

ACÚSTICA EN LA EDIFICACIÓN CONCEPTOS BÁSICOS

Alejandro J. Sansegundo Sierra
Especialista Acústico en la Construcción.

**COLABORADOR DEL C.A.T EN CURSOS
DEL COAM.**

**PONENTE DE CURSOS DE FORMACIÓN PERMANENTE DEL
C.S.C.A.E.**

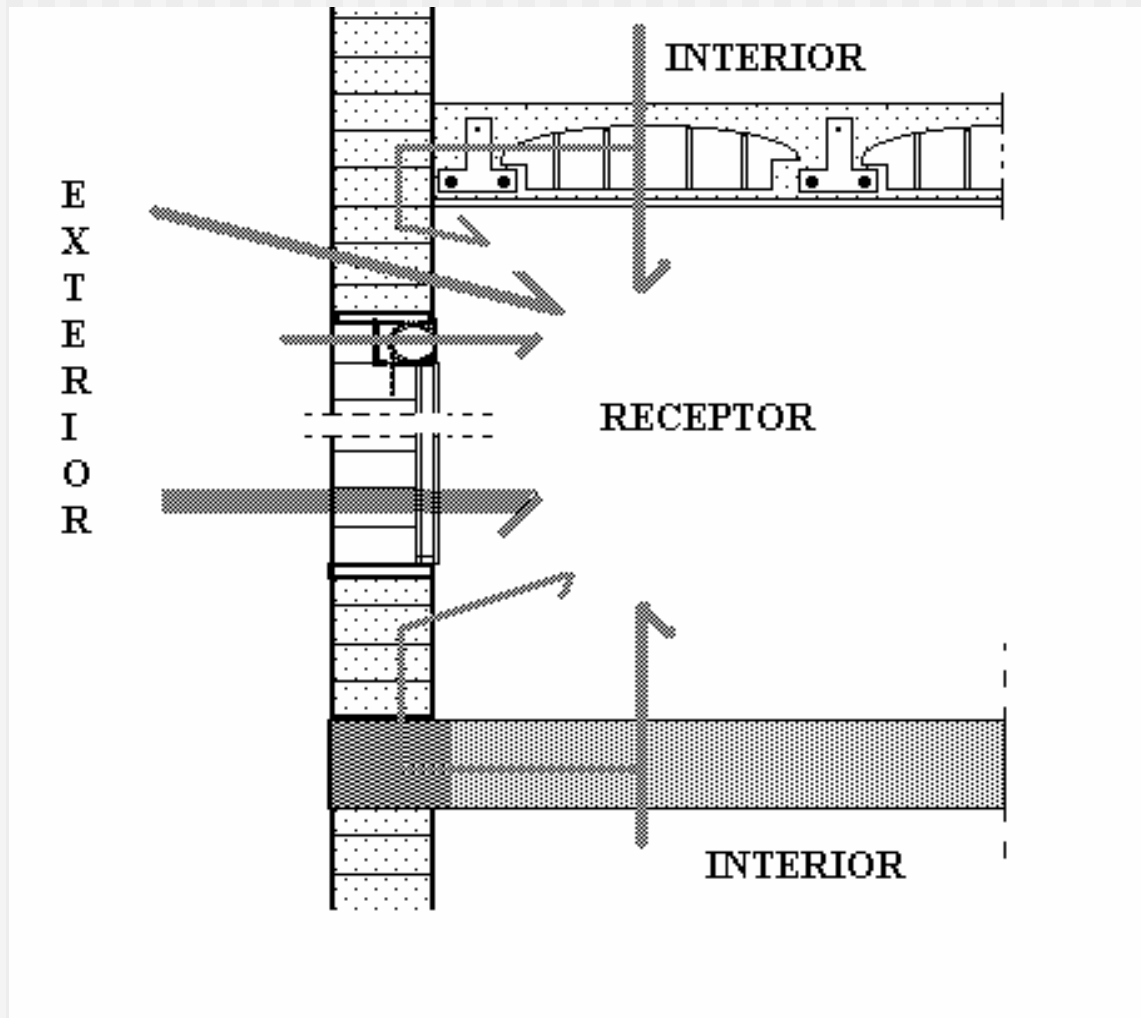
**Miembro de la SOCIEDAD ESPAÑOLA
DE ACÚSTICA**

www.acusticasansegundo.com

VIAS DE INTRODUCCIÓN DEL SONIDO

EMISOR : EXTERIOR

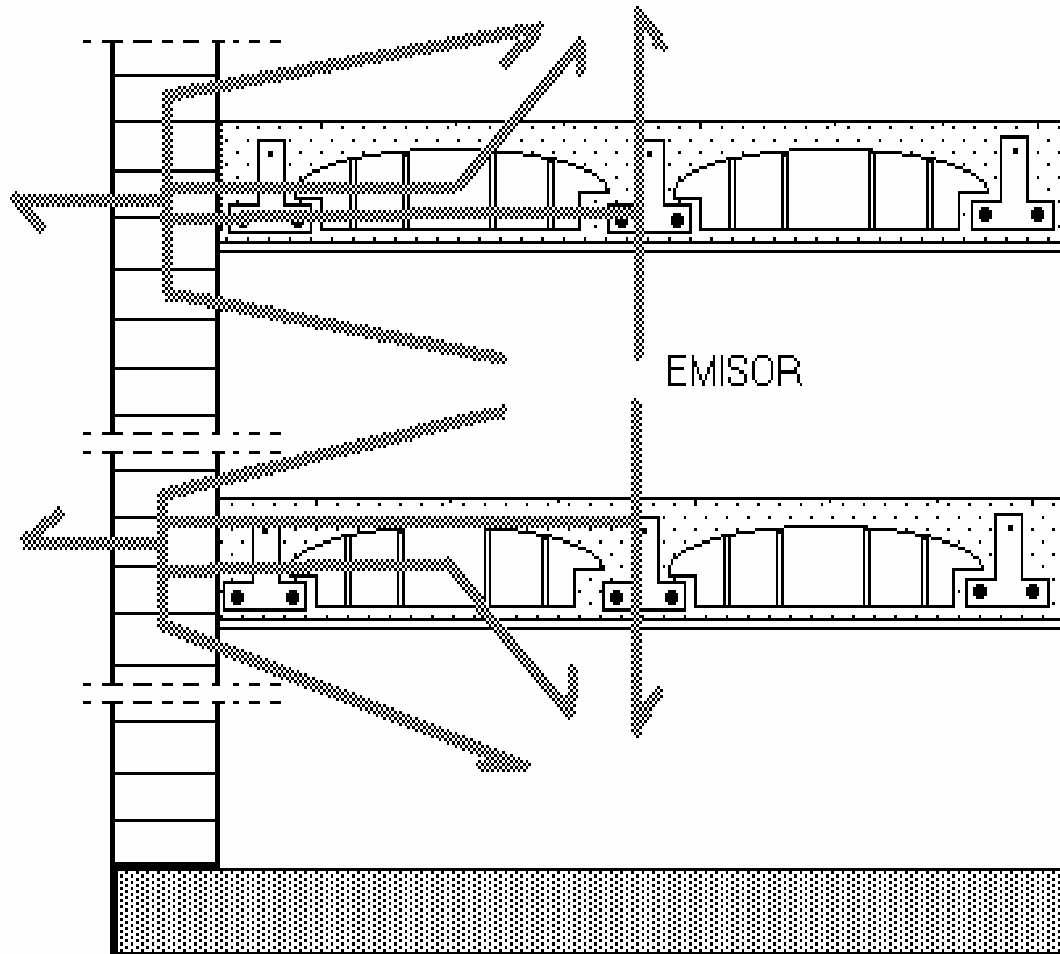
RECEPTOR: INTERIOR



VÍAS DE TRANSMISIÓN DEL SONIDO

EMISOR : INTERIOR

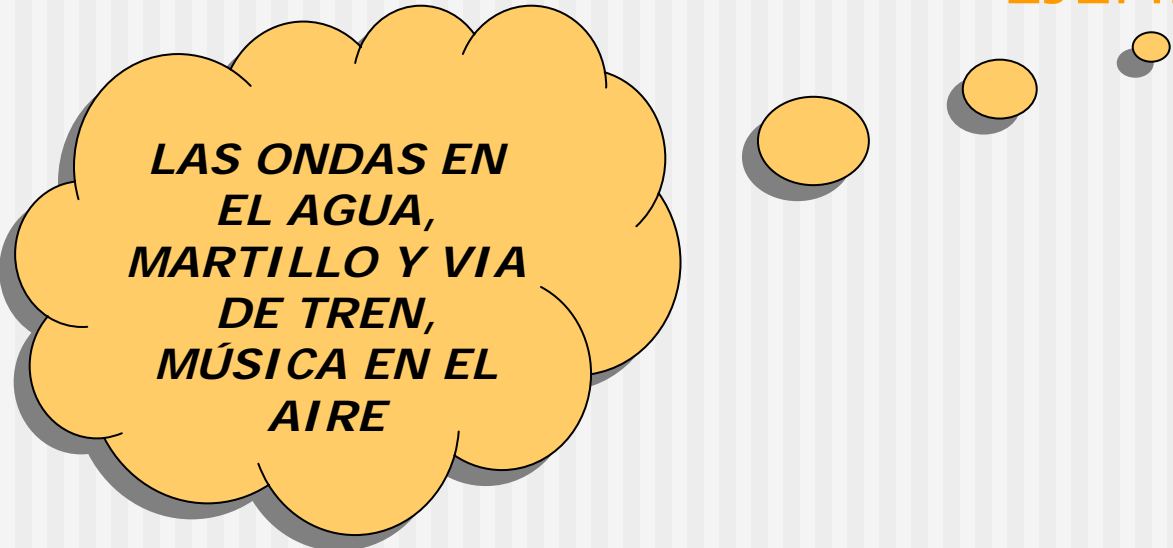
RECEPTOR: COLINDANTE



SONIDO

Es una perturbación que se propaga a través de un medio elástico con una velocidad que es característica de este.

EJEMPLOS



*LAS ONDAS EN
EL AGUA,
MARTILLO Y VIA
DE TREN,
MÚSICA EN EL
AIRE*

TIPOS DE RUIDOS

- **RUIDO CONTÍNUO:** Su nivel tiene escasas variaciones en el tiempo, (máquinas, motores....)
- **RUIDO FLUTUANTE:** Varía de forma anárquica (tráfico....)
- **RUIDO TRANSITORIO:** Transcurre en un determinado tiempo (paso de un coche, un tren,....)
- **RUIDO DE IMPACTO:** Se produce en un espacio muy reducido de tiempo (un golpe de martillo).

Ruido aéreo: un cantante, una TV, una fiesta,

Ruido de impacto:

un taconeo transmitiendo vibraciones de una pared a otra a través del forjado.

dB:

Es una relación logarítmica entre dos magnitudes físicas.

■ **¿QUE ES
UN
DECIBELIO?**

El decibel, es una unidad adimensional de medida, definida por

$$L = 10 \cdot \log M / M_0$$

PRESIÓN Y SENSACIÓN SONORA

SUCESOS SONOROS: NIVEL, PRESIÓN Y SENSACIÓN SONORA.	L_P dB	P sonora N/m²	Sensación
Avión despegando. Umbral de dolor.	120	20	Doloroso
Bar de copas; Autopista a 6m.	100	2	Muy ruidoso
Calle con mucho tráfico, motos, autobus, etc.	80	$2 \cdot 10^{-1}$	Ruidoso
Conversación, restaurante.	60	$2 \cdot 10^{-2}$	Normal
Ruido de fondo en áreas residenciales.	40	$2 \cdot 10^{-3}$	Poco ruidoso
Nivel ambiental en estudios de grabación.	20	$2 \cdot 10^{-4}$	Silencio
Umbral de audición	0	$2 \cdot 10^{-5}$	

NIVEL DE PRESIÓN SONORA:

Esta magnitud depende de la distancia a la fuente y de las condiciones del entorno.

$$LP = 10 \log(P^2 \text{ rms} / P_0^2)$$

¿ Cuantos decibelios emiten algunos de los elementos o actos que nos rodean ?

Niveles sonoros	Mínimo	Máximo
	dBA	dBA
Conversaciones	50	80
Niños	55	85
TV	65	80
Aparato de música	65	95
Lavadora	60	85
Calderas	75	95
Aire acondicionado	55	90
Ascensor máquinas	60	90

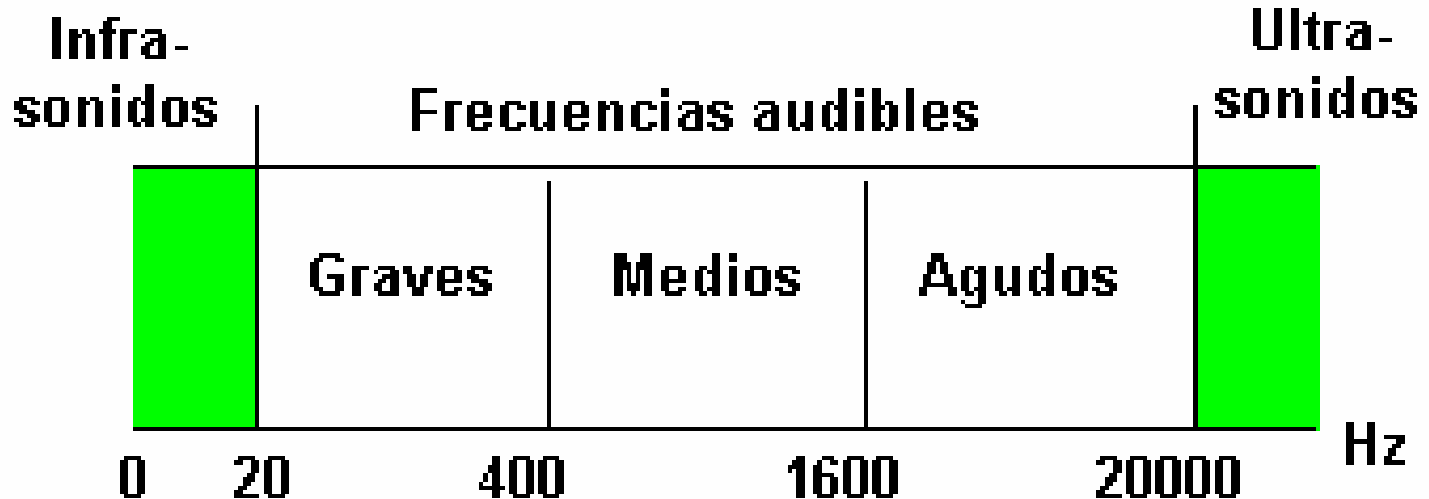
LA FRECUENCIA:

es la rapidez de repetición de la variación

$$F = 1 / T \text{ (Hz)}$$

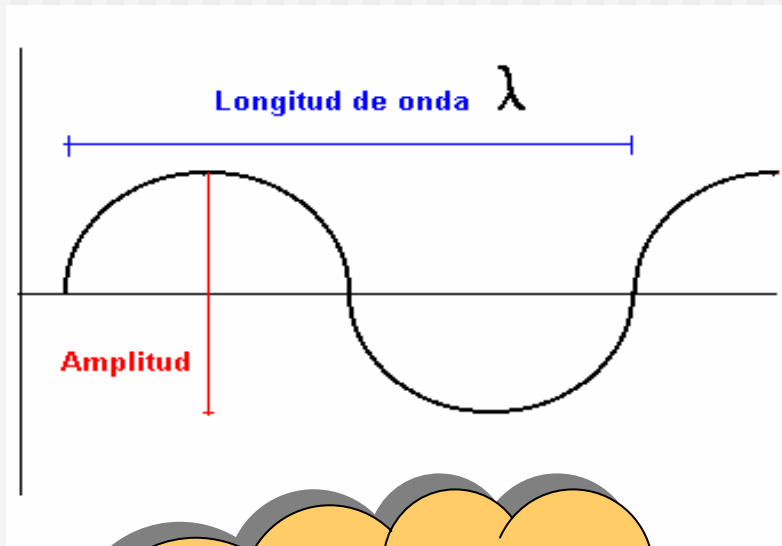
* Nuestro oído percibe sonidos entre los **20** y los **20.000 Hz**

*Los datos de los materiales vienen definidos normalmente entre las frecuencias de **125 y 4000 Hz.***



LA AMPLITUD :

Indica la cantidad de intensidad del sonido.



¿ Cual es la longitud de onda λ , para una frecuencia de 125 Hz?

$$340 = \lambda * 125$$
$$\lambda = 340/125 = 2,72 \text{ m}$$

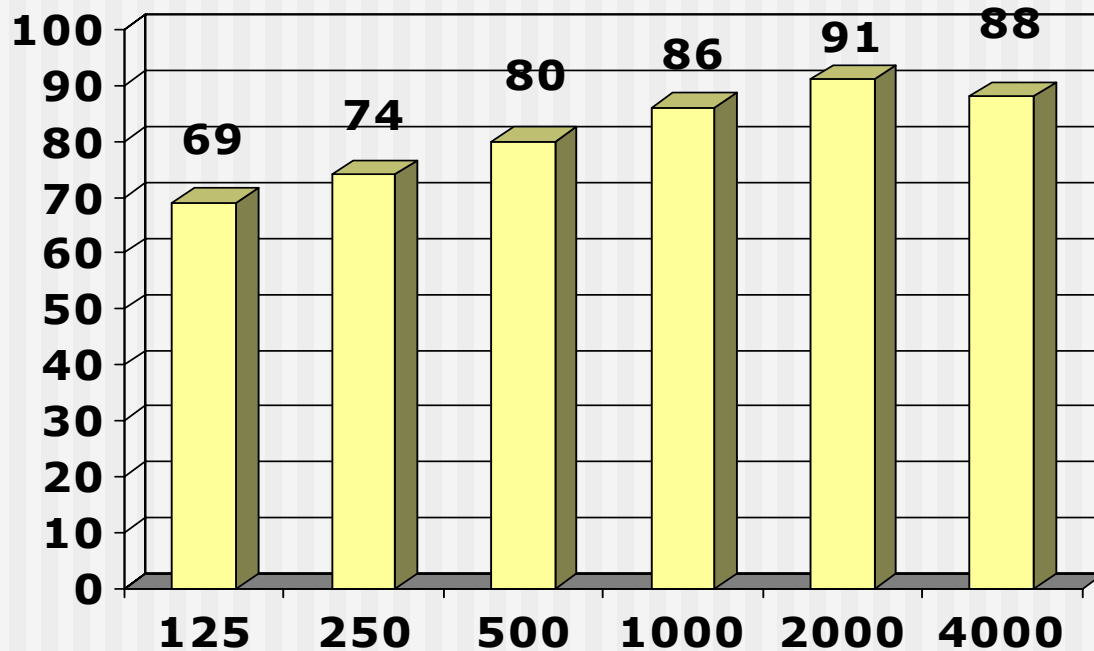
- **C** = Velocidad del sonido. (Aproximadamente en el aire es de 340 m/s.)
- λ = Longitud de onda, es el espacio completo en un ciclo completo.
- **T** = es el periodo, tiempo transcurrido en realizar un ciclo completo.

$$\blacksquare \mathbf{C} = \lambda * \mathbf{F}$$

BANDAS:

Es una forma de dividir el campo de frecuencias.

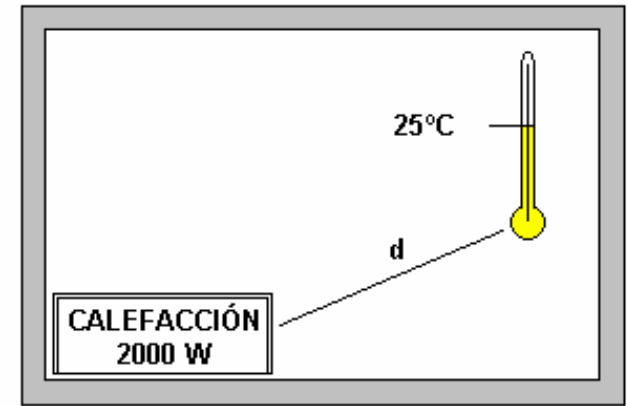
- Las más utilizadas, denominadas octavas, son: 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz.



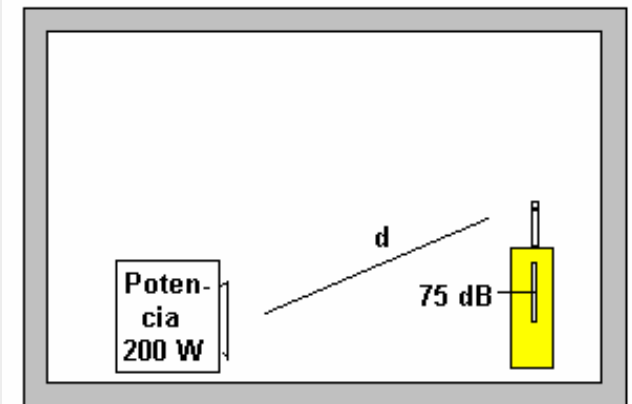
ESPECTRO SONORO:

NIVEL SONORO dBA en un punto determinado

- DATOS:
- **Potencia de la fuente (W)**
- **Temperatura en un punto de la habitación. (C°)**



- DATOS:
- **Potencia de la fuente (W)**
- **Nivel sonoro en un punto de la habitación.(dB)**



El nivel de presión sonora en un punto de una estancia

■ **$NPS = NWS + 10 \log (Q/4\pi r^2 + 4/R)$**

- NPS es el nivel de presión sonora en un punto.
- NWS es el nivel de potencia sonora de la fuente.
- **Q** es el **factor de direccionalidad**, (1,2,4,8 según sea la fuente: esférica, 1/2 esfera, 1/4 de esfera o 1/8 de esfera).
- **r** es **la distancia entre fuente y punto**
- **R** es **la constante** de la sala = $S \cdot \alpha' / (1 - \alpha')$
- $\alpha' = \mathbf{A / S}$
- **A = absorción total de la estancia**
- **S = S1 + S2 + S3 +Sn.**

FÓRMULA DE SABINE:

$$T = 0.161 V/A$$

$$\alpha < 0,1$$

*Terrazos, azulejos,
enlucidos*

$$\alpha > 0,5$$

*Lanas de vidrio y
Lanas de roca*

V = volumen en m^3 del recinto

A = es la absorción total del recinto en m^2
 $= \alpha \cdot S$

S = es la superficie de los paramentos del recinto

PONDERACIÓN

La sensibilidad del oído humano frente al sonido, es distinta según la frecuencia del mismo.

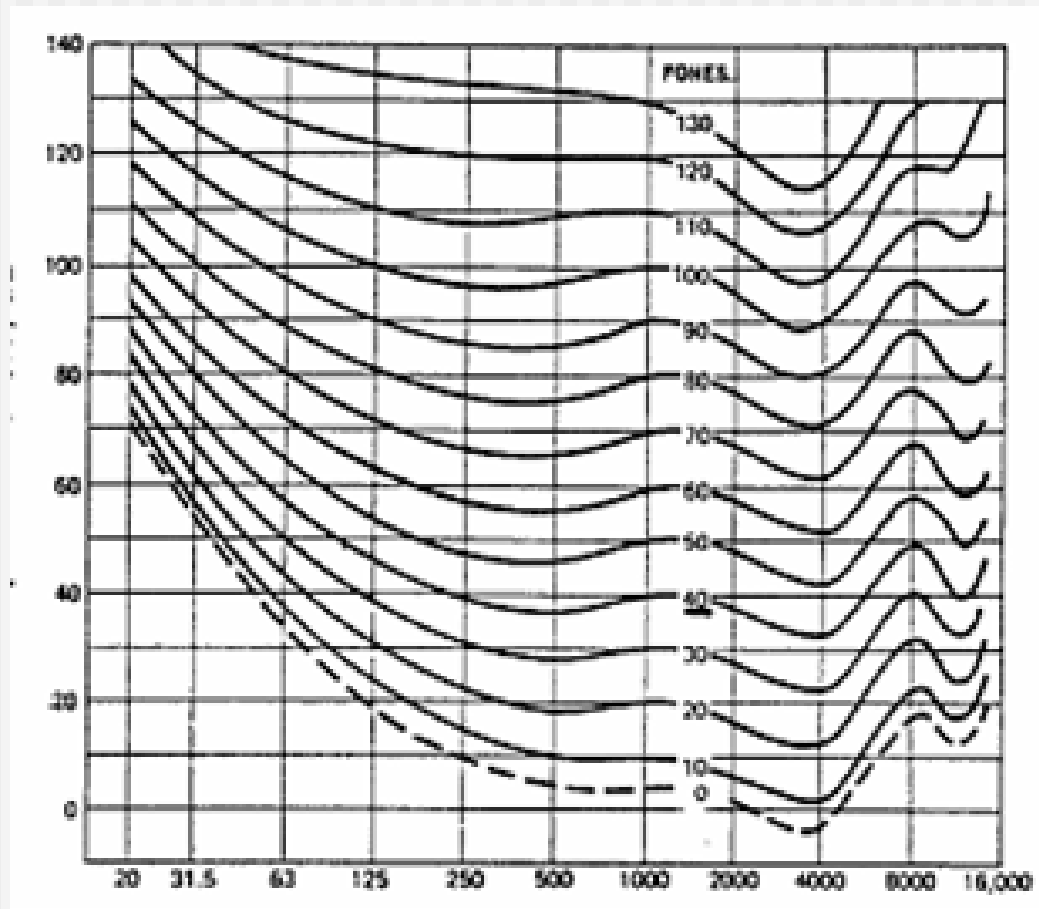
Hz	125	250	500	1 K	2K	4 K
<i>Ponderación</i>	<i>-16</i>	<i>-9</i>	<i>-3</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>	<i>+1</i>

Hz	125	250	500	1 K	2K	4 K
dB	40	45	55	60	50	35

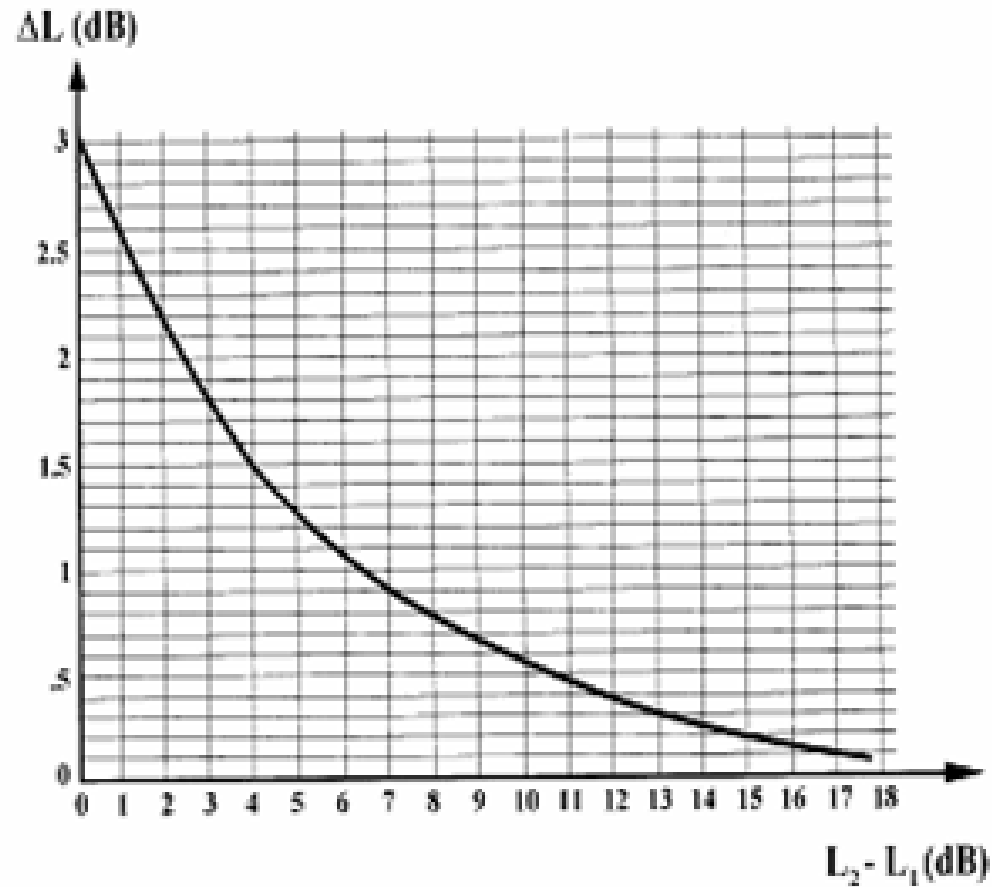
<i>Ponderación</i>	<i>-16</i>	<i>-9</i>	<i>-3</i>	<i>0</i>	<i>+1</i>	<i>+1</i>
--------------------	------------	-----------	-----------	----------	-----------	-----------

dB A	24	36	52	60	51	36
------	----	----	----	----	----	----

CURVAS ISOFÓNICAS



SUMA DE dB. MÉTODO GRÁFICO



SUMA DE NIVELES SONOROS

La suma de dos niveles sonoros $F1$ iguales, es igual a

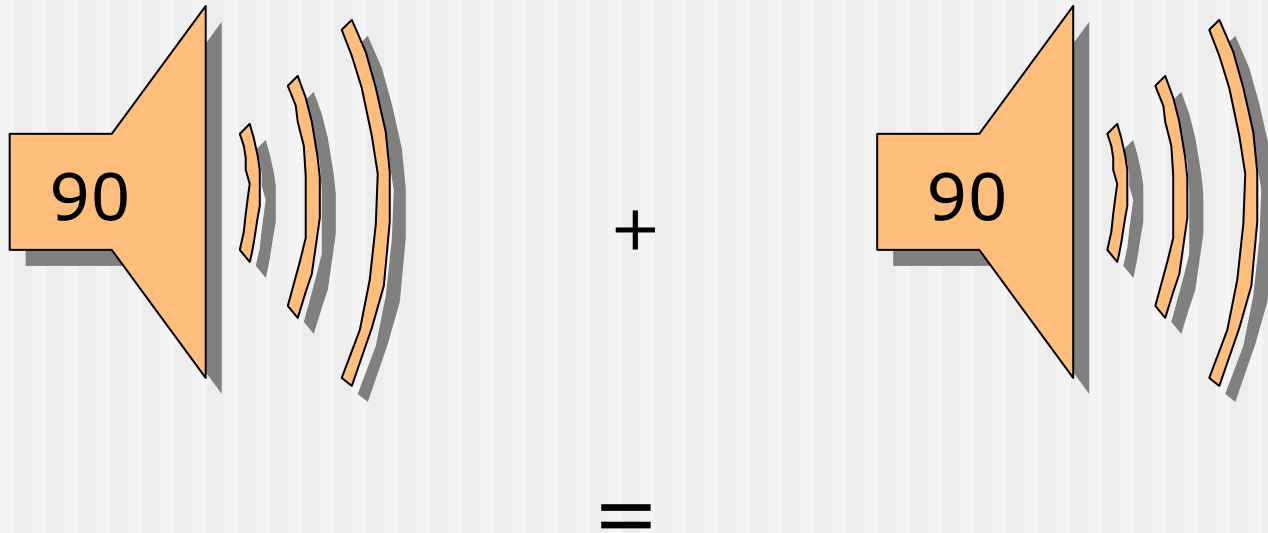
$$F1 + 3$$

Si la diferencia $F1-F2$ es >12 , se desprecia el de menor valor.

$$L_{\text{Total}} = F_{\text{mayor}}$$

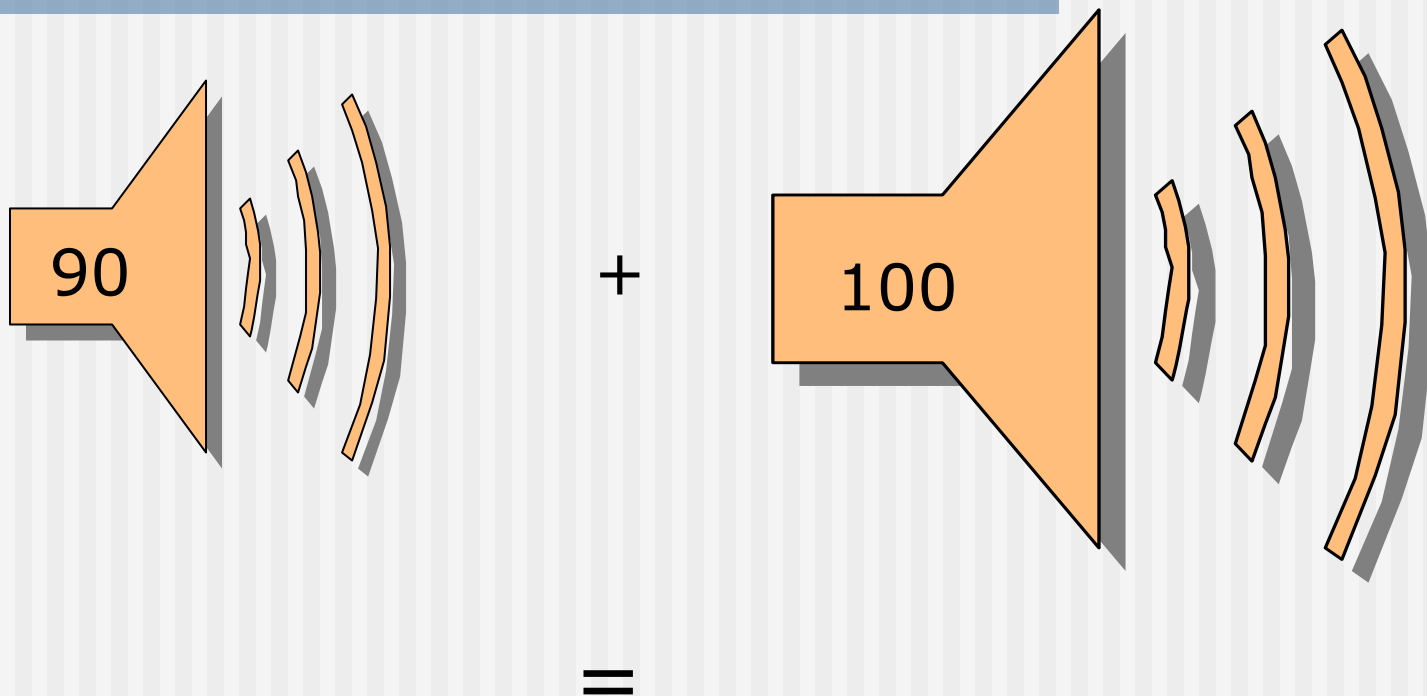
Nivel sonoro de la fuente $F1$	dBA
Nivel sonoro de la fuente $F2$	dBA
Diferencia $D = F1 - F2$	X
Si $X = 0$	$L = F1 + 3$
Si $X = 2$	$L = F1 + 2,1$
Si $X = 4$	$L = F1 + 1,4$
Si $X = 6$	$L = F1 + 1$
Si $X = 8$	$L = F1 + 0,6$
Si $X = 10$	$L = F1 + 0,4$
Si $X > 12$	$L = F1$

SUMA DE 2 FUENTES SONORAS IGUALES



!!! 93 dBA !!!

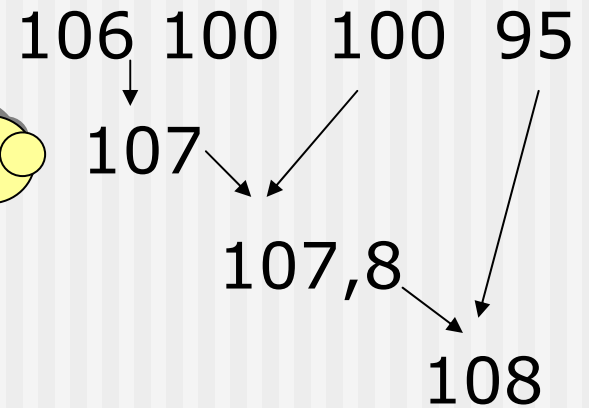
SUMA DE 2 FUENTES SONORAS DIFERENTES



!!! 100 dBA !!!

SUMA DE VARIAS FUENTES

- *¿Cómo podré sumar más de dos fuentes sonoras?*
- Restaríamos $106 - 100 = 6$; según la tabla, se le añade al mayor +1;
- **Luego $106 + 100 = 107$ dB**



CORRECCIÓN POR RUIDO DE FONDO

$L_2 - B$	Restar a L_2
3	3
4	2.2
5	1.6
6	1.3
7	1
8	0.8
9	0.6
10	0.4
Mayor que 10	0

$$L_2 = 70 \text{ dB}$$

$$B = 63 \text{ dB}$$

$$L_2 - B = 7$$



$$L'_2 = 70 - 1 = 69 \text{ dB}$$

SUMA DE VALORES DE UN ESPECTRO

$$L = 10 \cdot \log \left(\sum (10^{L_i/10}) \right)$$

Hz	125	250	500	1 K	2K	4 K	Total
dB	70	65	55	60	40	25	¿?

*¿ Cómo he de
sustituir en la
fórmula estos valores
para hallar el valor
global.?*

NIVEL SONORO GLOBAL

$$L = 10 \cdot \log \left(\sum (10^{L_i/10}) \right)$$

$$L = 10 \cdot \log (10^7 + 10^{6,5} + 10^{5,5} + 10^6 + 10^4 + 10^{2,5}) = \mathbf{71,6 \text{ dB}}$$

125	----	70 dBA
250	----	65 dBA
500	----	55 dBA
1000	----	60 dBA
2000	----	40 dBA
4000	----	25 dBA

Hz	125	250	500	1 K	2K	4 K	Total
dB	70	65	55	60	40	25	71,6

NIVEL dB o dBA

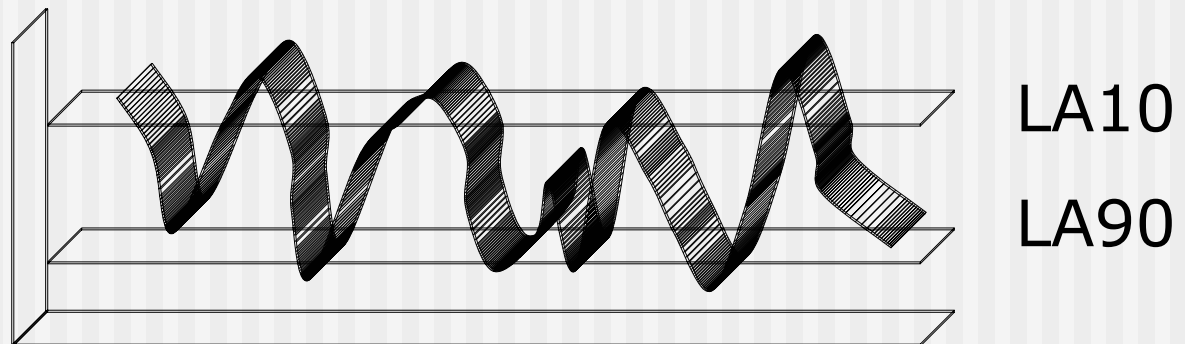
¿ El valor global medido en dB o dBA, será el mismo ?

Hz	125	250	500	1 K	2K	4 K	Total
dB	70	65	55	60	40	25	71,6
Ponderación	-16	-9	-3	0	+1	+1	
dBA	54	56	52	60	41	26	¿?

$$L = 10 \cdot \log (10^{5,4} + 10^{5,6} + 10^{5,2} + 10^6 + 10^{4,1} + 10^{2,6}) = 62,9 \text{ dBA}$$

NIVEL CONTINUO EQUIVALENTE L_{eq}

- El que medido durante un intervalo de tiempo, tiene la misma energía sonora que el ruido real y variable que queremos medir.
- Niveles percentiles: LA5, LA10, LA50, LA90
- Clima sonoro = LA10 - LA90

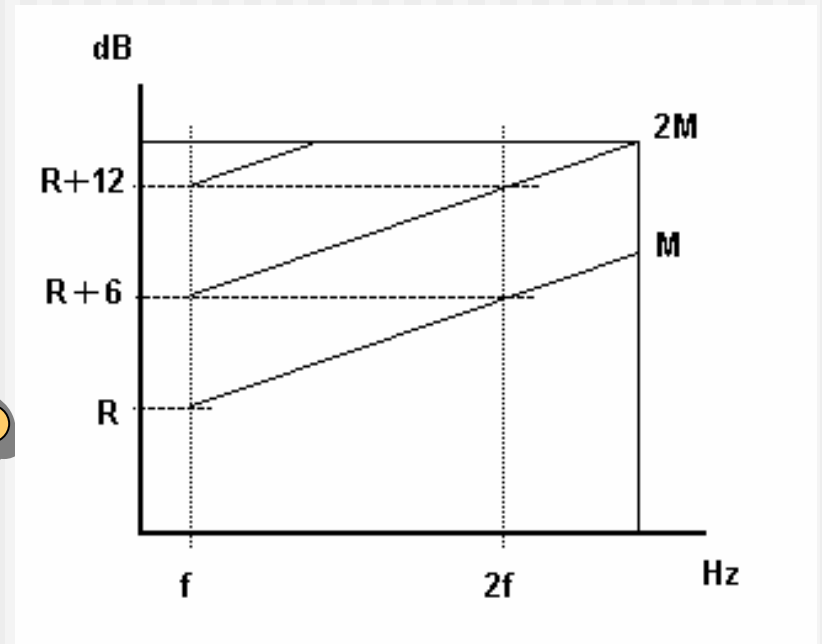


LEY DE MASAS

$$R = 20 \log m.f - 43$$

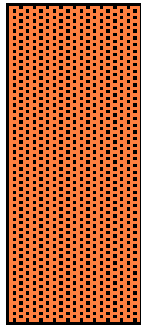
-R aumenta 6 dB al duplicar la masa.

-R aumenta 6 dB al duplicar la frecuencia.



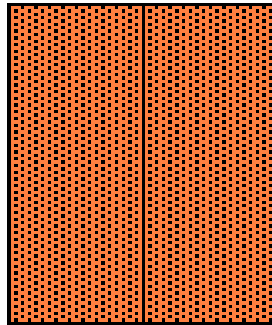
**INCREMENTO DE MASA
=
INCREMENTO DE AISLAMIENTO**

M



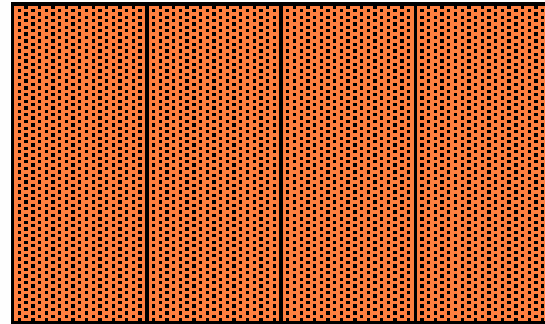
R = 33 dBA

2 M



R = 39 dBA

4 M



R = 45 dBA

PAREDES SIMPLES Y HOMOGÉNEAS

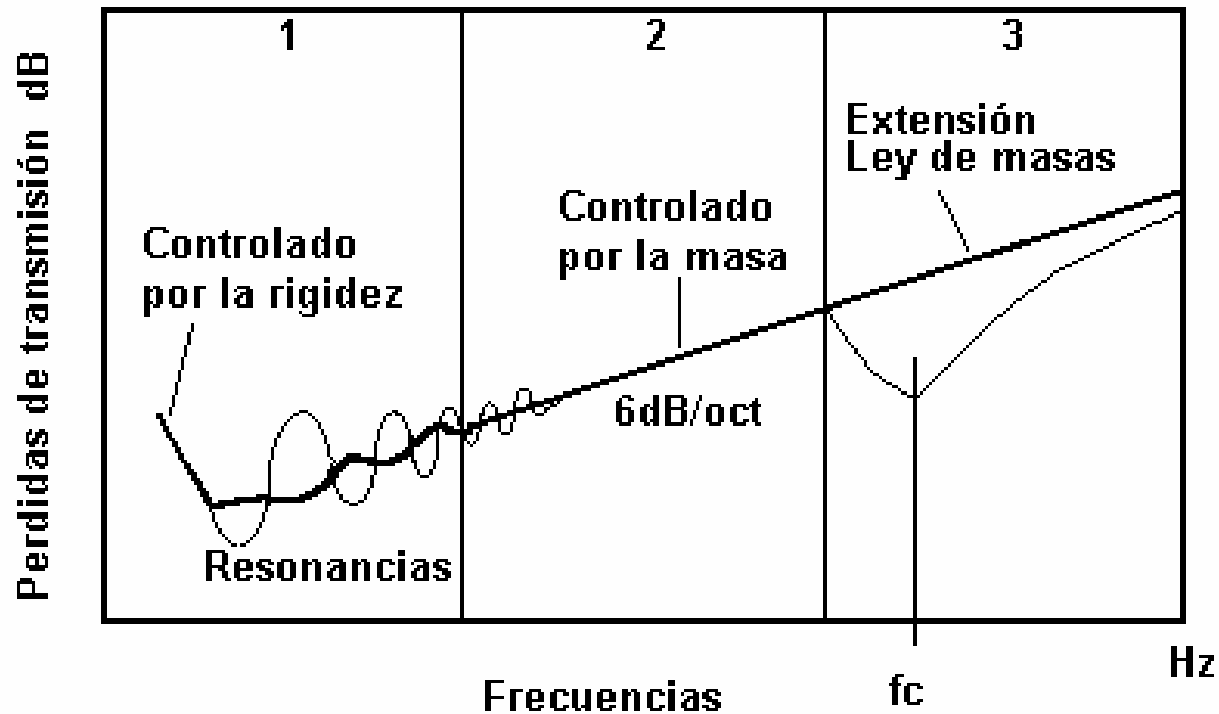
Tabla 3.1. NBE CA88. Paredes simples

Aplicación de las fórmulas (1) y (2) Anexo 3.				
Tipo de partición	Material	Espesor en cm	Masa Unitaria Kg/m ²	R en dBA
Tabique de	Ladrillo hueco sencillo	4	69	32
		6	60	32
	Placa de escayola	4	91	35
		6,5	140	38
		9	165	39
Tabicón de Cítara ½ pie	Bloques de hormigón	11	210	43
		9	104	35
		11,5	131	37
	Ladrillo hueco	14	143	38

Tabla 3.2. NBE CA88. Paredes simples

Aplicación de la fórmula (2) Anexo 3.				
Tipo de pared	Material	Espesor en cm	Masa Unitaria en kg/m ²	R en dBA
Fabrica de ladrillo cerámico perforado	Cítara	11,5	202	43
	½ pie	14	250	46
	Asta	24	364	52
	1 pie	29	460	56
Fabrica de ladrillo cerámico macizo	Cítara	11,5	242	46
	½ pie	14	286	48
	Asta	24	444	55
	1 pie	29	532	58
Fabrica de ladrillo silicocalcáreo	Cítara	11,5	252	46
	Asta	24	484	56
Fábrica de bloques de hormigón		14	225	44
		19	270	47
		29	370	52
Fábrica de hormigón armado		14	350	51
		18	450	55
		20	500	57
		24	600	60
		30	750	63

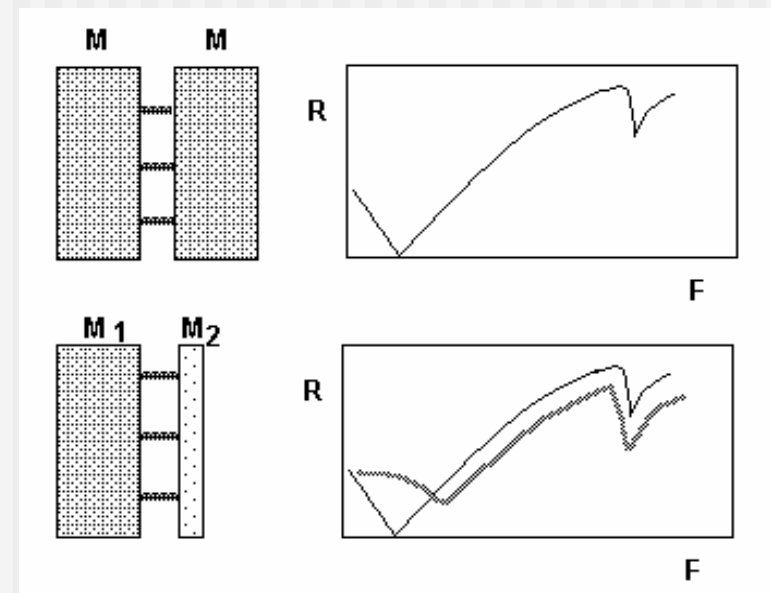
REGIONES DE AISLAMIENTO



PARED MÚLTIPLE

Consiste en dos elementos constructivos paralelos y separados una distancia

- MASAS DIFERENTES
- CÁMARAS DE SEPARACIÓN ENTRE MATERIALES
- MATERIALES ABSORBENTES EN LA CÁMARA
- UNIONES ELÁSTICAS ENTRE ELEMENTOS

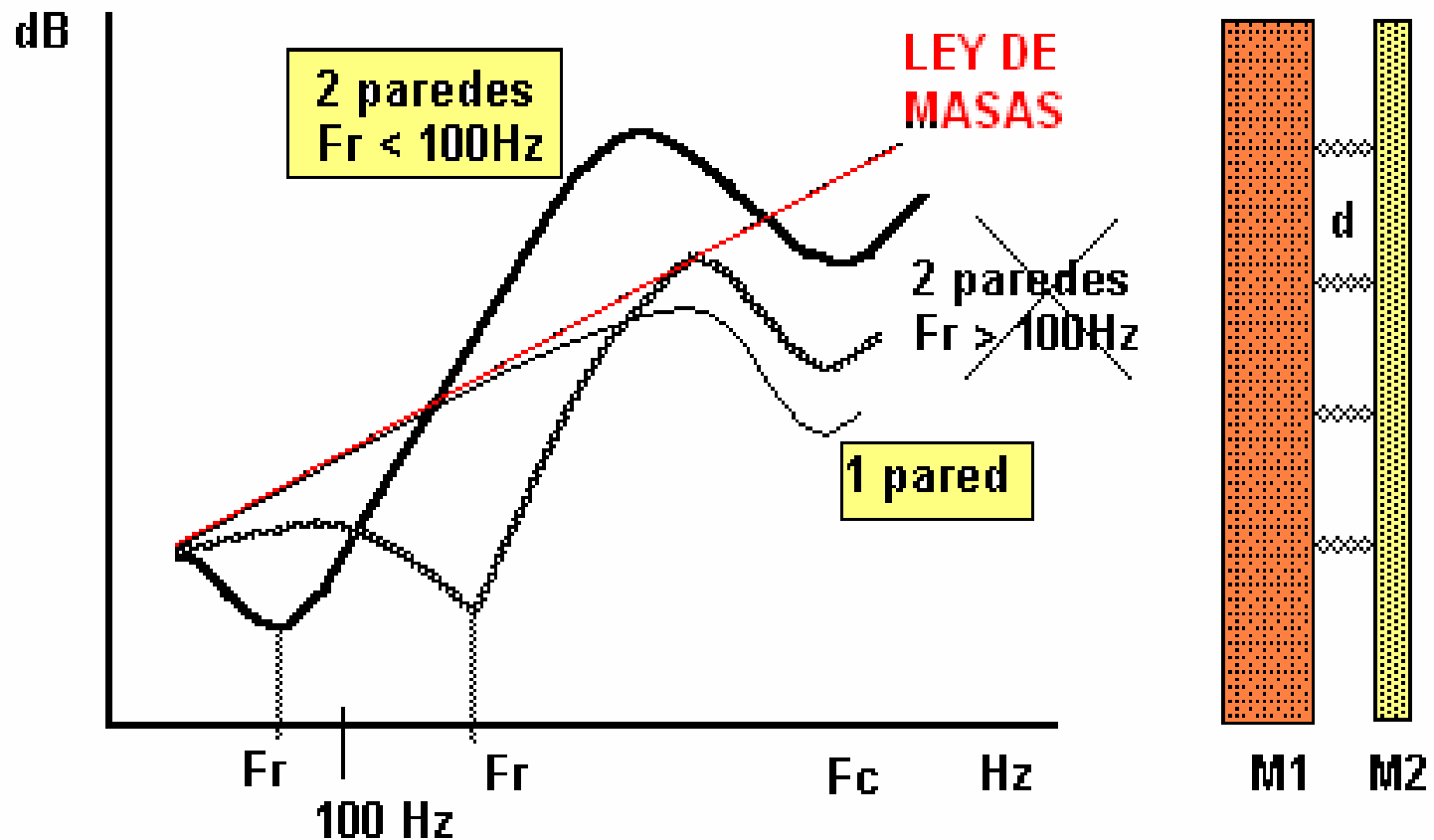


PARAMENTOS VERTICALES MÚLTIPLES

- Los formados por **dos o más hojas** simples de mampuestos o materiales homogéneos.
- Su aislamiento se determinará mediante **ensayo** o en su defecto la expresión, en la cual, m es la masa total en Kg/m^2 :

$$R = 36,5 \log m - 41,5, \text{ en dBA; (2)}$$

PARAMENTOS DOBLES



FRECUENCIA DE RESONANCIA

- **$Fr = 60 \sqrt{1/d (1/M1 + 1/M2)}$ (Hz)**

Ejemplo: Para dos paredes de 200 y 45 Kg/m², separadas 10 cm, sustituyendo en la fórmula:

$$***Fr = 31 Hz.***$$

Es recomendable que sea inferior a 100 Hz

FRECUENCIA CRÍTICA

$$\blacksquare F_c = 340/2d$$

*Ejemplo: Para una separación de 10 cm,
la $F_c = 1700$ Hz*

Recomendación: introducir materiales absorbentes en la cámara para reducir las ondas estacionarias.

PAREDES DOBLES CONSTITUIDAS POR ELEMENTOS BLANDOS A LA FLEXIÓN

- **Son las formadas por dos o más paredes simples, de montaje en seco, constituidas por elementos blandos a la flexión, (frecuencia de coincidencia mayor de 2000Hz).**
- **Su aislamiento se calculará exclusivamente mediante ensayo.**
- **Recomendaciones de la Norma:**
- **Cada hoja estará soportada por elementos independientes entre sí, incluso en el perímetro.**
- **La distancia de separación entre hojas:**
$$d \geq 100(1/m_1 + 1/m_2)$$
- **La cámara deberá albergar un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.**
- **El conjunto debe ser estanco al aire.**

PAREDES DOBLES CONSTITUIDAS POR UNA HOJA DE ALBAÑILERÍA Y OTRA BLANDA A LA FLEXIÓN

- Su aislamiento se calculará exclusivamente mediante ensayo.

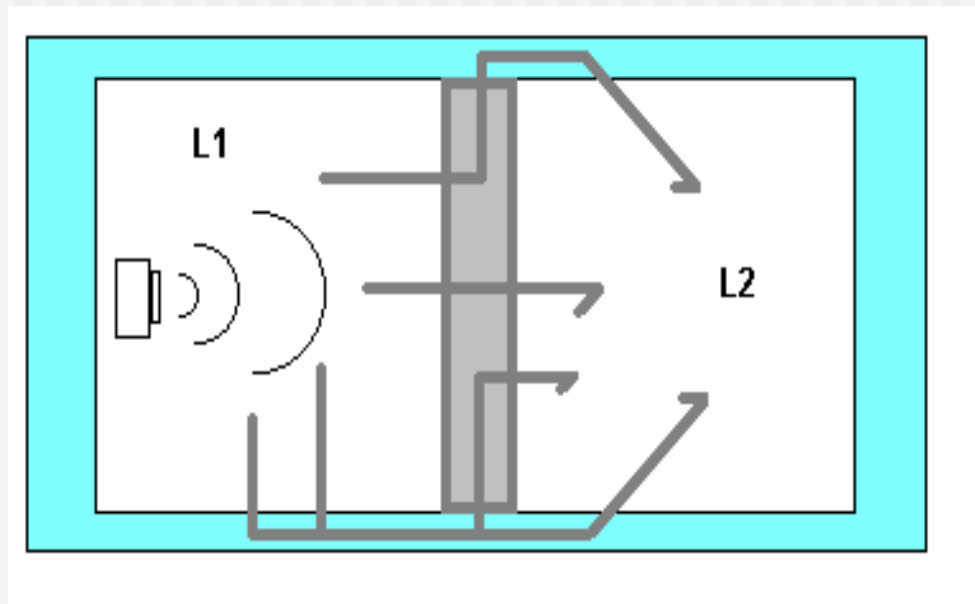
Recomendaciones de la Norma:

- **La masa** del paramento de albañilería pesará al menos 150 Kg/m^2 .
- **La separación** entre el paramento y la hoja blanda a la flexión, ha de ser $d \geq 100/m$, en donde m es la masa del elemento blando.

AISLAMIENTO BRUTO

$$D = L1 - L2$$

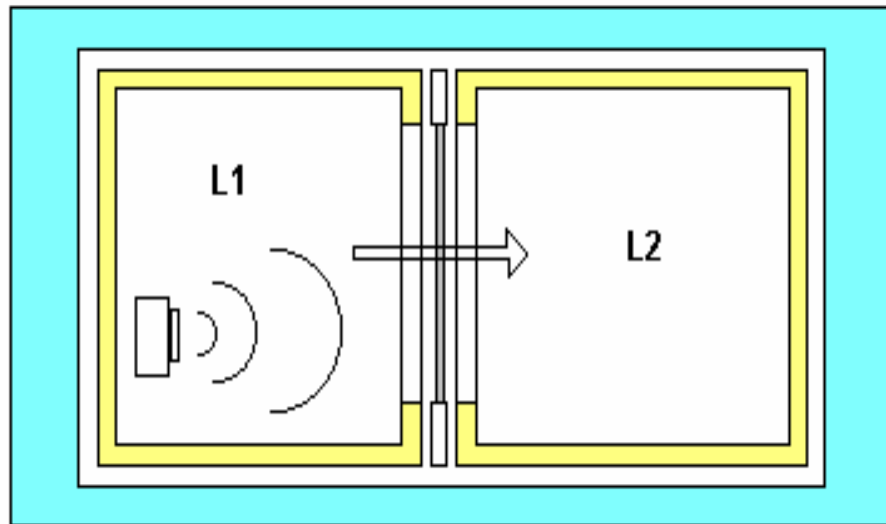
Es la diferencia entre niveles emisor y receptor.



AISLAM. NORMALIZADO

$$D_n = L_1 - L_2 + 10\log(T/T_0)$$

- Interviene el tiempo de reverberación T de la sala receptora, y el T_0 de referencia = 0,5s.



Cálculo de Aislamiento

Medición in situ

Datos extraídos durante la medición

dB			63	125	250	500	1000	2000	4000	TOTAL
L1	EMISOR	Fuente propia	85,2	99,9	99,6	101,8	101,8	98,8	94,1	107,76
L2	RECEPTOR	Dorm. Interior	44,1	46	37,5	32,2	26,7	22,6	17,9	48,66
B	FONDO	Dorm. Interior	39,6	38	34,5	25	24	18,9	13,6	42,77
L2'	RECEPTOR'	Dorm. Interior	42,50	45,25	35,90	31,28	25,10	21,00	16,30	47,56
DIFERENCIA			43	54,6	63,7	70,5	76,7	77,8	78	
T			0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE UN PROBLEMA ACÚSTICO

- REALIZAR MEDICIONES ACÚSTICAS
- ANÁLISIS DE LOS DATOS
- MEDIDAS CORRECTORAS
- EJECUCIÓN ESPECIALIZADA DE LA OBRA
- COMPROBACIÓN DE RESULTADOS
- AJUSTES POSTERIORES

PARÁMETROS DE ANÁLISIS ACÚSTICO

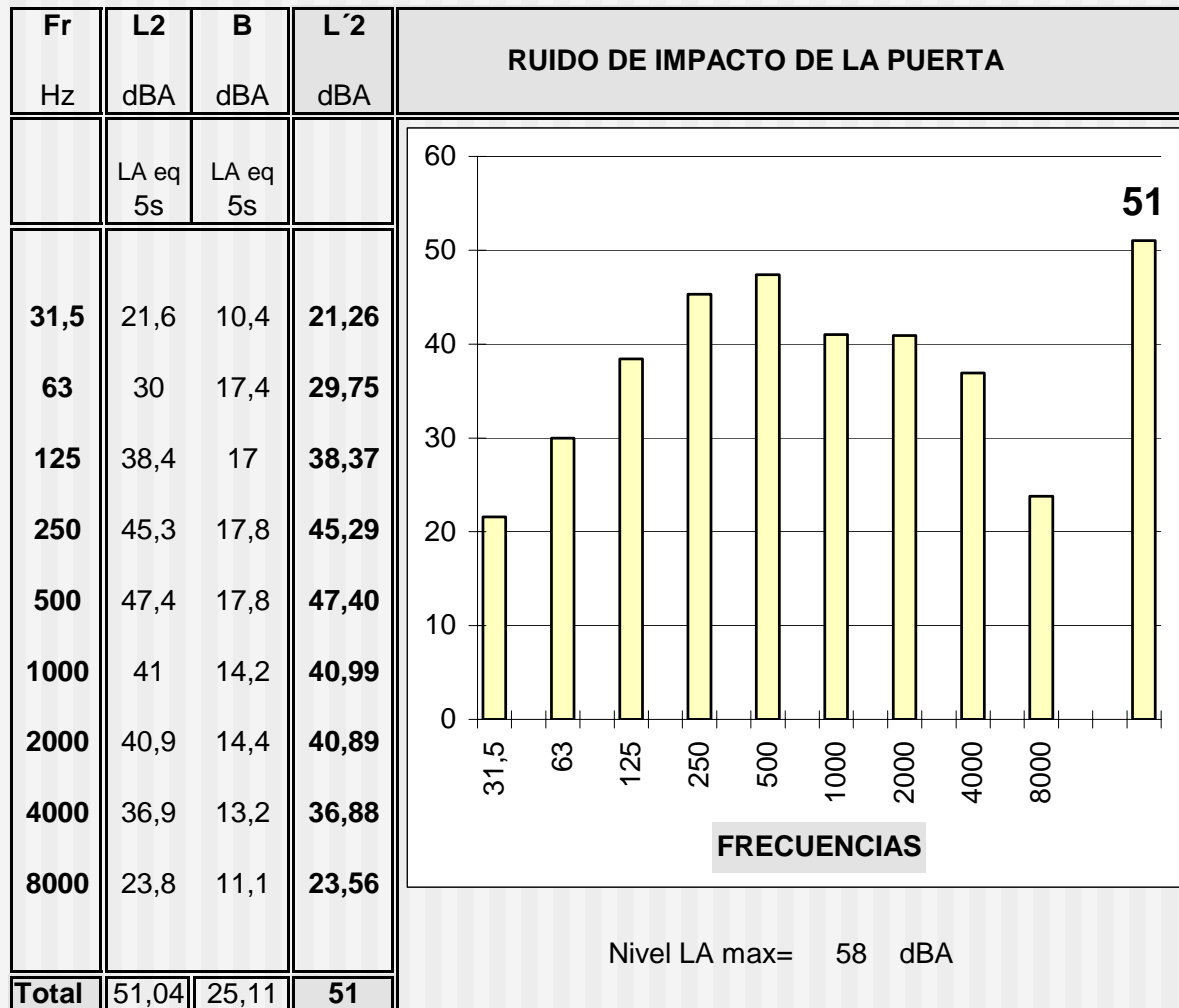
- CÁLCULO DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO
- NIVELES SONOROS TRANSMITIDOS POR RUIDO AÉREO (EXTERIORES E INTERIORES)
- NIVELES SONOROS TRANSMITIDOS POR RUIDO DE IMPACTOS

NIVELES máximos INTERIORES (LAeq, 5s)

	DÍA $L_{Aeq\ 5s}$	NOCHE
Sanitario y bienestar social 25	30	
Residencial: Piezas habitables en vivienda excepto cocinas	35	30

- Para **pasillos, aseos y cocina**, los límites serán **5 dBA** superiores a los indicados para el local al que pertenezcan.
- Para **zonas comunes**, los límites serán **15 dBA** superiores a los indicados para el local al que pertenezcan.

MEDICIÓN DE NIVELES SONOROS in situ

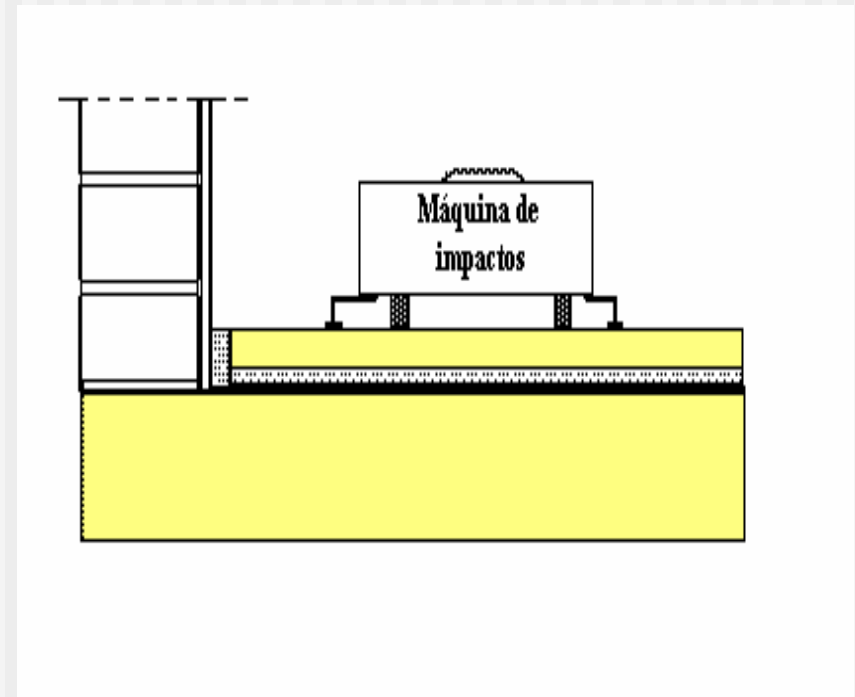
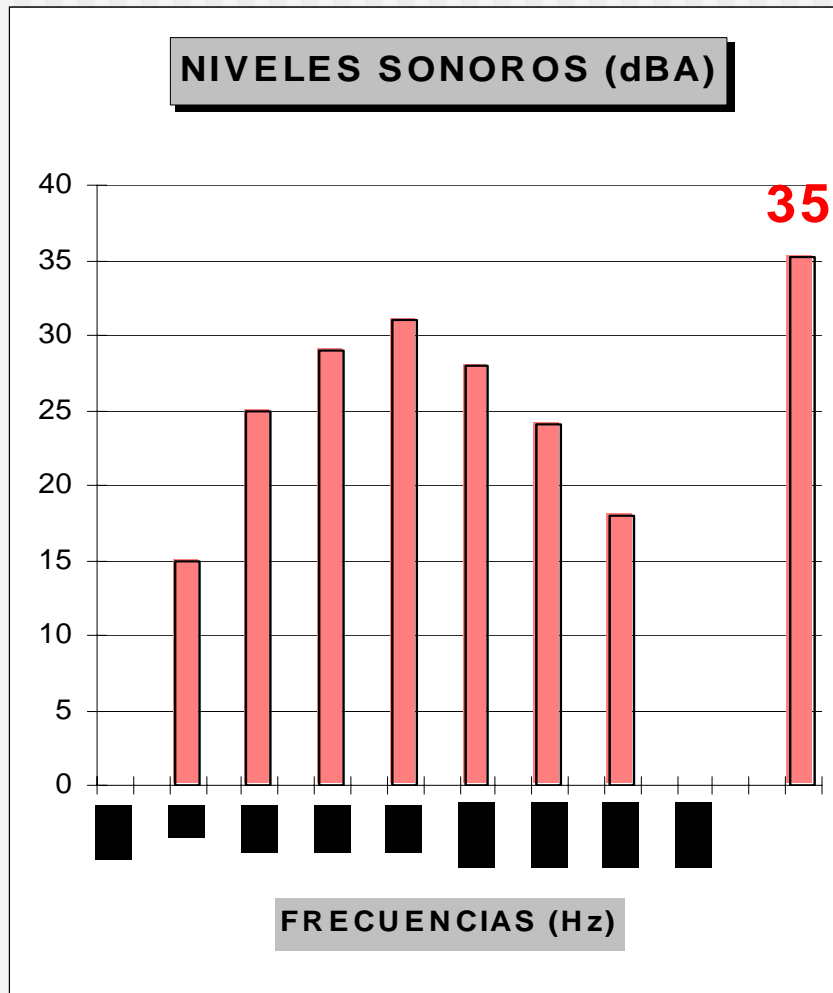


NIVEL SONORO NORMALIZADO DE IMPACTO

$$L_n = L - 10 \log 10/A \text{ (dB)}$$

- **L** es el nivel sonoro en el receptor
- **A** es la absorción en el receptor, en m²

NIVEL SONORO CON MÁQUINA NORMALIZADA



EXIGENCIAS NBE CA 88

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS VERTICALES		
Particiones interiores	Entre áreas de igual uso	≥ 30 dBA
Art. 10	Entre áreas de uso distinto	≥ 35 dBA
Particiones entre usuarios distintos		
Art. 11		≥ 45 dBA
Paredes separadoras de zonas comunes int.		
Art. 12		≥ 45 dBA
Fachadas		
Art. 13		≥ 30 dBA
Paredes separadoras sala de máquinas		
Art. 17		≥ 55 dBA

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS HORIZONTALES		
	Aislamiento acústico a ruido aéreo	Nivel ruido de impacto
Elementos horizontales de separación		
Art. 14	≥ 45 dBA	≥ 80 dBA
Cubiertas		
Art. 15	≥ 45 dBA	≥ 80 dBA Transitables
Elementos horizontales separadoras de sala de máquinas		
Art. 17	≥ 55 dBA	

ANEXO 3.3 NBE CA 88.

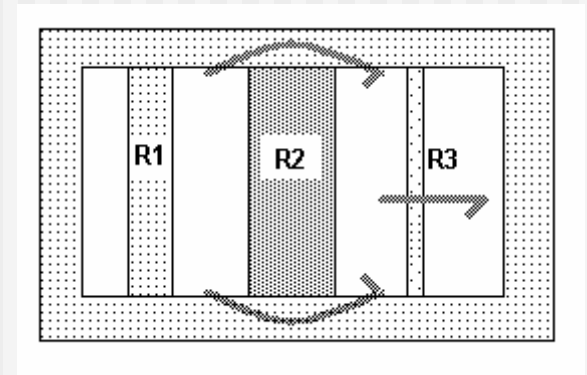
Forjado. Ejemplo de aplicación de la fórmulas. Anexo 3.3						
Tipo de forjado	Espesor en mm	Masa Unitaria en kg/m ²	Aislamiento			
			dBA			
			1	2	3	4
Bovedilla cerámica	150	170	48	46	47	43
	200	210	50	48	49	47
	250	250	52	50	51	49
	300	290	54	52	53	51

Forjado. Ejemplo de aplicación de la fórmulas. Anexo 3.3						
Tipo de forjado	Espesor en mm	Masa Unitaria en kg/m ²	Nivel de ruido de impacto Ln			
			dBA			
			1	2	3	4
Bovedilla cerámica	150	170	87	89	88	91
	200	210	85	87	86	88
	250	250	83	85	84	86
	300	290	81	83	82	84

1. baldosa; 2. moqueta; 3. parquet; 4. tarima

INLUENCIA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ADYACENTES.

- Cuando el elemento separador y los adyacentes son de la misma masa, debido a las transmisiones indirectas, hemos de reducir el aislamiento previsto en 5 dB.

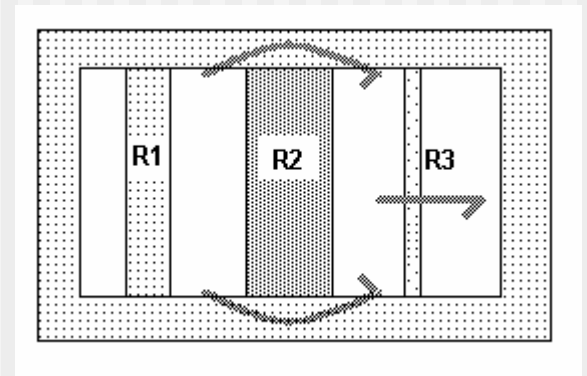


$$R_{\text{final}} = R1 - 5 \text{ dBA}$$

INLUENCIA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ADYACENTES.

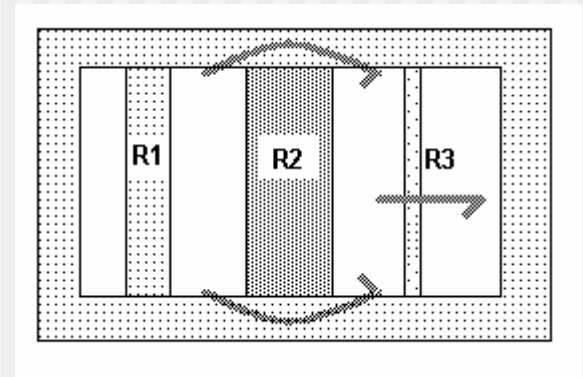
- En construcciones no homogéneas, cuando el elemento separador tiene una masa superior a los adyacentes, las transmisiones indirectas hacen que la reducción del aislamiento previsto sea netamente superior a 5 dB.

$$R_{\text{final}} = R_2 - (>> 5 \text{ dBA}).$$



INLUENCIA DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ADYACENTES.

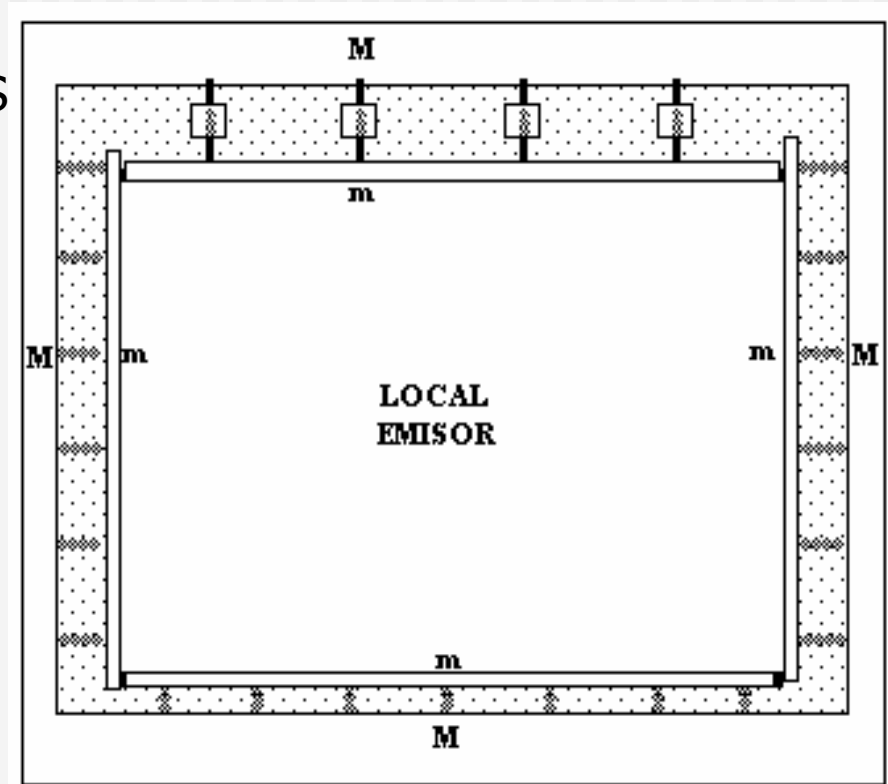
- Si el elemento separador es ligero respecto a los adyacentes, las transmisiones indirectas son despreciables respecto a la directa.



$$R_{\text{final}} = R3$$

SOLUCIONES ACÚSTICAS DE AISLAMIENTO: CARACTERÍSTICAS

- FLOTABILIDAD DE MATERIALES
- ELASTICIDAD DE ANCLAJES
- SEPARACIÓN DE ELEMENTOS
- SELLADO DE REVESTIMIENTOS
- ABSORCIÓN EN LAS CÁMARAS
- ABSORCIÓN EN EL RECINTO



SISTEMAS BÁSICOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

■ DESCOLGADO

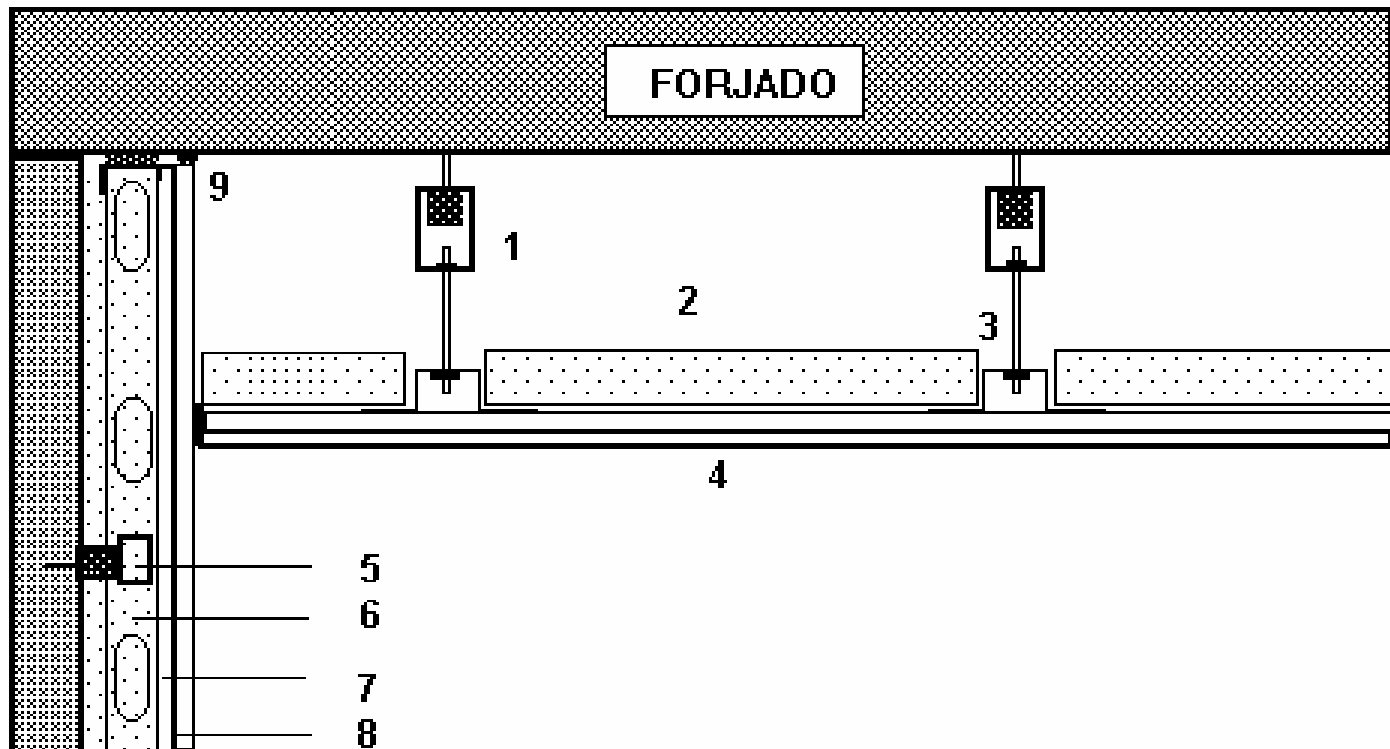
- Muelles
- Perfiles y varillas
- Tornillería
- Tacos de anclaje
- Lanas absorbentes
- Placas de yeso laminado

■ PEGADO

- Adhesivos de contacto
- Aglomerados de poliuretano
- Placas de yeso laminado

MEDIDAS CORRECTORAS: SISTEMA DESCOLAGADO

SISTEMAS FLOTANTES CON AMORTIGUADORES Y LANAS MINERALES

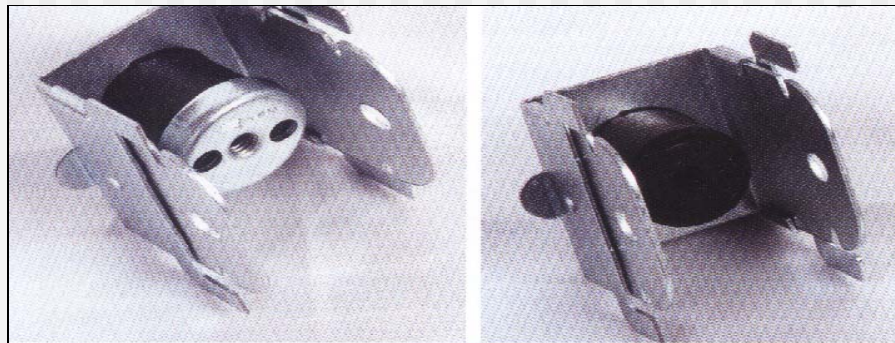


FLOTABILIDAD HORIZONTAL

AMORTIGUADORES DE TECHO



AMORTIGUADORES DE TECHO



DETERMINACION RIGIDEZ ESTATICA

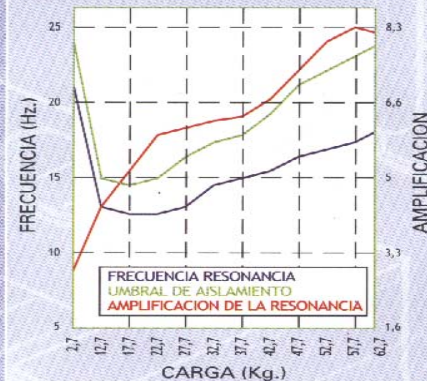
CURVA CARGA-DEFORMACION



Ensayos realizados por el Centro de Investigación Tecnológica "LBEIN"

DETERMINACION DE COMPORTAMIENTO DINAMICO

TRANSMISIBILIDAD DEL ELASTOMETRO SEGUN LA CARGA

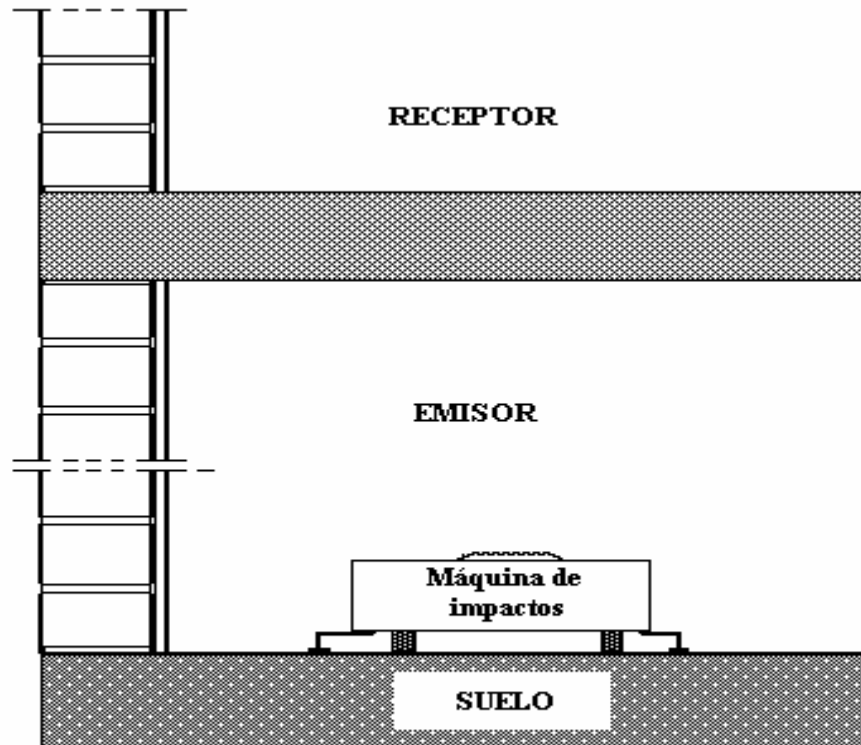


Con una carga aproximada entre 12 y 27 kg., el aislador se sitúa en un umbral de aislamiento optimo a bajas frecuencias.

NIVELES DE RUIDO DE IMPACTO (Madrid)

$L_n \text{ día} = 40 \text{ dBA}$

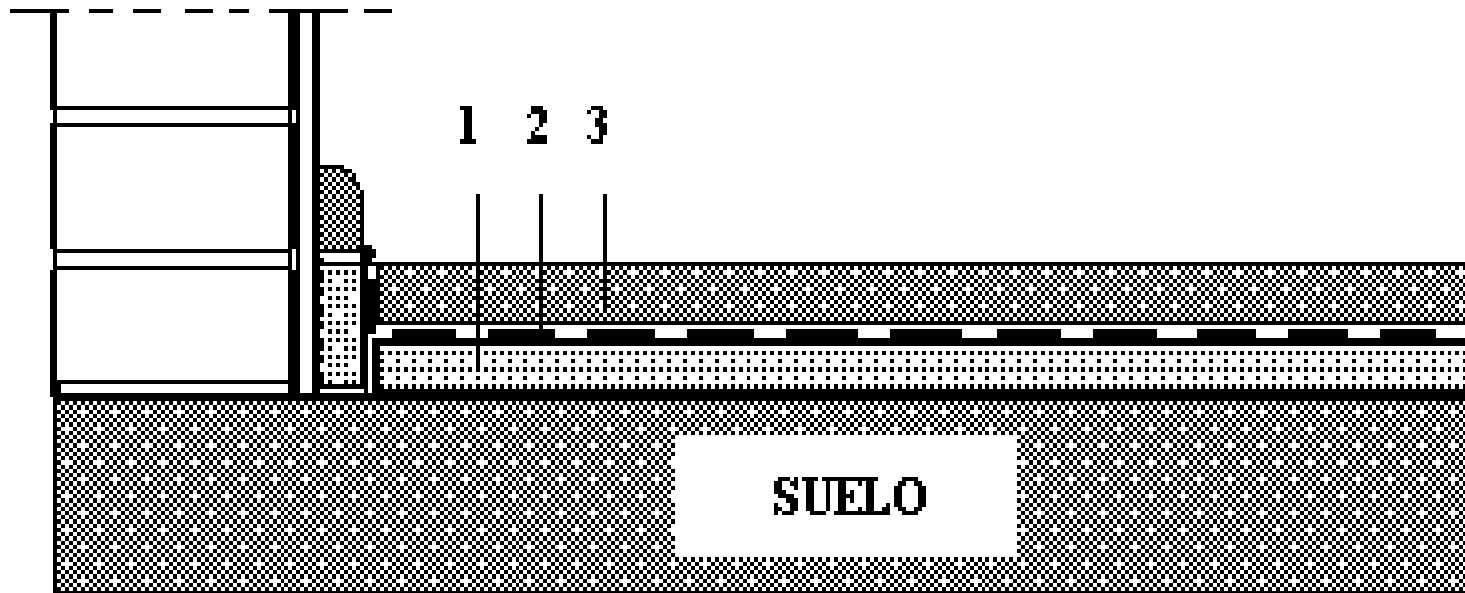
$L_n \text{ noche} = 35 \text{ dBA}$



ESQUEMA DE LA SECCIÓN

FLOTABILIDAD HORIZONTAL

SISTEMAS PARA EL SUELO



SUELO FLOTANTE



FLOTABILIDAD VERTICAL

AMORTIGUADORES DE PARED

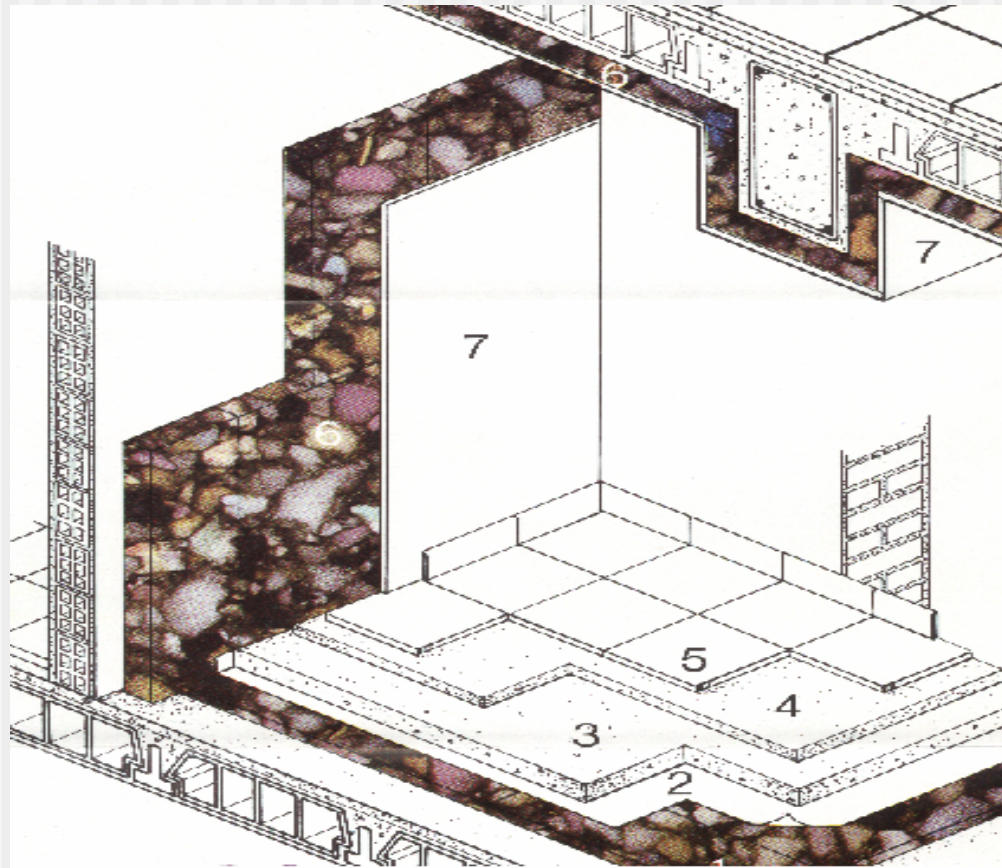


ENCUENTRO ENTRE TRASDOSADO Y SUELO



MEDIDAS CORRECTORAS: SISTEMA ENCOLADO

AGLOMERADOS DE POLIURETANO



FLOTABILIDAD DE LOS PARAMENTOS

FORJADO Y PILARES



MINORACIÓN DEL AISLAMIENTO: FORJADO

EN FORJADO SUPERIOR



MINORACIÓN DEL AISLAMIENTO EN PAREDES:

PASO DE INSTALACIONES



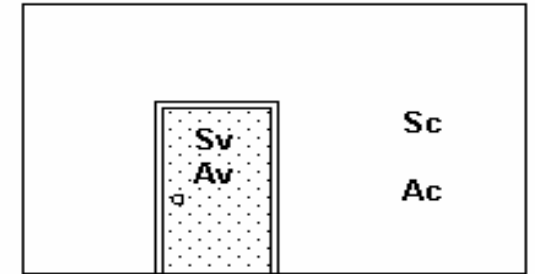
TRANSMISIÓN POR UNIONES RÍGIDAS.(VÍA SÓLIDA)

ANCLAJES



AISLAMIENTO MIXTO

$$R_g = 10 \log \left[\frac{(S_c + S_v)}{(S_c / 10^{0,1R_{c}} + S_v / 10^{0,1R_{v}})} \right]$$



Calcular el aislamiento de un paramento mixto formado por una pared con una superficie $S_c=45\text{m}^2$ y un aislamiento de 45 dBA, en donde hay una ventana de 12m^2 con un aislamiento de 29 dBA.

$$R_g = 35 \text{ dBA.}$$

EJEMPLO DE AISLAMIENTO EN FACHADA

$$R_g = 10 \log \left[\frac{(S_p + S_{pu})}{(S_p / 10^{0,1R_p} + S_{pu} / 10^{0,1R_{pu}})} \right]$$

DATOS	Sp=	20	m2		Spu=	4	m2
	63	125	250	500	1000	2000	4000
R. PARED	30	32	36	40	48	54	62
R. PUERTA	22	27	31	35	37	39	40
AISLAMIENTO	27	31	35	39	43	46	48

AISLAMIENTO DE VENTANAS NBE CA88

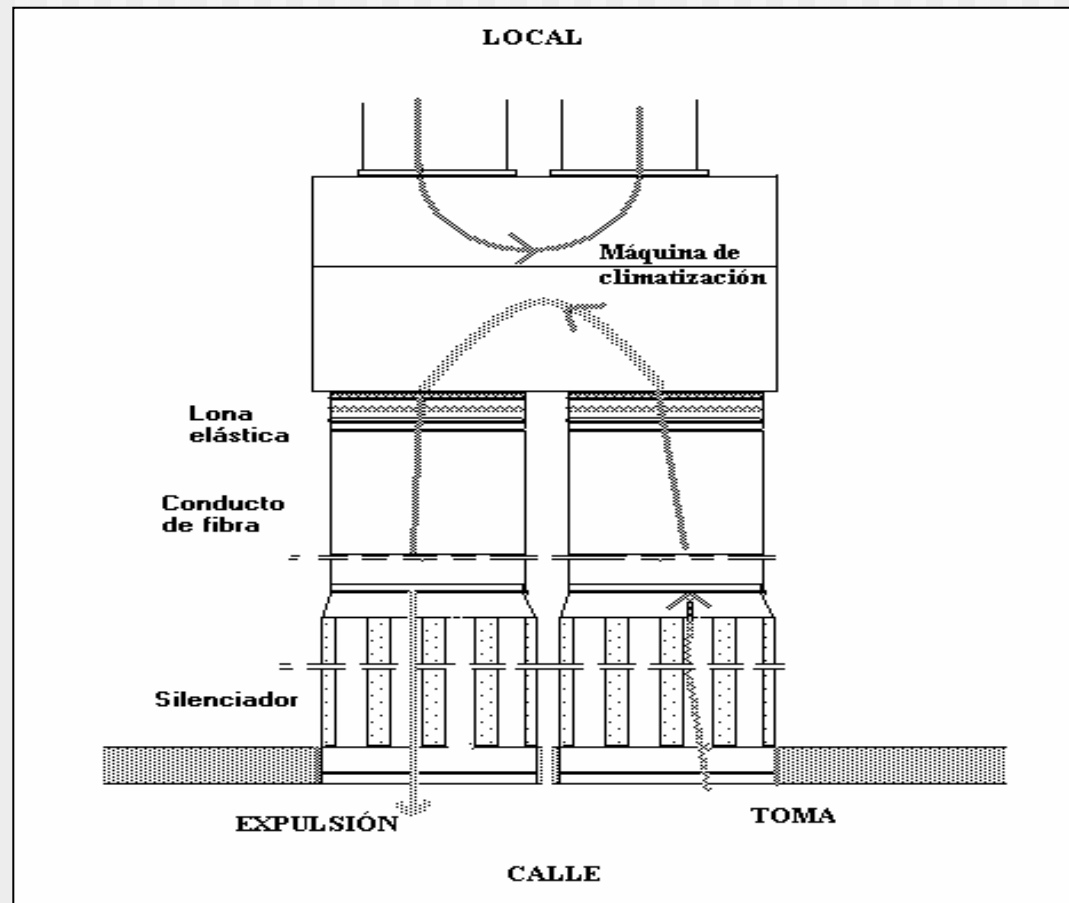
Ventanas. Aplicación de la fórmulas. Anexo 3.2.4.2				
Tipo de acristalamiento	Espesor en cm	Masa Unitaria en kg/m^2	Clase de carpinte-ría	R en dBA
Sencillo	5	13	A2	24
			A3	29
	10	25	A2	24
			A3	33
Doble	6+6	30	A2	29
			A3	34
Laminar	6+4	25	A2	31
			A3	36

AISLAMIENTO DE PUERTAS NBE CA88

Puertas. Aplicación de la fórmulas. Anexo 3.2.4.2			
Tipo de puerta	Espesor en mm	Masa Unitaria en kg/m²	Aislamiento dBA
Madera ligera	35	21	14
	40	24	15
Madera densa	35	28	16
	40	32	17
Chapa de acero	1,2	9,5	8

SILENCIADORES

ESQUEMA DE INSTALACIÓN DE UN SILENCIADOR



SILENCIADORES Y PANTALLAS



LAMAS ACÚSTICAS



L1=56 dBA

L2<45 dBA

NIVELES SONOROS EXTERIORES MEDIDAS CORRECTORAS



L2 = 67 dBA. INCUMPLE LA
ORDENANZA



L2 = 44 dBA. CUMPLE LA
ORDENANZA

CÁLCULO: ATENUACIÓN DE UN SILENCIADOR

Calcular la atenuación necesaria para un ventilador de 18.000 m³/h, con una pérdida de carga de 13mm, para que en el receptor situado a 10m de distancia el nivel de inmisión sea de 40 dBA.

1º. Datos de la potencia sonora:

	63	125	250	500	1000	2000	4000		TOTAL
Lw (dB)	85	83	80	79	79	78	78		90

ATENUACIÓN DE UN SILENCIADOR

	63	125	250	500	1000	2000	4000		TOTAL
Lw (dB)	85	83	80	79	79	78	78		90

$$L_p = L_w + 10 \log (1/4\pi d^2)$$

ATENUACIÓN POR
DISTANCIA = -30,99 dBA

Atenuación d	-30,99	-30,99	-30,99	-30,99	-30,99	-30,99	-30,99
--------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Ponderación	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1
-------------	-------	-------	------	------	---	-----	---

Nivel sonoro en dBA de la máquina a 10 m

Lp (dBA)	28	36	40	45	48	48	48		54
-----------------	----	----	----	----	----	----	----	--	-----------

ATENUACIÓN DEL SILENCIADOR

CÁLCULO DE LA ATENUACIÓN NECESARIA PARA CUMPLIR CON LAS CURVAS NC 35									
	63	125	250	500	1000	2000	4000		TOTAL
L2inicial ext.	28	36	40	45	48	48	48		54

El nivel L2 supera en +14 dBA el exigido. Requiere un silenciador

	63	125	250	500	1000	2000	4000		TOTAL
L2inicial ext.	28	36	40	45	48	48	48		54
Atenuación	-3	4	8	13	17	18	19		14
L2 deseado NC	31	32	32	32	31	30	29		40

La atenuación del silenciador, necesaria para conseguir 40 dBA, es de 14 dBA.

NIVELES SONOROS EXTERIORES: PERCENTILES

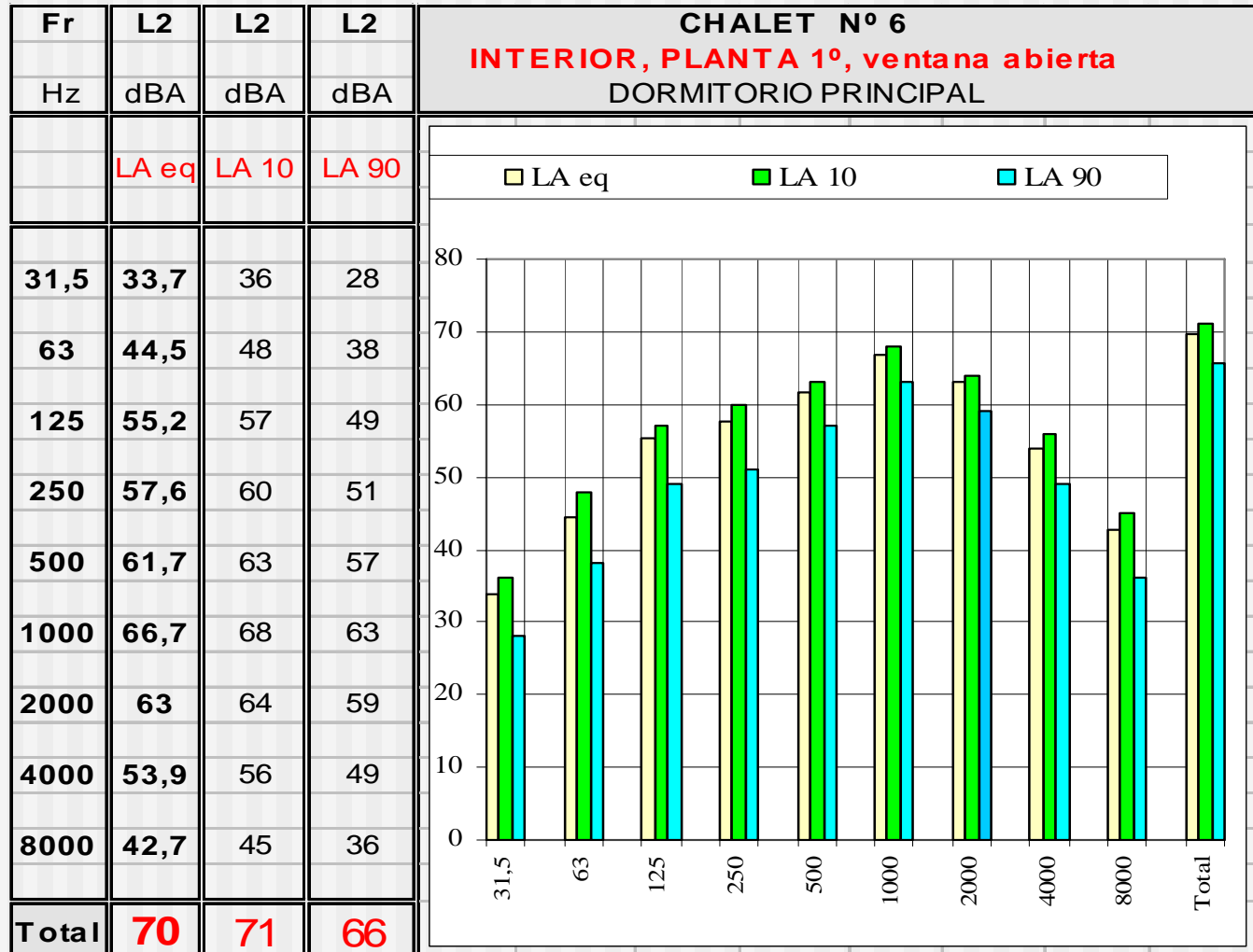
- MÁQUINAS
- TRENES
- AVIONES
- VEHÍCULOS
- INDUSTRIA



FOCOS SONOROS URBANOS



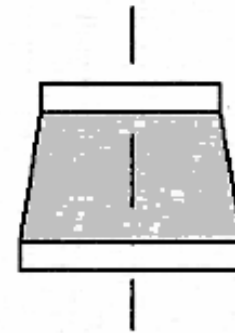
NIVELES SONOROS DE TRÁFICO RODADO



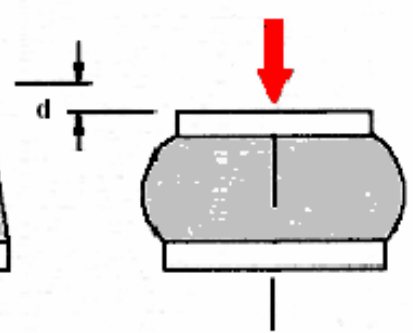
AMORTIGUACIÓN

- **DEFLEXIÓN (d) =**
Es la deformación elástica de un antivibrador ante una determinada carga.

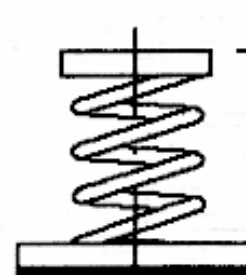
SIN CARGA



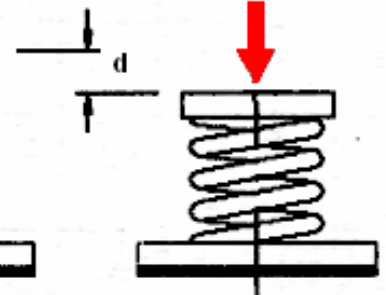
CON CARGA



SIN CARGA



CON CARGA



FRECUENCIAS ACTUANTES

- **FRECUENCIA PERTURBADORA (f_p):**
Es la originada por la máquina. Se mide en Hz ($1\text{Hz} = 1\text{cps} = \text{r.p.m.}/60$)

- **FRECUENCIA NATURAL (f_n):**
Es la propia del sistema formado por la máquina sobre los antivibradores

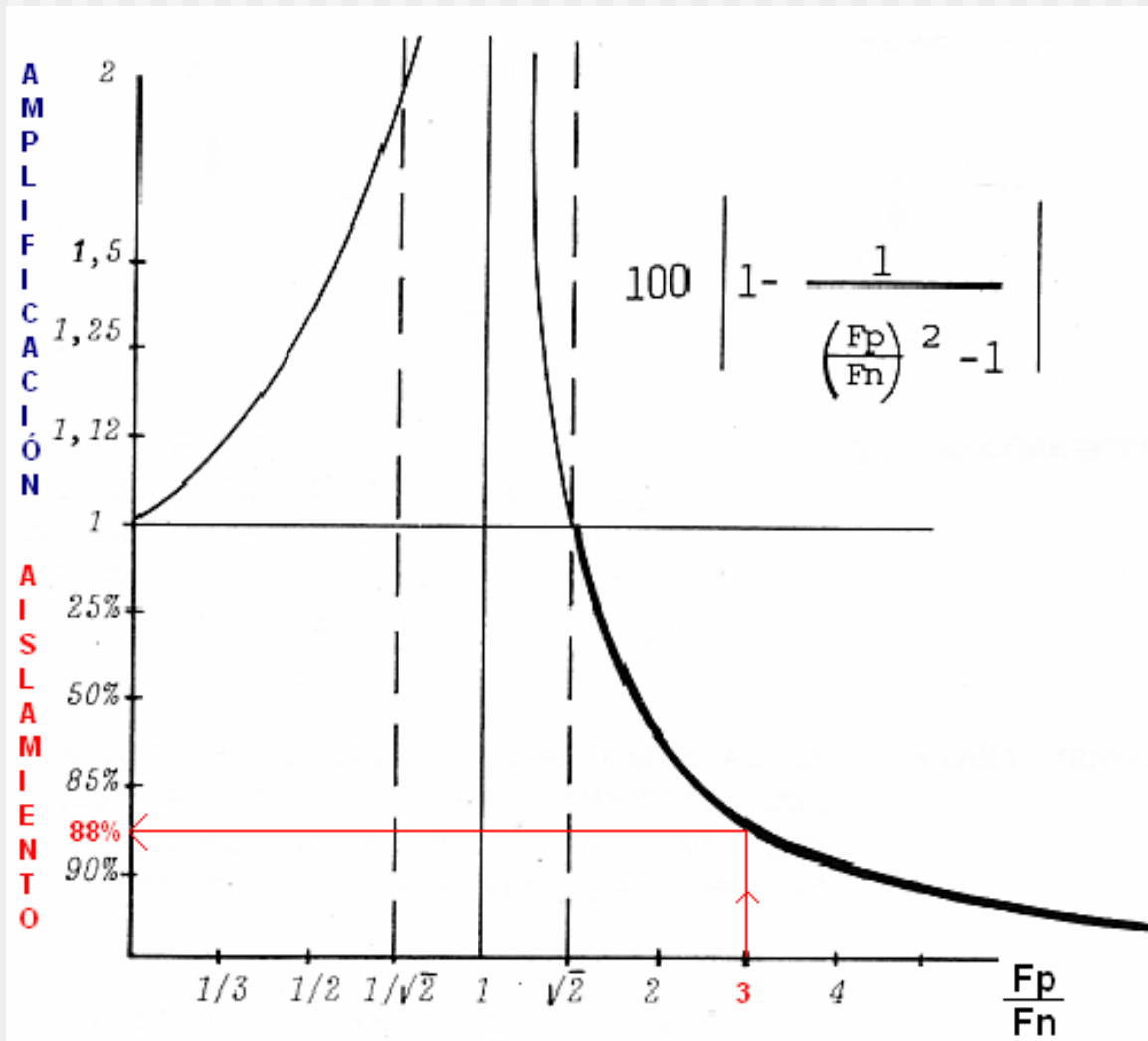
$$f_n = 15,7/\sqrt{d}$$

AISLAMIENTO RESULTANTE %

■ CÁLCULO DEL AISLAMIENTO

$$\text{AISLAMIENTO EN \%} = \left| - \frac{1}{\left(\frac{f_p}{f_n}\right)^2 - 1} \right| \cdot 100$$

GRÁFICA DEL AISLAMIENTO



ELECCIÓN AMORTIGUADOR

- Velocidad motor = 1450 r.p.m
- Velocidad ventilador = 600 r.p.m
- Peso total = 1000 kg
- Puntos de Apoyo = 6
- Carga por apoyo = $1000/6 = 166$ kg
- Se exige: aislamiento mínimo 90%

CÁLCULO DEL ANTIVIBRADOR

- $F_n = 1/3 F_p$
- $F_p = 600/60 = 10 \text{ Hz}$
- $F_n \sim 3$

- $F_n = 15,7 / \sqrt{d} \rightarrow 3 = 15,7 / \sqrt{d}$
- $d = 25 \text{ mm}$

SOLUCIÓN: Se necesita un antivibrador que con 166kg deflecte como mínimo 25 mm

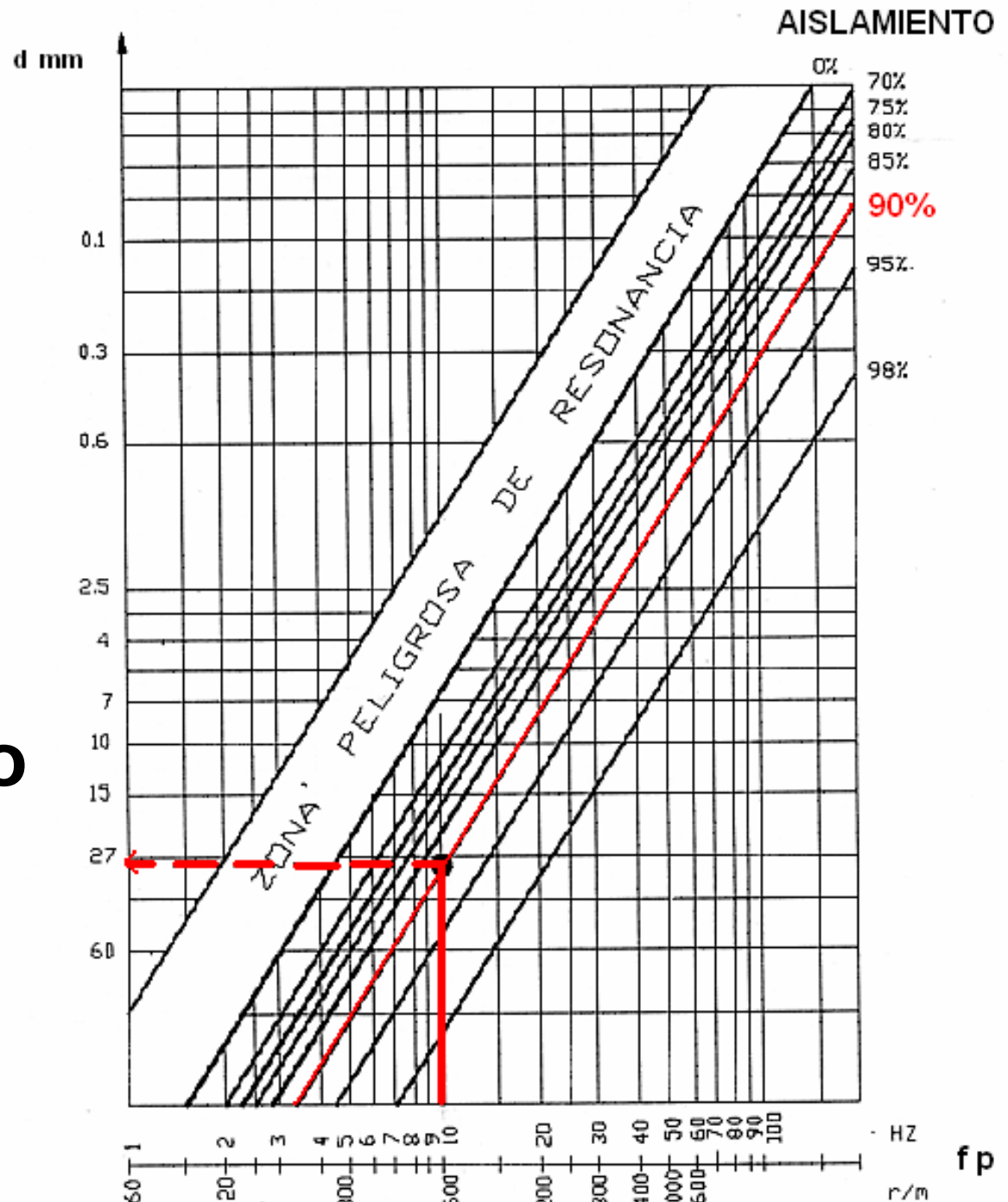
Deflexión

DATOS:

-DEFLEXIÓN

-AISLAMIENTO

-Fp



TIPOS DE ANTIVIBRADORES

METÁLICOS: Gran capacidad de deformación.

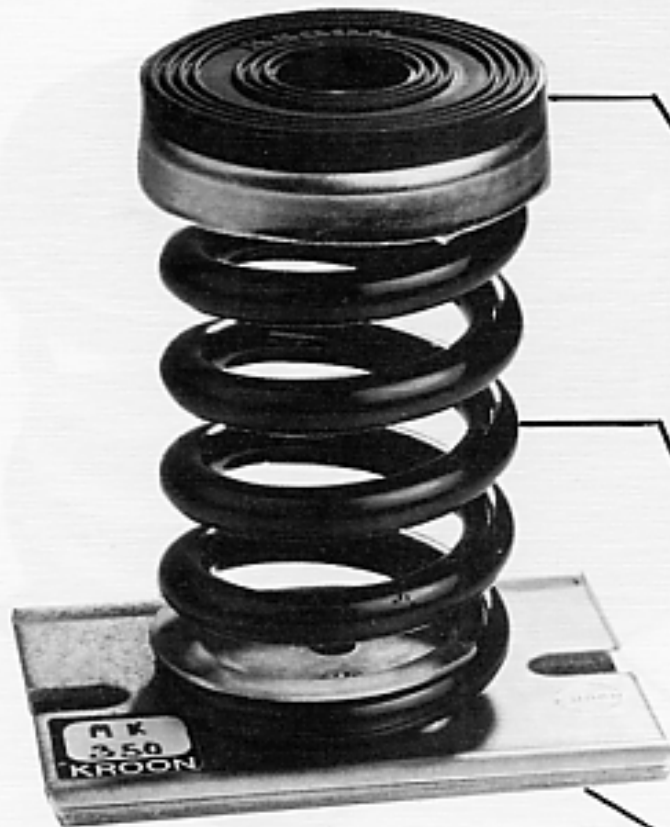
- Para frecuencias bajas y medias (menos de 15 Hz)
- Cajas de ventilación, climatizadores, compresores, bancadas de inercia, grupos electrógenos)

TIPOS DE ANTIVIBRADORES

CAUCHO: menor capacidad de deformación.

- No se recomiendan para frecuencias inferiores a 1000 c.p.s.
- Amortiguan bien los golpes
- Ventiladores pequeños, climatizadores ventana, bombas de agua, tuberías, máquinas de taller.

AMORTIGUADORES METÁLICOS A COMPRESIÓN

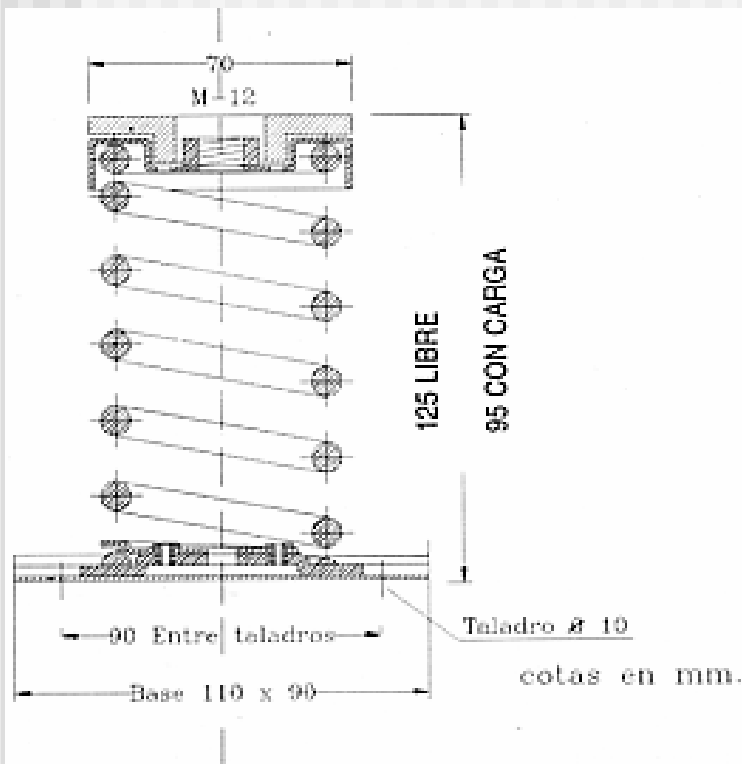


AMORTIGUADOR DE CAUCHO ANTI-DESLIZANTE $f_n=9-15$ Hz. AISLA MEDIAS Y ALTAS FRECUENCIAS.

RESORTE CON DOBLE PROTECCIÓN BICROMATADO RECUBIERTO DE POLIESTER. $f_n=2,8$ Hz. AISLA MEDIAS Y BAJAS FRECUENCIAS.

BASE REFORZADA ANTIDESLIZANTE.

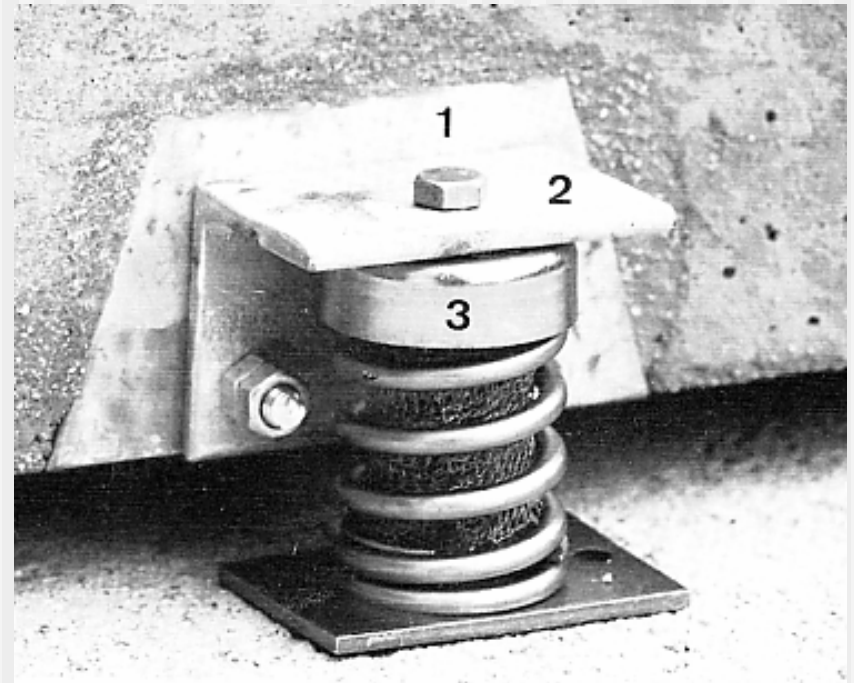
AMORTIGUADORES METÁLICOS A COMPRESIÓN



d 30 mm. \leftrightarrow fn 2,8 H _z		
REF.-COLOR	CARGA Kg.	CONSTANTE ELÁSTICA Kg/mm.
MK 150 VERDE	100 A 150	5
MK 200 AZUL	150 A 200	6,66
MK 250 ROJO	200 A 250	8,33
MK 350 NEGRO	250 A 350	11,66

LA DEFLEXIÓN DE UN ANTIVIBRADOR SE HALLA DIVIDIENDO LA CARGA QUE SOPORTA POR LA CONSTANTE ELÁSTICA. EJEMPLO: MK 200 CON 160 Kg. DEFLEXIONA 24 mm. $(160/6,7=24)$.

AMORTIGUACIÓN BANCADAS

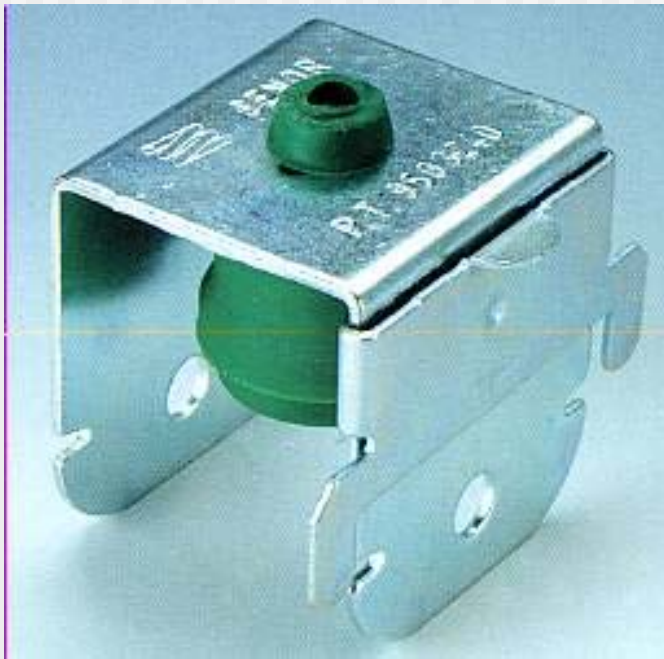


AMORTIGUADORES DE CAUCHO A COMPRESIÓN

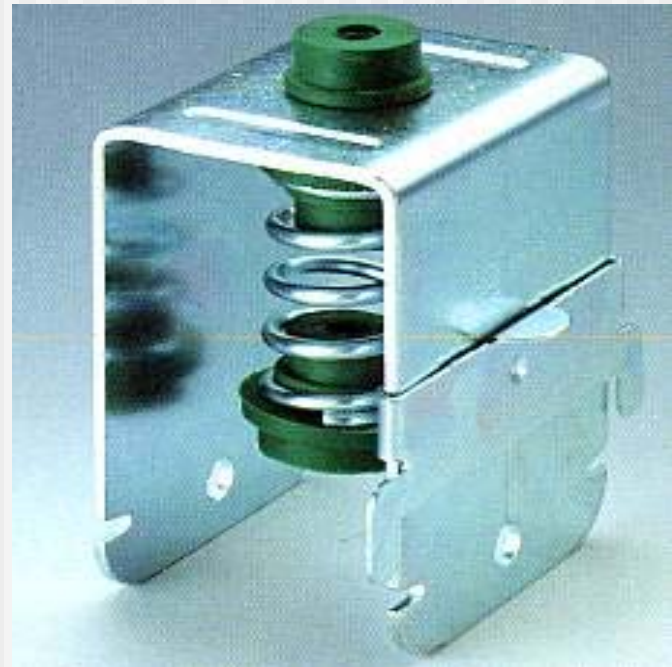


REF.	CARGA MAXIMA Kg.	DEFLEX. PRODUCIDA mm.	FREC. NATURAL H _z	CLASE DE CAUCHO
TA-25	25	4	7,5	GRIS 45°
TA-50	50	4	7,5	NEGRO 60°

EJEMPLO AMORTIGUADORES

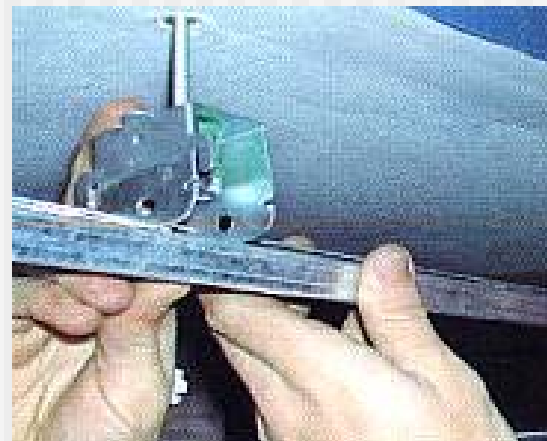


- 25 KG/U
- $Fr = 11,5 \text{ Hz}$

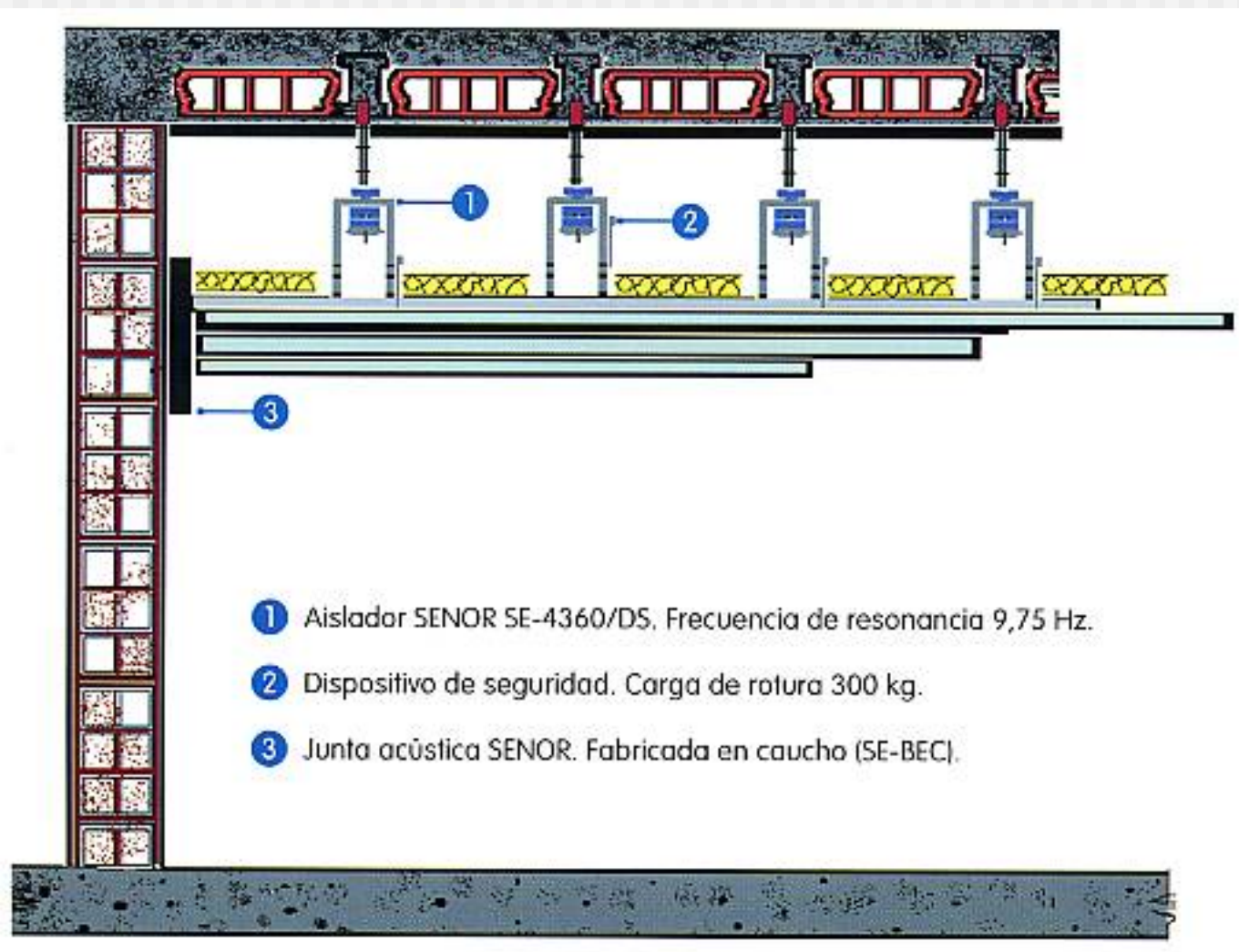


- 30 KG/U
- $Fr = 4,5 \text{ Hz}$

PROCESO DE MONTAJE



MONTAJE TECHO FLOTANTE

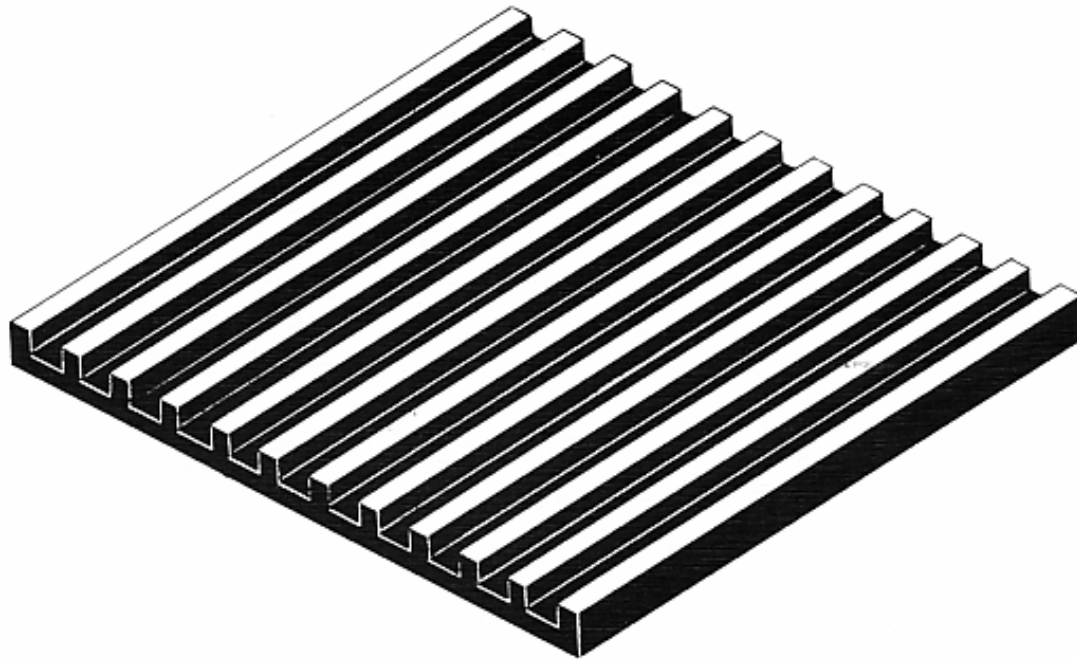


CAUCHO PARA BANCADAS Y SUELOS FLOTANTES



REF.	VERTICAL			HORIZONTAL			CLASE DE CAUCHO	MEDIDAS Ø X ALTURA mm.
	CARGA MAXIMA Kg.	DEFLEX. PRODUCIDA mm.	FRECUENCIA NATURAL Hz	FUERZA CIZALLA Kg.	DEFORMA PRODUCIDA mm.	FRECUENCIA NATURAL Hz		
BA 125	125	4	8	100	8	3	GRIS 45°	65 X 30
BA 200	200	4	8	150	8	3	GRIS 45°	75 X 30
BA 400	400	4	8	200	8	3	GRIS 45°	95 X 30
BA 800	800	4	8	500	8	3	GRIS 45°	125 X 30

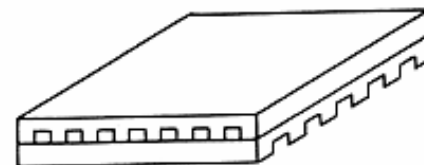
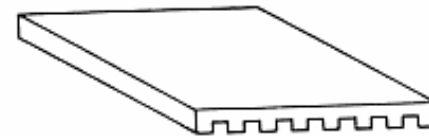
ALFOMBRILLAS DE BAJA FRECUENCIA



Frecuencia

con una capa : 11 Hz

con dos capas : 8 Hz

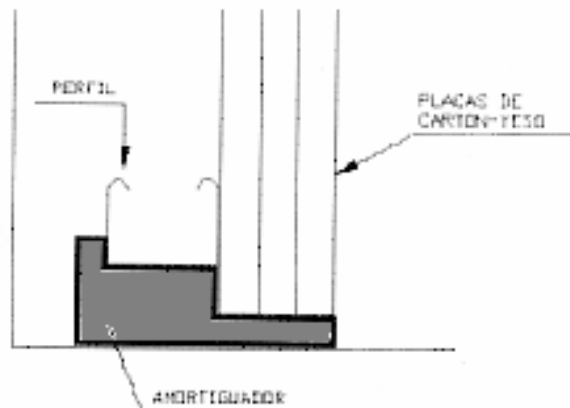
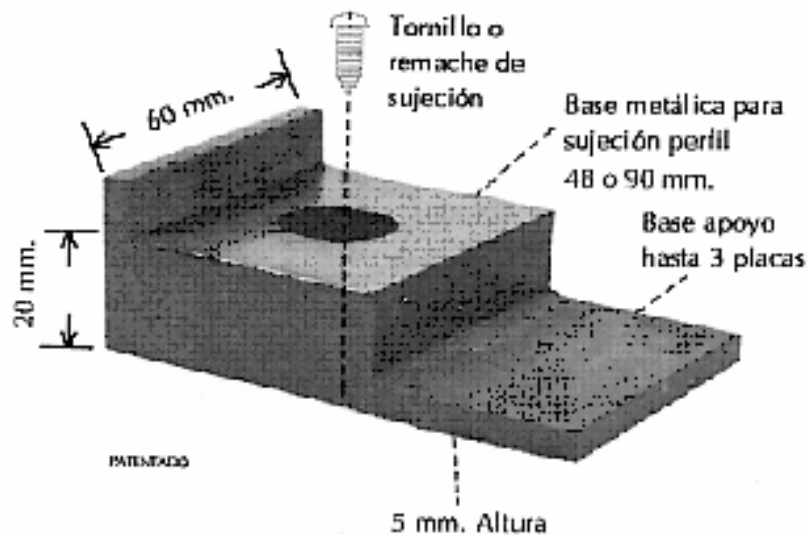
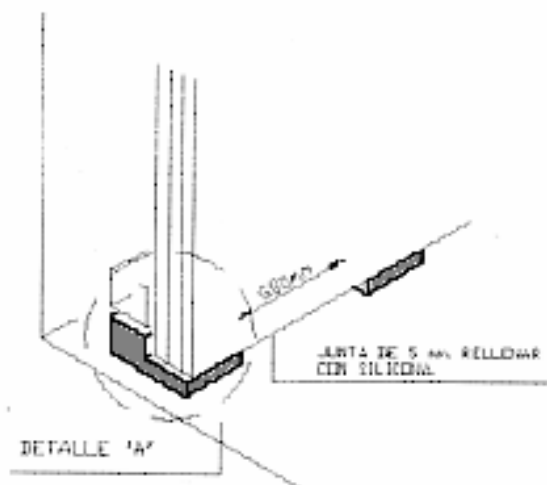


ALFOMBRILLAS DE BAJA FRECUENCIA

- Las "almenas" pueden ir hacia abajo o hacia arriba

REFERENCIA	MEDIDAS mm.	VERTICAL			HORIZONTAL			PRESIÓN MAXIMA Kg/Cm ²
		CARGA MAX. Kg.	DEFLEX. PRODUCIDA mm.	FREC. NATURAL H _z	FUERZA CIZALLA Kg.	DEFORM. PRODUCID. mm.	FREC. NATURAL	
ALFOMBRILLA	300 X 300 X 10	2.000	1,5	11	500	6	5	2

SOPORTE PARA PERFILES DE P.Y.L.



REF .	VERTICAL		HORIZONTAL		CAUCHO SHORE
	CARGA MÁXIMA Kg.	DEFLEX. PRODUCIDA mm.	FUERZA CIZALLA Kg.	DEFORMA PRODUCIDA mm.	
BS 48	150	2	50	6	GRIS 45*
BS 90	250	2	75	6	GRIS 45*

