



# PIANO

MANUAL TÉCNICO

**rothoblaas**

Solutions for Building Technology



# ÍNDICE

PIANO .....	4
ELECCIÓN DEL PRODUCTO Y DETERMINACIÓN DE $K_{ij}$ .....	8
EVALUACIÓN TÉCNICA EUROPEA (ETA) .....	10
MODELO CEN (EN ISO 12354) .....	32
DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE LAS VIBRACIONES $K_{ij}$ DE ESTRUCTURAS DE MADERA .....	33
IL METODO SEMPLIFICATO .....	34
<i>UNIÓN EN T   PAREDES PERIMETRALES</i> .....	36
<i>UNIÓN EN T   PAREDES PERIMETRALES</i> .....	37
SOLUCIONES PARA FORJADOS LIGEROS .....	38
<i>MEDICIONES EN LABORATORIO   FORJADO 1</i> .....	39
<i>MEDICIONES EN LABORATORIO   FORJADO 2</i> .....	40
<i>MEDICIONES EN LABORATORIO   FORJADO 2 - ANÁLISIS COMPARATIVO</i> ..	41
<i>MEDICIONES EN LABORATORIO   FORJADO DE CLT 3</i> .....	42
<i>MEDICIONES EN LABORATORIO   FORJADO DE CLT 4</i> .....	43
<i>MEDICIONES EN LABORATORIO   FORJADO DE ENTRAMADO 1</i> .....	44

# PIANO

## BANDA RESILIENTE PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

### CÓDIGOS Y DIMENSIONES

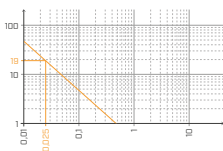
CÓDIGO	B [mm]	L [m]	s [mm]	unid.
PIANO4040	80	10	6	1
PIANO5050	100	10	6	1
PIANO6060	120	10	6	1
PIANO140	140	10	6	1
PIANOB4040	80	10	6	1
PIANOB5050	100	10	6	1
PIANOB6060	120	10	6	1
PIANOB140	140	10	6	1
PIANOC080	80	10	6	1
PIANOC100	100	10	6	1
PIANOC120	120	10	6	1
PIANOC140	140	10	6	1
PIANOD080	80	10	6	1
PIANOD100	100	10	6	1
PIANOD120	120	10	6	1
PIANOD140	140	10	6	1
PIANOE080	80	10	6	1
PIANOE100	100	10	6	1
PIANOE120	120	10	6	1
PIANOE140	140	10	6	1



### Prestaciones mecánicas y comportamiento elástico **ensayado** según ETA

- respuesta elástica de la banda aplicada en edificios
- respuesta elástica de la banda como antivibrante

pág. 10



### Antivibración

**PIANO** atenúa las vibraciones tanto en condiciones estáticas como dinámicas gracias a su capacidad de absorber y disipar la energía del sistema:

- aplicación con cargas estáticas (por ejemplo, edificios)
- aplicación con cargas dinámicas (por ejemplo, máquinas y puentes)

pág. 12

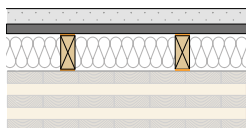


### Valores de $K_{ij}$ según ETA

$K_{ij}$  ensayado para todas las durezas y con un adecuado sistema de fijación

$\Delta_{t,ij} > 4 \text{ dB}$

pág. 36



### Forjados ligeros






PIANO A ha sido ensayada acoplada a los rastreles de nervadura de los forjados ligeros.

Mejora medida **7 dB**.



pág. 40



## COMPARACIÓN DE PRODUCTOS

productos	espesor	mejora acústica $\Delta_{i,ij}^{(1)}$	módulo elástico de compresión $E_c$
PIANO A 	6 mm	> 4 dB	0,23 N/mm <sup>2</sup>
PIANO B 	6 mm	> 4 dB	1,08 N/mm <sup>2</sup>
PIANO C 	6 mm	> 4 dB	7,92 N/mm <sup>2</sup>
PIANO D 	6 mm	> 4 dB	22,1 N/mm <sup>2</sup>
PIANO E 	6 mm	> 4 dB	24,76 N/mm <sup>2</sup>

### LEYENDA:

-  carga para optimización acústica
-  compresión a 3 mm de deformación (estado límite último)

módulo elástico dinámico $E'_{5\text{Hz}} - E'_{50\text{Hz}}$	factor de amortiguación $\tan\delta_{5\text{Hz}} - \tan\delta_{50\text{Hz}}$	carga acústica / carga máxima aplicable <sup>(2)</sup>									
		0	5	10	15	20	25	30	35		
0,5 N/mm <sup>2</sup> - 0,5 N/mm <sup>2</sup>	0,186 - 0,238	carga acústica [N/mm <sup>2</sup> ]									
		0,008	0,052								
		carga máxima aplicable [N/mm <sup>2</sup> ]									
		0,008	0,15								
1,75 N/mm <sup>2</sup> - 2,07 N/mm <sup>2</sup>	0,308 - 0,372	carga acústica [N/mm <sup>2</sup> ]									
		0,04	0,286								
		carga máxima aplicable [N/mm <sup>2</sup> ]									
		0,04	0,85								
9,35 N/mm <sup>2</sup> - 11,61 N/mm <sup>2</sup>	0,272 - 0,306	carga acústica [N/mm <sup>2</sup> ]									
		0,26	1,4								
		carga máxima aplicable [N/mm <sup>2</sup> ]									
		0,26				12,07					
20,3 N/mm <sup>2</sup> - 25,81 N/mm <sup>2</sup>	0,297 - 0,349	carga acústica [N/mm <sup>2</sup> ]									
		1,2	2,28								
		carga máxima aplicable [N/mm <sup>2</sup> ]									
		1,2				16,9					
54,8 N/mm <sup>2</sup> - 67,08 N/mm <sup>2</sup>	0,243 - 0,253	carga acústica [N/mm <sup>2</sup> ]									
		1,8	3,2								
		carga máxima aplicable [N/mm <sup>2</sup> ]									
		1,8				17,07					

<sup>(1)</sup>  $\Delta_{l,ij} = K_{ij,with} - K_{ij,without}$

<sup>(2)</sup> Los intervalos de carga indicados están optimizadas con respecto al comportamiento acústico y estático del material en compresión.

# ELECCIÓN DEL PRODUCTO Y DETERMINACIÓN DE $K_{ij}$

## DISEÑO DE LA BANDA CORRECTA EN FUNCIÓN DE LA CARGA

Las bandas resilientes deben seleccionarse correctamente para lograr aislar las frecuencias medio bajas de las vibraciones transmitidas por vía estructural: a continuación, se proporcionan algunas indicaciones sobre la manera de evaluar el producto. Se aconseja sumar el valor de la carga permanente al 50% del valor característico de la carga accidental.

$$Q_{\text{lineal}} = q_{gk} + 0,5 q_{vk}$$

Además, es necesario considerar las condiciones de ejercicio y no las condiciones de estado límite último. Esto porque hay que aislar acústicamente el edificio en las condiciones de carga cotidianas y no durante un evento sísmico u otras cargas con finalidad de dimensionamiento estructural.

## ELECCIÓN DEL PRODUCTO



El producto también se puede elegir mediante las tablas de uso (véase por ejemplo la siguiente tabla, relativa al producto PIANO).

TABLA DE APLICACIÓN<sup>(1)</sup>

CÓDIGO	B [mm]	carga para optimización acústica <sup>(2)</sup> [kN/m]		compresión para optimización acústica <sup>(2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]		reducción [mm]		compresión a 3 mm de deformación (estado límite último) [N/mm <sup>2</sup> ]
		desde	a	desde	a	desde	a	
PIANO4040	80	0,64	4,16	0,008	0,052	0,2	1,35	0,15
	40 (divided)	0,32	2,08					
PIANO5050	100	0,8	5,2	0,008	0,052	0,2	1,35	0,15
	50 (divided)	0,4	2,6					
PIANO6060	120	0,96	6,24	0,008	0,052	0,2	1,35	0,15
	60 (divided)	0,48	3,12					
PIANO140	140	1,12	7,28	0,008	0,052	0,2	1,35	0,15

**Nota:** se evalúa el comportamiento estático del material en compresión, considerando que las deformaciones debidas a las cargas son estáticas. Esto porque un edificio no presenta fenómenos relevantes de desplazamiento ni deformaciones dinámicas.

Rothoblaas ha optado por definir un intervalo de carga que garantice unas buenas prestaciones acústicas y evite deformaciones excesivas y movimientos diferenciales en los materiales, incluidos los revestimientos finales del edificio. Sin embargo, es posible utilizar las bandas con cargas fuera del intervalo indicado si se evalúan la frecuencia de resonancia del sistema y la deformación de la banda en el estado límite último.



## DETERMINACIÓN DE LA PRESTACIÓN

Una vez identificadas las cargas, se debe localizar cuál es la frecuencia de proyecto, es decir, la frecuencia de excitación del elemento frente a la cual quiero aislar la estructura. A continuación, se proporciona un ejemplo para que la explicación sea más simple y asequible.

Supongamos que haya una carga de  $0,025 \text{ N/mm}^2$  que actúa sobre la banda.

En este caso se ha tomado el producto PIANO A, porque la carga no es particularmente elevada. De la lectura del gráfico se desprende que la banda presenta una frecuencia de resonancia en torno a 19 Hz.

Llegados a este punto, se puede calcular la transmisibilidad del producto en estas condiciones de carga refiriéndose a la frecuencia de proyecto de 100 Hz.

$$\text{transmisibilidad} = f/f_0 = 5,26$$

Luego será necesario utilizar el gráfico de la transmisibilidad posicionando el valor 5,26 de cálculo en el eje de abscisas y se interseca la curva de la transmisibilidad.

Se deduce que la transmisibilidad del material es negativa, es decir que el material logra aislar  $-13 \text{ dB}$  aproximadamente.

**LA TRANSMISIBILIDAD ES POSITIVA CUANDO EL MATERIAL TRANSMITE Y SE VUELVE NEGATIVA CUANDO LA BANDA COMIENZA A AISLAR.** Por lo tanto, este valor se debe leer como si el producto, cargado de tal forma, aislase  $13 \text{ dB}$  a una frecuencia de referencia de  $100 \text{ Hz}$ .

Lo mismo se puede hacer usando el gráfico de la atenuación; se obtiene el porcentaje de vibraciones atenuadas a la frecuencia de proyecto inicial. También la atenuación se calcula con las condiciones de carga referidas a la frecuencia de proyecto de  $100 \text{ Hz}$ .

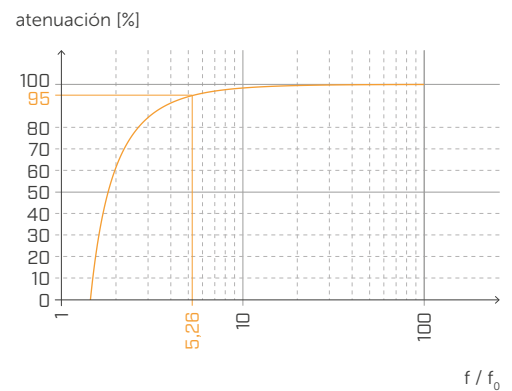
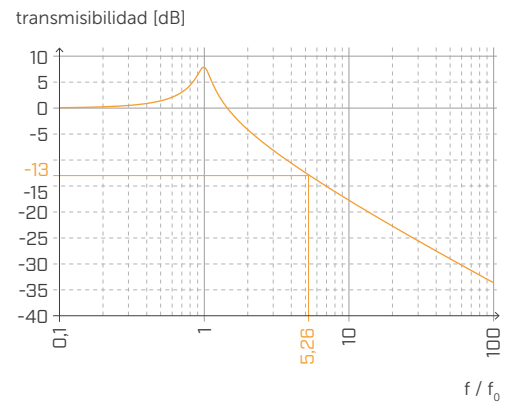
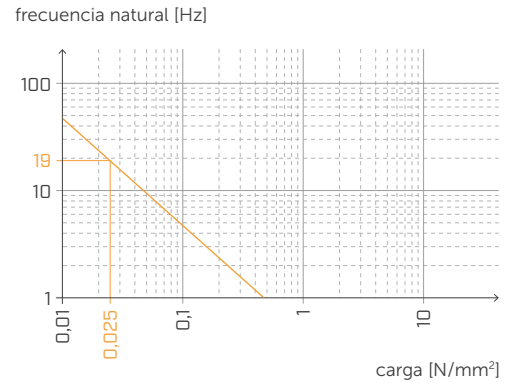
$$\text{atenuación} = f/f_0 = 5,26$$

En el gráfico, posicionando el valor calculado de 5,26 en el eje de abscisas, se interseca la curva de la atenuación.

Se deduce que la atenuación del material es óptima, es decir, que el material logra aislar más del  $95 \%$  de la transmisión.

Básicamente con estos dos diferentes inputs se logra el mismo resultado, pero en caso de que se fije la deformación, se comienza con un rendimiento mecánico y no acústico.

A raíz de estas consideraciones, Rothoblaas aconseja empezar siempre de la frecuencia de proyecto y de las cargas presentes para poder optimizar el material en función de las condiciones reales.



# ■ EVALUACIÓN TÉCNICA EUROPEA (ETA)

La evaluación técnica europea (ETA) proporciona un procedimiento **independiente en ámbito europeo** para evaluar las prestaciones de las características esenciales de los productos de construcción no estándar.



## OBJETIVIDAD E INDEPENDENCIA

Solo los organismos de evaluación técnica (TAB) independientes pueden expedir ETA. La evaluación independiente refuerza la credibilidad de la información sobre las prestaciones del producto, mejora la **transparencia del mercado** y garantiza que los valores declarados se prueben según **normas precisas**, adecuadas para el uso previsto del producto.



## TRANSPARENCIA

Las ETA proporcionan **datos fiables sobre las prestaciones del producto** que se pueden comparar en toda Europa según las especificaciones técnicas armonizadas, los Documentos de Evaluación Europeos (DEE).

Las ETA hacen que los productos de construcción se puedan **comparar en todo el Espacio Económico Europeo**, ya que proporcionan información detallada sobre sus prestaciones.

# ■ PARÁMETROS ENSAYADOS SEGÚN ETA

## MÓDULO ELÁSTICO ESTÁTICO Y DINÁMICO

Muchos productos comercializados se prueban para determinar el módulo elástico dinámico y el factor de atenuación con el fin de proporcionar gráficos de transmisibilidad en función de la frecuencia natural de la banda resiliente.

Como no hay una norma común, cada fabricante sigue un procedimiento diferente y, a menudo, no declara ni la norma aplicada ni la configuración de prueba.

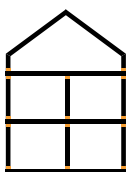


Teniendo en cuenta el destino de uso de **PIANO**, el módulo elástico dinámico y el factor de atenuación deben determinarse en compresión (no tendría sentido determinarlos con otros métodos de deformación).

El módulo elástico dinámico y el factor de atenuación se miden en condiciones dinámicas y son importantes para reducir las vibraciones en los aparatos de servicio o en otras fuentes de vibración.



En los edificios, **PIANO** está sometido a cargas estáticas y cuasiestáticas, por lo que el módulo elástico dinámico no es tan representativo del comportamiento real del producto.

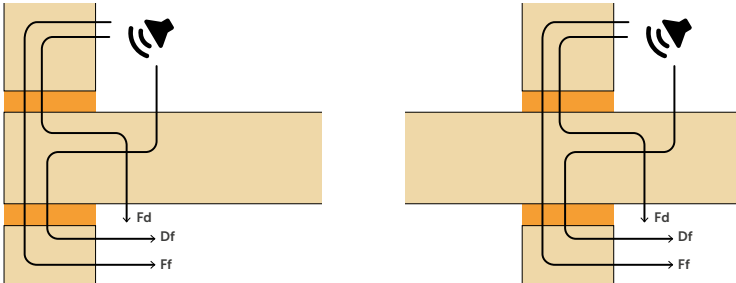


Las pruebas demuestran que la fricción de la banda puede influir en el valor del módulo elástico y, por este motivo, es necesario realizar siempre las mediciones con y sin lubricante y, así, obtener un valor independiente de las condiciones de frontera (sin fricción) y un valor representativo de las condiciones operativas in situ (con fricción).



## ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE VIBRACIONES - $K_{ij}$

Debido a la falta de una norma común, cada fabricante proporciona valores  $K_{ij}$  ensayados en una configuración diferente (tipo de unión, número de sistemas de fijación, etc.). Es importante precisar la configuración de las pruebas y las condiciones de frontera utilizadas, porque el resultado está fuertemente influenciado por las distintas variables que definen la unión.



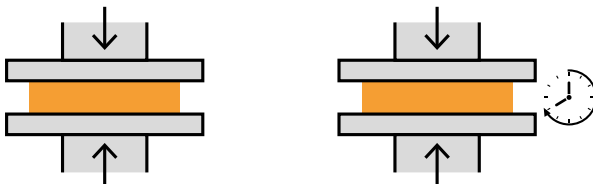
En la Evaluación Técnica Europea los resultados se expresan de forma clara con el fin de evitar ambigüedades en la configuración.



## SOLICITACIÓN Y DEFORMACIÓN POR COMPRESIÓN

Desde un punto de vista estático, es importante proporcionar el **esfuerzo de compresión en función de la deformación** (por ejemplo, 1 mm, 2 mm y 3 mm de compresión) y, así, limitar la deformación máxima y el posible fallo estructural.

Las bandas resilientes están sometidas a una carga constante durante su vida útil, por esto, es importante prever el **comportamiento a largo plazo**, tanto por razones estáticas (para evitar fallos diferenciales en la estructura) como por razones acústicas (una tira resiliente aplastada no tienen la misma respuesta elástica y, en consecuencia, las prestaciones acústicas disminuyen).



Por el mismo motivo, es importante evaluar el **espesor final del producto** tras la compresión durante un determinado tiempo y tras un periodo de recuperación.



Rothoblaas ha invertido en el desarrollo de soluciones que sigan un enfoque multidisciplinario y que tengan en cuenta la realidad de las obras. Las mediciones en el laboratorio, las pruebas estáticas y el control de la humedad permiten al diseñador disponer de datos válidos y no de simples valores teóricos sin confirmación práctica.



# PIANO A

TABLA DE APLICACIÓN<sup>(1)</sup>

CÓDIGO	B [mm]	carga para optimización acústica <sup>(2)</sup> [kN/m]		compresión para optimización acústica <sup>(2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]		reducción [mm]		compresión a 3 mm de deformación (estado límite último) [N/mm <sup>2</sup> ]
		de	a	de	a	de	a	
PIANO4040	80	0,64	4,16	0,008	0,052	0,2	1,35	0,15
	40 (divided)	0,32	2,08					
PIANO5050	100	0,8	5,2					
	50 (divided)	0,4	2,6					
PIANO6060	120	0,96	6,24					
	60 (divided)	0,48	3,12					
PIANO140	140	1,12	7,28					

<sup>(1)</sup> Los intervalos de carga indicados están optimizadas con respecto al comportamiento acústico y estático del material en compresión. Sin embargo, es posible utilizar las bandas con cargas fuera del intervalo indicado si se evalúan la frecuencia de resonancia del sistema y la deformación de la banda en el estado límite último.

<sup>(2)</sup> Las bandas resilientes deberán seleccionarse correctamente para lograr aislar las frecuencias medio bajas de las vibraciones transmitidas por vía estructural. Se aconseja evaluar la carga según las condiciones de servicio porque el edificio se debe aislar acústicamente en las condiciones de carga diarias (sumar el valor de la carga permanente al 50 % del valor característico de la carga accidental  $Q_{lineal} = q_{gk} + 0,5 q_{vk}$ ).

## DATOS TÉCNICOS

Propiedad	normativa	valor
Mejora acústica $\Delta_{t,ij}$ <sup>(3)</sup>	ISO 10848	> 4 dB
Módulo elástico de compresión $E_c$ (sin fricción $E_{c,tubricant}$ )	ISO 844	0,23 MPa (0,19 MPa)
Módulo elástico dinámico $E'_{1Hz} - E''_{1Hz}$	ISO 4664-1	0,4 - 0,07 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{5Hz} - E''_{5Hz}$	ISO 4664-1	0,50 - 0,08 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{10Hz} - E''_{10Hz}$	ISO 4664-1	0,5 - 0,09 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{50Hz} - E''_{50Hz}$	ISO 4664-1	0,5 - 0,13 MPa
Factor de amortiguación $\tan\delta_{1Hz}$	ISO 4664-1	0,177
Factor de amortiguación $\tan\delta_{5Hz}$	ISO 4664-1	0,186
Factor de amortiguación $\tan\delta_{10Hz}$	ISO 4664-1	0,192
Factor de amortiguación $\tan\delta_{50Hz}$	ISO 4664-1	0,238
Creep $\Delta\varepsilon/\varepsilon_1$	ISO 8013/ ISO 16534	0,24
Compression set c.s.	ISO 1856	26,4 %
Compresión a 1 mm de deformación $\sigma_{1mm}$	ISO 844	0,04 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 2 mm de deformación $\sigma_{2mm}$	ISO 844	0,08 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 3 mm de deformación $\sigma_{3mm}$	ISO 844	0,15 N/mm <sup>2</sup>
Reacción al fuego	EN 13501-1	clase E
Hidroabsorción después de 48 h	ISO 62	4,25%

<sup>(3)</sup>  $\Delta_{t,ij} = K_{ij,with} - K_{ij,without}$



## PRESTACIONES

Mejora acústica probada:

$\Delta_{t,ij}$ <sup>(3)</sup> : > 4 dB

Carga máxima aplicable  
(reducción 3 mm):

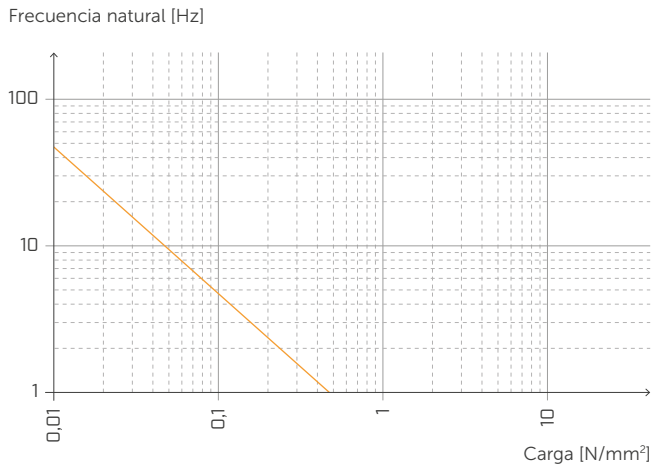
**0,15 N/mm<sup>2</sup>**

Carga acústica:

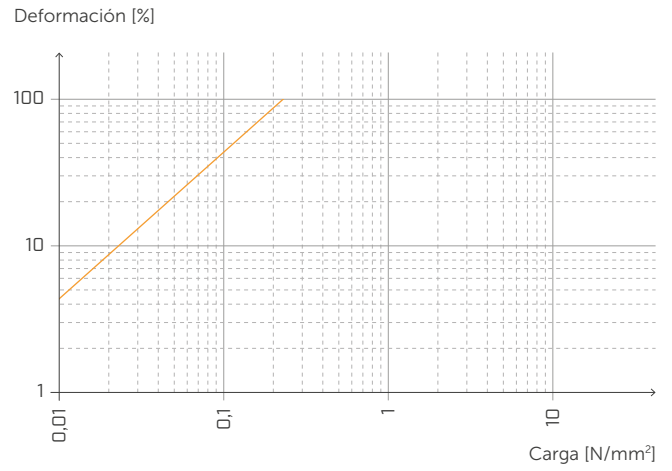
de **0,008** a **0,052 N/mm<sup>2</sup>**



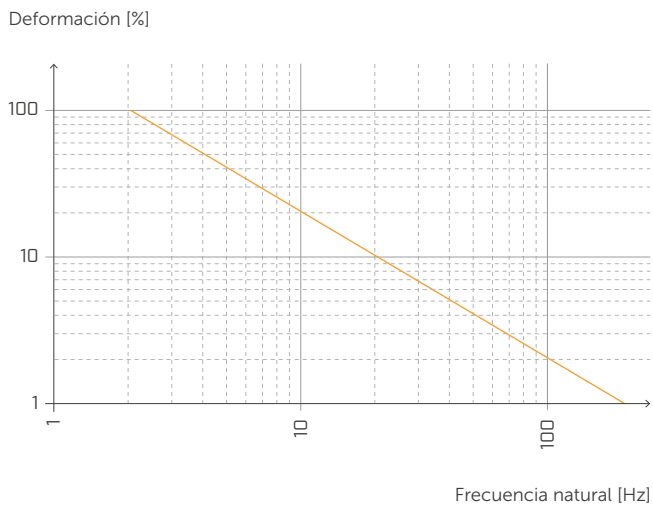
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



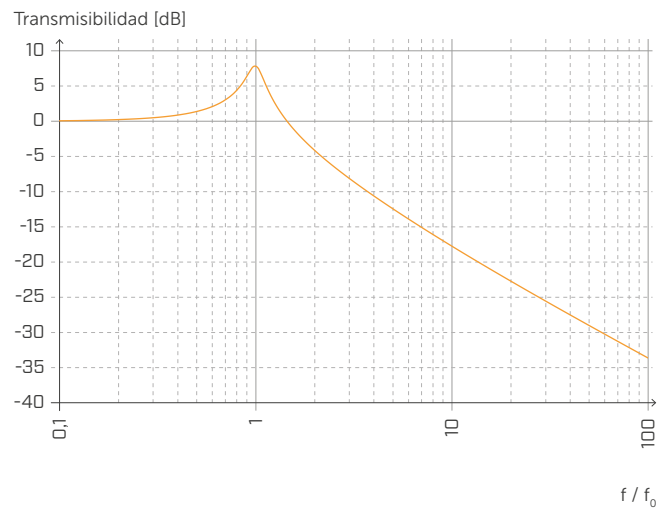
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



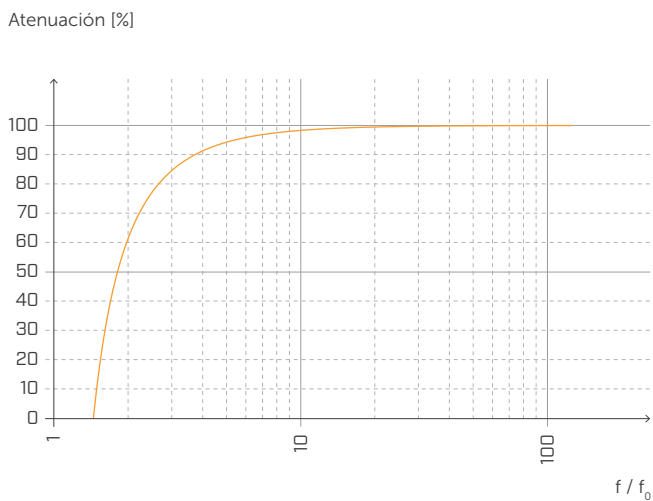
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

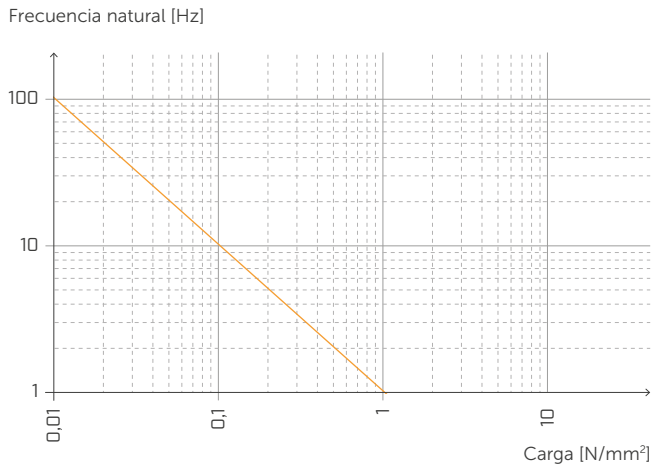


**ATENUACIÓN**

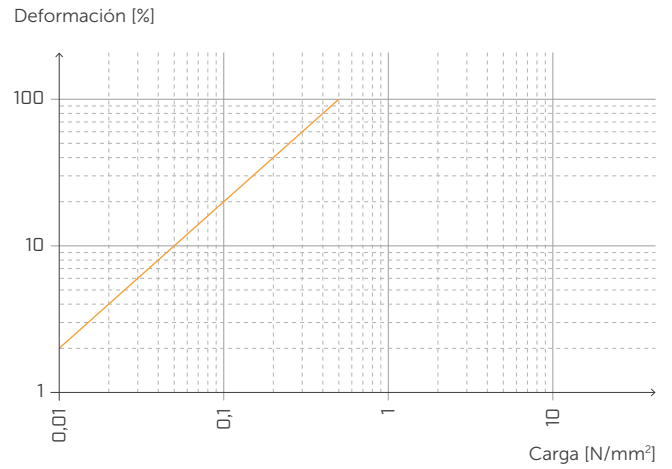


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con  $f = 20$  Hz.

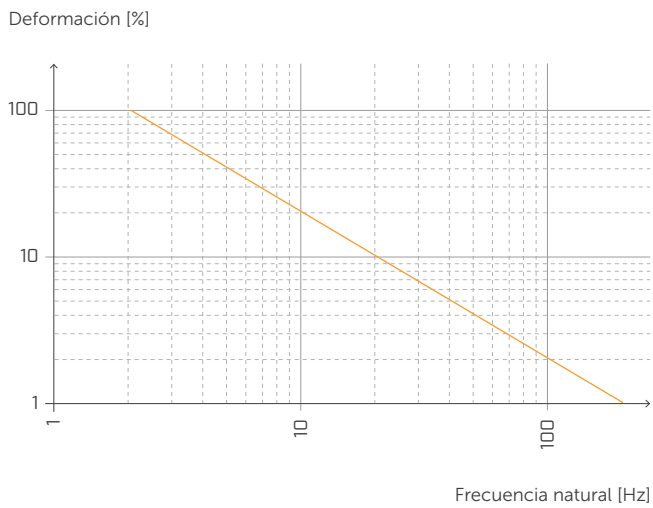
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



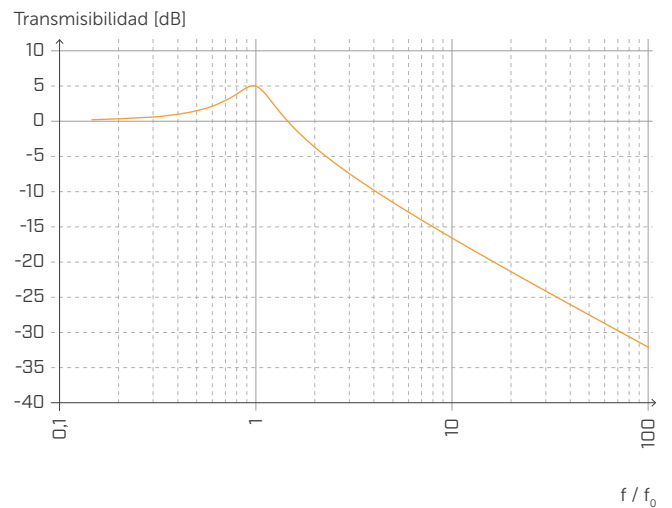
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



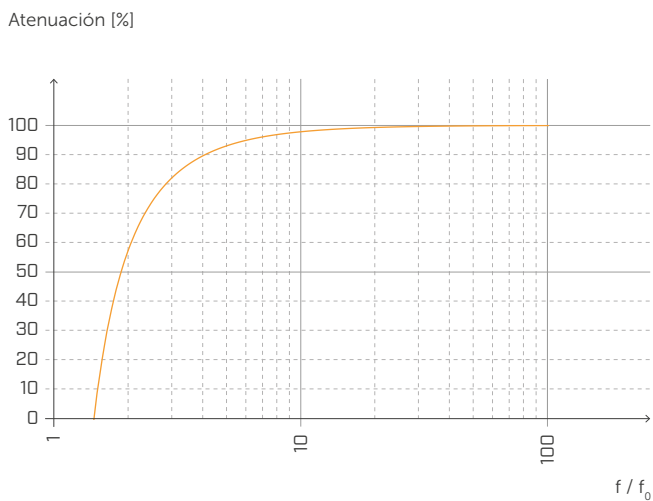
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

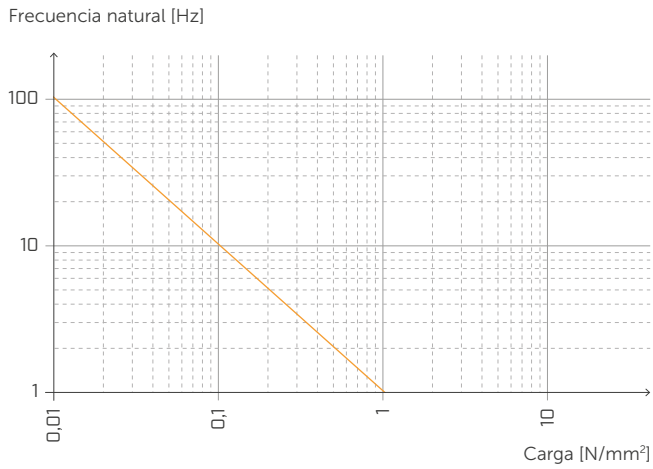


**ATENUACIÓN**

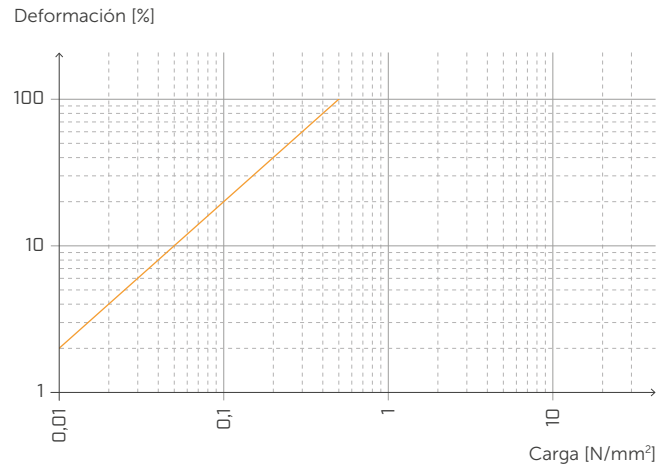


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

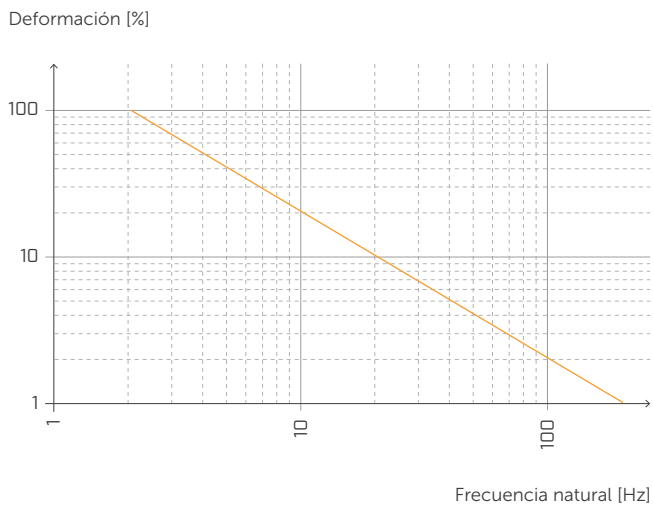
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



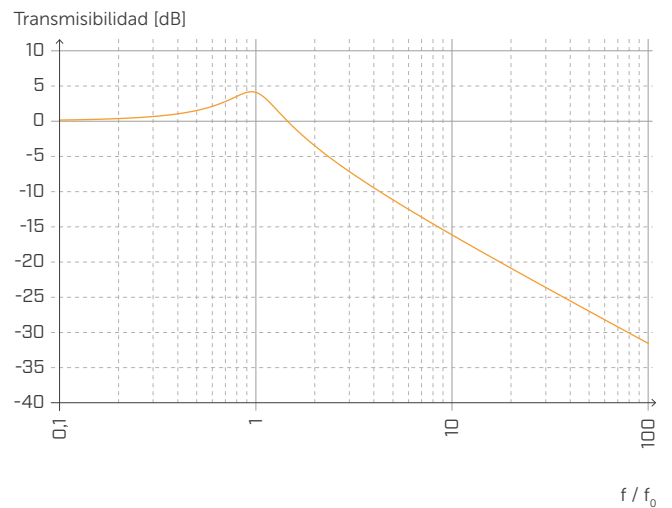
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



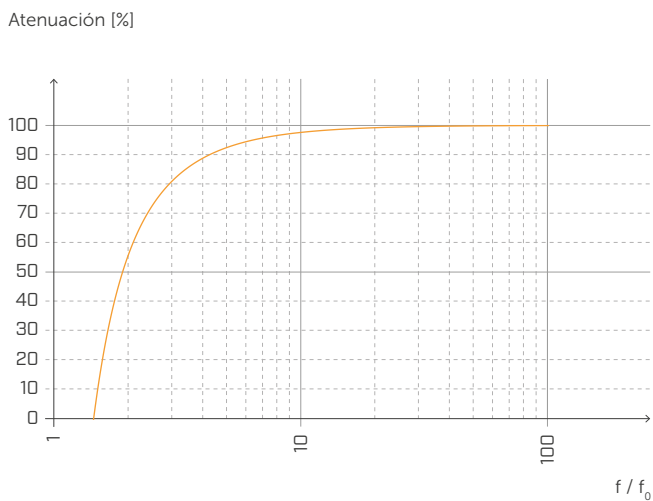
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**



**ATENUACIÓN**



Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

# PIANO B

TABLA DE APLICACIÓN<sup>(1)</sup>

CÓDIGO	B [mm]	carga para optimización acústica <sup>(2)</sup> [kN/m]		compresión para optimización acústica <sup>(2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]		reducción [mm]		compresión a 3 mm de deformación (estado límite último) [N/mm <sup>2</sup> ]
		de	a	de	a	de	a	
PIANO B4040	80	3,2	21,6	0,04	0,27	0,2	1,49	0,85
	40 (divided)	1,6	10,8					
PIANO B5050	100	4	27					
	50 (divided)	2	13,5					
PIANO B6060	120	4,8	32,4					
	60 (divided)	2,4	16,2					
PIANO A140	140	5,6	37,8					

<sup>(1)</sup> Los intervalos de carga indicados están optimizadas con respecto al comportamiento acústico y estático del material en compresión. Sin embargo, es posible utilizar las bandas con cargas fuera del intervalo indicado si se evalúan la frecuencia de resonancia del sistema y la deformación de la banda en el estado límite último.

<sup>(2)</sup> Las bandas resilientes deberán seleccionarse correctamente para lograr aislar las frecuencias medio bajas de las vibraciones transmitidas por vía estructural. Se aconseja evaluar la carga según las condiciones de servicio porque el edificio se debe aislar acústicamente en las condiciones de carga diarias (sumar el valor de la carga permanente al 50 % del valor característico de la carga accidental  $Q_{lineal} = q_{gk} + 0,5 q_{vk}$ ).

## DATOS TÉCNICOS

Propiedad	normativa	valor
Mejora acústica $\Delta_{t,ij}$ <sup>(3)</sup>	ISO 10848	> 4 dB
Módulo elástico de compresión $E_c$ (sin fricción $E_{c,tubricant}$ )	ISO 844	1,08 MPa (1,08 MPa)
Módulo elástico dinámico $E'_{1Hz} - E''_{1Hz}$	ISO 4664-1	1,54 - 0,42 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{5Hz} - E''_{5Hz}$	ISO 4664-1	1,75 - 0,55 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{10Hz} - E''_{10Hz}$	ISO 4664-1	1,87 - 0,59 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{50Hz} - E''_{50Hz}$	ISO 4664-1	2,07 - 0,79 MPa
Factor de amortiguación $\tan\delta_{1Hz}$	ISO 4664-1	0,270
Factor de amortiguación $\tan\delta_{5Hz}$	ISO 4664-1	0,308
Factor de amortiguación $\tan\delta_{10Hz}$	ISO 4664-1	0,314
Factor de amortiguación $\tan\delta_{50Hz}$	ISO 4664-1	0,372
Creep $\Delta\varepsilon/\varepsilon_1$	ISO 8013/ ISO 16534	0,34
Compression set c.s.	ISO 1856	37,5%
Compresión a 1 mm de deformación $\sigma_{1mm}$	ISO 844	0,14 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 2 mm de deformación $\sigma_{2mm}$	ISO 844	0,31 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 3 mm de deformación $\sigma_{3mm}$	ISO 844	0,85 N/mm <sup>2</sup>
Reacción al fuego	EN 13501-1	clase E
Hidroabsorción después de 48 h	ISO 62	1,50%

<sup>(3)</sup>  $\Delta_{t,ij} = K_{ij,with} - K_{ij,without}$



## PRESTACIONES

Mejora acústica probada:

$\Delta_{t,ij}$ <sup>(3)</sup> : > 4 dB

Carga máxima aplicable (reducción 3 mm):

**0,85 N/mm<sup>2</sup>**

Carga acústica:

de **0,04** a **0,27 N/mm<sup>2</sup>**

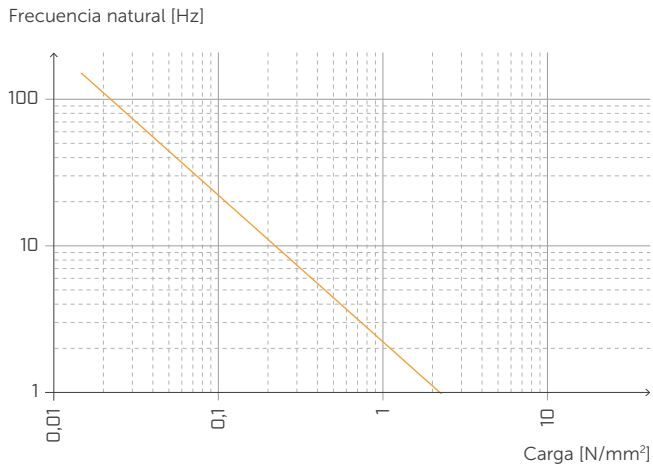


# CARGA ESTÁTICA

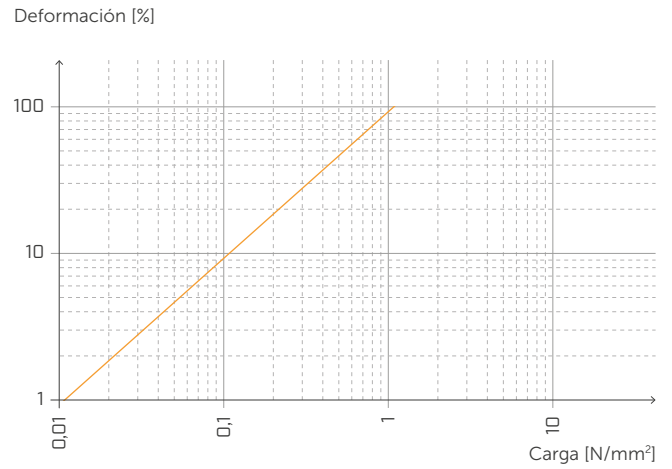
[edificios]



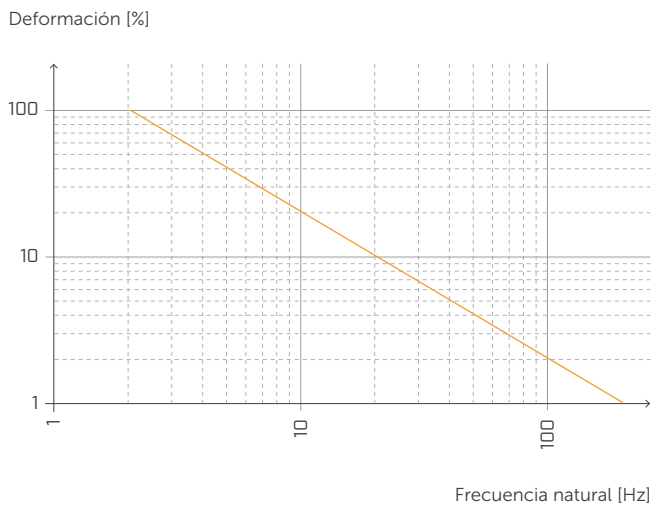
## FRECUENCIA NATURAL Y CARGA



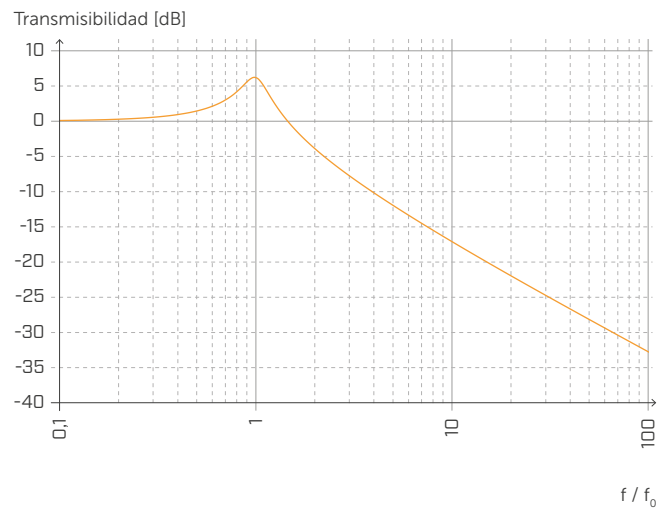
## DEFORMACIÓN Y CARGA



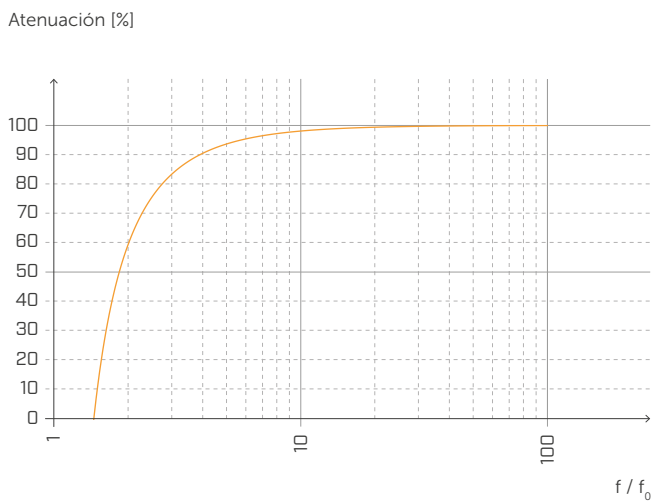
## DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL



## TRANSMISIBILIDAD

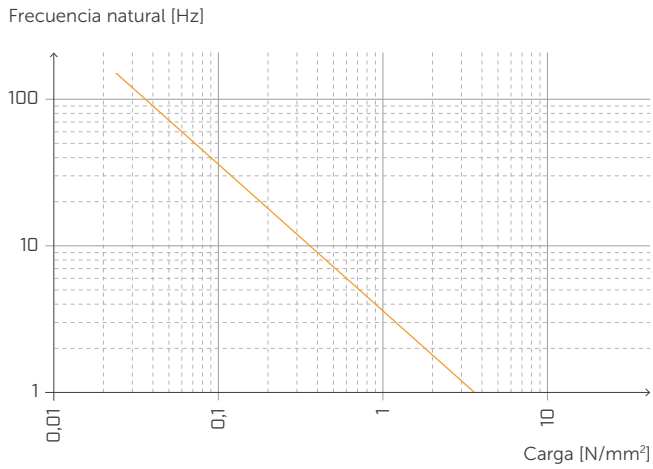


## ATENUACIÓN

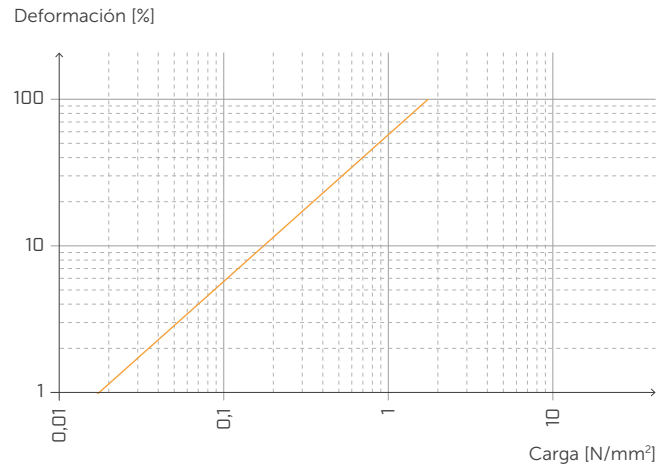


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 20 Hz.

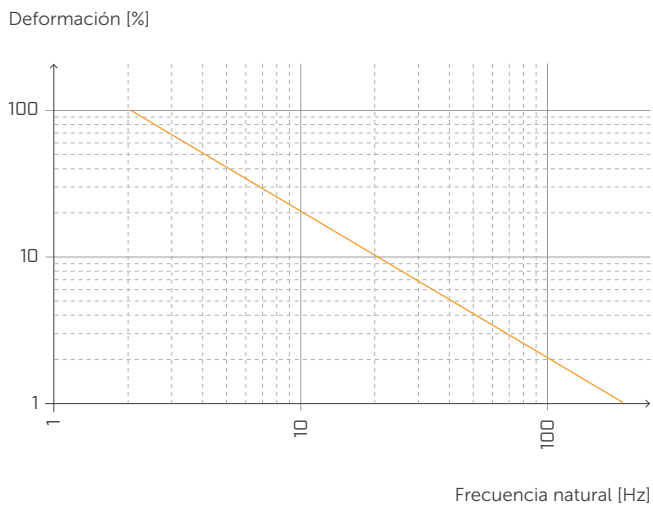
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



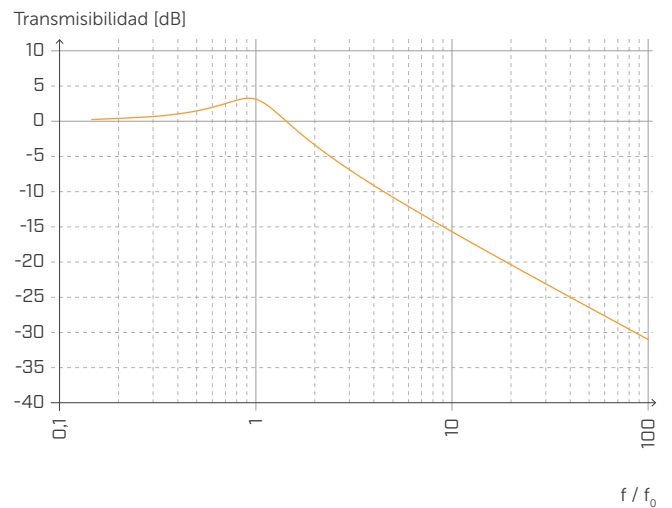
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



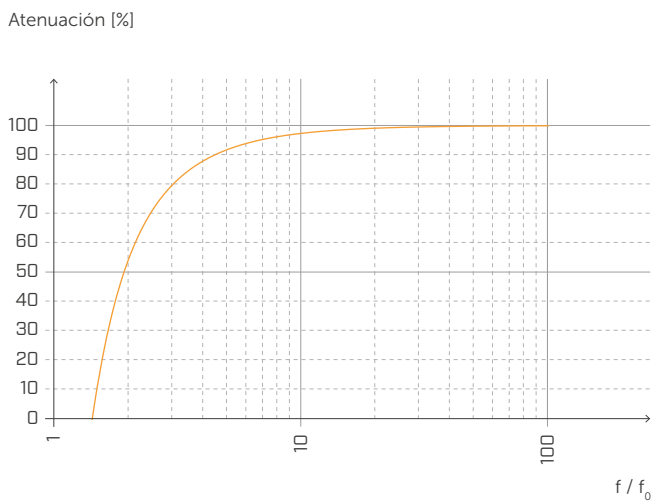
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

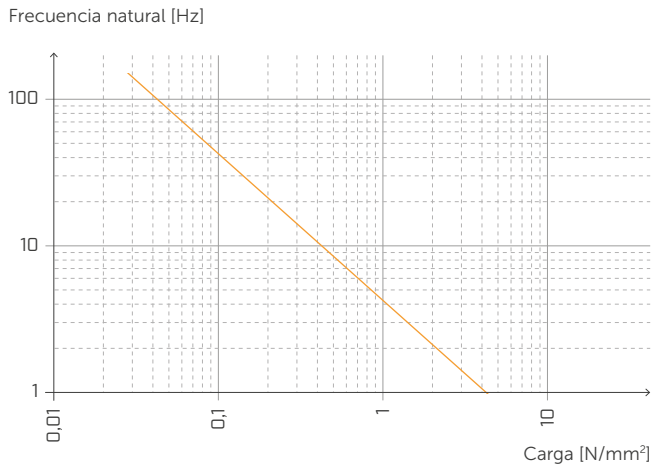


**ATENUACIÓN**

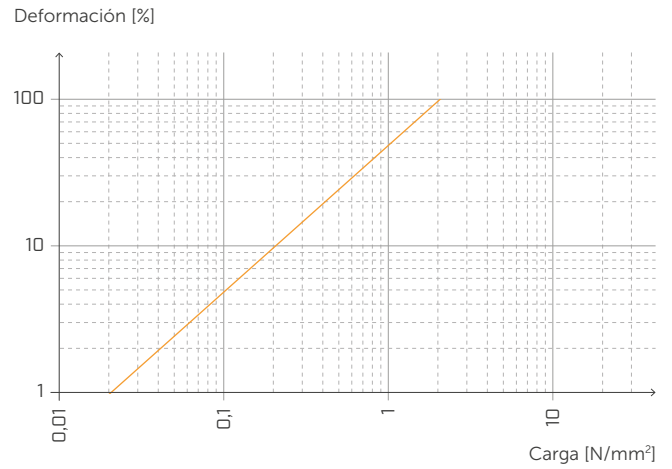


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

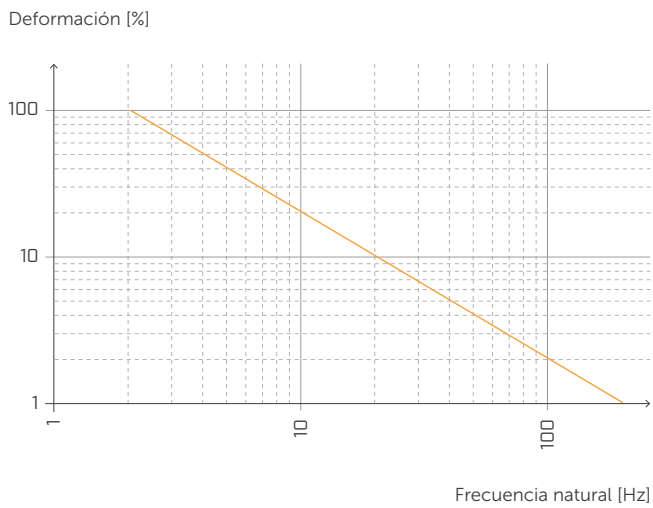
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



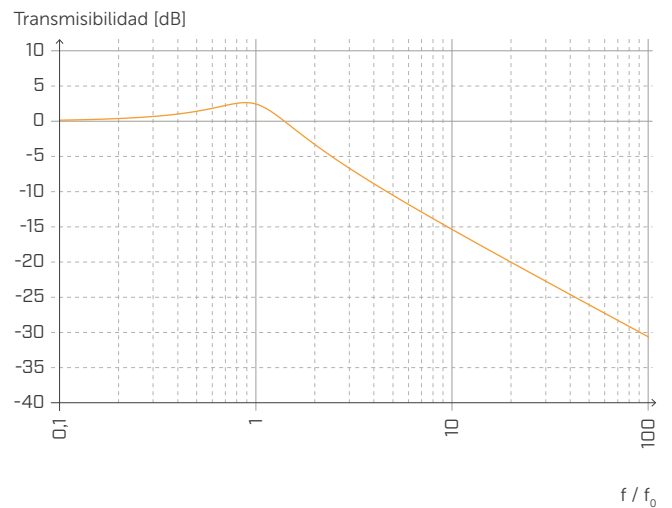
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



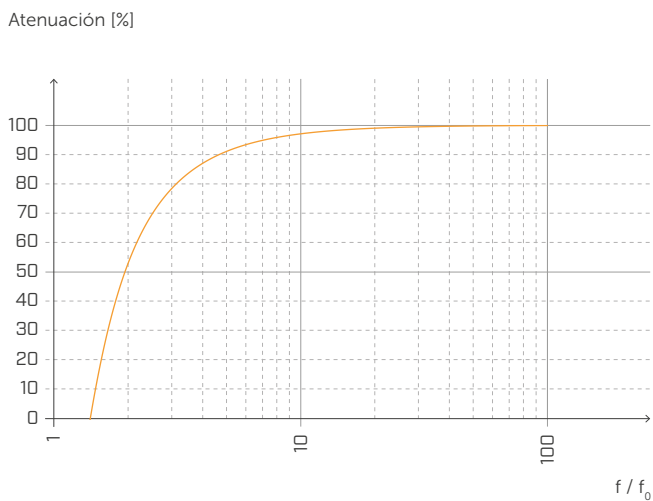
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**



**ATENUACIÓN**



Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con  $f = 6$  Hz.

# PIANO C

TABLA DE APLICACIÓN<sup>(1)</sup>

CÓDIGO	B [mm]	carga para optimización acústica <sup>(2)</sup> [kN/m]		compresión para optimización acústica <sup>(2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]		reducción [mm]		compresión a 3 mm de deformación (estado límite último) [N/mm <sup>2</sup> ]
		de	a	de	a	de	a	
PIANOC080	80	9,6	112	0,12	1,4	0,12	0,63	9,23
PIANOC100	100	12	140					
PIANOC120	120	14,4	168					
PIANOC140	140	16,8	196					

<sup>(1)</sup> Los intervalos de carga indicados están optimizadas con respecto al comportamiento acústico y estático del material en compresión. Sin embargo, es posible utilizar las bandas con cargas fuera del intervalo indicado si se evalúan la frecuencia de resonancia del sistema y la deformación de la banda en el estado límite último.

<sup>(2)</sup> Las bandas resilientes deberán seleccionarse correctamente para lograr aislar las frecuencias medio bajas de las vibraciones transmitidas por vía estructural. Se aconseja evaluar la carga según las condiciones de servicio porque el edificio se debe aislar acústicamente en las condiciones de carga diarias (sumar el valor de la carga permanente al 50 % del valor característico de la carga accidental  $Q_{lineal} = q_{gk} + 0,5 q_{vk}$ ).

## DATOS TÉCNICOS

Propiedad	normativa	valor
Mejora acústica $\Delta_{l,ij}$ <sup>(3)</sup>	ISO 10848	> 4 dB
Módulo elástico de compresión $E_c$ (sin fricción $E_{c,tubricant}$ )	ISO 844	7,92 MPa (3,67 MPa)
Módulo elástico dinámico $E'_{1Hz} - E''_{1Hz}$	ISO 4664-1	8,35 - 2,15 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{5Hz} - E''_{5Hz}$	ISO 4664-1	9,35 - 2,55 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{10Hz} - E''_{10Hz}$	ISO 4664-1	9,91 - 2,81 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{50Hz} - E''_{50Hz}$	ISO 4664-1	11,61 - 3,56 MPa
Factor de amortiguación $\tan\delta_{1Hz}$	ISO 4664-1	0,258
Factor de amortiguación $\tan\delta_{5Hz}$	ISO 4664-1	0,272
Factor de amortiguación $\tan\delta_{10Hz}$	ISO 4664-1	0,283
Factor de amortiguación $\tan\delta_{50Hz}$	ISO 4664-1	0,306
Creep $\Delta\varepsilon/\varepsilon_1$	ISO 8013/ ISO 16534	0,18
Compression set c.s.	ISO 1856	11,95%
Compresión a 1 mm de deformación $\sigma_{1mm}$	ISO 844	1,50 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 2 mm de deformación $\sigma_{2mm}$	ISO 844	3,55 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 3 mm de deformación $\sigma_{3mm}$	ISO 844	9,23 N/mm <sup>2</sup>
Reacción al fuego	EN 13501-1	clase E
Hidroabsorción después de 48 h	ISO 62	< 1%

<sup>(3)</sup>  $\Delta_{l,ij} = K_{ij,with} - K_{ij,without}$



## PRESTACIONES

Mejora acústica probada:

$\Delta_{l,ij}$ <sup>(3)</sup> : > 4 dB

Carga máxima aplicable  
(reducción 3 mm):

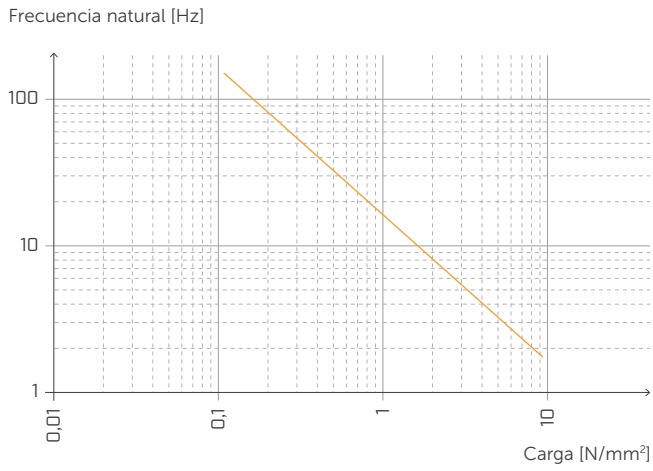
**12,07** N/mm<sup>2</sup>

Carga acústica:

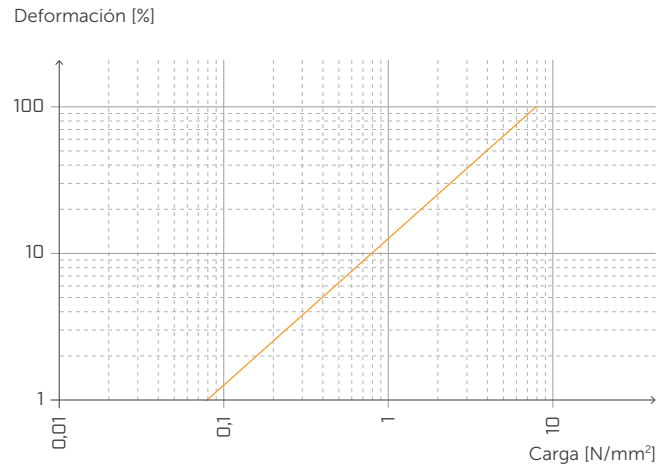
desde **0,12** hasta **1,4** N/mm<sup>2</sup>



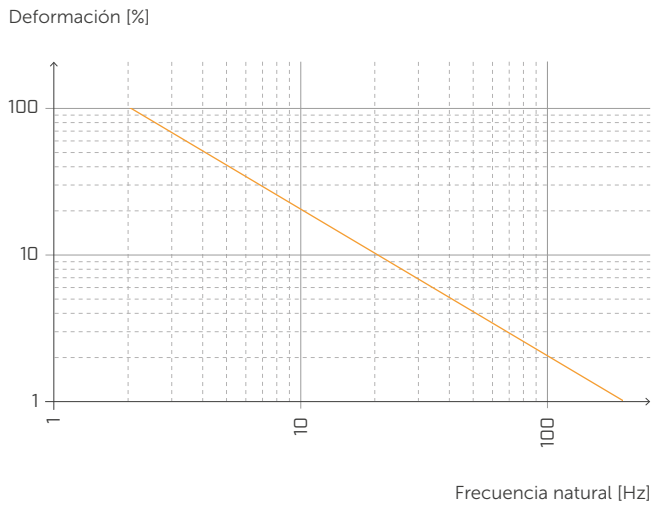
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



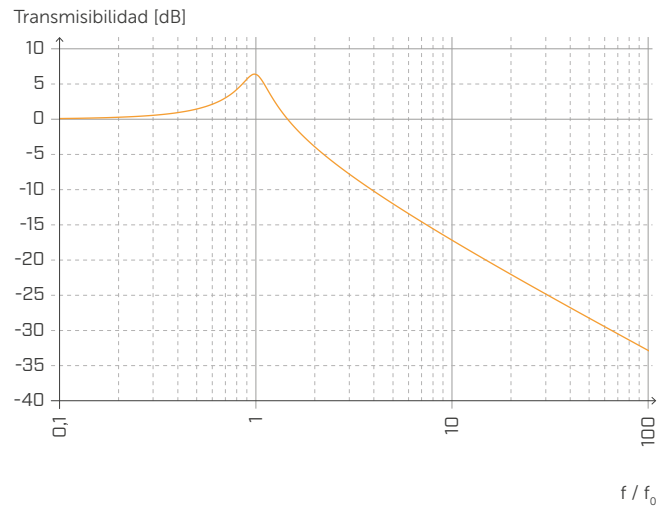
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



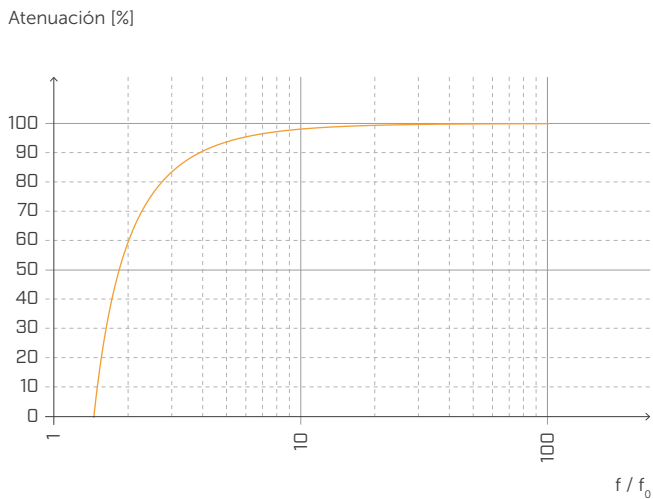
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

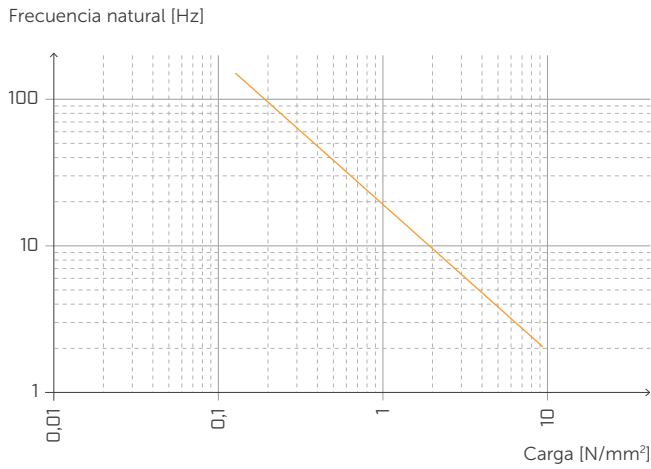


**ATENUACIÓN**

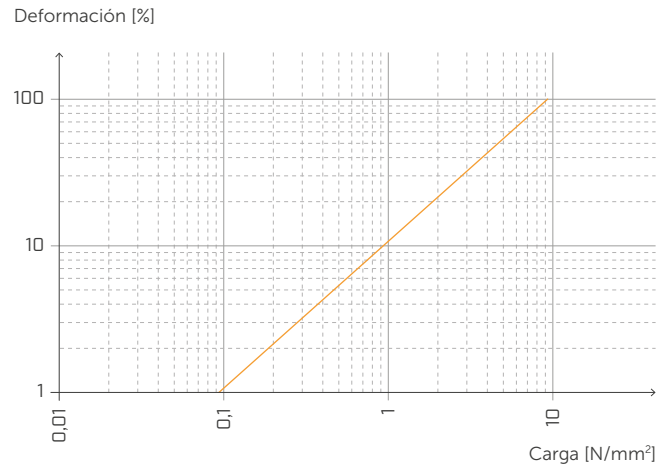


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 20 Hz.

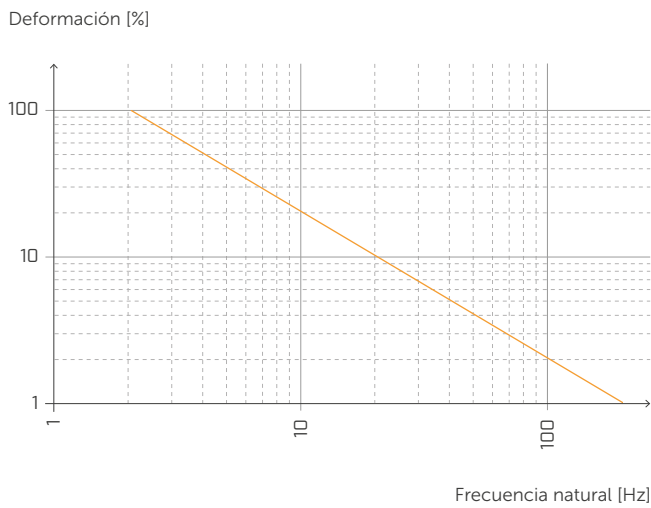
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



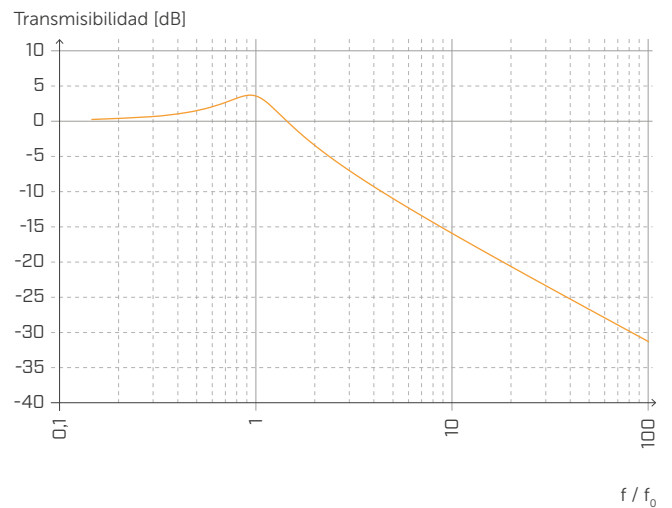
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



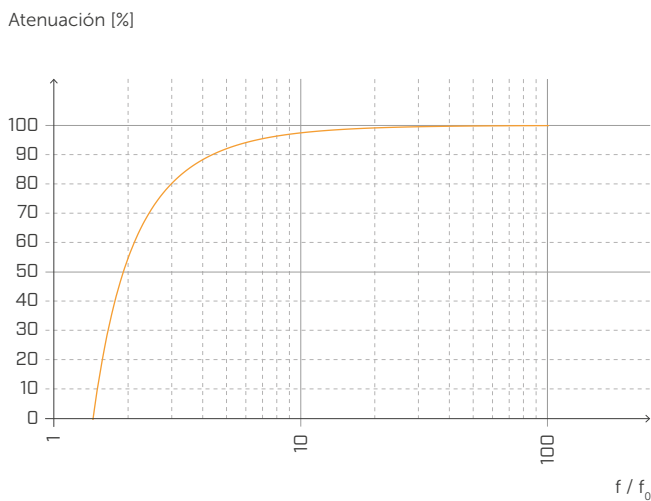
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

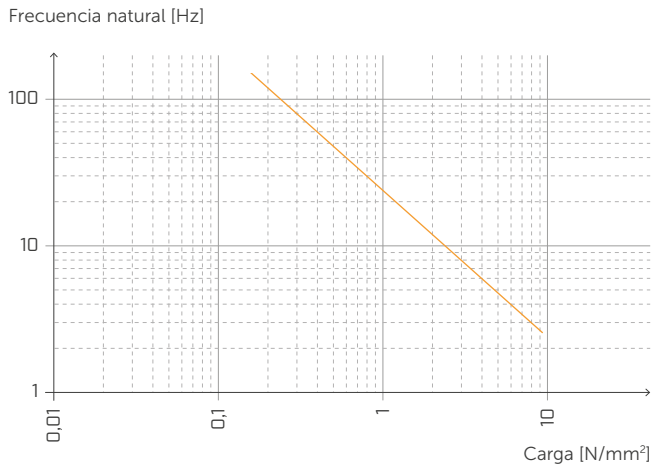


**ATENUACIÓN**

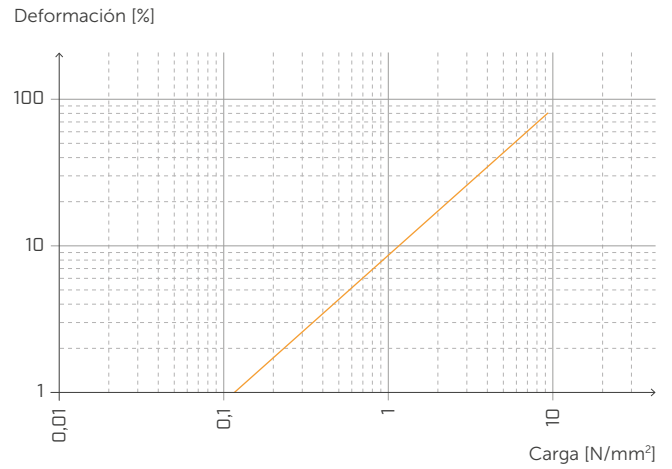


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

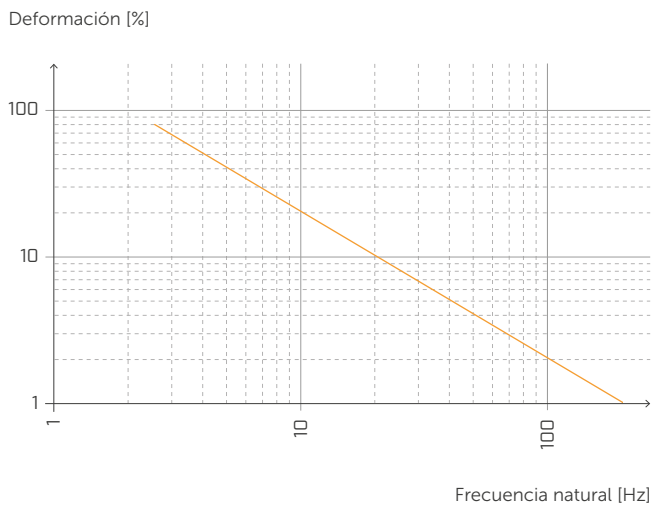
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



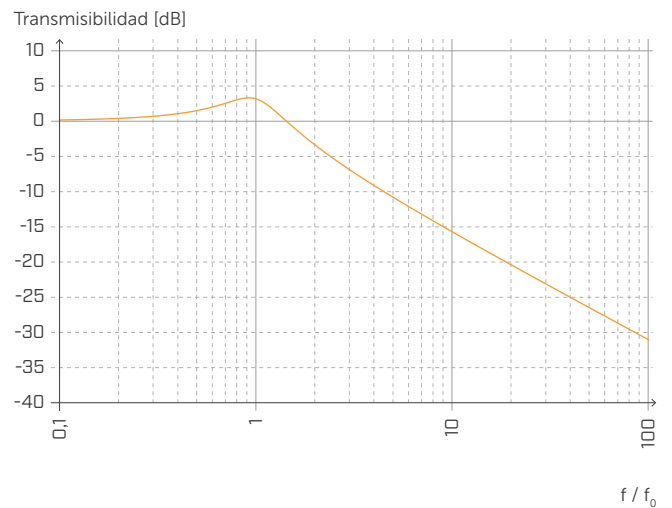
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



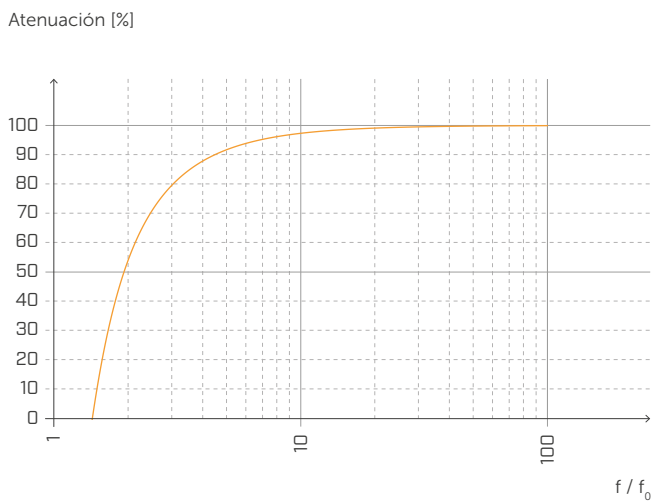
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**



**ATENUACIÓN**



Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

# PIANO D

TABLA DE APLICACIÓN<sup>(1)</sup>

CÓDIGO	B [mm]	carga para optimización acústica <sup>(2)</sup> [kN/m]		compresión para optimización acústica <sup>(2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]		reducción [mm]		compresión a 3 mm de deformación (estado límite último) [N/mm <sup>2</sup> ]
		de	a	de	a	de	a	
PIANOD080	80	96	182,4	1,2	2,28	0,33	0,62	16,9
PIANOD100	100	120	228					
PIANOD120	120	144	273,6					
PIANOD140	140	168	319,2					

<sup>(1)</sup> Los intervalos de carga indicados están optimizadas con respecto al comportamiento acústico y estático del material en compresión. Sin embargo, es posible utilizar las bandas con cargas fuera del intervalo indicado si se evalúan la frecuencia de resonancia del sistema y la deformación de la banda en el estado límite último.

<sup>(2)</sup> Las bandas resilientes deberán seleccionarse correctamente para lograr aislar las frecuencias medio bajas de las vibraciones transmitidas por vía estructural. Se aconseja evaluar la carga según las condiciones de servicio porque el edificio se debe aislar acústicamente en las condiciones de carga diarias (sumar el valor de la carga permanente al 50 % del valor característico de la carga accidental  $Q_{lineal} = q_{gk} + 0,5 q_{vk}$ ).

## DATOS TÉCNICOS

Propiedad	normativa	valor
Mejora acústica $\Delta_{l,ij}$ <sup>(3)</sup>	ISO 10848	> 4 dB
Módulo elástico de compresión $E_c$ (sin fricción $E_{c,tubricant}$ )	ISO 844	22,10 MPa (7,92 MPa)
Módulo elástico dinámico $E'_{1Hz} - E''_{1Hz}$	ISO 4664-1	18,23 - 4,97 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{5Hz} - E''_{5Hz}$	ISO 4664-1	20,30 - 6,03 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{10Hz} - E''_{10Hz}$	ISO 4664-1	21,62 - 6,71 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{50Hz} - E''_{50Hz}$	ISO 4664-1	25,81 - 9,01 MPa
Factor de amortiguación $\tan\delta_{1Hz}$	ISO 4664-1	0,273
Factor de amortiguación $\tan\delta_{5Hz}$	ISO 4664-1	0,297
Factor de amortiguación $\tan\delta_{10Hz}$	ISO 4664-1	0,31
Factor de amortiguación $\tan\delta_{50Hz}$	ISO 4664-1	0,349
Creep $\Delta\varepsilon/\varepsilon_1$	ISO 8013/ ISO 16534	0,45
Compression set c.s.	ISO 1856	14,75%
Compresión a 1 mm de deformación $\sigma_{1mm}$	ISO 844	4,40 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 2 mm de deformación $\sigma_{2mm}$	ISO 844	10,49 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 3 mm de deformación $\sigma_{3mm}$	ISO 844	16,9 N/mm <sup>2</sup>
Reacción al fuego	EN 13501-1	clase E
Hidroabsorción después de 48 h	ISO 62	< 1%

<sup>(3)</sup>  $\Delta_{l,ij} = K_{ij,with} - K_{ij,without}$



## PRESTACIONES

Mejora acústica probada:

$\Delta_{l,ij}$ <sup>(3)</sup> : > 4 dB

Carga máxima aplicable  
(reducción 3 mm):

**16,9 N/mm<sup>2</sup>**

Carga acústica:

de **1,2 a 2,28 N/mm<sup>2</sup>**

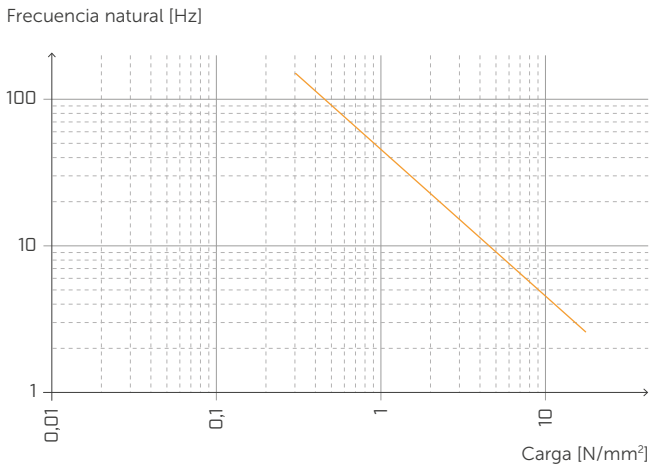


# CARGA ESTÁTICA

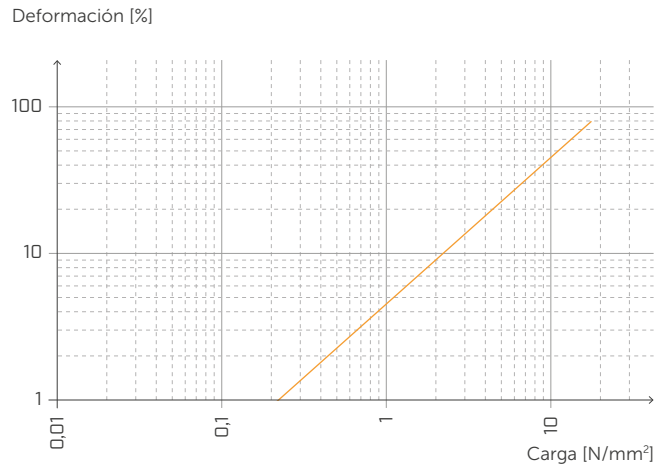
[edificios]



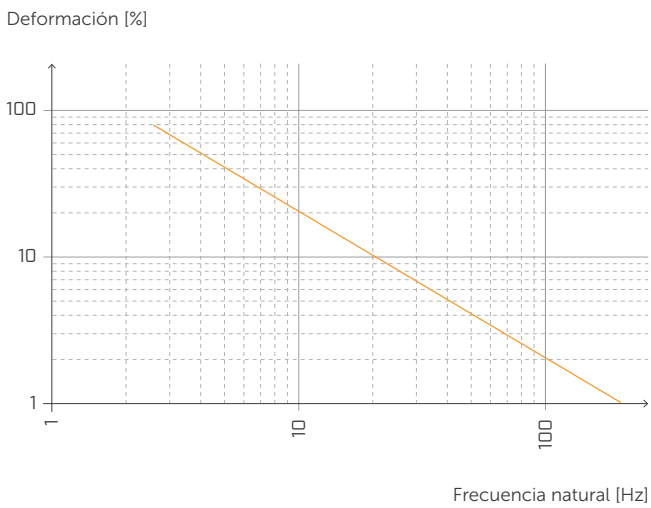
## FRECUENCIA NATURAL Y CARGA



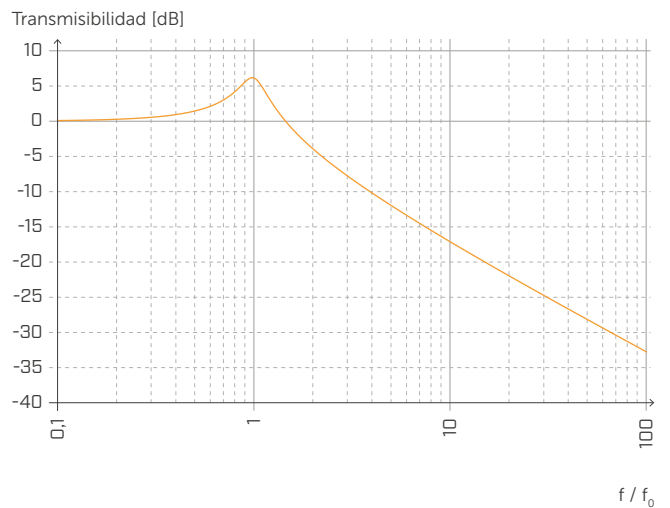
## DEFORMACIÓN Y CARGA



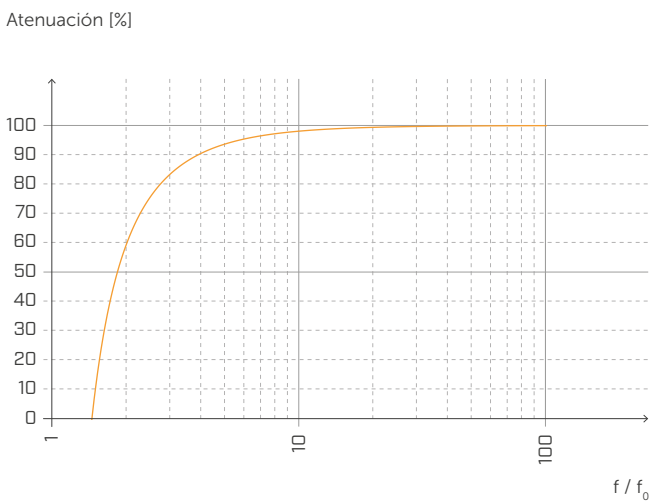
## DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL



## TRANSMISIBILIDAD

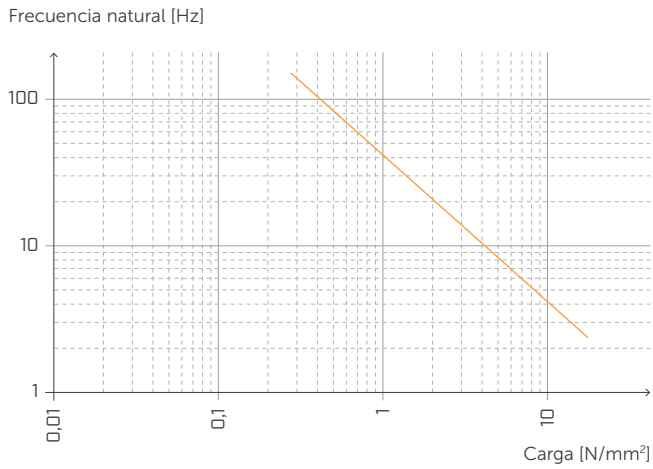


## ATENUACIÓN

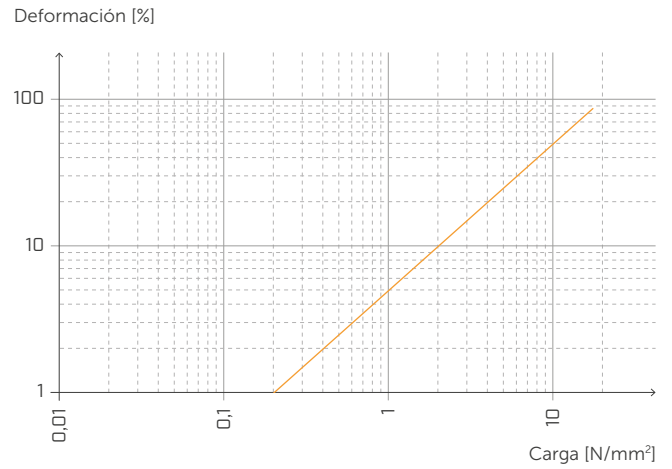


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con  $f = 20$  Hz.

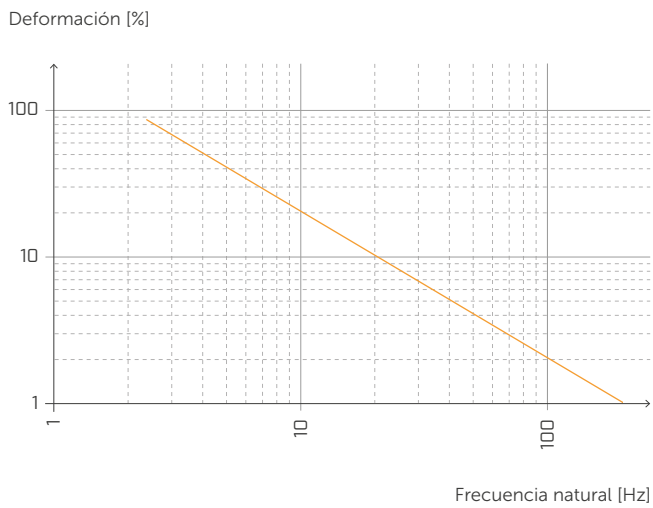
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



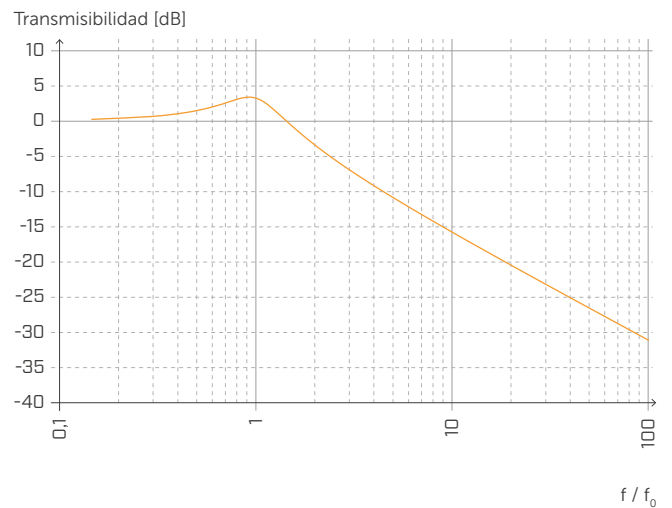
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



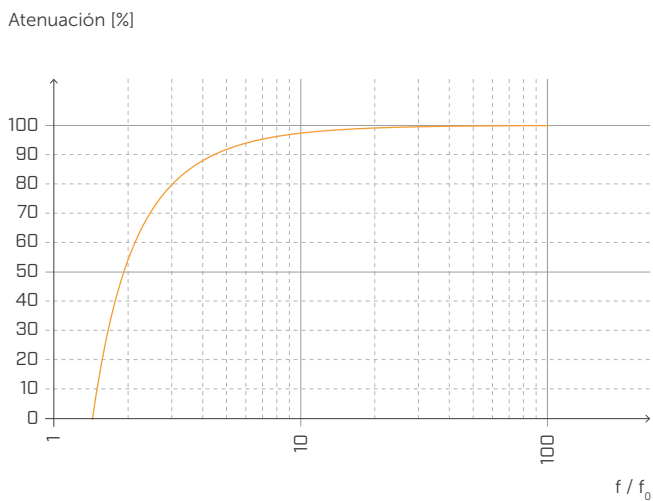
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

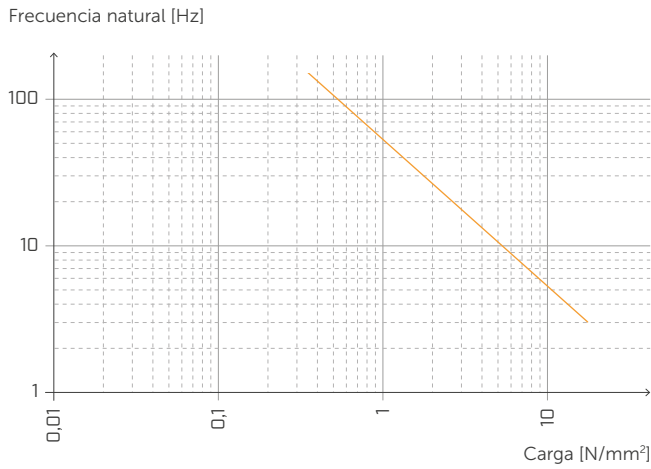


**ATENUACIÓN**

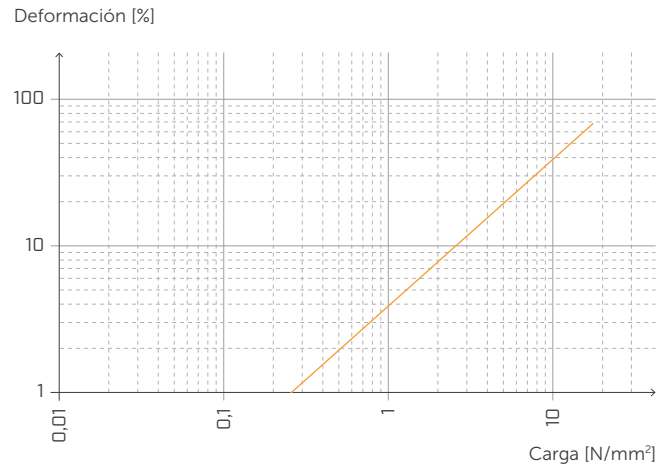


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

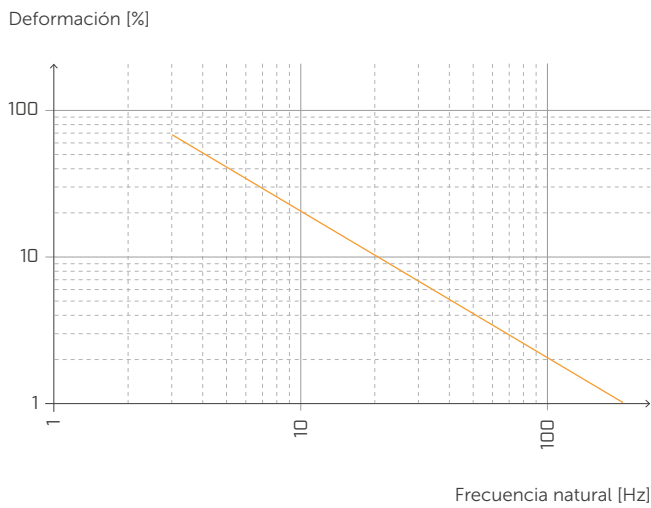
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



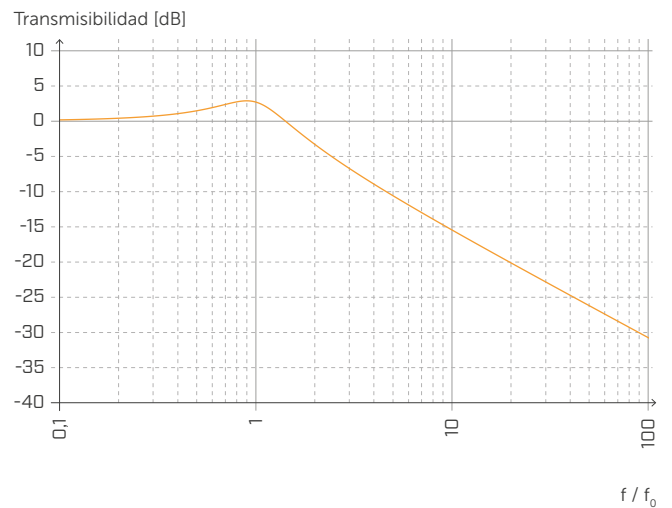
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



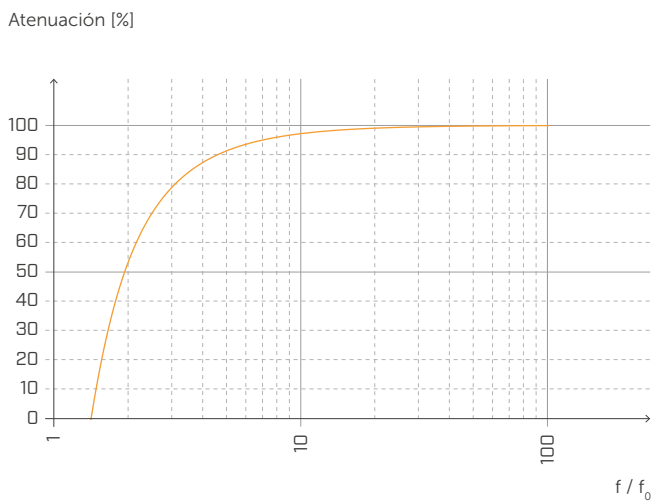
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**



**ATENUACIÓN**



Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

# PIANO E

TABLA DE APLICACIÓN<sup>(1)</sup>

CÓDIGO	B [mm]	carga para optimización acústica <sup>(2)</sup> [kN/m]		compresión para optimización acústica <sup>(2)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]		reducción [mm]		compresión a 3 mm de deformación (estado límite último) [N/mm <sup>2</sup> ]
		de	a	de	a	de	a	
PIANOE080	80	144	256	1,8	3,2	0,44	0,77	17,07
PIANOE100	100	180	320					
PIANOE120	120	216	384					
PIANOE140	140	252	448					

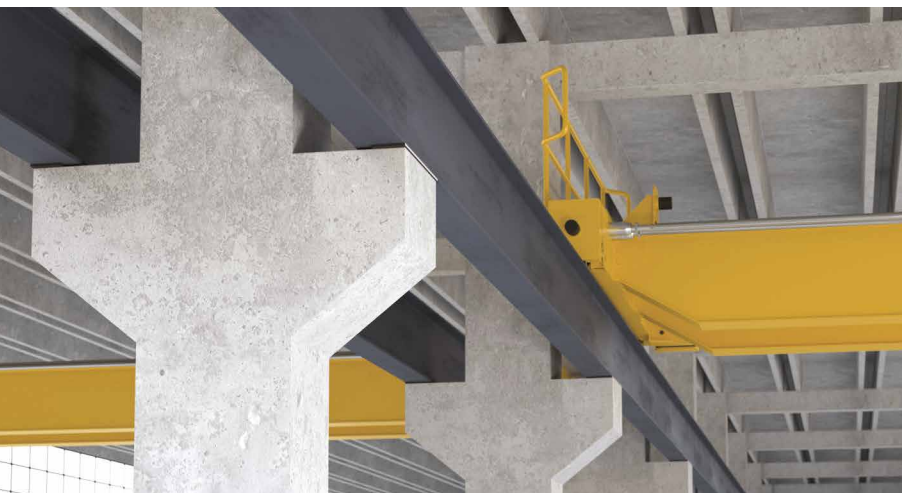
<sup>(1)</sup> Los intervalos de carga indicados están optimizadas con respecto al comportamiento acústico y estático del material en compresión. Sin embargo, es posible utilizar las bandas con cargas fuera del intervalo indicado si se evalúan la frecuencia de resonancia del sistema y la deformación de la banda en el estado límite último.

<sup>(2)</sup> Las bandas resilientes deberán seleccionarse correctamente para lograr aislar las frecuencias medio bajas de las vibraciones transmitidas por vía estructural. Se aconseja evaluar la carga según las condiciones de servicio porque el edificio se debe aislar acústicamente en las condiciones de carga diarias (sumar el valor de la carga permanente al 50 % del valor característico de la carga accidental  $Q_{lineal} = q_{gk} + 0,5 q_{vk}$ ).

## DATOS TÉCNICOS

Propiedad	normativa	valor
Mejora acústica $\Delta_{l,ij}$ <sup>(3)</sup>	ISO 10848	> 4 dB
Módulo elástico de compresión $E_c$ (sin fricción $E_{c,tubricant}$ )	ISO 844	24,76 MPa (12,03 MPa)
Módulo elástico dinámico $E'_{1Hz} - E''_{1Hz}$	ISO 4664-1	48,83 - 11,99 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{5Hz} - E''_{5Hz}$	ISO 4664-1	54,80 - 13,24 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{10Hz} - E''_{10Hz}$	ISO 4664-1	58,35 - 14,04 MPa
Módulo elástico dinámico $E'_{50Hz} - E''_{50Hz}$	ISO 4664-1	67,08 - 16,85 MPa
Factor de amortiguación $\tan\delta_{1Hz}$	ISO 4664-1	0,247
Factor de amortiguación $\tan\delta_{5Hz}$	ISO 4664-1	0,243
Factor de amortiguación $\tan\delta_{10Hz}$	ISO 4664-1	0,242
Factor de amortiguación $\tan\delta_{50Hz}$	ISO 4664-1	0,253
Creep $\Delta\varepsilon/\varepsilon_1$	ISO 8013/ ISO 16534	0,24
Compression set c.s.	ISO 1856	42,08%
Compresión a 1 mm de deformación $\sigma_{1mm}$	ISO 844	3,81 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 2 mm de deformación $\sigma_{2mm}$	ISO 844	8,36 N/mm <sup>2</sup>
Compresión a 3 mm de deformación $\sigma_{3mm}$	ISO 844	17,07 N/mm <sup>2</sup>
Reacción al fuego	EN 13501-1	clase E
Hidroabsorción después de 48 h	ISO 62	< 1%

<sup>(3)</sup>  $\Delta_{l,ij} = K_{ij,with} - K_{ij,without}$



## PRESTACIONES

Mejora acústica probada:

$\Delta_{l,ij}$ <sup>(3)</sup> : > 4 dB

Carga máxima aplicable  
(reducción 3 mm):

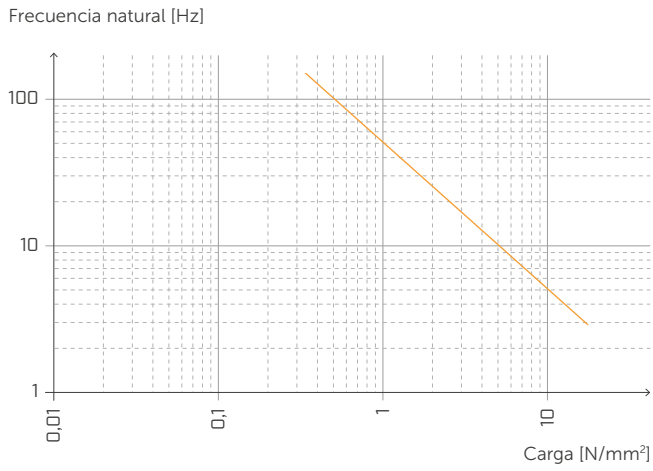
**17,07** N/mm<sup>2</sup>

Carga acústica:

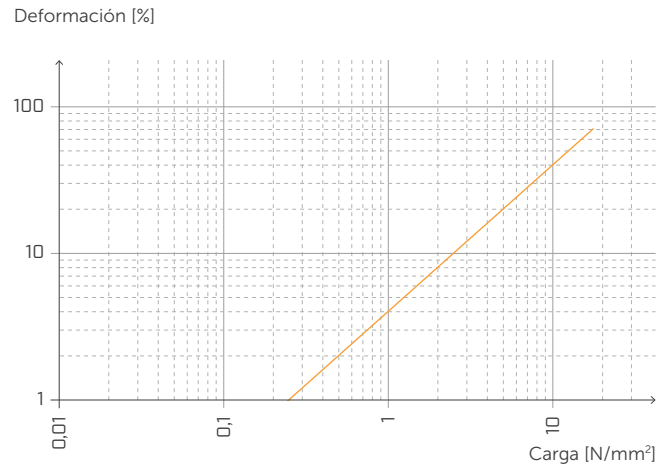
de **1,8** a **3,2** N/mm<sup>2</sup>



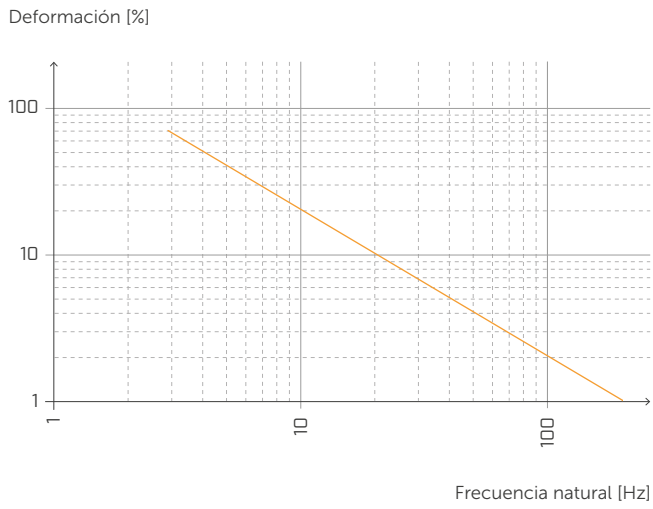
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



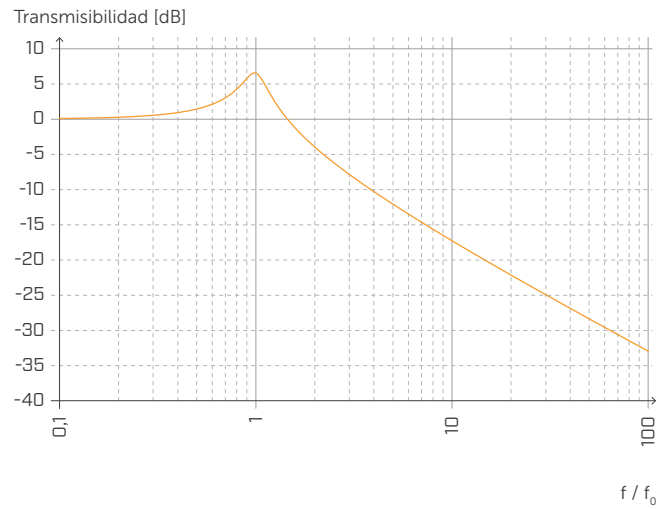
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



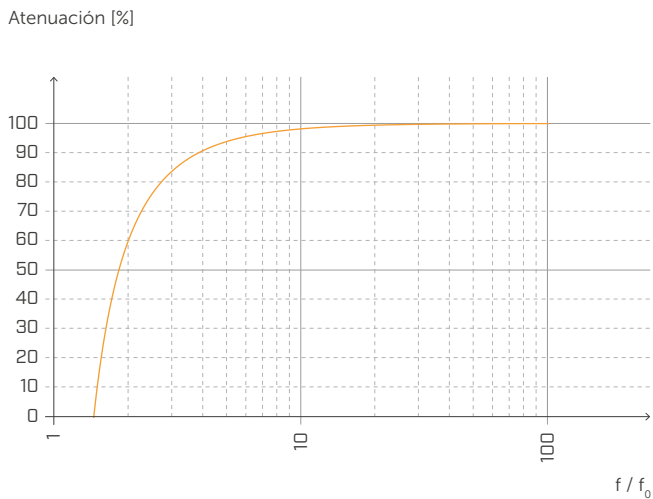
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

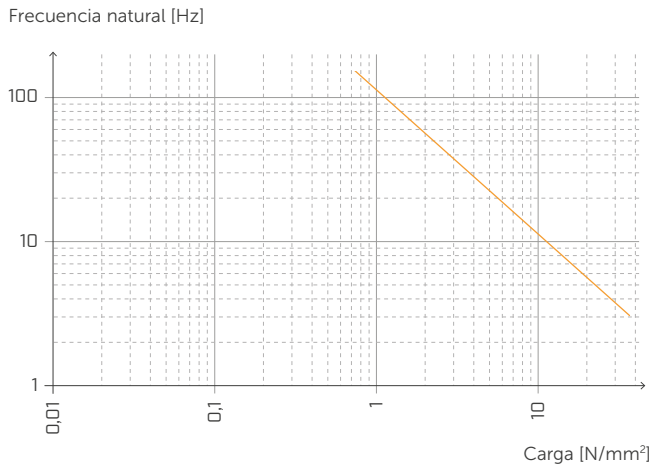


**ATENUACIÓN**

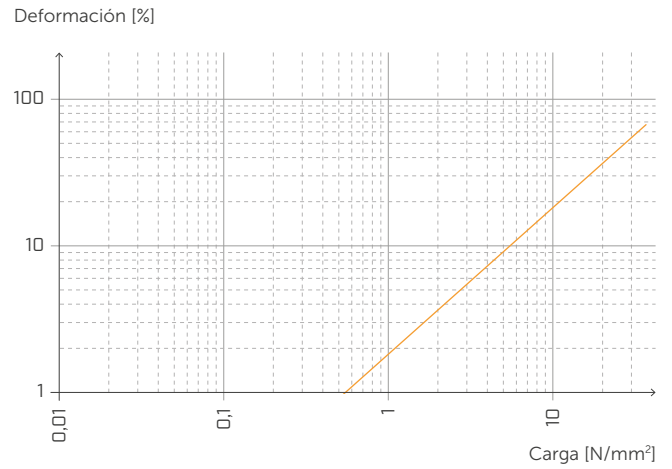


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 20 Hz.

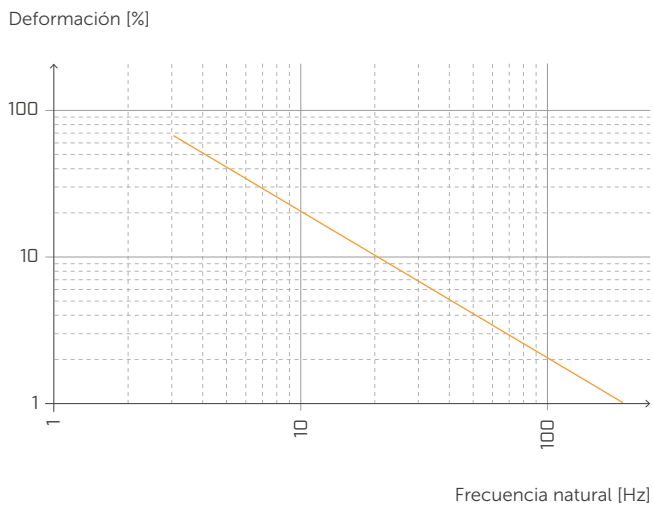
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



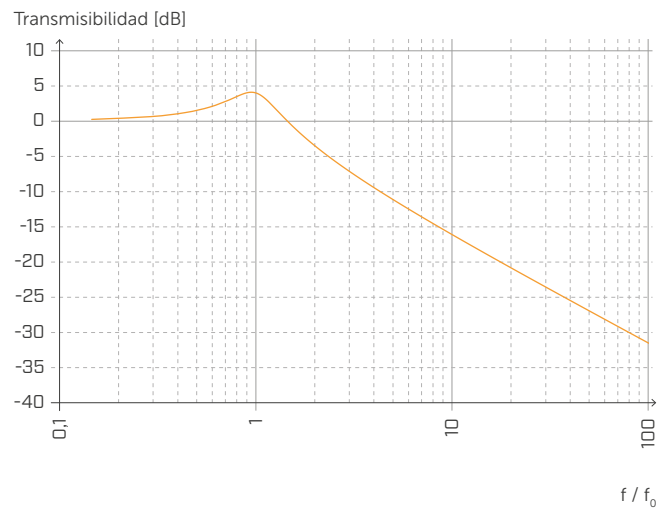
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



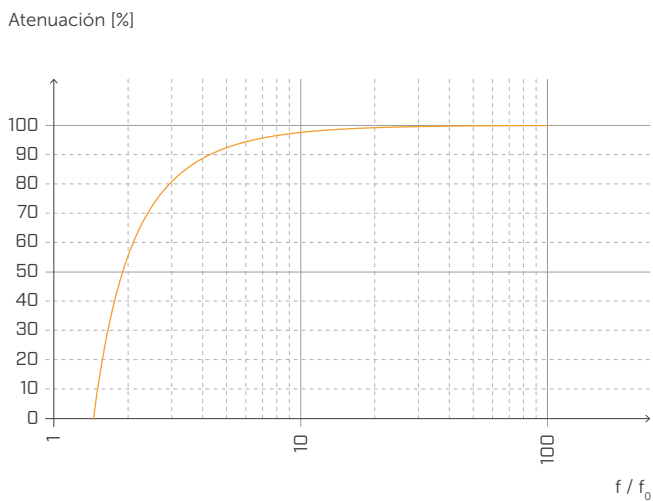
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**

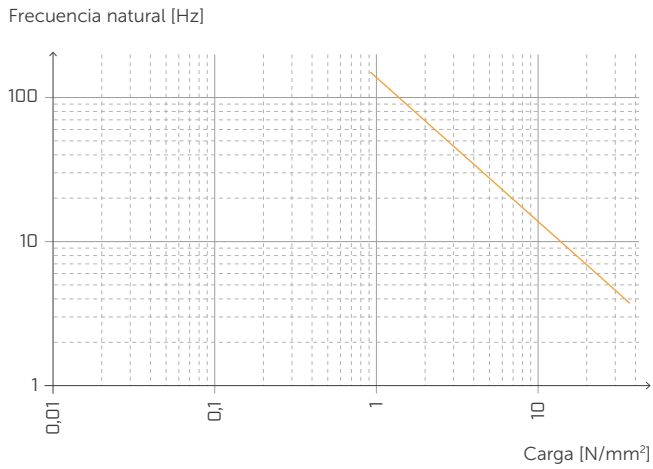


**ATENUACIÓN**

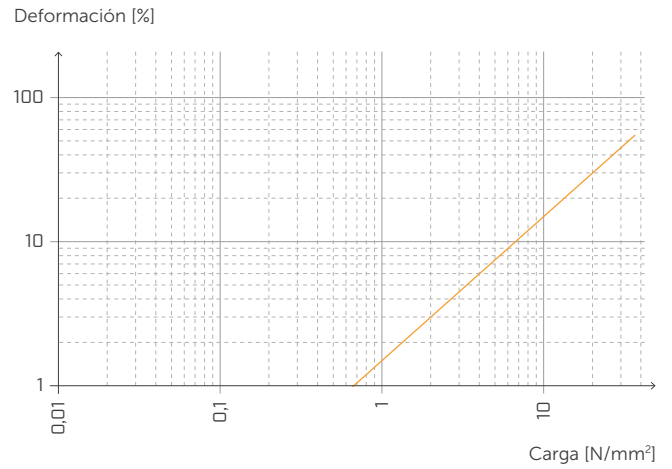


Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

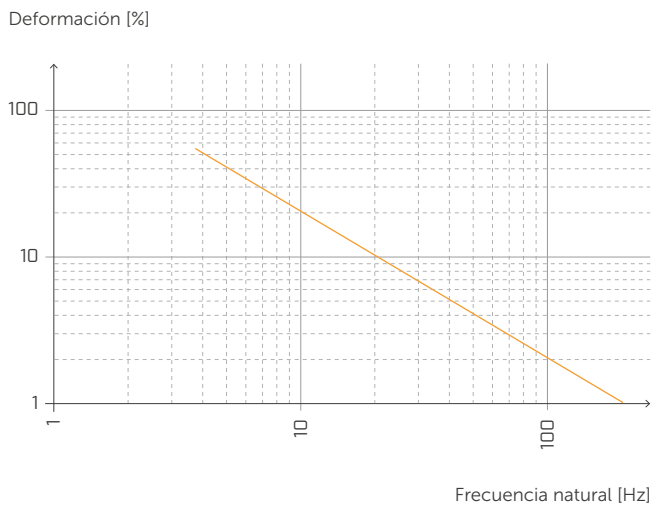
**FRECUENCIA NATURAL Y CARGA**



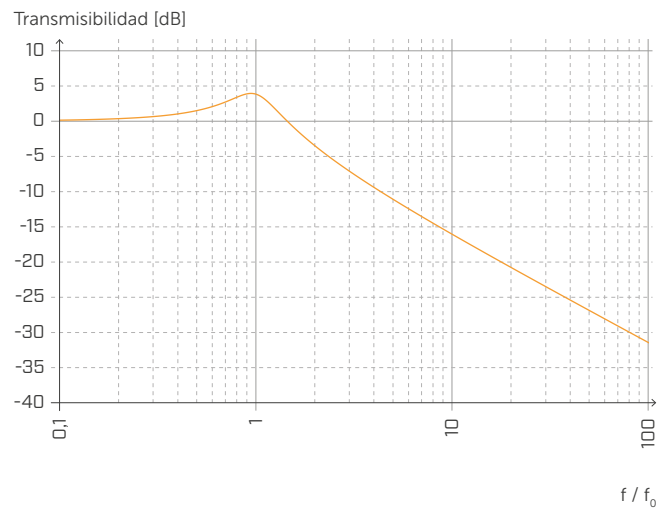
**DEFORMACIÓN Y CARGA**



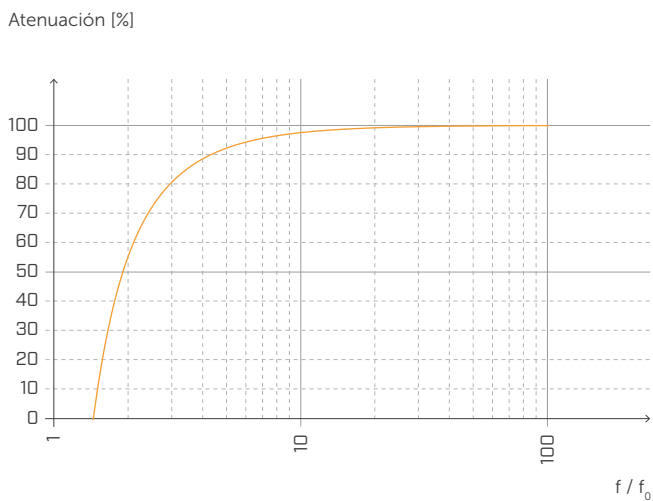
**DEFORMACIÓN Y FRECUENCIA NATURAL**



**TRANSMISIBILIDAD**



**ATENUACIÓN**



Normalizada con respecto a la frecuencia de resonancia con f = 6 Hz.

# MODELO CEN (EN ISO 12354)

El modelo CEN propuesto en la serie de las EN ISO 12354 es un instrumento para estimar prospectivamente la prestación acústica de una partición a partir de las características de los elementos constructivos que la caracterizan. La serie EN ISO 12354 ha sido ampliada para dar informaciones específicas sobre las tipologías de entramado y en CLT.



**EN ISO 12354-1:2017**  
Aislamiento del ruido por vía aérea entre ambientes.



**EN ISO 12354-2:2017**  
Aislamiento acústico a ruido de impactos entre recintos.

## PODER FONOAISLANTE APARENTE

Las normas EN ISO 12354 proponen dos métodos para calcular la prestación acústica de una partición: el método detallado y el método simplificado.

Según el método simplificado, omitiendo la presencia de pequeños elementos técnicos y de vías de transmisión aérea  $D_{n,j,w}$ , el poder fonoaislante aparente  $R'_w$  puede calcularse como una suma logarítmica del componente de la transmisión directa  $R_{Dd,w}$  y de los de transmisión por flancos  $R_{ij,w}$ .

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{-\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{i,j=1}^n 10^{-\frac{R_{ij,w}}{10}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{j=1}^n 10^{-\frac{D_{n,j,w}}{10}} \right] (dB)$$

Los índices de evaluación del poder fonoaislante para las vías de transmisión por flancos  $R_{ij,w}$  pueden estimarse como:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S}{l_0 l_{ij}} (dB)$$

donde:

$R_{i,w}$  y  $R_{j,w}$  son respectivamente los índices de evaluación del poder fonoaislante de los elementos de apoyo  $i$  y  $j$ ;

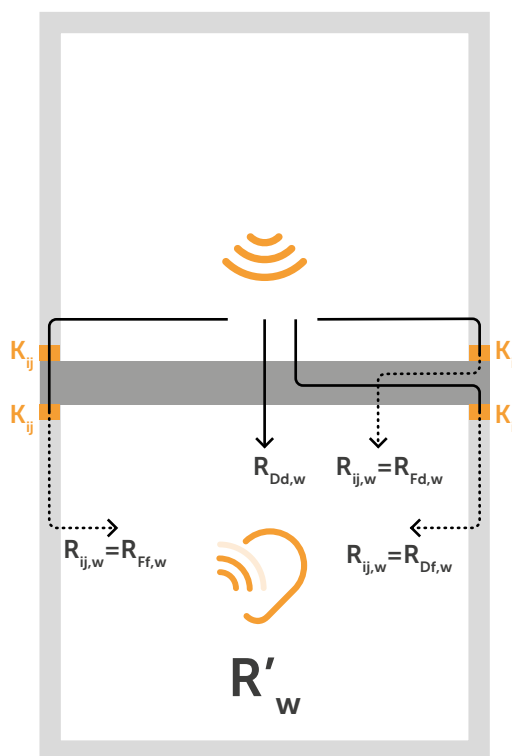
$\Delta R_i$  y  $\Delta R_j$  son incrementos del poder fonoaislante debidos a la colocación de revestimientos para el elemento  $i$  en la habitación emisora y/o el elemento  $j$  en la habitación receptora;

$K_{ij}$  índice de reducción de vibraciones a través de la unión

$S$  es el área del elemento divisorio y  $l_{ij}$  es la longitud de la unión entre la pared divisoria y los elementos de apoyo  $i$  y  $j$ , siendo  $l_0$  una longitud de referencia de 1 m.

Entre los parámetros de input requeridos para la utilización del modelo, los valores de poder fonoaislante pueden recabarse fácilmente de las medidas realizadas en laboratorios acreditados o de los fabricantes de elementos constructivos; además muchas base de datos open-access proporcionan datos sobre soluciones constructivas consolidadas. Los  $\Delta R_w$  pueden estimarse a partir de una esquematización del conjunto pared-revestimiento en términos de sistema masa-muelle-masa (EN ISO 12354 Apéndice D).

El parámetro más crítico de estimar es **EL ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE LAS VIBRACIONES  $K_{ij}$** . Esta cantidad representa la energía vibracional disipada por la unión y está vinculada al acoplamiento estructural de los elementos; altos valores de  $K_{ij}$  generan la mejor prestación de la unión. La normativa EN ISO 12354 proporciona estimaciones previsibles para uniones estándar en T o en X para estructuras en CLT, que figuran a la derecha, pero todavía existen pocos datos experimentales disponibles. Por esto, Rothoblaas ha invertido en diferentes campañas de medición con el fin de proporcionar datos que se puedan utilizar con este modelo de cálculo.



## ASTM & $K_{ij}$

Actualmente, las normas ASTM no prevén un modelo prospectivo para evaluar la transmisión por flancos, por lo que se utilizan las normas ISO 12354 e ISO 10848 y se adaptan al sistema métrico de la ASTM.

$$STC_{ij} = \frac{STC_i}{2} + \frac{STC_j}{2} + K_{ij} + \max(\Delta STC_i, \Delta STC_j) + \frac{\min(\Delta STC_i, \Delta STC_j)}{2} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_{ij}}$$



# DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REDUCCIÓN DE LAS VIBRACIONES $K_{ij}$ DE ESTRUCTURAS DE MADERA

## INTERCALADO DE CAPAS RESILIENTES COMO XYLOFON, PIANO, CORK Y ALADIN STRIPE

También para esta fase de diseño es posible utilizar el software MyProject o seguir uno de los siguientes métodos extraídos de estándares válidos a nivel internacional.

## MÉTODO 1 SEGÚN LA NORMA ISO 12354:2017 PARA ESTRUCTURAS HOMOGÉNEAS

Hasta el momento esta fórmula se ha utilizado también para las estructuras ligeras de madera, por lo tanto considerando siempre las uniones entre los elementos rígidos y homogéneas entre sí. Para las estructuras en CLT, esta es seguramente una aproximación.

$K_{ij}$  depende de la forma de la unión y del tipo de elementos que la componen, específicamente de la masa superficial de estos. En caso de uniones en T o en X, se pueden usar las siguientes expresiones.

Para los dos casos:

$$K_{ij} = K_{ijrigid} + \Delta L$$

si la vía de la transmisión por flancos atraviesa una unión

$$K_{ij} = K_{ijrigid} + 2\Delta L$$

si la vía de la transmisión por flancos atraviesa dos uniones

$$M = 10 \log(m_{i\perp} / m_i)$$

donde:

$m_{i\perp}$  es la masa de uno de los elementos, el situado perpendicular respecto del otro.

Por tanto, este valor de reducción de las vibraciones transmitidas se obtiene:

$$\Delta L_w = 10 \log(1/ft)$$

para cargas mayores de 750 kN/m<sup>2</sup> sobre la capa resiliente con  $\Delta L_{min} = 5$  dB

$$f_t = ((G/t_i)(\sqrt{\rho_1 \rho_2}))^{1,5}$$

donde:

G es el módulo de Young tangencial (MN/m<sup>2</sup>)

$t_i$  es el espesor del material resiliente (m)

$\rho_1$  e  $\rho_2$  son respectivamente la densidad de los elementos conectados 1 y 2

## MÉTODO 2 F.3 EMPIRICAL DATA FOR JUNCTIONS CHARACTERIZED BY $K_{ij}$ ISO 12354-1:2017

Los elementos constructivos en CLT son elementos para los cuales el tiempo de reverberación estructural está en la mayoría de los casos determinado principalmente por los elementos de conexión.

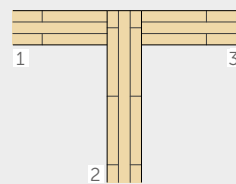
En el caso de estructuras de CLT escasamente vinculadas entre ellas, la contribución de la transmisión por flancos puede determinarse en función de las siguientes relaciones, válidas si  $0,5 < (m_1/m_2) < 2$ .

## MÉTODO 1 - CÁLCULO $K_{ijrigid}$

### Solución 1 - UNIÓN "T"

$$K_{13} = 5,7 + 14,1 M + 5,7 M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7 M^2 = K_{23} \text{ dB}$$

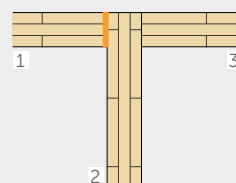


### Solución 2 - UNIÓN "T"

con intercalado de una capa resiliente

$$K_{23} = 5,7 + 14,1 M + 5,7 M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 5,7 + 5,7 M^2 = K_{23} \text{ dB}$$



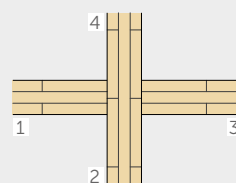
### Solución 3 - UNIÓN "X"

$$K_{13} = 8,7 + 17,1 M + 5,7 M^2 \text{ dB}$$

$$K_{12} = 8,7 + 5,7 M^2 = K_{23} \text{ dB}$$

$$K_{24} = 3,7 + 14,1 M + 5,7 M^2 \text{ dB}$$

$$0 \leq K_{24} \leq -4 \text{ dB}$$



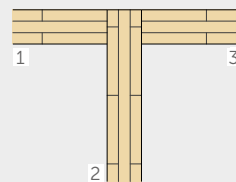
## MÉTODO 2 - CÁLCULO $K_{ijrigid}$

### Solución 1 - UNIÓN "T"

$$K_{13} = 22 + 3,3 \log(f/f_k)$$

$$f_k = 500 \text{ Hz}$$

$$K_{23} = 15 + 3,3 \log(f/f_k)$$



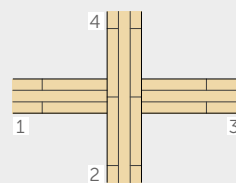
### Solución 1 - UNIÓN "X"

$$K_{13} = 10 - 3,3 \log(f/f_k) + 10 M$$

$$K_{24} = 23 - 3,3 \log(f/f_k)$$

$$f_k = 500 \text{ Hz}$$

$$K_{14} = 18 - 3,3 \log(f/f_k)$$



# MÉTODO SIMPLIFICADO

UN EJEMPLO DE CÁLCULO SEGÚN LA NORMA EN ISO 12354

## INTRODUCCIÓN

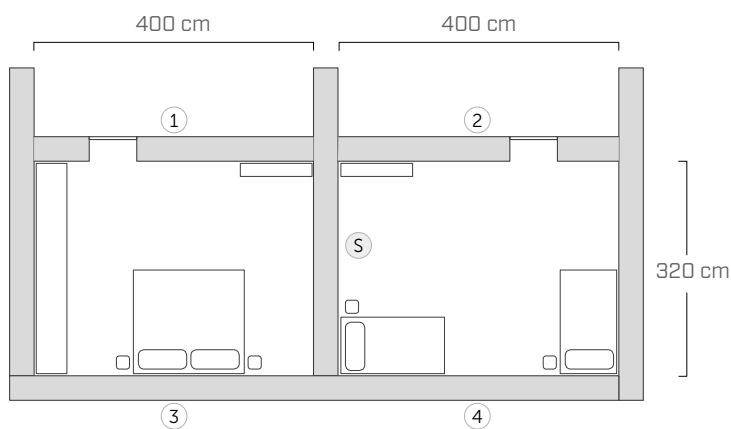
Como ya se ha mencionado, las normas EN ISO 12354 proponen dos métodos para calcular la prestación acústica de una partición: el método detallado y el método simplificado.

En cuanto al aislamiento aéreo, el método de cálculo simplificado estima el poder fonoaislante aparente como valor único en función de las prestaciones acústicas de los elementos implicados en la unión. A continuación, se propone un ejemplo de cálculo del poder fonoaislante aparente entre dos habitaciones adyacentes.

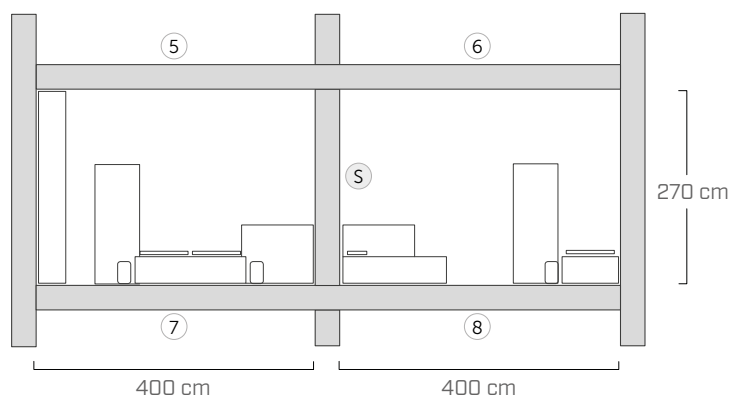
Para determinar la prestación acústica de un divisorio a partir de la prestación de sus componentes, es necesario conocer para cada elemento de la unión:

- la geometría del divisorio (S)
- las propiedades acústicas del divisorio ( $R_w$ )
- el acoplamiento entre elementos estructurales ( $K_j$ )
- las características de las estratigrafías de la partición

### PLANTA



### SECCIÓN



## CARACTERÍSTICAS DE LAS PARTICIONES

### PARED DIVISORIA (S)

25 mm	cartón-yeso
50 mm	lana mineral
75 mm	CLT
50 mm	lana mineral
25 mm	cartón-yeso

### PAREDES INTERIORES (1)

12,5 mm	yeso-fibra
78 mm	CLT
12,5 mm	yeso-fibra

### PAREDES INTERIORES (2)

75 mm	CLT
50 mm	lana mineral
25 mm	cartón-yeso

### PAREDES EXTERIORES (3) (4)

6 mm	revoque
60 mm	panel de fibra de madera
160 mm	lana mineral
90 mm	CLT
70 mm	listones de abeto
50 mm	lana mineral
15 mm	cartón-yeso
25 mm	cartón-yeso

### FORJADOS (5) (6) (7) (8)

70 mm	solera de cemento
0,2 mm	lámina de PE
30 mm	antipisadas
50 mm	cimiento (suelto)
140 mm	CLT
60 mm	lana mineral
15 mm	cartón-yeso

Los datos sobre la caracterización acústica de las particiones se han tomado de DataHolz.

[www.dataholz.com](http://www.dataholz.com)

## ■ CÁLCULO DE LOS COMPONENTES DE LA TRANSMISIÓN DIRECTA Y POR FLANCOS

El poder fonoaislante aparente proviene de la contribución del componente directo y de las vías de transmisión por flancos calculados según la siguiente ecuación:

$$R'_w = -10 \log \left[ 10^{-\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{i,j=1}^n 10^{-\frac{R_{ij,w}}{10}} + \frac{A_0}{S_s} \sum_{j=1}^n 10^{-\frac{D_{n,j,w}}{10}} \right] (dB)$$

Considerando solamente las vías de transmisión de la primera categoría, para cada combinación de particiones i-j hay tres vías de transmisión por flancos, por un total de 12 R<sub>ij</sub> calculadas según la ecuación:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S}{I_0 I_{ij}} (dB)$$

## ■ DETERMINACIÓN DEL PODER FONOAISLANTE APARENTE

El método simplificado tiene la ventaja indiscutible de proporcionar un instrumento simple y rápido para estimar el aislamiento acústico en la obra.

Por otra parte, su aplicación resulta bastante crítica en las estructuras de CLT puesto que la atenuación a través de las uniones depende mucho de la caracterización del ensamblaje y merecería una modelización aparte. Además, los paneles de CLT proporcionan bajos valores de aislamiento a bajas frecuencias, el uso de valores únicos puede dar resultados poco representativos de la prestación de los elementos a baja frecuencia. Por consiguiente, para un análisis prospectivo metódico, se aconseja utilizar el método detallado.

En el ejemplo citado, el aislamiento acústico solamente para la transmisión directa proporciona un R<sub>w</sub> de 53 dB, mientras que si se consideran las aportaciones de la transmisión por flancos, R'<sub>w</sub> desciende a 51 dB.

$$R'_w = 51 \text{ dB} \quad R_w = 53 \text{ dB}$$

## CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DE LAS PARTICIONES

Vía de transmisión	S [m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	m' [kg/m <sup>2</sup> ]
S	8,64	53	69
1	10,8	38	68
2	10,8	49	57
3	10,8	55	94
4	10,8	55	94
5	12,8	63	268
6	12,8	63	268
7	12,8	63	268
8	12,8	63	268

## CÁLCULO DE R<sub>ij</sub>

Vía de transmisión	R <sub>ij</sub> [dB]	Vía de transmisión	R <sub>ij</sub> [dB]
1-S	60	S-6	83
3-S	68	S-8	75
5-S	83	1-2	64
7-S	75	3-4	77
S-2	66	5-6	75
S-4	68	7-8	75

## CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIONES

### UNIÓN 1-2-S

Unión en X  
detalle 12

### UNIÓN 3-4-S

UNIÓN en T,  
detalle 5

### UNIÓN 5-6-S

Unión en X con banda resiliente  
detalle 43

### UNIÓN 7-8-S

Unión en X con banda resiliente  
detalle 43

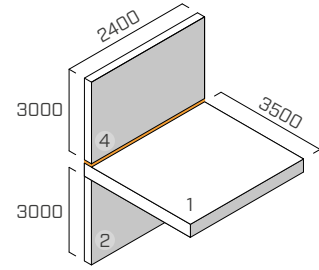
Descarga toda la documentación relativa al proyecto en el sitio [www.rothoblaas.es](http://www.rothoblaas.es)

# UNIÓN EN T | PAREDES PERIMETRALES

EN ISO 10848-1/4

## ESTRUCTURA

wall upper: CLT of 5 layers (s: 100 mm) (2,4 m x 3 m)  
 joist: CLT of 5 layers (s: 100 mm) (2,4 m x 3,5 m)  
 wall lower: CLT of 5 layers (s: 100 mm) (2,4 m x 3 m)



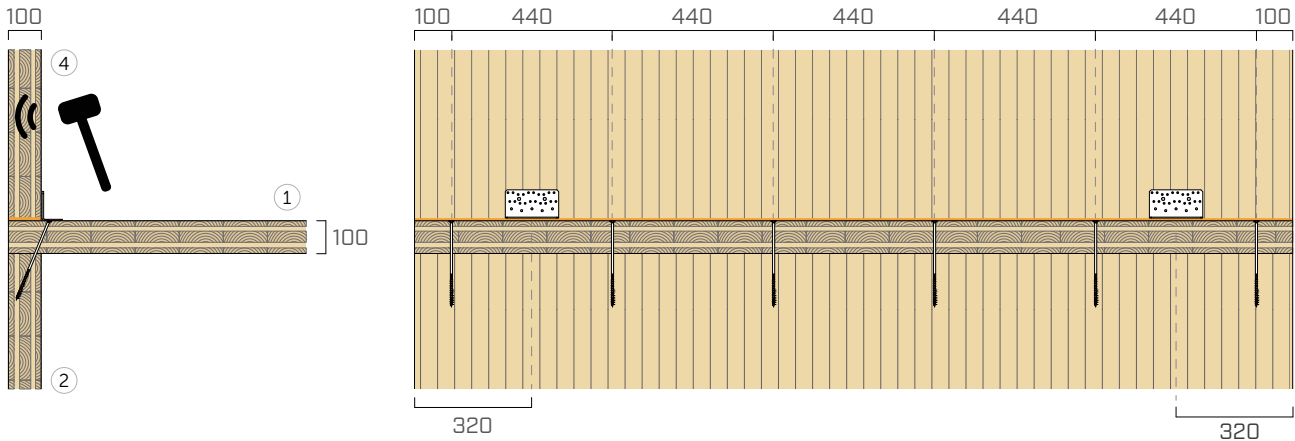
## SISTEMA DE FIJACIÓN

6 partial thread screws **HBS** Ø8 x 240 mm (HBS8240), pitch 440 mm  
 2 angular **NINO** (NINO15080) with resilient band **XYLOFON PLATE** (XYL3555150), 146 x 55 x 77 x 2,5 mm, pitch 1760 mm  
 fastening scheme in CLT: 31 screws 5 x 50 mm

## BANDA RESILIENTE

### PIANO A

**posición:** entre la pared superior y el forjado  
**dimensiones:** anchura = 100 mm, espesor = 6 mm longitud = 2,40 m  
**área de contacto:** banda continua (misma anchura que la pared)  
**carga aplicada** [kN/m²]: 125



f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$K_{14}$ [dB]	13,5	19,0	13,3	13,4	15,4	17,5	17,8	14,9	19,3	18,5	24,8	26,2	22,6	20,8	21,0	21,6

$$\overline{K}_{14} = 18,7 \text{ dB}$$

$$\overline{K}_{14,0} = 14,4 \text{ dB}$$

$$\Delta_{l,14} = 4,4 \text{ dB}$$

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$K_{12}$ [dB]	15,1	18,5	13,2	10,1	14,2	12,0	13,0	10,0	13,9	10,9	15,0	15,4	16,6	17,8	18,0	20,0

$$\overline{K}_{12} = 13,9 \text{ dB}$$

$$\overline{K}_{12,0} = 14,6 \text{ dB}$$

$$\Delta_{l,12} = -0,7 \text{ dB}$$

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$K_{24}$ [dB]	15,1	25,5	23,3	22,1	17,9	20,9	17,3	16,9	21,3	25,1	30,0	32,6	30,7	31,8	31,4	31,0

$$\overline{K}_{24} = 24,3 \text{ dB}$$

$$\overline{K}_{24,0} = 20,4 \text{ dB}$$

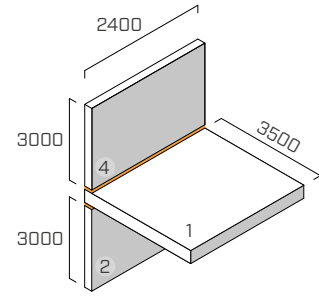
$$\Delta_{l,24} = 3,9 \text{ dB}$$

# UNIÓN EN T | PAREDES PERIMETRALES

EN ISO 10848-1/4

## ESTRUCTURA

wall upper: CLT of 5 layers (s: 100 mm) (2,4 m x 3 m)  
 joist: CLT of 5 layers (s: 100 mm) (2,4 m x 3,5 m)  
 wall lower: CLT of 5 layers (s: 100 mm) (2,4 m x 3 m)



## SISTEMA DE FIJACIÓN

6 partial thread screws **HBS** Ø8 x 240 mm (HBS8240), pitch 440 mm  
 2 angular **NINO** (NINO15080) with resilient band **XYLOFON PLATE** (XYL3555150), 146 x 55 x 77 x 2,5 mm, pitch 1760 mm  
 fastening scheme in CLT: 31 screws 5 x 50

## BANDA RESILIENTE

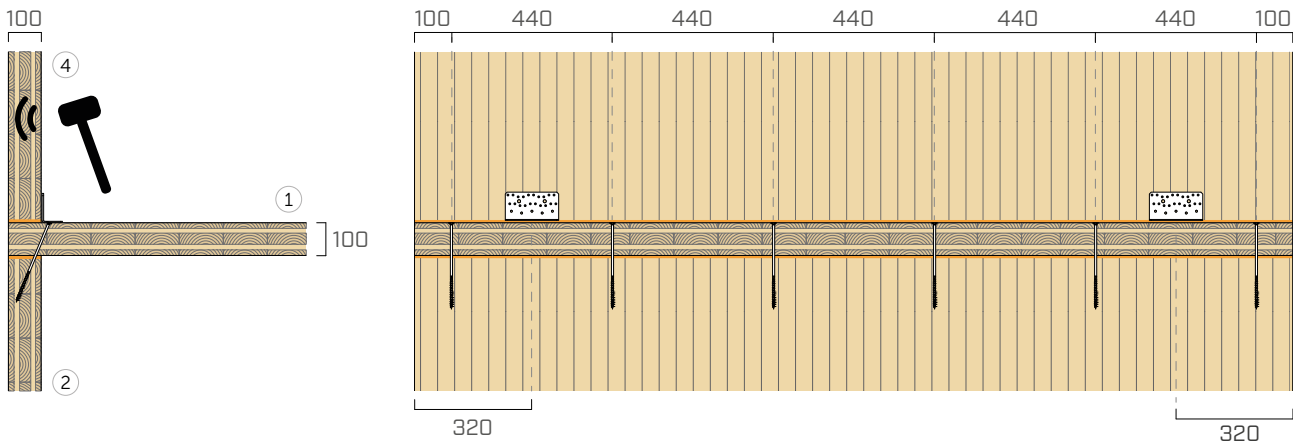
### PIANO C

**posición:** entre la pared superior y el forjado + entre el forjado y la pared inferior

**dimensiones:** anchura = 100 mm, espesor = 6 mm longitud = 2,40 m

**área de contacto:** banda continua (misma anchura que la pared)

**carga aplicada** [kN/m²]: 1300



f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$K_{14}$ [dB]	15,5	16,0	16,1	17,7	16,9	19,1	18,0	16,6	17,6	18,8	17,1	19,1	19,8	16,1	17,8	21,1

$$\overline{K}_{14} = 17,6 \text{ dB}$$

$$\overline{K}_{14,0} = 13,3 \text{ dB}$$

$$\Delta_{l,14} = 4,3 \text{ dB}$$

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$K_{12}$ [dB]	16,4	17,2	12,6	18,4	16,5	16,3	19,2	14,9	17,1	17,5	16,1	19,8	23,6	19,3	21,1	26,5

$$\overline{K}_{12} = 17,6 \text{ dB}$$

$$\overline{K}_{12,0} = 14,5 \text{ dB}$$

$$\Delta_{l,12} = 3,1 \text{ dB}$$

f [Hz]	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
$K_{24}$ [dB]	15,4	26,0	18,0	20,1	21,5	23,4	21,3	16,4	19,3	23,5	23,5	31,1	30,3	30,4	31,7	29,7

$$\overline{K}_{24} = 23,4 \text{ dB}$$

$$\overline{K}_{24,0} = 17,3 \text{ dB}$$

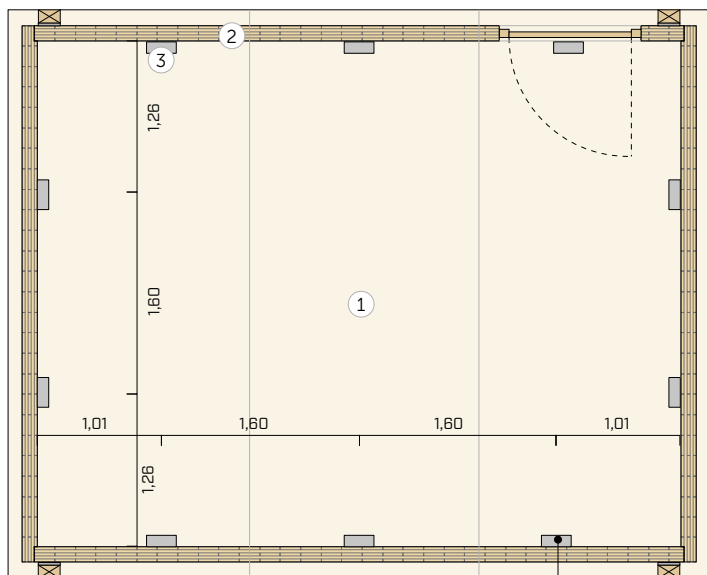
$$\Delta_{l,24} = 6,1 \text{ dB}$$

# SOLUCIONES PARA FORJADOS LIGEROS

PIANO A es una banda resiliente que trabaja con cargas reducidas y que se puede utilizar para reducir las vibraciones, incluso en forjados con poca masa constructiva.

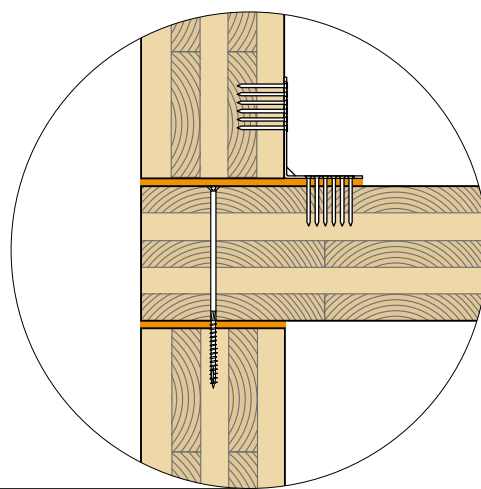
Su eficacia ha sido ensayada en la Universidad de Innsbruck también como banda de desacople para nervaduras en forjados en seco.

## CONFIGURACIÓN



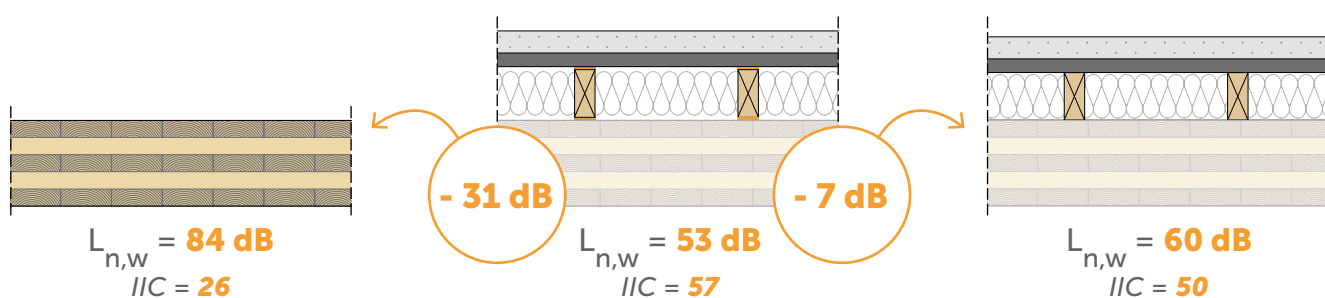
La habitación receptora y la emisora tienen una superficie útil de 21,5 m<sup>2</sup> (5,24 m de longitud y 4,10 m de anchura).

El volumen de la habitación emisora es de 53,0 m<sup>3</sup>, mientras que el de la habitación receptora es de 85,0 m<sup>3</sup>.



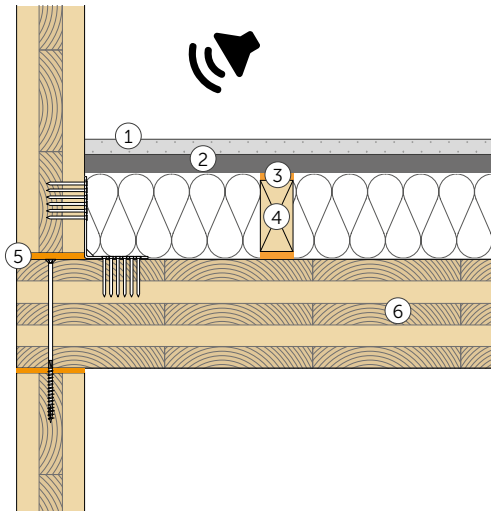
añadido del sistema en seco **con PIANO**

añadido del sistema en seco **sin PIANO**



## MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO 1

AISLAMIENTO ACÚSTICO POR VÍA AÉREA  
 NORMA DE REFERENCIA: ISO 16283-1



### FORJADO

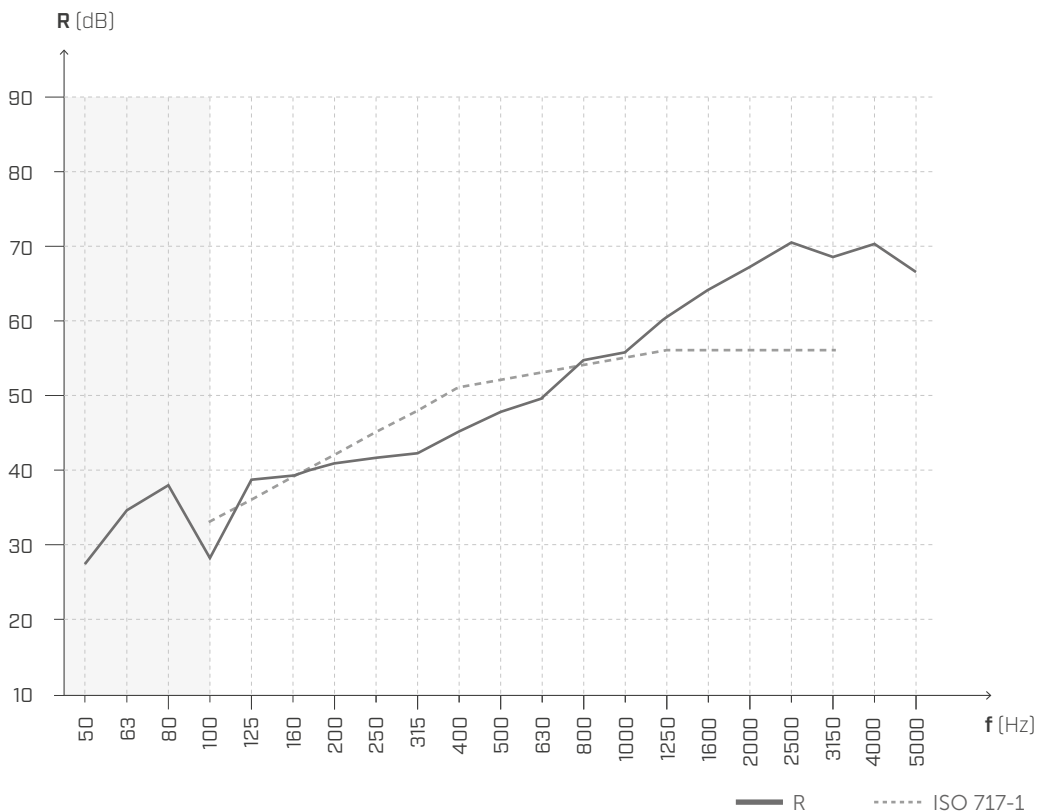
Superficie = 21,5 m<sup>2</sup>

Masa = 167 kg/m<sup>2</sup>

Volumen de la habitación receptora = 75,52 m<sup>3</sup>

- ① panel de yeso-fibra reforzado (44 kg/m<sup>2</sup>) (e: 32 mm)
- ② panel de arena y cartón de alta densidad (34,6 kg/m<sup>2</sup>) (e: 30 mm)
- ③ **PIANO A**
- ④ rastreles de madera de 50 x 100 mm
- ⑤ **XYLOFON - XYL35**
- ⑥ CLT (e: 160 mm)

## AISLAMIENTO ACÚSTICO POR VÍA AÉREA

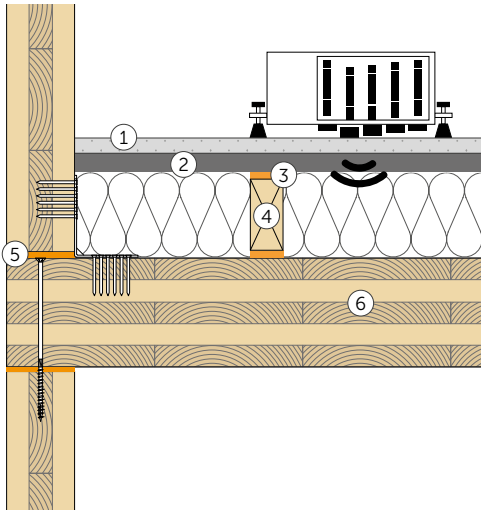


f [Hz]	R [dB]
50	27,2
63	34,7
80	37,9
100	27,9
125	38,7
160	39,3
200	40,8
250	41,6
315	42,2
400	45,1
500	47,7
630	49,5
800	54,6
1000	55,7
1250	60,4
1600	64,0
2000	67,1
2500	70,4
3150	68,4
4000	70,2
5000	66,5

$R_w (C; C_{tr}) = 52 (0; -7) \text{ dB}$

## MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO 2

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO  
NORMA DE REFERENCIA ISO 10140-3



### FORJADO

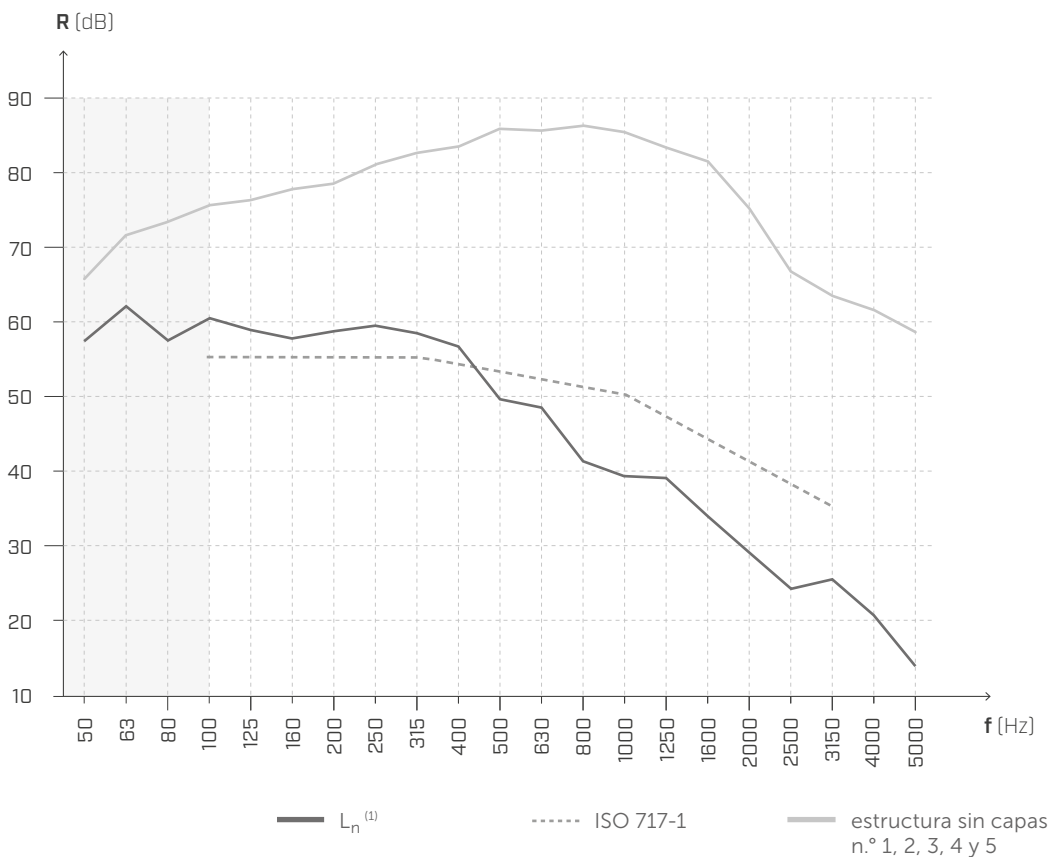
Superficie = 21,5 m<sup>2</sup>

Masa = 167 kg/m<sup>2</sup>

Volumen de la habitación receptora = 75,52 m<sup>3</sup>

- ① panel de yeso-fibra reforzado (44 kg/m<sup>2</sup>) (e: 32 mm)
- ② panel de arena y cartón de alta densidad (34,6 kg/m<sup>2</sup>) (e: 30 mm)
- ③ PIANO A
- ④ rastreles de madera de 50 x 100 mm
- ⑤ XYLOFON - XYL35
- ⑥ CLT (e: 160 mm)

## NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO



f [Hz]	L <sub>n</sub> <sup>(1)</sup> [dB]
50	57,1
63	62,1
80	57,3
100	60,8
125	58,8
160	57,2
200	58,6
250	59,4
315	58,2
400	56,6
500	49,6
630	48,4
800	41,2
1000	39,2
1250	39,0
1600	34,6
2000	29,0
2500	24,9
3150	25,4
4000	21,9
5000	13,0

$$L'_{n,w}(C_1) = 53 (-1) \text{ dB}$$

$$\Delta L'_{n,w} = -31 \text{ dB}$$

$$IIC = 57$$

$$\Delta IIC = 31$$

**Laboratorio de pruebas:** Universität Innsbruck Arbeitsbereich für Holzbau 0 Technikerstraße 13A - 602 Innsbruck.

**Protocolo de la prueba:** M02\_L\_220906\_Balkenaufbau-Entkoppelung\_oben\_unten.

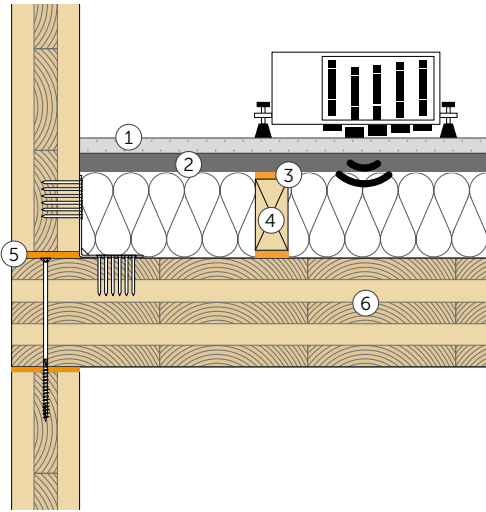
### NOTAS:

<sup>(1)</sup> Disminución debido al añadido de las capas n.º 3 y 5.



# MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO 2 - ANÁLISIS COMPARATIVO

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO  
NORMA DE REFERENCIA ISO 10140-3



## FORJADO

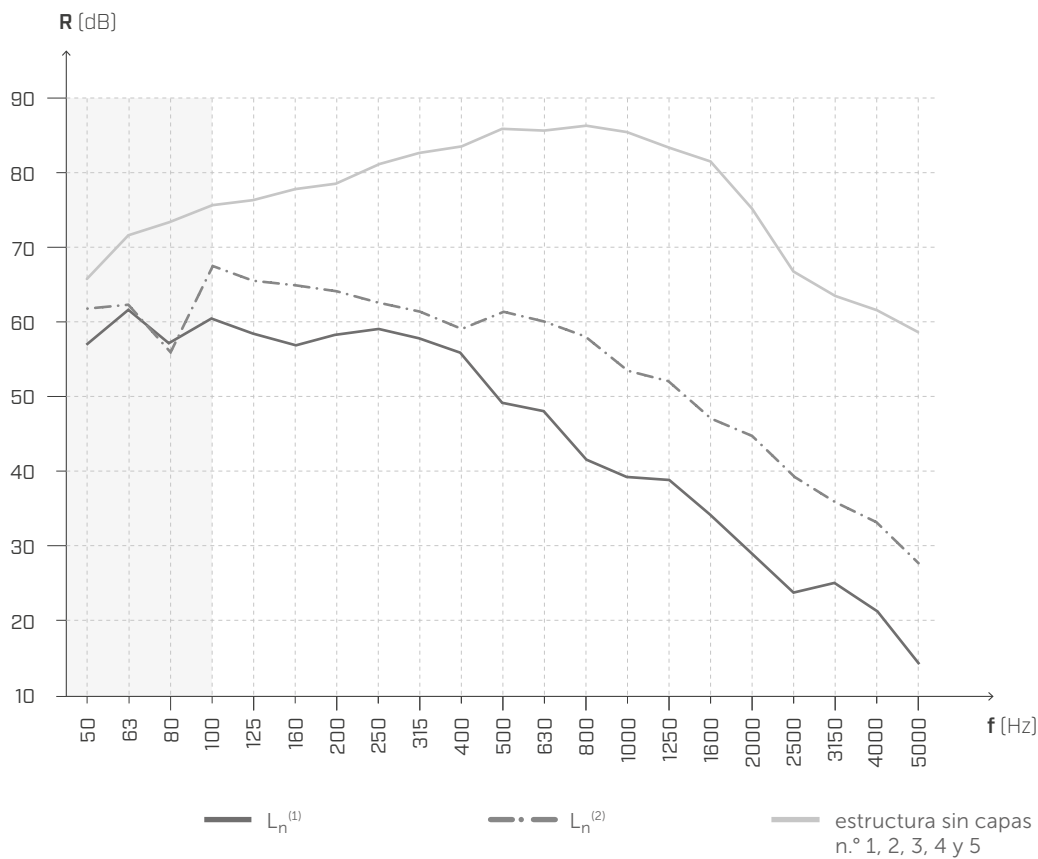
Superficie = 21,5 m<sup>2</sup>

Masa = 167 kg/m<sup>2</sup>

Volumen de la habitación receptora = 75,52 m<sup>3</sup>

- ① panel de yeso-fibra reforzado (44 kg/m<sup>2</sup>) (e: 32 mm)
- ② panel de arena y cartón de alta densidad (34,6 kg/m<sup>2</sup>) (e: 30 mm)
- ③ PIANO A
- ④ rastreles de madera de 50 x 100 mm
- ⑤ XYLOFON - XYL35
- ⑥ CLT (e: 160 mm)

## NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO



f [Hz]	L <sub>n</sub> <sup>(1)</sup> [dB]	L <sub>n</sub> <sup>(2)</sup> [dB]
50	57,1	62,3
63	62,1	62,7
80	57,3	56,2
100	60,8	68,2
125	58,8	66,7
160	57,2	66,1
200	58,6	65,4
250	59,4	63,5
315	58,2	62,6
400	56,6	59,7
500	49,6	61,8
630	48,4	60,5
800	41,2	58,0
1000	39,2	54,2
1250	39,0	52,5
1600	34,6	47,8
2000	29,0	45,4
2500	24,9	39,4
3150	25,4	36,9
4000	21,9	34,8
5000	13,0	27,3

Forjado en seco sin PIANO

$$L'_{n,w}(C_I)^{(1)} = 53 (-1) \text{ dB}$$

$$IIC = 57$$

$$L'_{n,w}(C_I)^{(2)} = 60 (-1) \text{ dB}$$

$$IIC = 50$$

Laboratorio de pruebas: Universität Innsbruck Arbeitsbereich für Holzbau 0 Technikerstraße 13A - 602 Innsbruck.

Protocolo de la prueba: M02\_L\_220906\_Balkenaufbau-Entkoppelung\_oben\_unten.

### NOTAS:

(1) Disminución debido al añadido de las capas n.º 3 y 5.

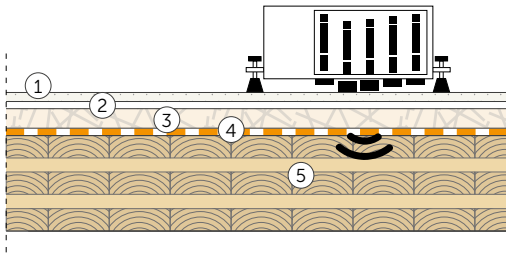
(2) Aumento debido a la ausencia de las capas n.º 3 y 5.

# MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO DE CLT 3

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO  
NORMATIVAS REFERENCIA ASTM E1007 Y ISO 717- 2

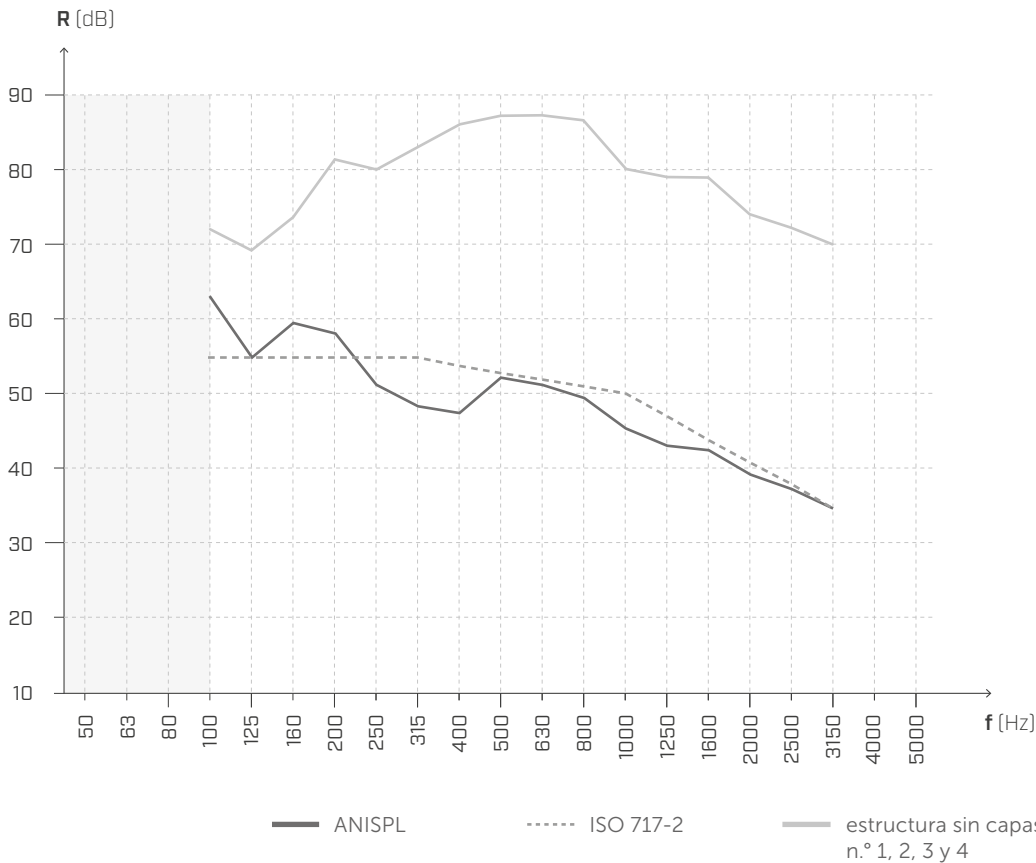
## FORJADO

Volumen de la habitación receptora = 45 m<sup>3</sup>



- ① Pavimento de vinilo LV
- ② Base aislante para suelo (e: 3,5 mm)
- ③ Panel compuesto técnico (e: 40 mm)
- ④ **PIANO A** (e: 6 mm)
- ⑤ CLT (e: 172 mm)

## ■ AISLAMIENTO DEL RUIDO DE IMPACTO



f [Hz]	ANISPL [dB]
50	-
63	-
80	-
100	63
125	55
160	59
200	57
250	51
315	48
400	47
500	52
630	51
800	49
1000	46
1250	44
1600	43
2000	39
2500	37
3150	35
4000	-
5000	-

**AIIC = 57**

**L<sub>n,w</sub> = 53 dB**

**AIIC = 31**

**L<sub>n,w</sub> = 31 dB**

Laboratorio de pruebas: Québec testing facility  
Fecha de medición: 22/05/2025  
Protocolo de la prueba: T15\_2025

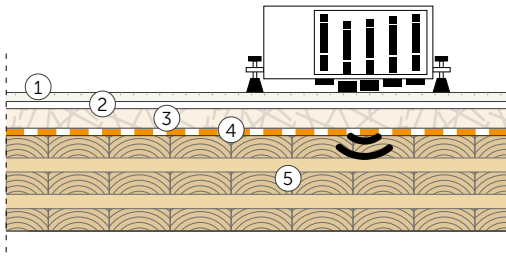
NOTAS:  
(1) Disminución debido al añadido de las capas n.º 1, 2, 3 y 4.

# MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO DE CLT 4

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO  
NORMATIVAS REFERENCIA ASTM E1007 Y ISO 717- 2

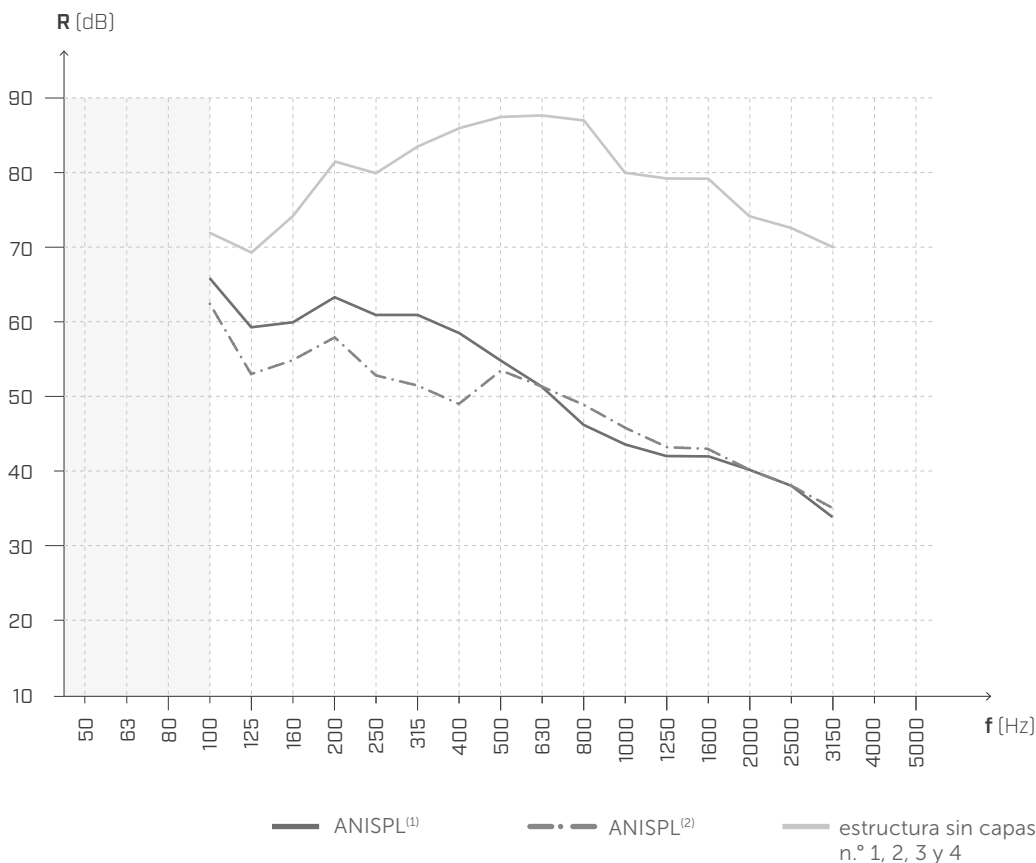
## FORJADO

Volumen de la habitación receptora = 45 m<sup>3</sup>



- ① Pavimento de vinilo LV
- ② Base aislante para suelo (e: 3,5 mm)
- ③ Panel compuesto técnico (e: 40 mm)
- ④ PIANO B (e: 6 mm)
- ⑤ CLT (e: 172 mm)

## ASLAMIENTO DEL RUIDO DE IMPACTO



f [Hz]	ANISPL <sup>(1)</sup> [dB]	ANISPL <sup>(2)</sup> [dB]
50	-	-
63	-	-
80	-	-
100	66	62
125	59	54
160	60	55
200	64	58
250	61	53
315	61	51
400	58	49
500	55	54
630	51	52
800	46	49
1000	44	46
1250	43	44
1600	43	44
2000	40	40
2500	38	38
3150	34	35
4000	-	-
5000	-	-

AIIC = 54

$L_{n,w}^{(1)} = 56 \text{ dB}$

AIIC = 58

$L_{n,w}^{(2)} = 52 \text{ dB}$

Laboratorio de pruebas: Québec testing facility  
Fecha de medición: 22/05/2025  
Protocolo de la prueba: T15\_2025

NOTAS:  
(1) Resultado sin la capa n.º 2.  
(2) Resultado de la estratigrafía completa

# MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO DE ENTRAMADO 1

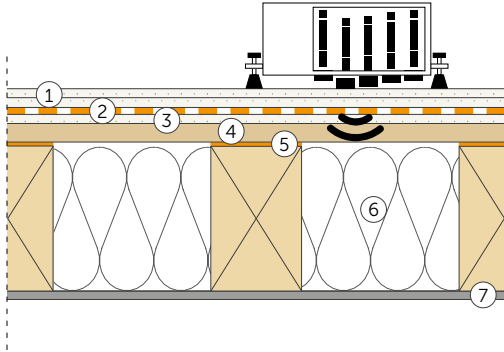
NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO

NORMAS DE REFERENCIA EN ISO 10140-3 Y EN ISO 717-2

## FORJADO

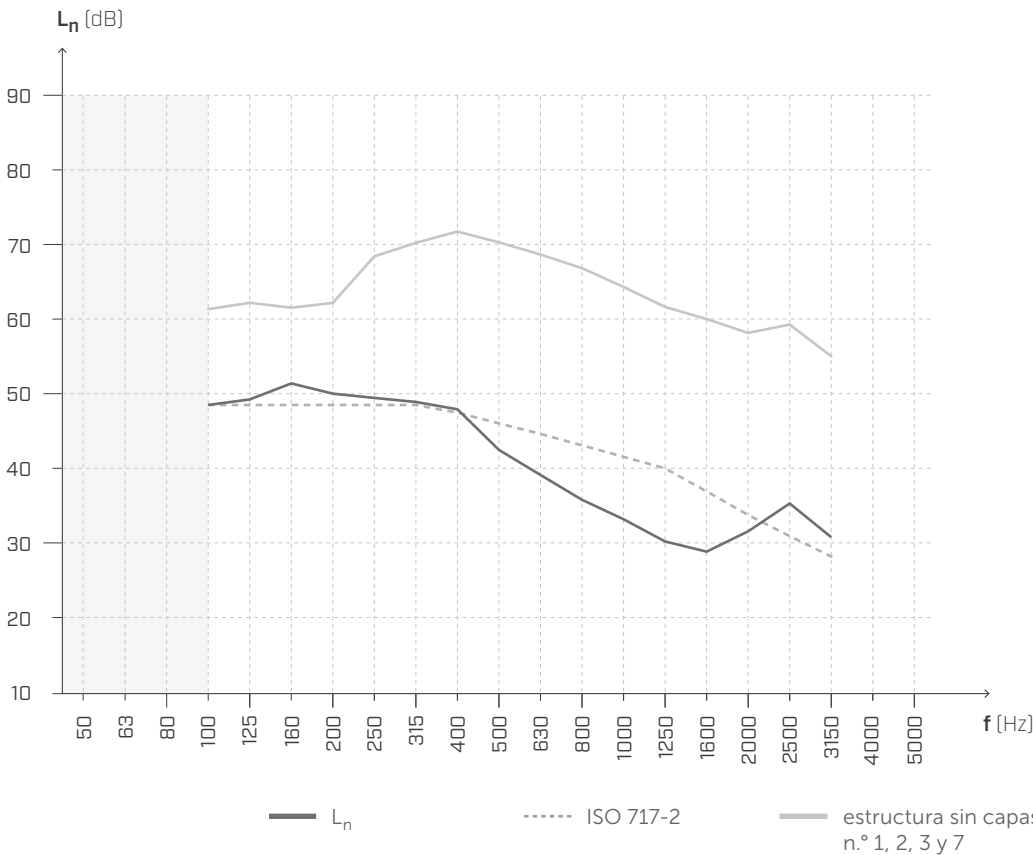
Superficie = 11,5 m<sup>2</sup>

Volumen de la habitación receptora = 86 m<sup>3</sup>



- ① 2 paneles de fibra-yeso (e: 15 + 15 mm) (1200 kg/m<sup>3</sup>)
- ② SILENT FLOOR NET 3D (e: 20 mm)
- ③ Panel de fibra-yeso (e: 15 mm) (1200 kg/m<sup>3</sup>)
- ④ Panel de OSB (e: 18 mm)
- ⑤ PIANO A
- ⑥ Entramado de madera (e: 180 mm)  
montantes de madera 120 x 180 mm  
1 x lana de roca (e: 120 mm) (60 kg/m<sup>3</sup>)  
1 x lana de roca (e: 60 mm) (40 kg/m<sup>3</sup>)
- ⑦ Panel de cartón-yeso (e: 12,5 mm) (1024 kg/m<sup>3</sup>)

## ■ AISLAMIENTO DEL RUIDO DE IMPACTO



f [Hz]	Ln [dB]
50	-
63	-
80	-
100	48,1
125	49,3
160	51,9
200	50,3
250	49,9
315	48,7
400	47,3
500	43,8
630	39,9
800	36,2
1000	34,0
1250	30,7
1600	28,8
2000	31,5
2500	35,5
3150	30,5
4000	-
5000	-

$L_{n,w}(CI) = 45 \text{ dB}$

$IIC = 65$

$\Delta L_{n,w} = -23 \text{ dB}$

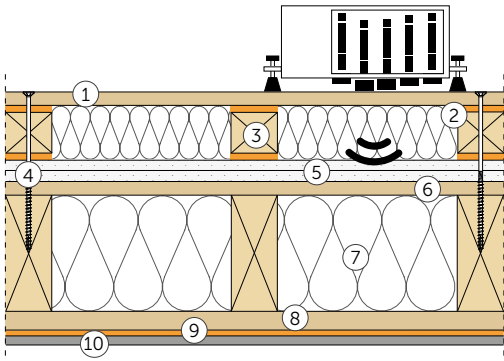
$\Delta IIC = 23$

# MEDICIONES EN LABORATORIO | FORJADO DE ENTRAMADO 2

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO  
NORMAS DE REFERENCIA ISO 10140-2 Y EN ISO 717-2

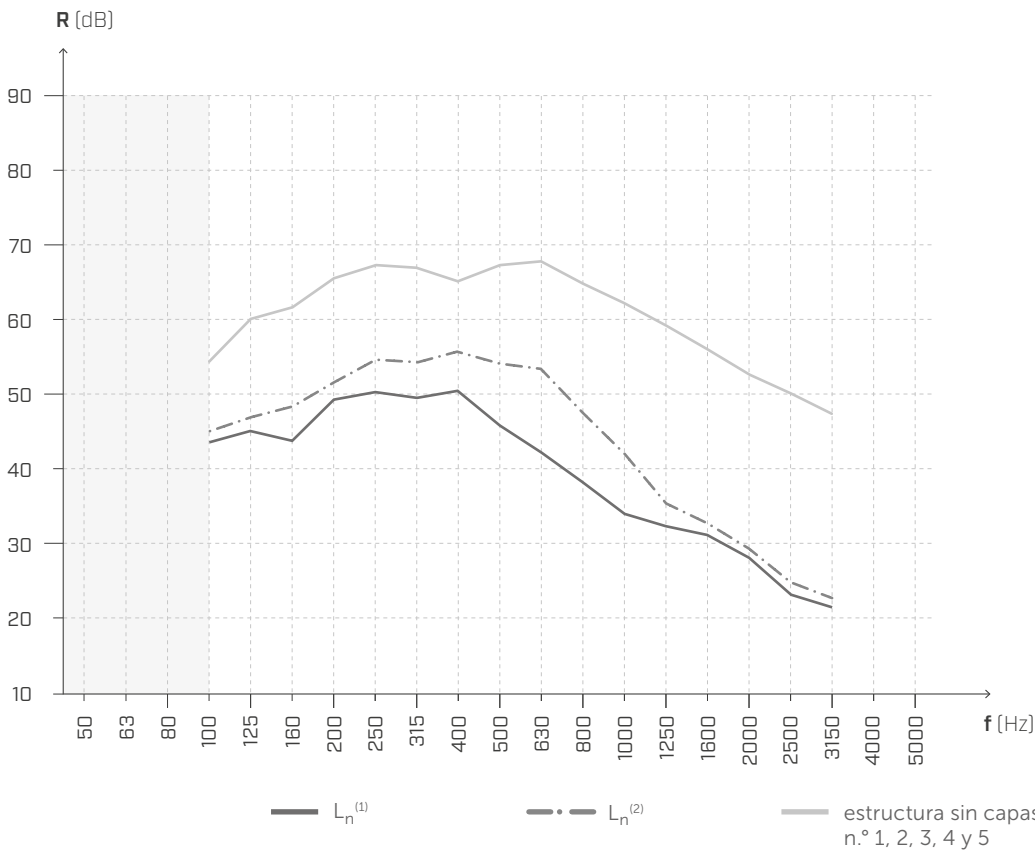
## FORJADO

Volumen del ambiente receptor = 45 m<sup>3</sup>



- ① Panel de OSB (e: 18 mm)
- ② **PIANO A** (e: 6 mm)
- ③ Listón de madera 60 x 60 mm
- ④ HBS6160
- ⑤ 2 Paneles de fibra-yeso (e: 15 + 15 mm) (1200 kg/m<sup>3</sup>)
- ⑥ Panel de OSB (e: 18 mm)
- ⑦ Entramado de madera (e: 180 mm)  
montantes de madera 120 x 180 mm  
1 x lana de roca (e: 120 mm) (60 kg/m<sup>3</sup>)  
1 x lana de roca (e: 60 mm) (40 kg/m<sup>3</sup>)
- ⑧ Rastreles de madera de 24 x 48 mm
- ⑨ **SILENT WALL BYTUM SA** (e: 4 mm)
- ⑩ Panel de cartón-yeso (e: 12,5 mm) (1024 kg/m<sup>3</sup>)

## ■ AISLAMIENTO DEL RUIDO DE IMPACTO



f [Hz]	L <sub>n</sub> <sup>(1)</sup> [dB]	L <sub>n</sub> <sup>(2)</sup> [dB]
50	-	-
63	-	-
80	-	-
100	45,5	44,2
125	46,9	45,1
160	48,4	44,4
200	51,6	49,3
250	54,8	50,1
315	54,3	49,2
400	55,5	50,3
500	54,8	46,4
630	54,0	42,4
800	47,4	38,1
1000	41,5	34,9
1250	35,6	32,9
1600	32,9	31,6
2000	29,6	28,1
2500	24,5	23,4
3150	22,1	21,3
4000	-	-
5000	-	-

$L_{n,w}^{(1)} = 49 \text{ dB}$

$L_{n,w}^{(2)} = 42 \text{ dB}$

IIC = 61

IIC = 68

Laboratorio de pruebas: CSI Milano  
Fecha de medición: 01/09/2025  
Protocolo de la prueba: T18

### NOTAS:

(1) Valor debido al añadido de la fijación, capa n.º 4

(2) Disminución debido a la ausencia de fijación, capa n.º 4

**Rotho Blaas Srl**

Via dell'Adige N.2/1 | 39040, Cortaccia (BZ) | Italia  
Tel: +39 0471 81 84 00 | Fax: +39 0471 81 84 84  
info@rothoblaas.com | www.rothoblaas.es

