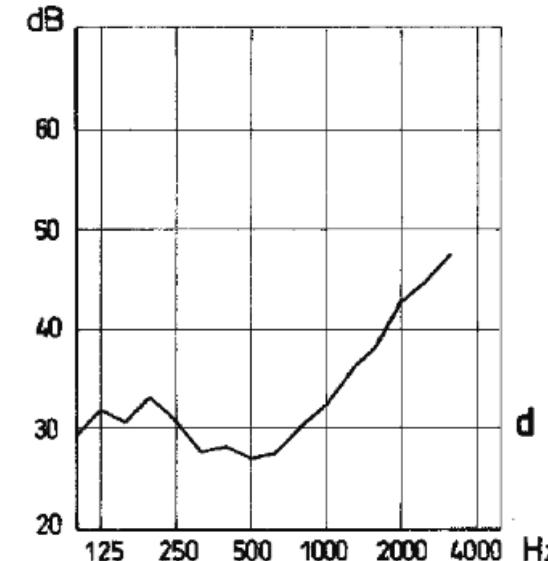
Hormigón

Espesor 0,14m
Masa 330 kg/m²

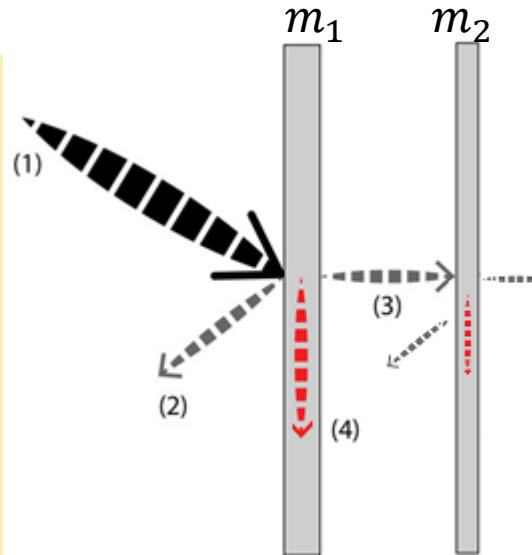
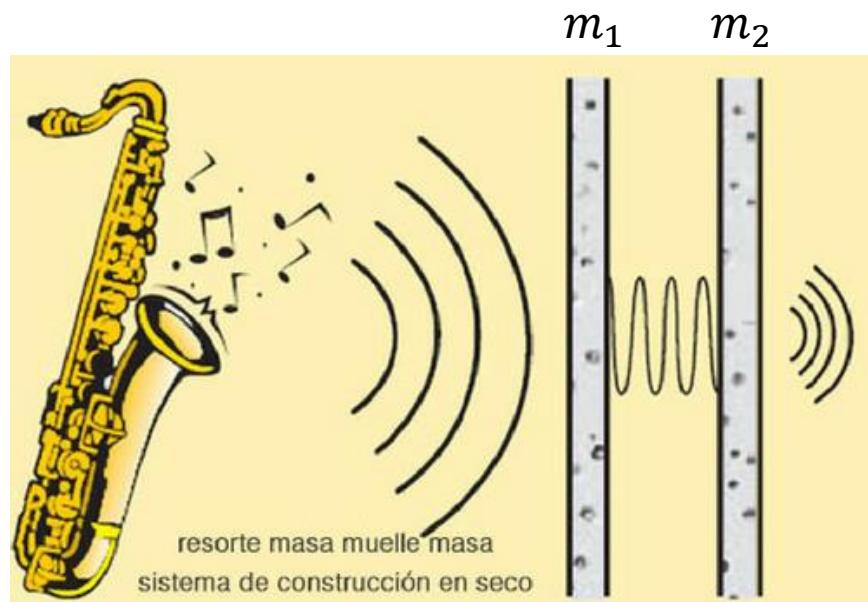
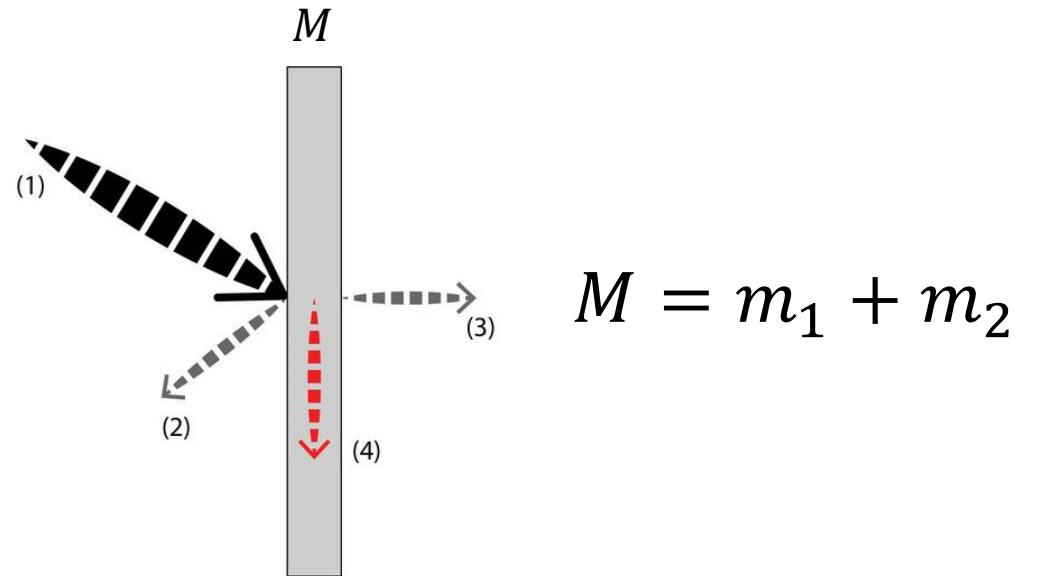


Suspendido de yeso

Espesor 0,07m
Masa 65 kg/m²

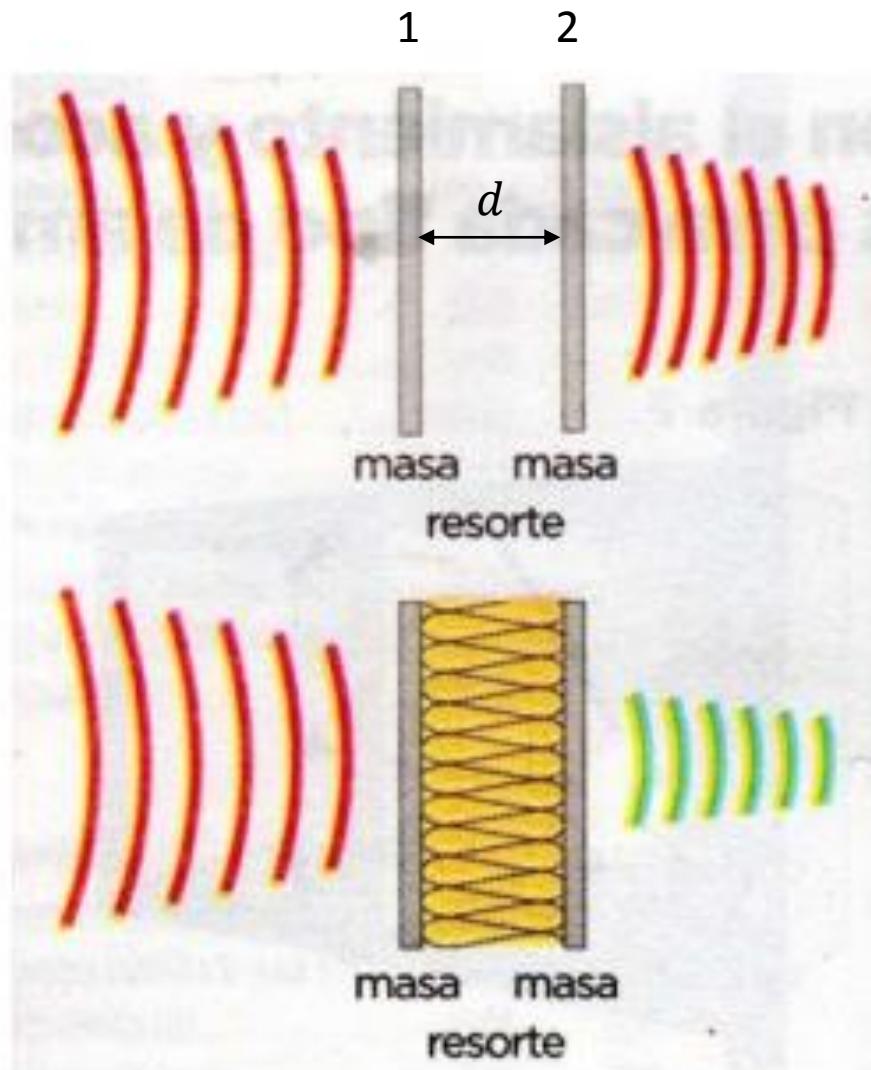


Ley de Masa-Resorte-Masa



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

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

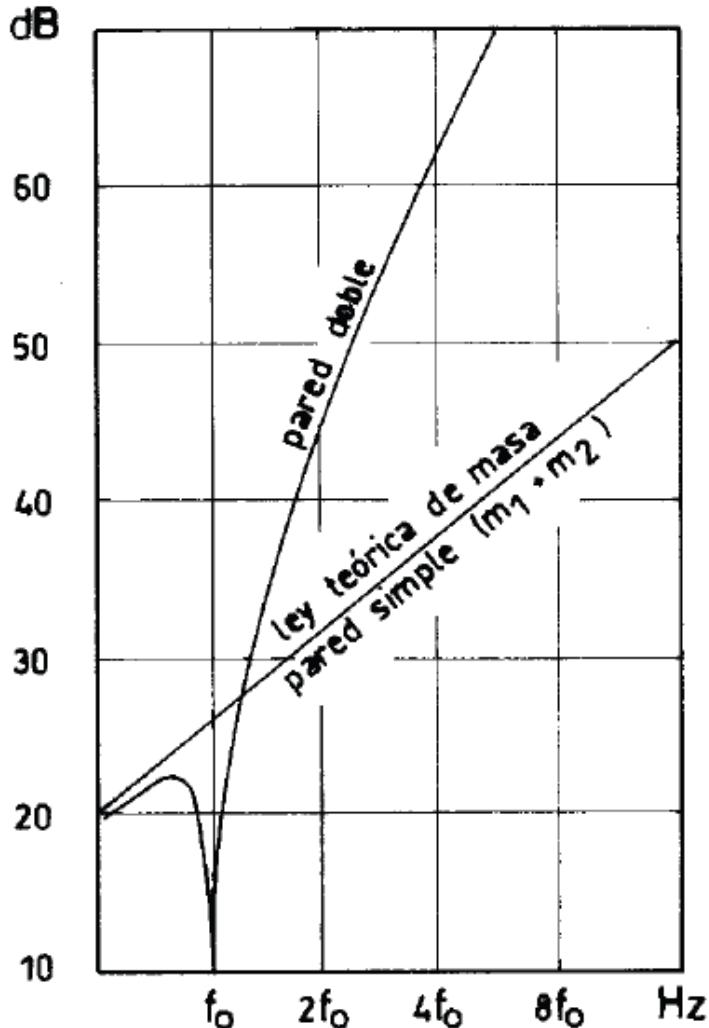
d : espesor del material de relleno

Es sumamente importante que f_0 este lo mas bajo posible

Atenuación de un sistema Masa-Resorte-Masa

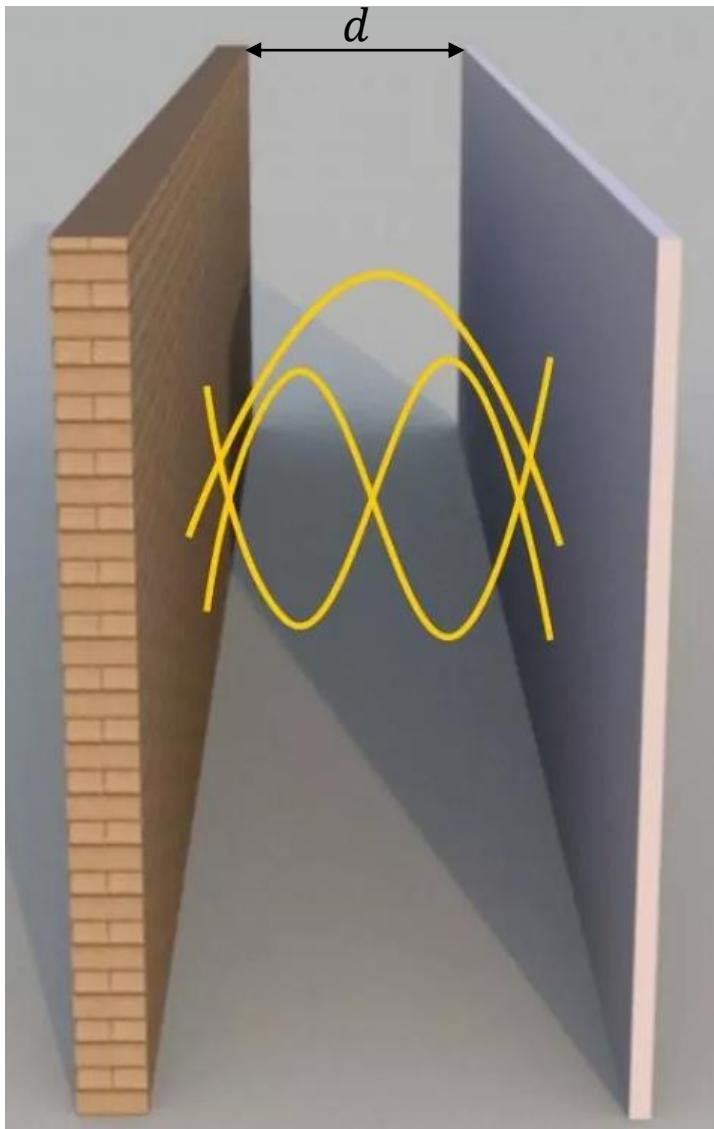
$$R = 20 \log \frac{m_1 \cdot m_2 \cdot \omega (\omega_0^2 - \omega^2)}{2f_0 \cdot c \cdot k}$$

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



- 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.

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

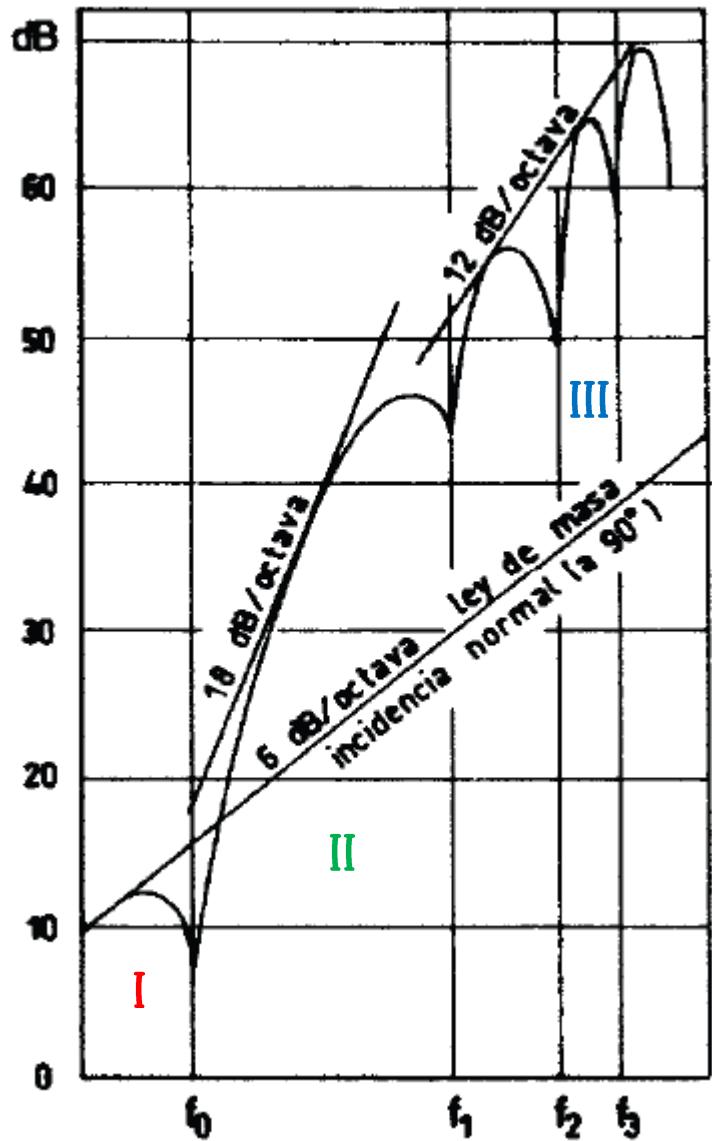
Se retroalimentan y transmiten con gran facilidad

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

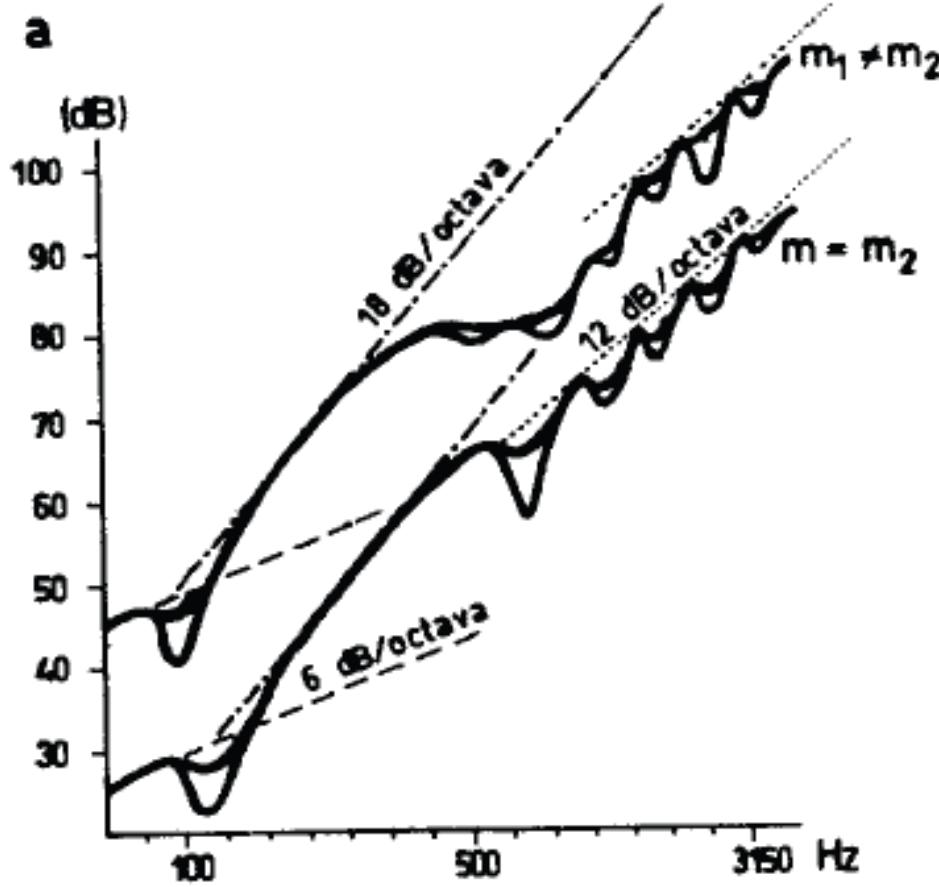


Figura 13.13: Comparación entre el aislamiento acústico obtenido con un cerramiento de doble hoja, según que la masa de ambas hojas sea igual o distinta.

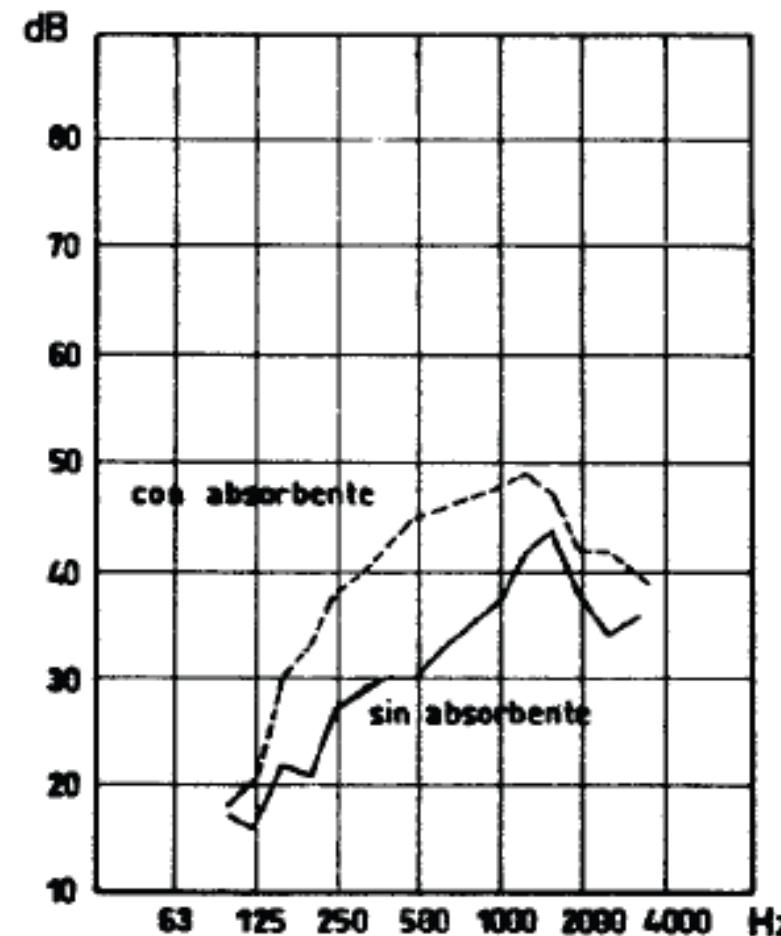
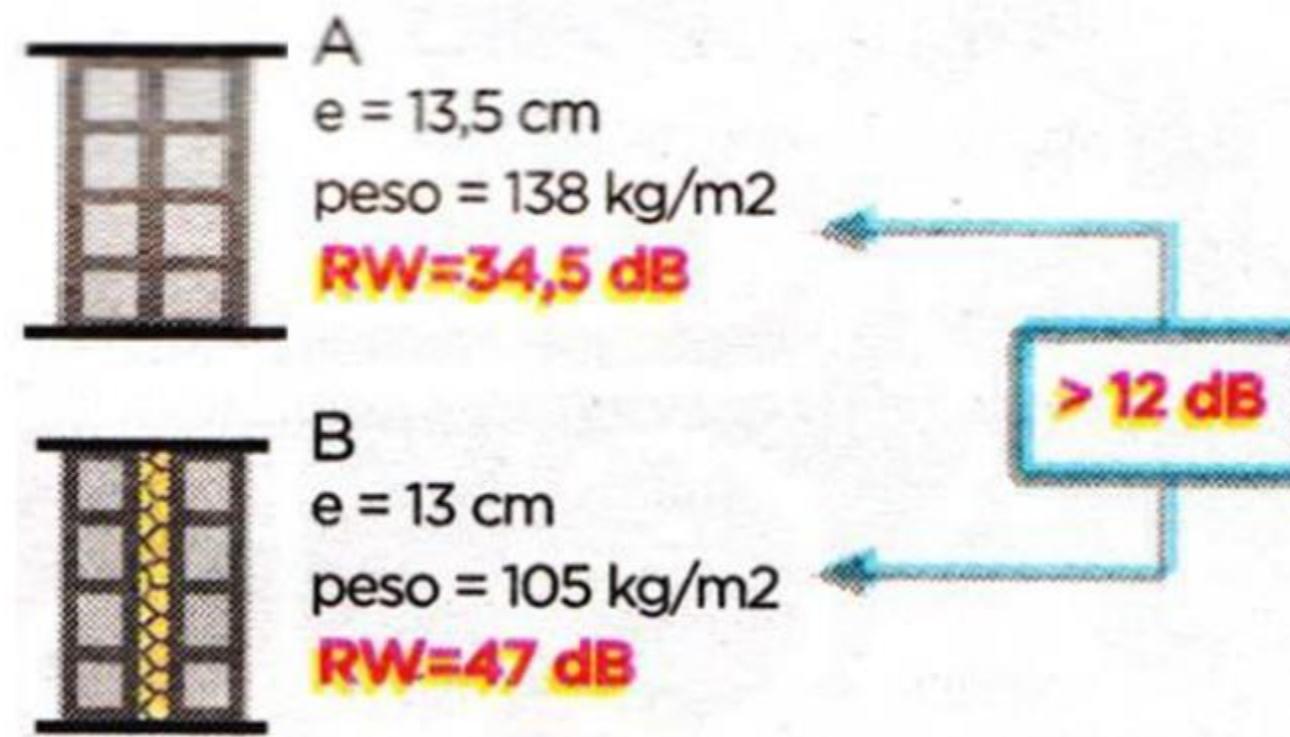


Figura 13.14: Efecto en el aislamiento acústico, de la interposición de un absorbente en la cámara de aire de un cerramiento doble. (Mestre y García).

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

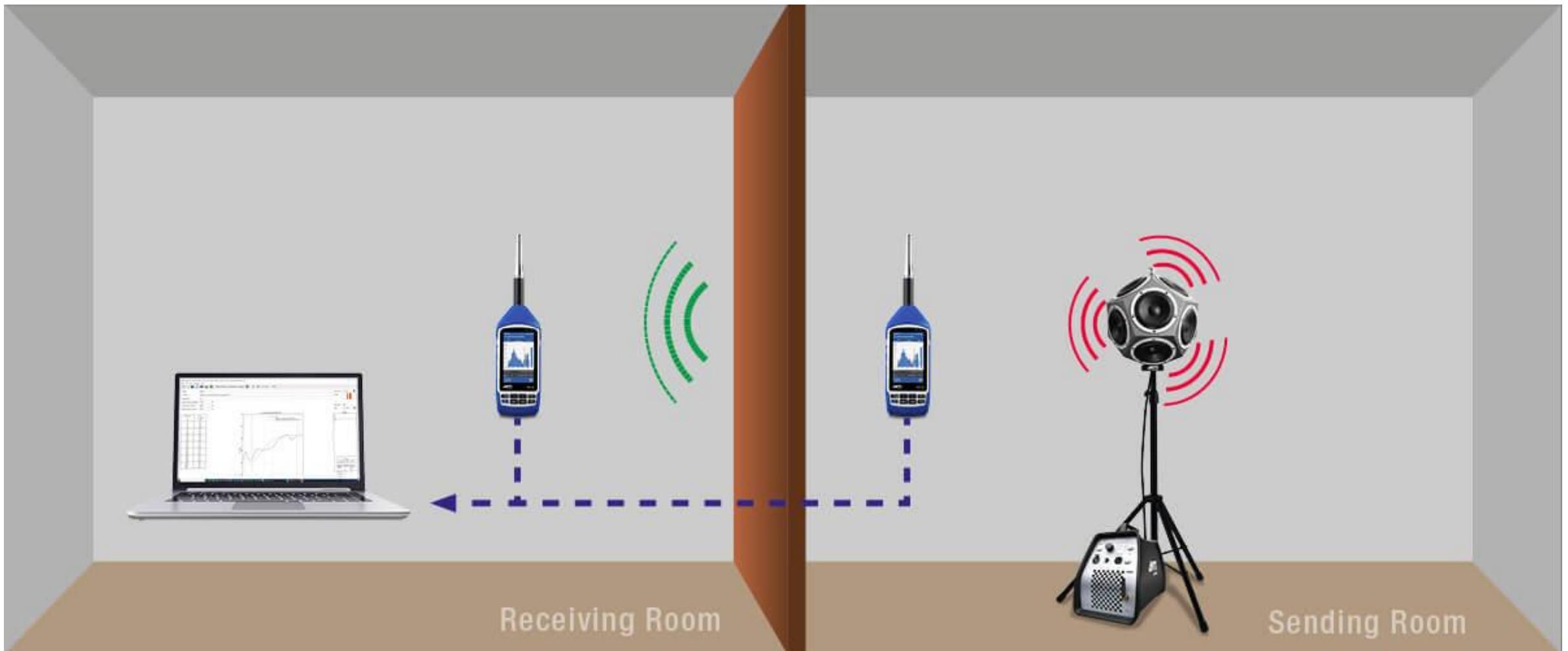
Aislamiento Acústico Global RW



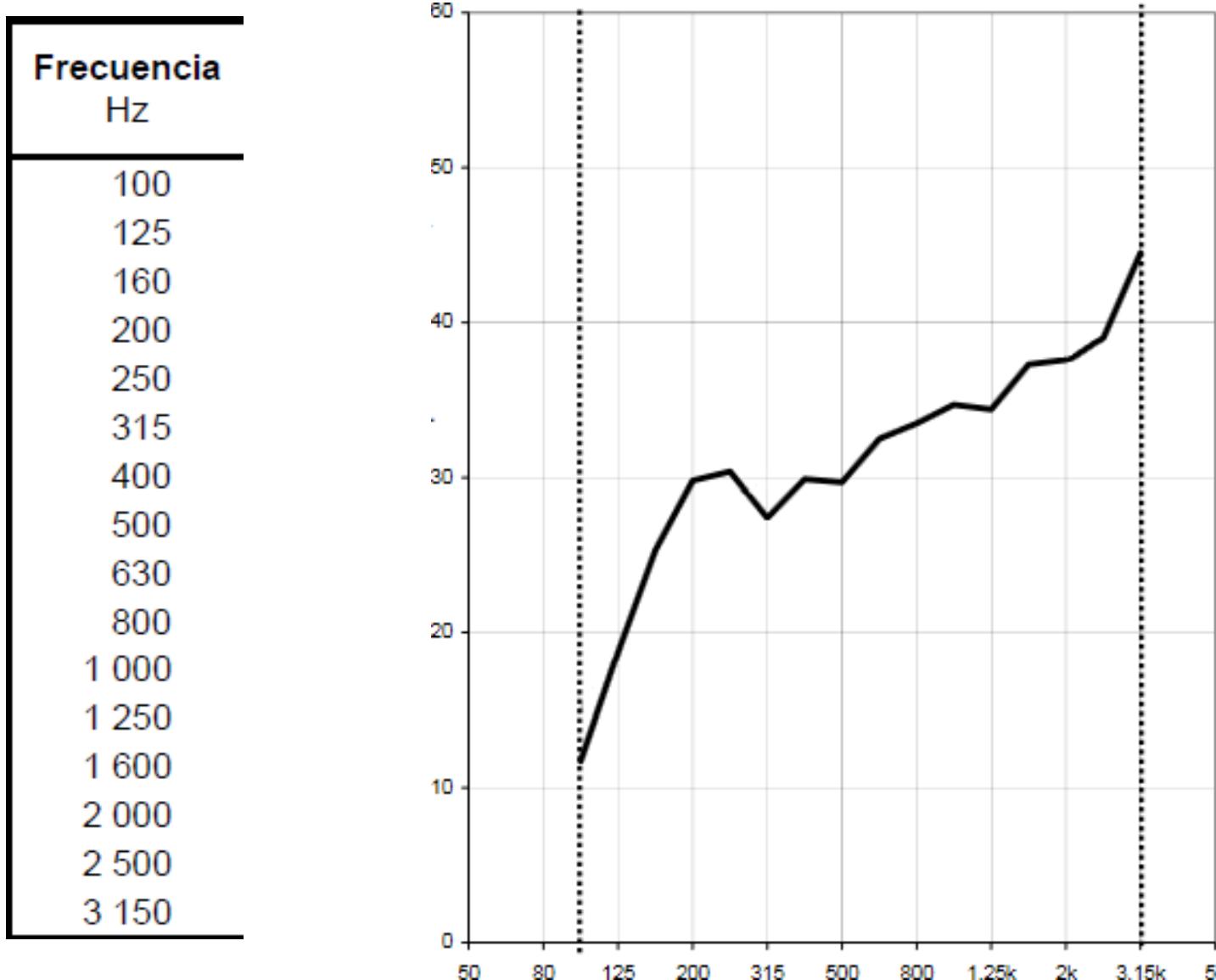
Parlante Omnidireccional

| 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



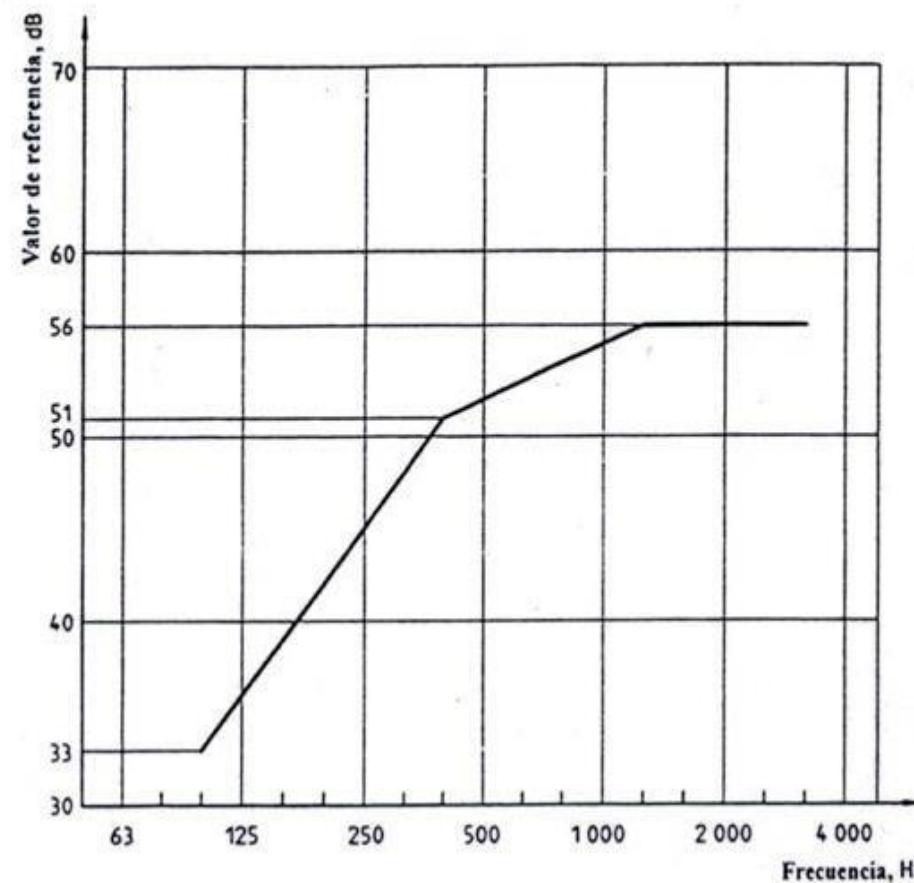
Aislamiento Acústico Global RW



Aislamiento Acústico Global RW

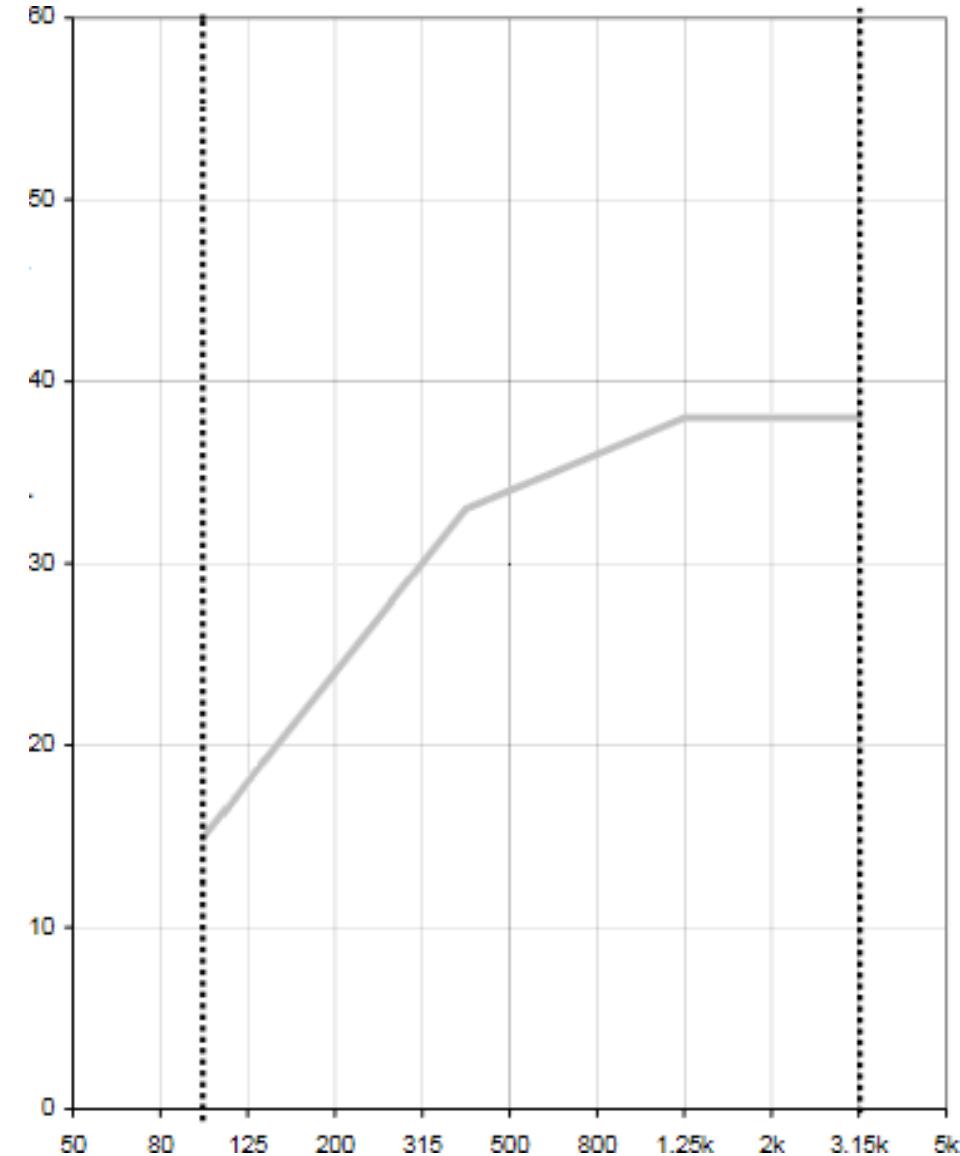
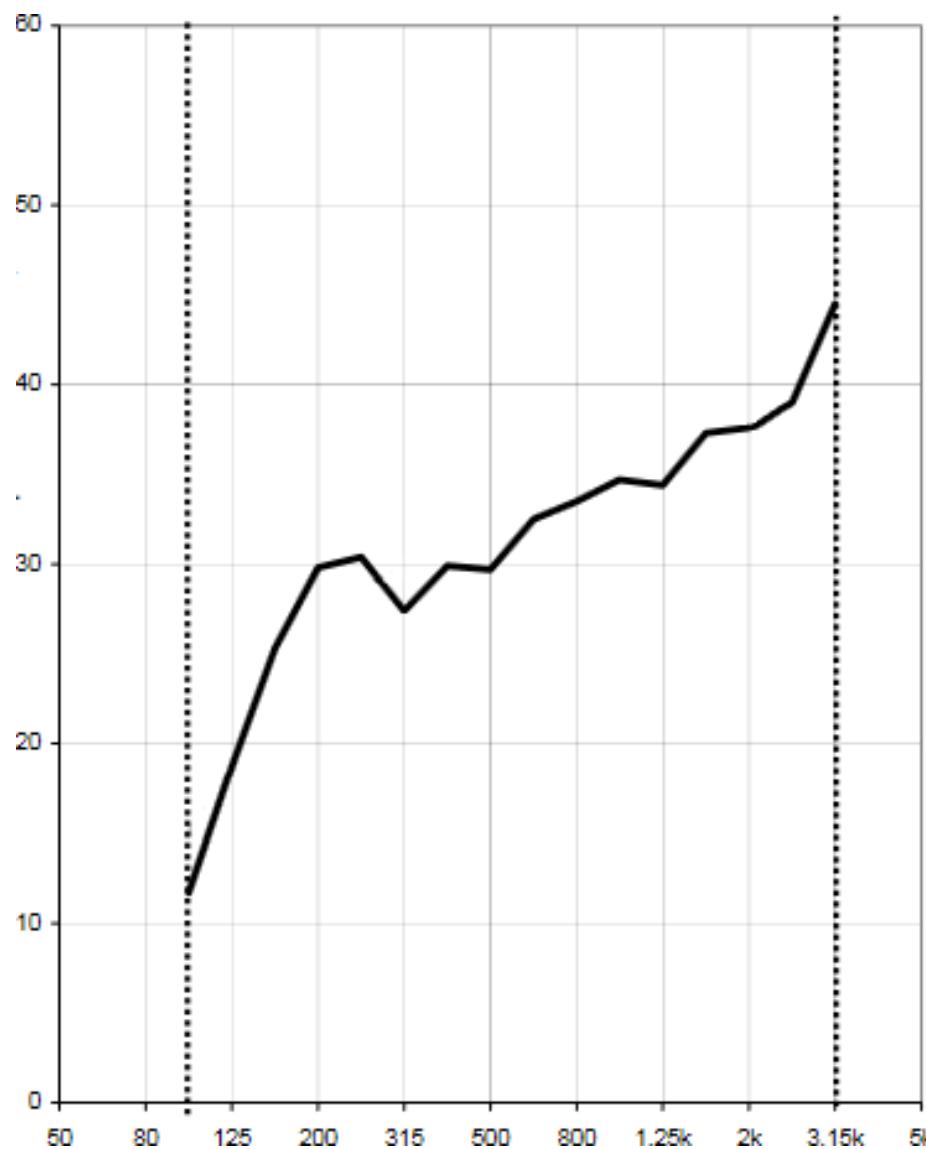
Curva de Referencia Norma ISO

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

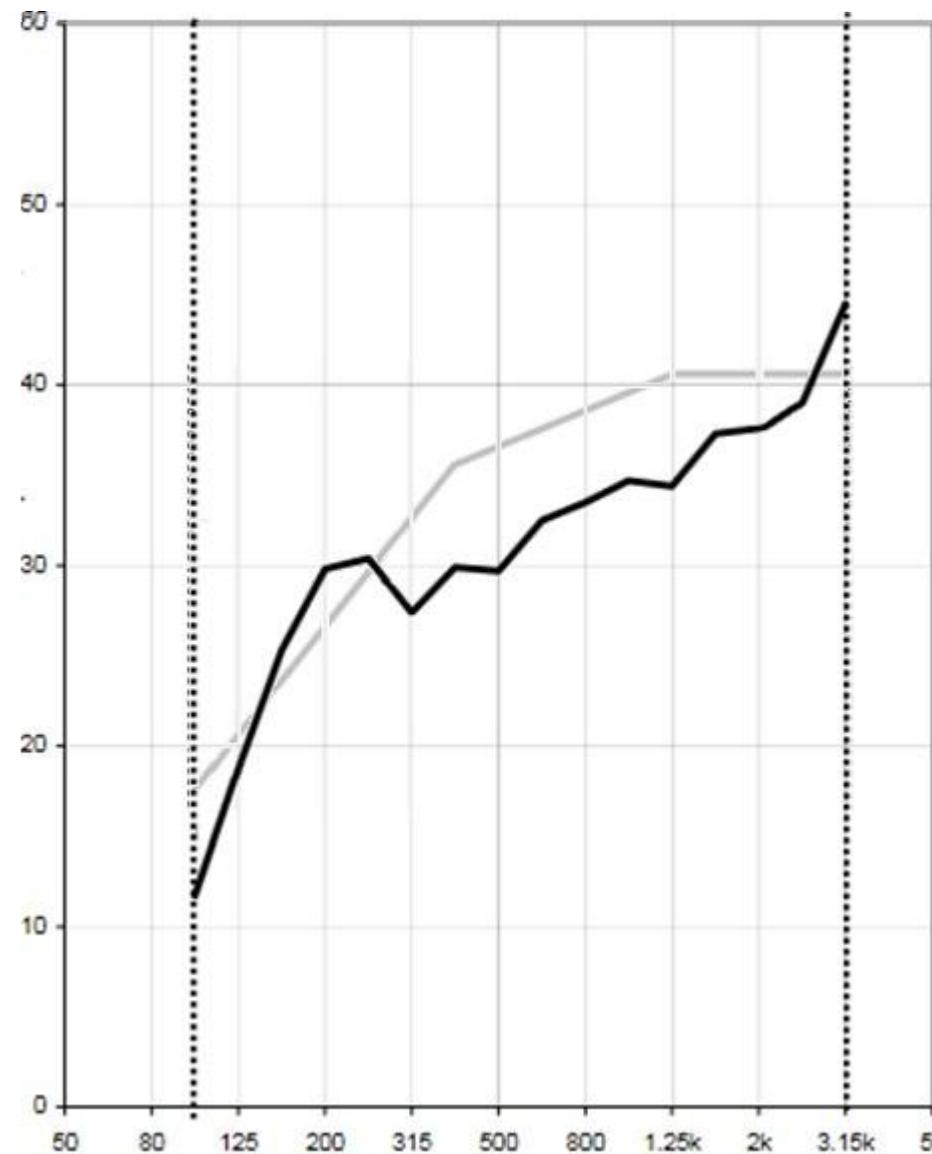


Norma ISO 717

Calculo de RW

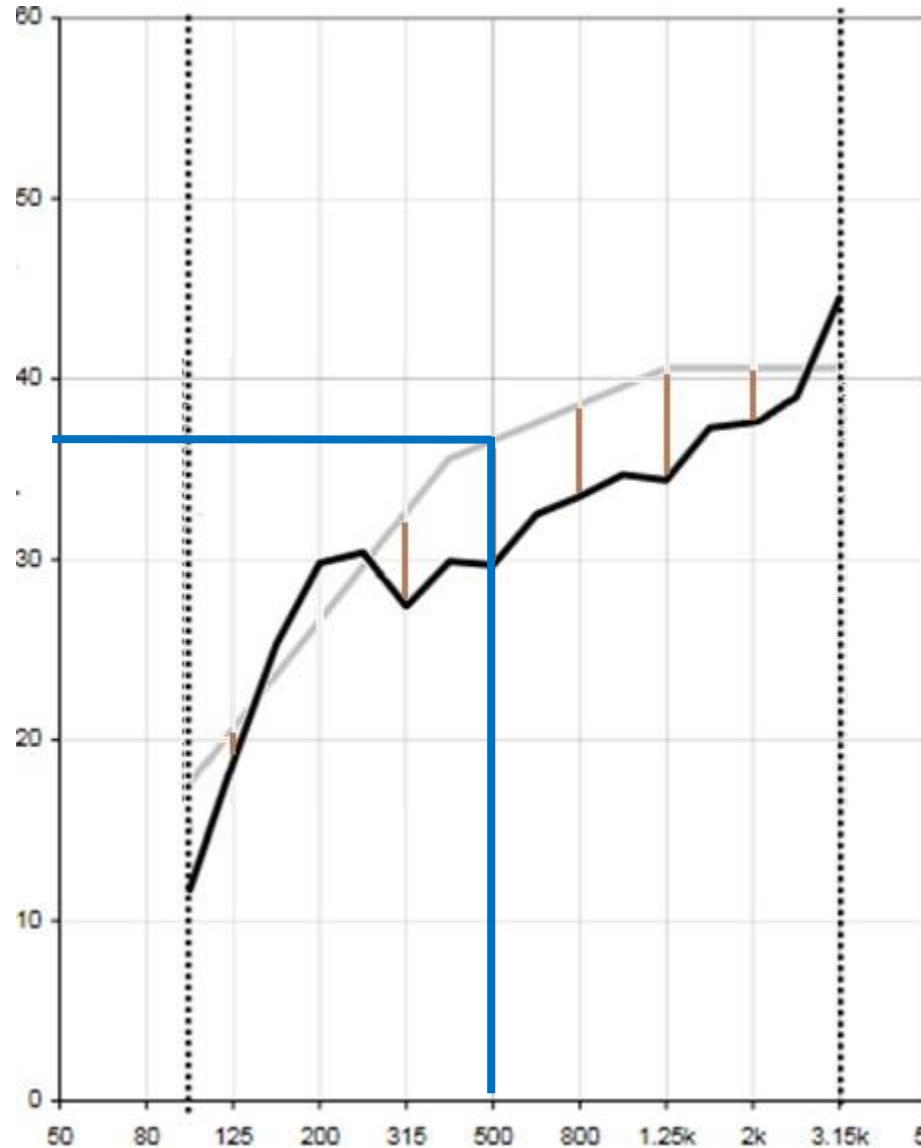


Calculo de RW



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

“Aislación Acústica”

Ejemplos de Cálculo y Medición RW

Ing. Juan Bertrán

*Ingeniero en Electrónica
Especialista en Audio y Sonido*

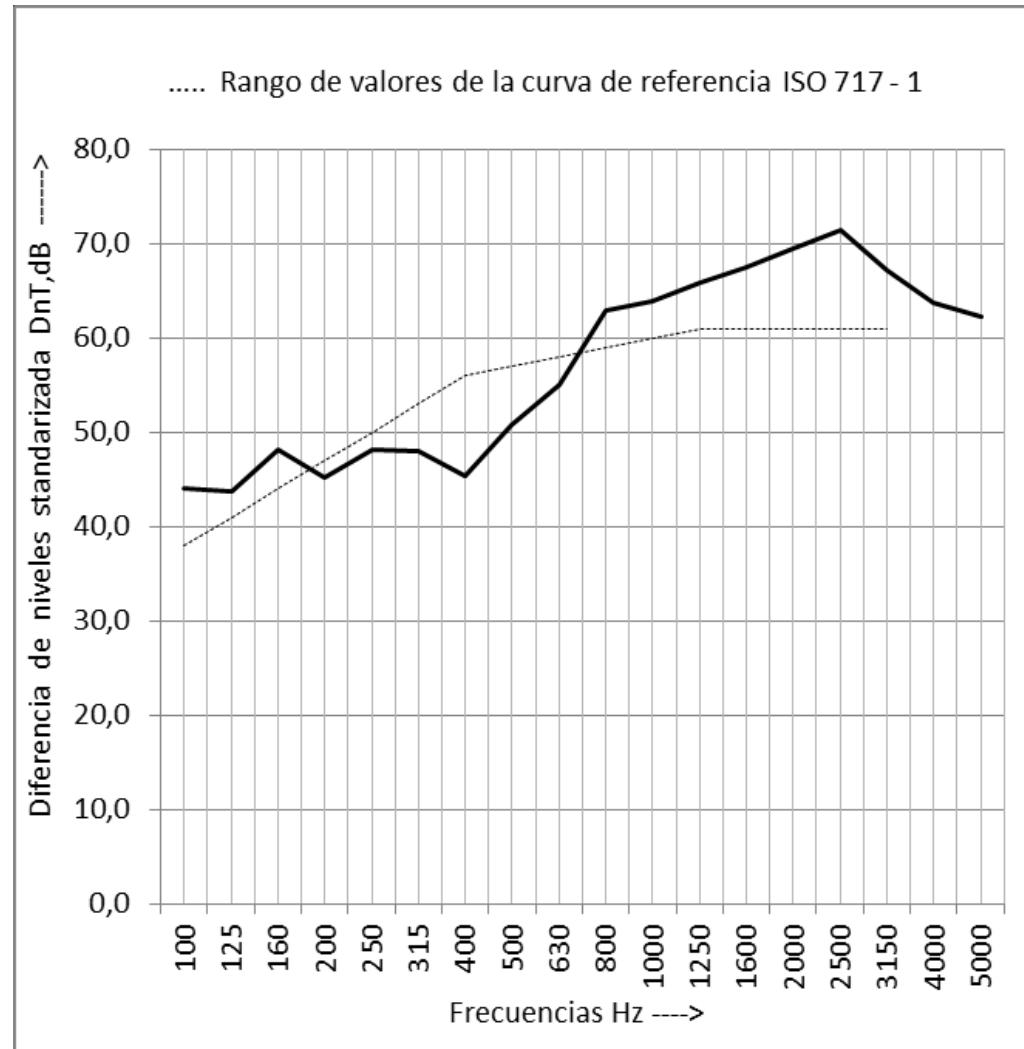
Mg. Ing. Adriano Savez

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

Ejemplo Aislamiento Vivienda-Vivienda

Debería ser más 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 |
| | 64 |



$$R_W = 57 \text{ dB}$$

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

Ejemplo Producto para aislamiento: Cortinas

Cortina de siete capas



CORTINA DE 7 CAPAS



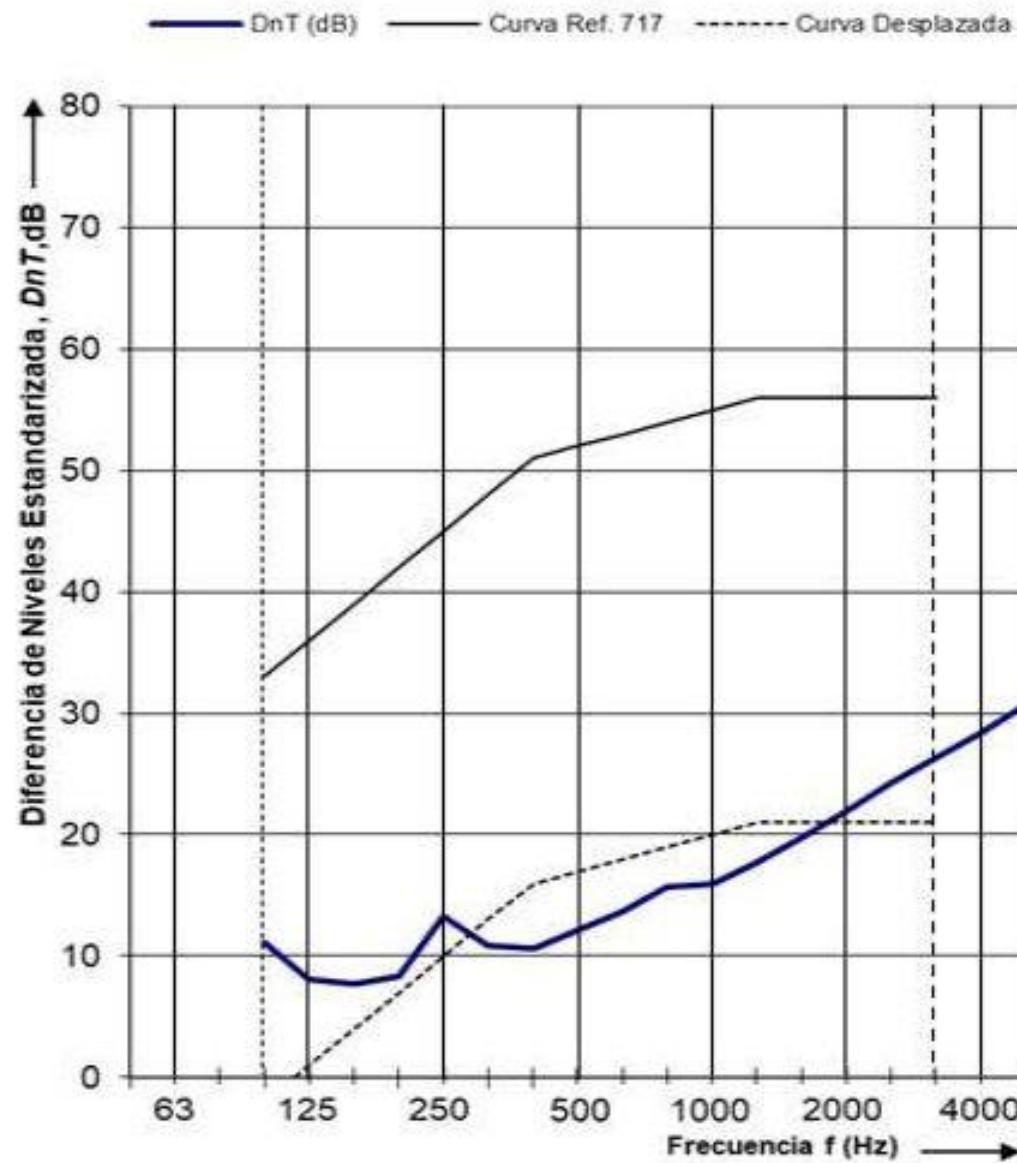
Textil Batavia S.L.
Pol.Ind.L'Horta Vella, Calle 4 , nº 5
Apdo.de Correos 33
46117 BÉTERA (Valencia)
Telf: 961 698 227, Fax: 961 690 178
batavia@tejidosignifugos.com
www.tejidosignifugos.com

| | |
|---------------------------|----------------|
| Cód. Art. Article code | M2038 ANAPURNA |
|---------------------------|----------------|

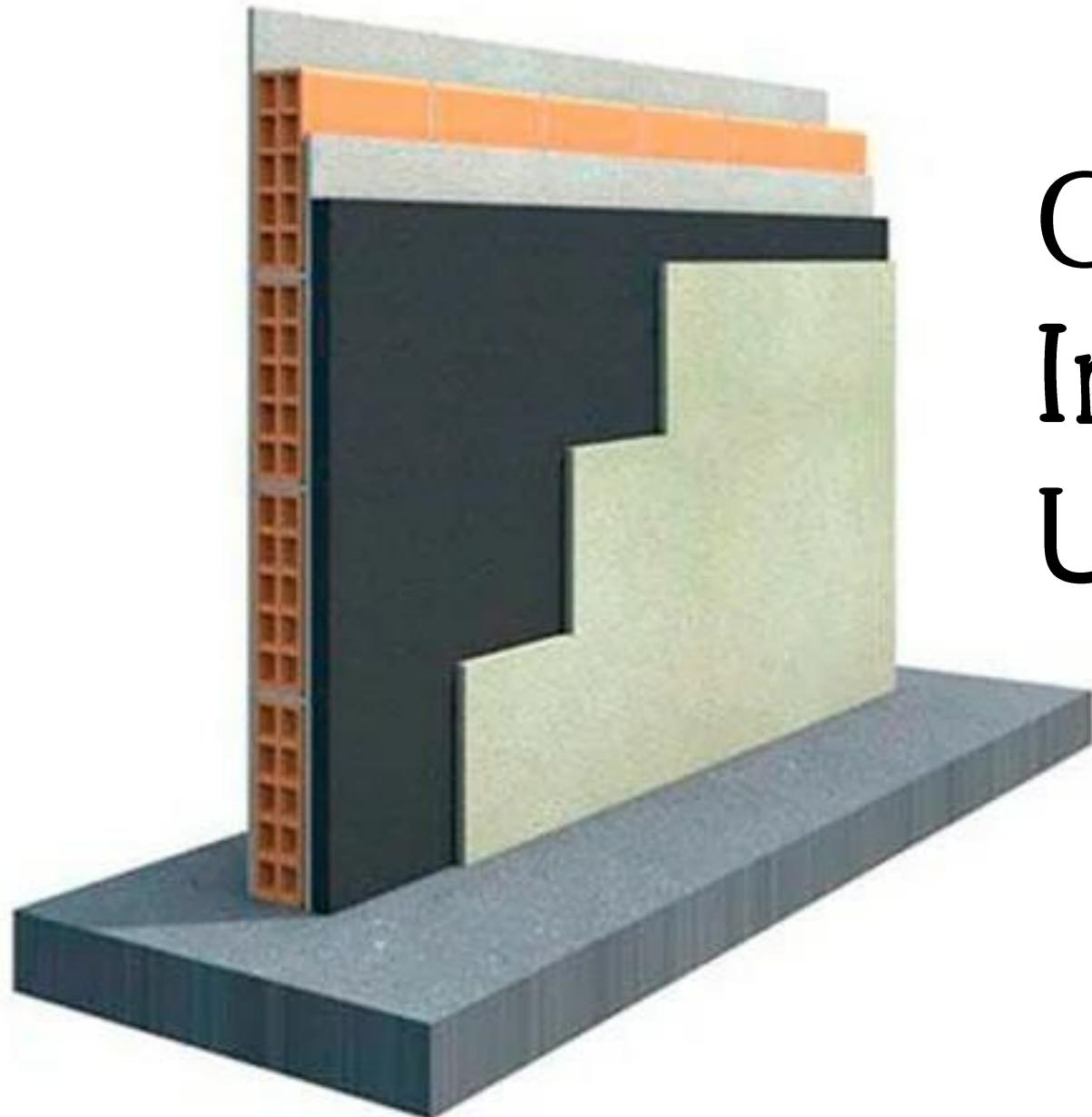
FICHA TÉCNICA ACÚSTICA / ACOUSTIC TECHNICAL DATA

| | |
|--------------------------------|--|
| 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

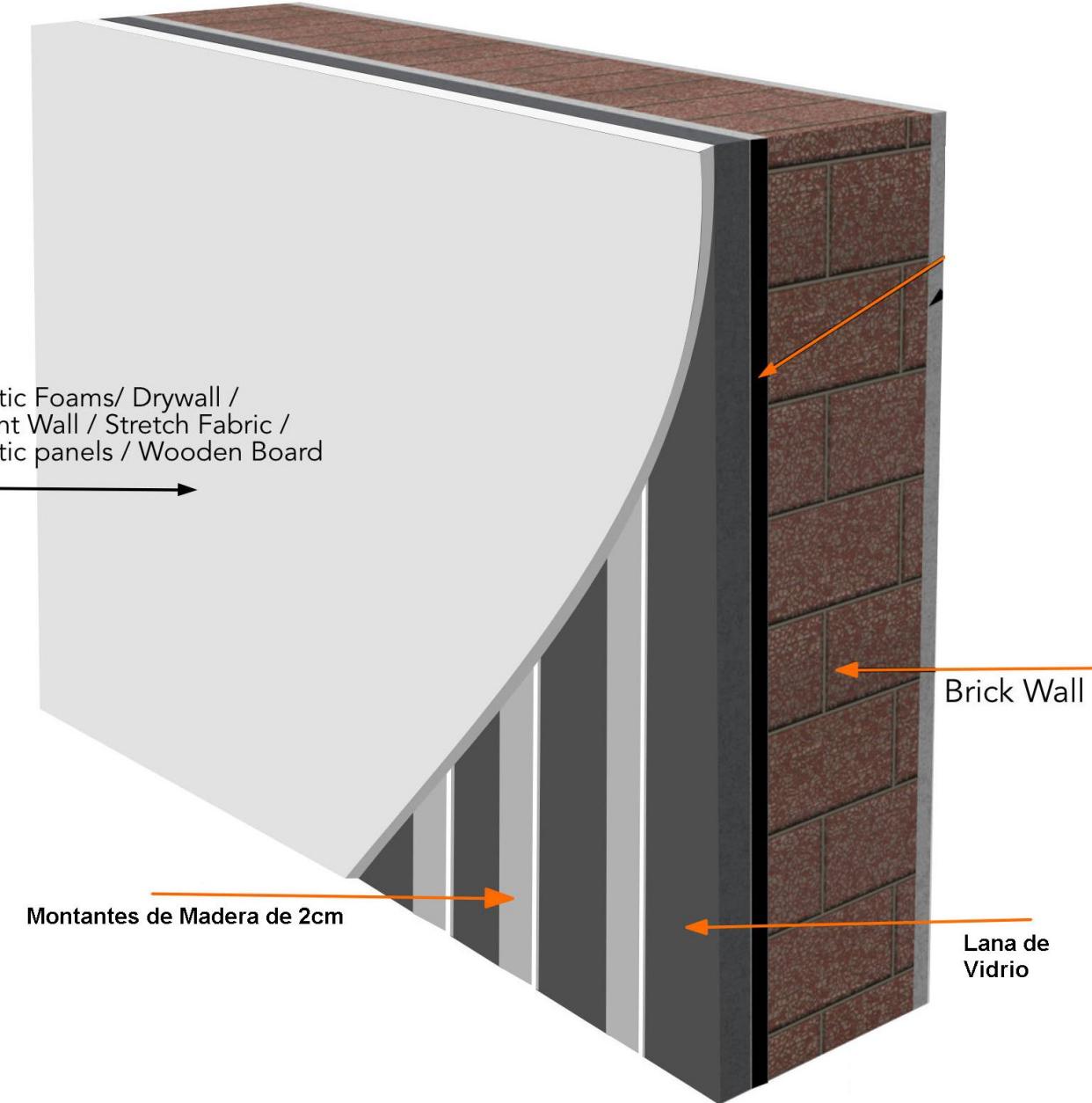


$RW = 21 \text{ dB}$



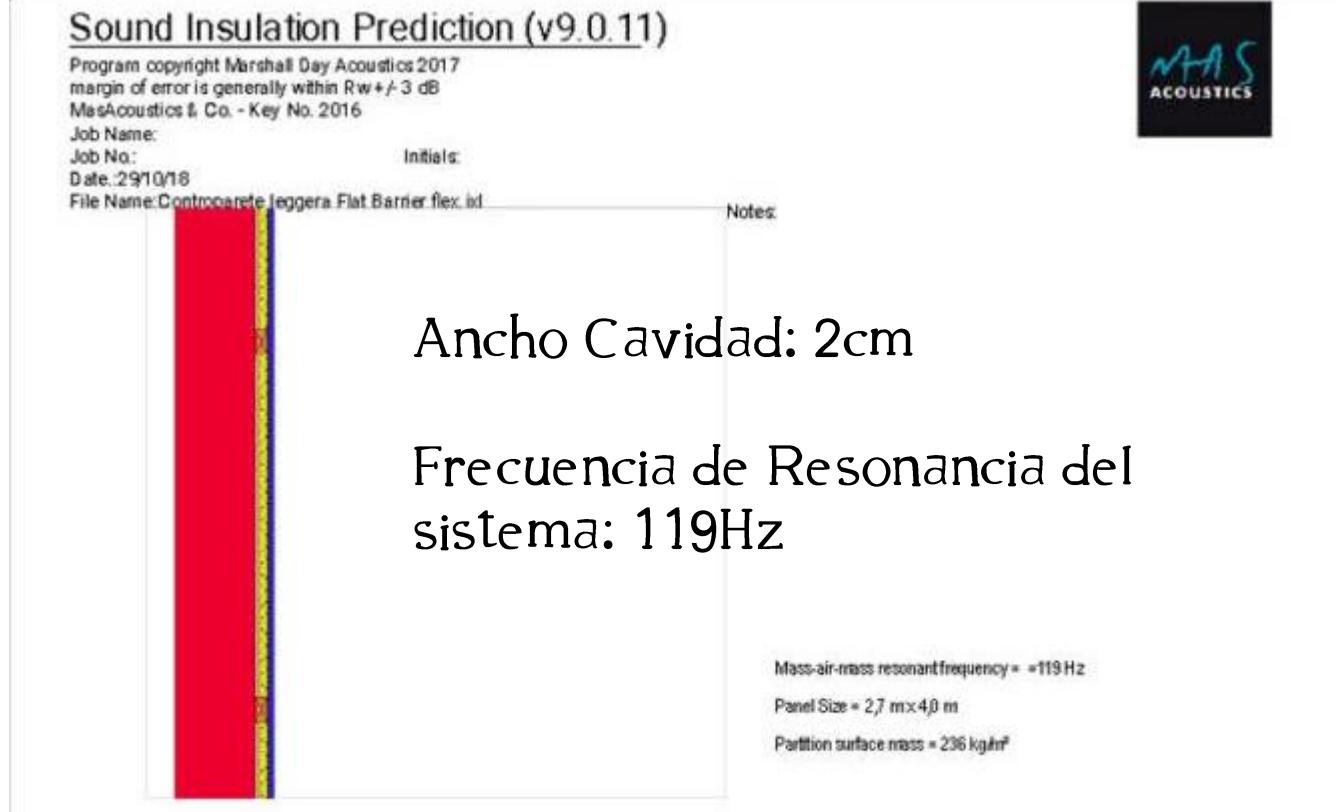
Como
Insonorizar
Una pared...?

Ejemplo Proyecto Muro doble



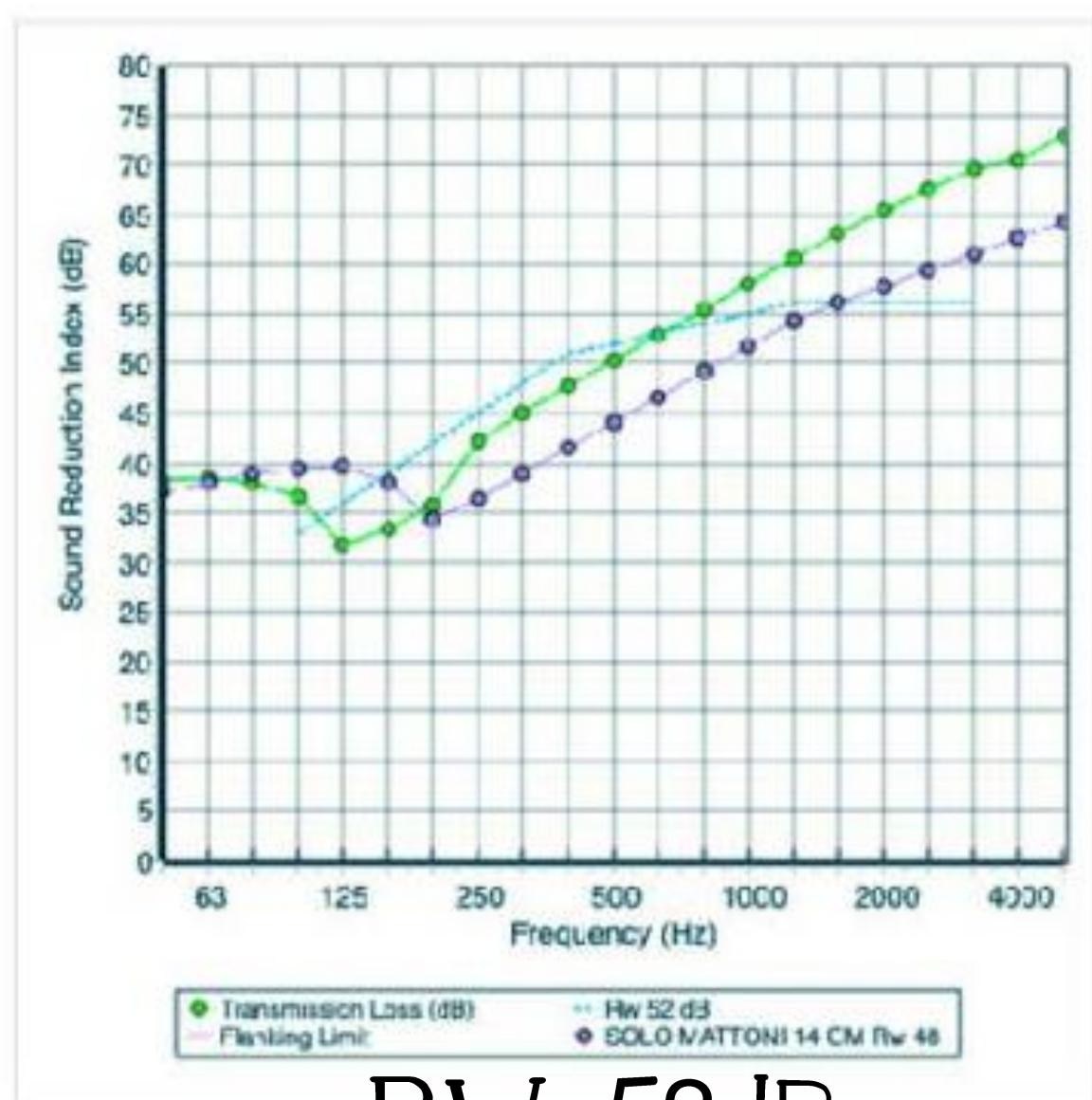
Ejemplo Proyecto Muro doble

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



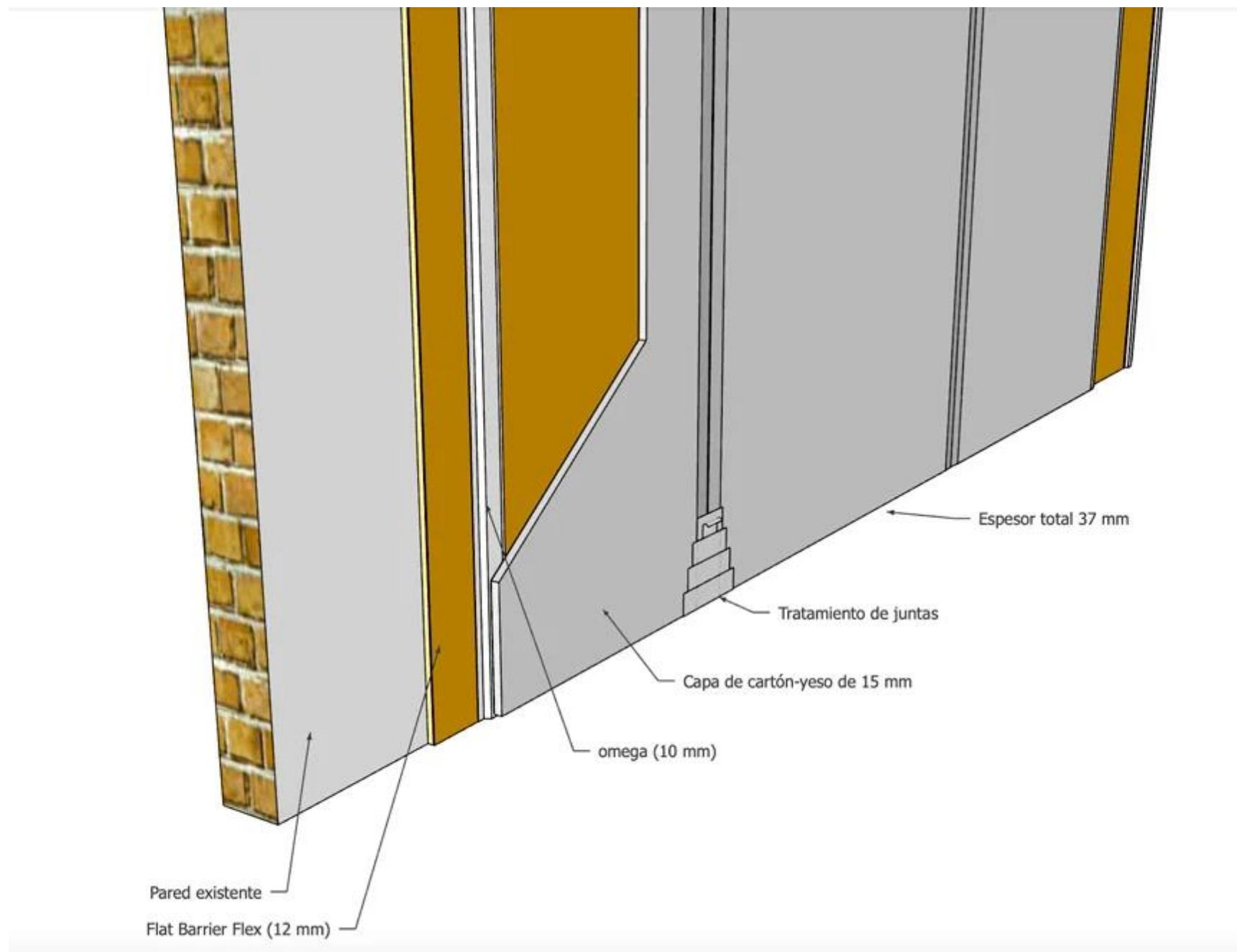
Ejemplo Proyecto Muro doble

| 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 | |



$R_w = 52$ dB

Ejemplo Proyecto Muro “triple”



Ejemplo Proyecto Muro “triple”

Muro de Ladrillo de 14cm, $Rw=48dB$



Sound Insulation Prediction (v8.0.1)

Program copyright: Marshall Day Acoustics 2014

- Key No. 2016

Margin of error is generally within $Rw +/- 3 dB$

Job Name:

Job No.:

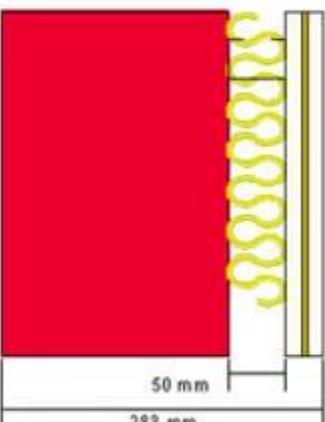
Date: 1 feb 18

Page No.:

Initials: Proprietario

Notes:

File Name: Contoparete Flat Barrier Aderenza.idx



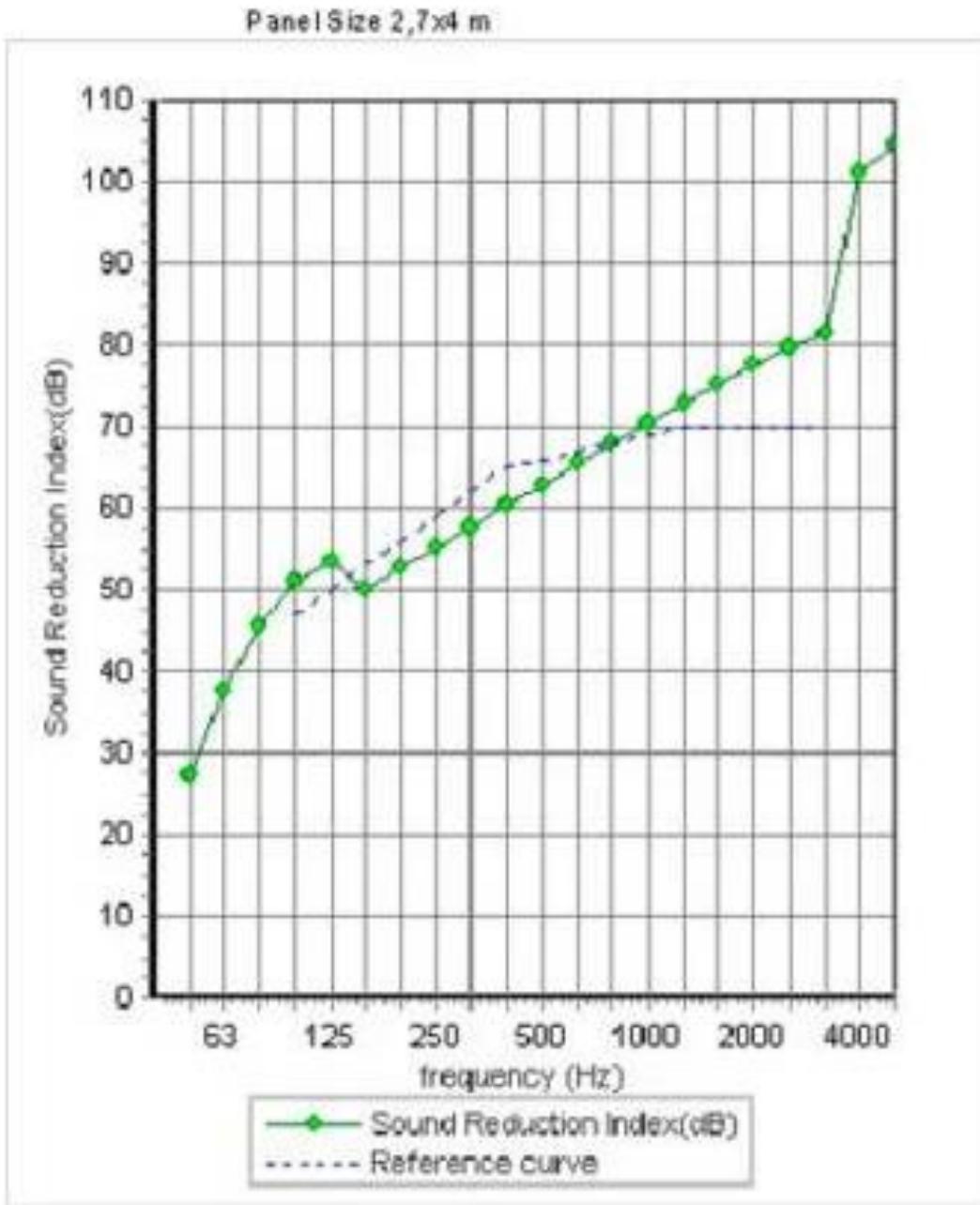
Frecuencia de Resonancia
del sistema: 143Hz

System description

Panel 1: 1 x 200,0 mm Matrone (?:1600 kg/m3, E:8,9GPa, ?:0,03)

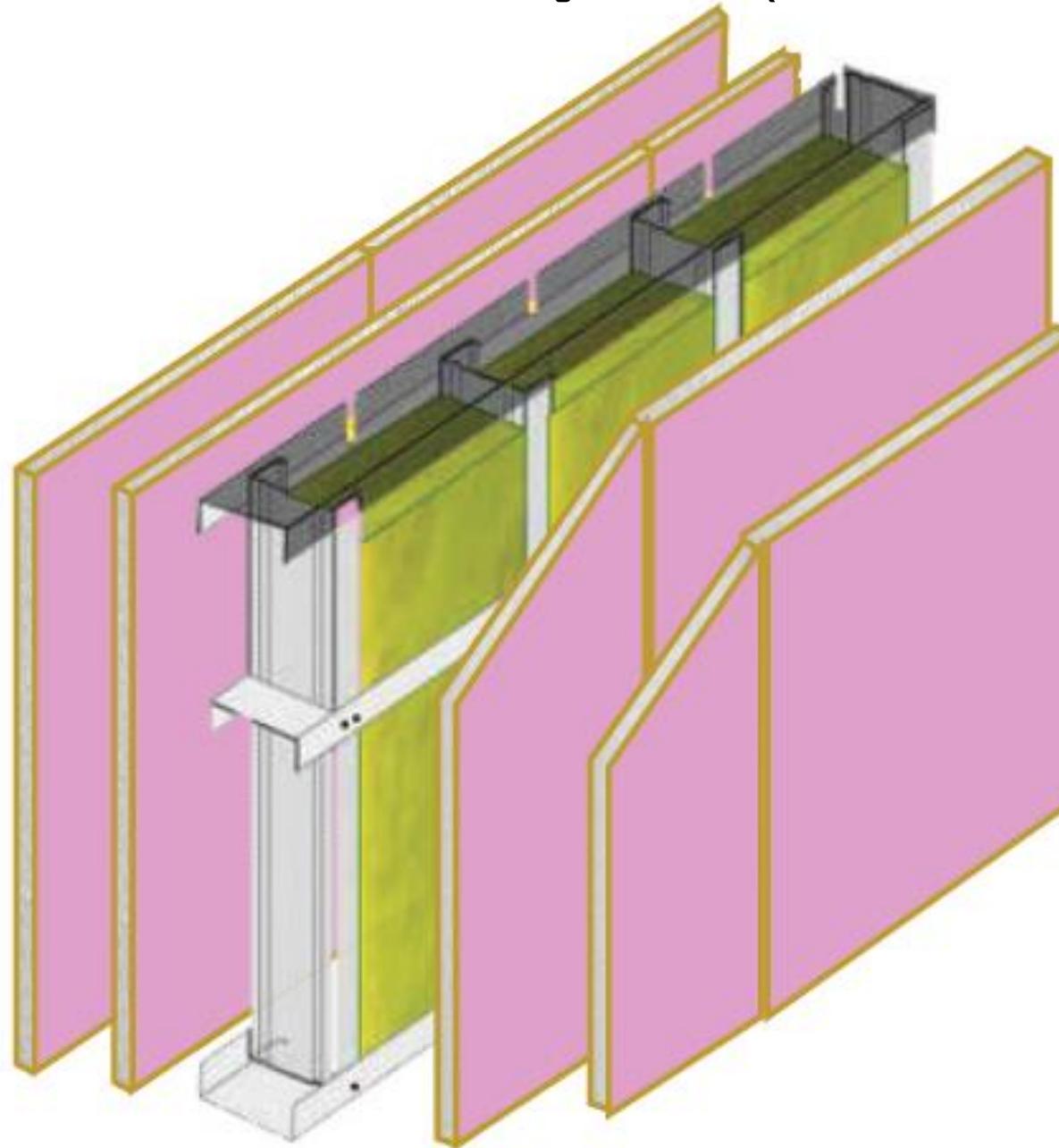
Ejemplo Proyecto Muro “triple”

| frequency (Hz) | R ₁ (dB) | R ₂ (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 | |

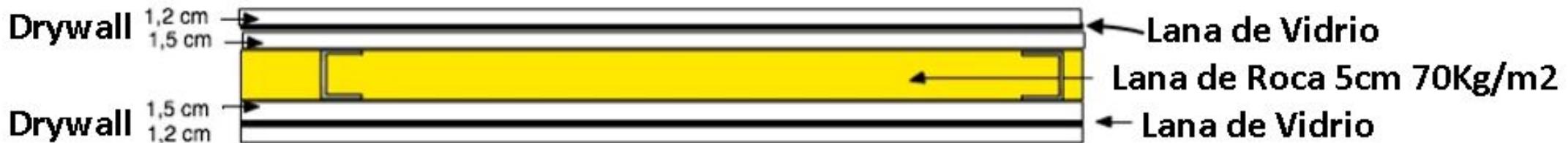


$R_W=66\text{dB}$

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 $R_w \pm 3 \text{ dB}$

Job Name:

Job No.:

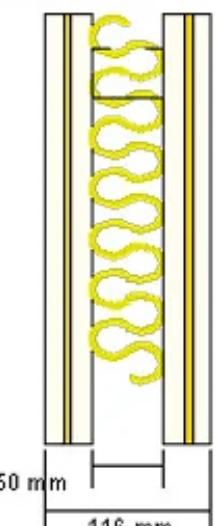
Page No.:

Notes:

Date: 1 feb 18

Initials: Proprietario

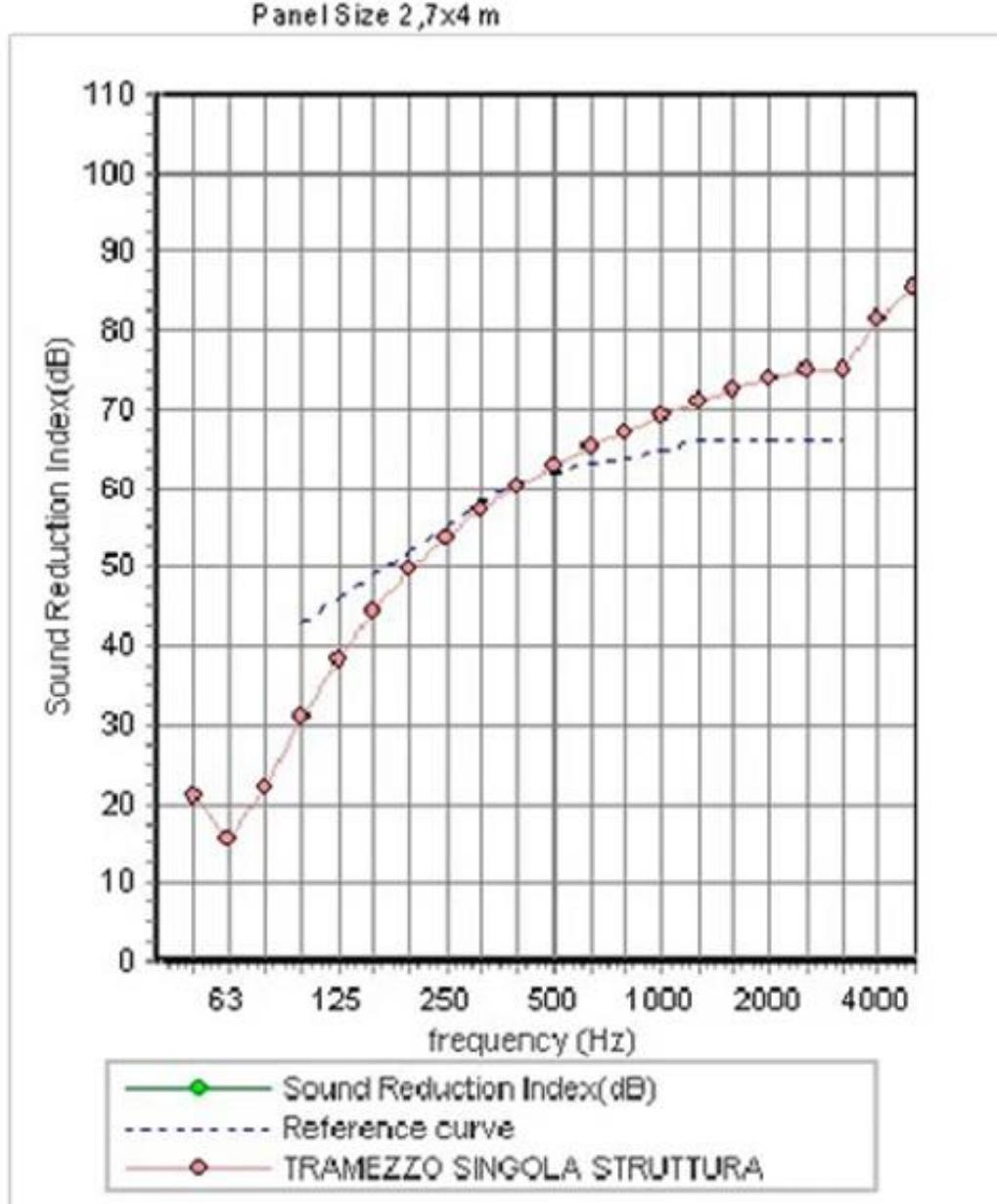
File Name: Tramezzo Singolo Flat Barrier.xls



Frecuencia de Resonancia
del sistema: 59Hz

Ejemplo Proyecto Muro doble Drywall

| frequency (Hz) | R ₁ (dB) | R ₂ (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 | |



R_W=62dB